asociación técnica
española del pretensado

ASOCIACION
TECNICA ESPAÑOLA
DEL PRETENSADO

INSTITUTO
...DO TORROJA
CONSTRUCCION
L CEMENTO

...RES-CHAMARTIN
...RID-33

4034

HORMIGON y acero

Nº 112

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO

hormigón y acero

n. 112

3.er trimestre 1974

asociación técnica española del pretensado

CUOTA ANUAL	ESPAÑA	EXTRANJERO
	Pesetas	Dólares
Miembros protectores	5.000	100,—
Miembros colectivos	2.000	40,—
Miembro personal, no adherido al I. E. T. c. c.	600	12,—
Miembro personal, adherido al I. E. T. c. c.	300	6,—

Ni la Asociación ni el Instituto, una de cuyas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y sus materiales, se hacen responsables del contenido de ningún artículo y el hecho de que patrocinen su difusión no implica, en modo alguno, conformidad con la tesis expuesta.

De acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá mencionarse el nombre de esta Revista en toda reproducción de los trabajos insertos en la misma.

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO. — COSTILLARES — CHAMARTIN — MADRID - 33

Depósito Legal: M. 853 - 1958
Tipografía Artística - Madrid

PROES ingeniería constructiva

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

S.A.E. BBR

Sistema para pretensar hormigón

Juntas de dilatación para puentes

BBRV

RUB

PUENTES EN CONSTRUCCION POR VOLADIZOS SUCESIVOS

Estado de las obras en febrero de 1974

Viaducto sobre el río Deza, en Silleda (Pontevedra).
Luces: 3 × 23 + 23,50 + 45,50 + 90 + 45,50 + + 23,50 + 23 m.
Construye: Constructora Internacional, S. A.
Ginés Navarro e Hijos, S. A.
Empresarios Agrupados.

Puente del Carril, en Toral de los Vados (León).
Luces: 45 + 54 + 3 × 108 + 54 + 45 m.
Construye: E.F.Y.C.S.A.

Puente sobre el río Miño, en Lugo.
Luces: 36 + 3 × 45 + 54 + + 108 + 54 + 45 + 36 m.
Construye: Entrecanales y Távora, S. A.

Oficinas:
Rosellón, 229, 1.°, 2.ª-Tels. 227 46 49 / 227 88 24
BARCELONA - 8

Fábrica:
Polígono Industrial Barcelonés - Teléfs. 29 y 31
ABRERA (BARCELONA)

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

hormigón y acero n. 112

índice

		Páginas
	VII Congreso Internacional de la F.I.P. (Nueva York, 25-31 mayo 1974) ..... VIIe Congrès International de la F.I.P. (New York, du 25 au 31 Mai 1974). VII International F.I.P. Congres (New York, May 25-31, 1974). *R. Piñeiro.*	9
591 - 1 - 18	***El hormigón pretensado en la edificación española*** ..... Le béton précontraint dans le bâtiment espagnol. Prestressed concrete in Spanish construction. *F. Cassinello.*	13
591 - 0 - 22	***Estructuras de hormigón pretensado construidas en España (excluidos puentes y edificios)*** ..... Structures en béton précontraint, exécutées en Espagne (à l'exception de ponts et d'édifices). Prestressed concrete structures made in Spain (except for bridges and buildings). *J. A. Torroja.*	23
591 - 2 - 47	***Puentes pretensados construidos en España*** ..... Ponts en béton précontraint, construits en Espagne. Prestressed concrete bridges made in Spain. *C. Fernández Casado.*	31
	Solemne sesión académica para conmemorar el veinticinco aniversario de la fundación de la A.T.E.P. ..... Séance solennelle académique pour commémorer le XXVe anniversaire de la fondation de l'A.T.E.P. Fomar academic meeting to commemorate the XXVth anniversary of the foundation of A.T.E.P. *R. Piñeiro.*	41
	En el veinticinco aniversario de la fundación de la A.T.E.P. A l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de l'A.T.E.P. On the occasion of the XXVth anniversary of the foundation of A.T.E.P. *J. A. Torroja.*	47
591 - 0 - 23	***Veinticinco años de desarrollo del pretensado*** ..... Vingt-cinq ans de développement de la précontrainte. Twenty five years development of prestressed concrete. *F. Levi.*	51
	Veinticinco aniversario de la A.T.E.P. ..... XXVe anniversaire de l'A.T.E.P. XXVth anniversary of A.T.E.P. *F. Cassinello.*	65
591 - 1 - 19	***Torres Colón*** ..... Tours Colón. The Colón Towers. *A. Lamela.*	71
837 - 8 - 2	***Reparación de estructuras fisuradas. Pretensado. Resinas epoxi*** ..... Réparation de structures fissurées. Précontrainte, résines epoxi. Repair of cracked structures. Prestressed concrete, epoxi resins. *J. B. Ripoll.*	89
457 - 7 - 4	***Cálculo de desplazamientos y fuerzas horizontales en pilas de puentes*** ..... Calcul de déplacements et forces horizontales en piles de ponts. Displacement design and horizontal forces in bridge pier. *J. J. Rosso Ródenas.*	111
	Notas de la F.I.P., número 48, 1974 ..... Notes de la F.I.P., n.º 48, 1974. F.I.P. Notes, n.º 48, 1974.	133

PORTADA: ***Puente en el nuevo acceso sur por Silla. Autor del proyecto: Oficina Técnica Florencio del Pozo. Empresa constructora: Fernández Constructor.***

Comité de Redacción de la Revista Hormigón y Acero

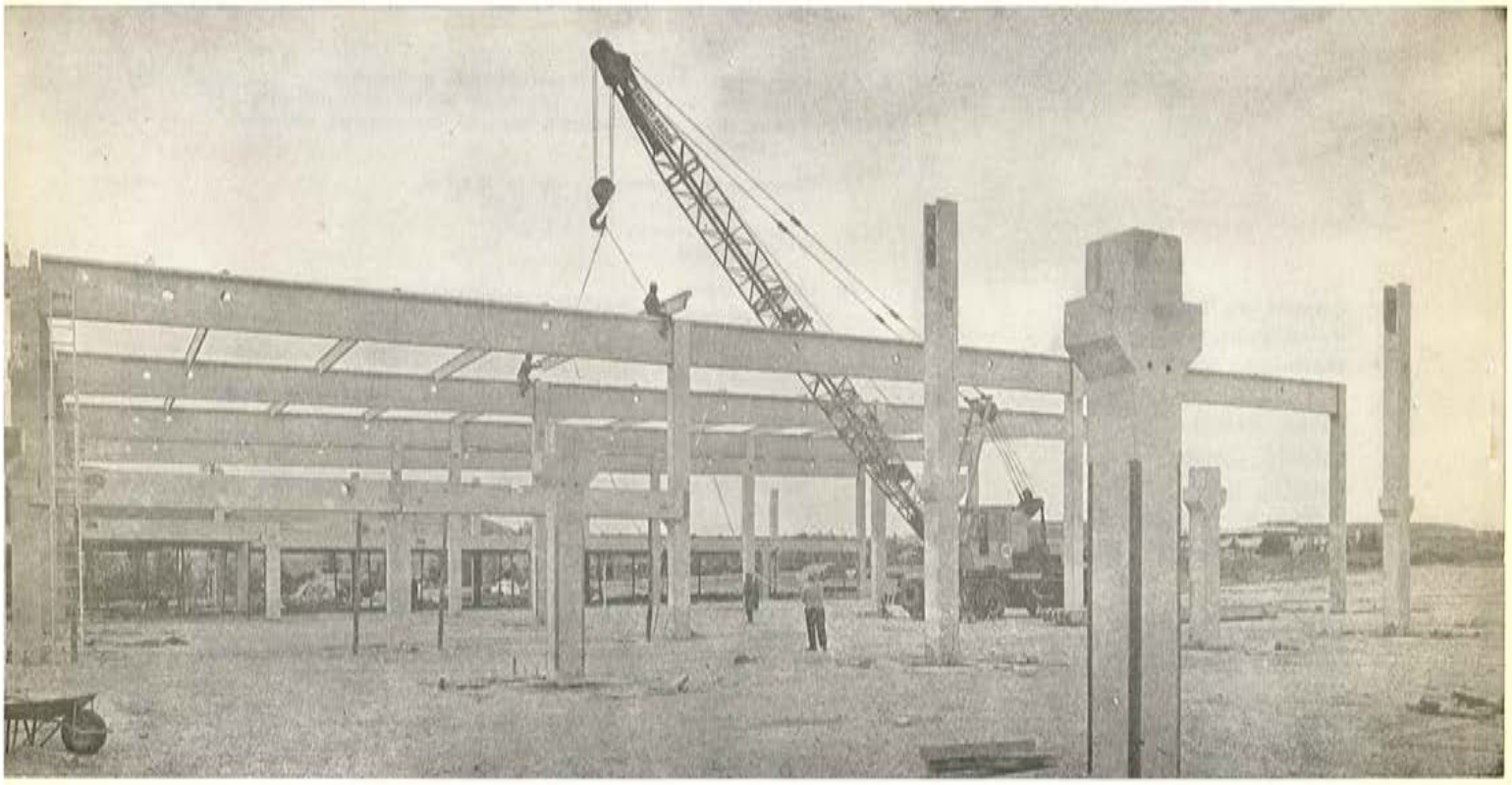
AROCA, Ricardo
BARREDO, Carlos
CUVILLO, Ramón
FERNANDEZ TROYANO, Leonardo
FERNANDEZ VILLALTA, Manuel
JODAR, Juan
MANTEROLA, Javier
MARTINEZ SANTONJA, Antonio
MONEO, Mariano
MORENO TORRES, Juan
PIÑEIRO, Rafael
ROMERO, Rafael

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PREFABRICACION

MADRID	MONTE ESQUINZA, 30	TELEF. 4 19 24 12/16	CADE
BARCELONA	GERONA, 2	TELEF. 2 25 30 02/2 25 94 38	PIMOSA
SEVILLA	Avda. de la BORBOLLA, 13-15	TELEF. 23 61 17	PRESUM

NAVE PREFABRICADA POR CADE



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

RELACION DE EMPRESAS QUE, EN LA FECHA DE CIERRE DEL PRESENTE NUMERO, FIGURAN INSCRITAS EN LA ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO, COMO "MIEMBROS COLECTIVOS"

E S P A Ñ A

AEDIUM, S. A. — Basauri (Vizcaya).
AGROMAN, S. A. — Madrid.
AGRUPACION NACIONAL DE LOS DERIVADOS DEL CEMENTO. — Madrid.
ALBISA, S. A. — Algeciras (Málaga).
ASOCIACION TECNICA DE DERIVADOS DEL CEMENTO. — Barcelona.
ASTILLEROS Y TALLERES DEL NOROESTE, S. A. — El Ferrol del Caudillo.
AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S. A. — Barcelona.
AZMA, S. A. — Madrid.
BAGANT. — Castellón.
BRYCSA, S. A. — Cornellá de Llobregat (Barcelona).
BUTSEMS, S. A. — Barcelona.
BUTSEMS, S. A. — Madrid.
CAMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACION. — Barcelona.
CASA GARGALLO, S. A. — Madrid.
CEMENTOS MOLINS, S. A. — Barcelona.
CENTRO DE ESTUDIOS C.E.A.C. — Barcelona.
CERAMICA RUBIERA. — Gijón (Oviedo).
CIDESA, CONSTRUCCION INDUSTRIAL DE EDIFICIOS, S. A. — Barcelona.
CIMACO, S. A. — Madrid.
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES. — La Coruña.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CANARIAS. BIBLIOTECA. — Sta. Cruz Tenerife.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CANARIAS. DEPARTAMENTO LABORATORIOS. Santa Cruz de Tenerife.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO. — Bilbao.
CONSTRUCCIONES BIGAR, S. L. — Aranda de Duero (Burgos).
CONSTRUCCIONES COLOMINA, S. A. — Madrid.
CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S. A. — Madrid.
CONSTRUCTORA MAXACH, S. A. — Madrid.
COTECOSA. — Bilbao.
CUBIERTAS Y TEJADOS, S. A. — Barcelona.
CUBIERTAS Y TEJADOS, S. A. — Madrid.
DIREC. GENERAL. FORTIFICACIONES Y OBRAS. — MINIST. DEL EJERCITO. — Madrid.
ELABORADOS DE HORMIGON, S. A. — Burgos.
EMPRESA AUXILIAR DE LA INDUSTRIA. — AUXINI. — Madrid.
ENAGA, S. A. — Madrid.
ENTRECANALES Y TAVORA, S. A. — Madrid
ESTEBAN ORBEGOZO, S. A. — Zumárraga (Guipúzcoa).
ESTRUCTURAS CUMBRE, S. L. — Olesa de Montserrat (Barcelona).
ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S. A. — Madrid.
E. T. S. ARQUITECTURA. — Barcelona.
E. T. S. ARQUITECTURA. — Sevilla.
EUROESTUDIOS, S. A. — Madrid.
FABRICADOS PARA LA CONSTRUCCION, S. A. (FACOSA). — Madrid.
FERGO, S. A. DE PRETENSADOS. — Valencia.
FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S. A. — Madrid.
FORJADOS DOL. — Esquivias (Toledo).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

FORMO, S. A. — Barcelona.
GABINETE DE ORGANIZACION Y NORMAS TECNICAS. MINISTERIO DE O. P. — Madrid.
GIJON E HIJOS, S. A. — Motril (Granada).
GOMHERSA. — Talavera de la Reina (Toledo).
HERRING. LEVANTE, S. A. — Valencia.
HIDAQUE, S. A. — Granada.
HORMYCER, S. L. — Madrid.
HORSA, S. A. — Bercelona.
HUARTE Y CIA., S. A. — Madrid.
IBERDUERO, S. A. — Bilbao.
INDUSTRIAS DEL CEMENTO. VIGUETAS CASTILLA, S. A. — Sestao (Vizcaya).
INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES SALA AMAT, S. A. — Barcelona.
INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO. — Madrid.
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Almería.
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Salamanca.
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Valencia.
3.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. SERVICIO DE CONSTRUCCION. — Bilbao.
5.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — Barcelona.
JOSE MARIA ELOSEGUI CONSTRUCCIONES. — San Sebastián.
JULIAN ARUMI, S. L. — Vich (Barcelona).
JUNTA DEL PUERTO DE ALMERIA. — Almería.
JUNTA DEL PUERTO DE PASAJES. — Guipúzcoa.
LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO. — Madrid.
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO. — Madrid.
LAING IBERICA, S. A. — Madrid.
LIBRERIA RUBIÑOS. — Madrid.
MAHEMA, S. A. — Granollers (Barcelona).
MATERIALES PRETENSADOS, S. A. MATENSA. — Madrid.
MATERIALES Y TUBOS BONNA, S. A. — Madrid.
MATUBO, S. A. — Madrid.
OTEP INTERNACIONAL, S. A. — Madrid.
V. PEIRO, S. A. — Valencia.
PIEZAS MOLDEADAS, S. A. PIMOSA. — Barcelona.
POSTELECTRICA, S. A. — Palencia.
POSTENSA, S. A. — Bilbao.
PREFABRICADOS ALAVESES, S. A. PREASA. — Vitoria.
PREFABRICADOS DE CEMENTO, S. A. PRECESA. — León.
PREFABRICADOS DE HORMIGON, S. A. CUPRE-SAPRE. — Valladolid.
PREFABRICADOS NAVARROS, S. A. — Olazagutia (Navarra).
PREFABRICADOS NOR. — THOM, S.A. — Va'ladolid.
PREFABRICADOS POUSA, S. A. — Santa Perpetua de Moguda (Barcelona).
PREFABRICADOS STUB (MANRESANA DE CONSTRUCCIONES, S. A.). — Manresa (Barcelona).
PRETENSADOS AEDIUM, S. L. — Pamplona.
PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S. L. — Valladolid.
PROTEC, S. L. — Gijón (Oviedo).
REALIZACIONES Y ESTUDIOS DE INGENIERIA, S. A. — Pinto (Madrid).
RENFE. — Madrid.
RUBIERA PREFLEX, S. A. — Gijón (Oviedo).
S.A.E.M. — Valencia.
SAINCE. — Madrid.
SEAT. — Barcelona.
SENER, S. A. — Las Arenas (Vizcaya).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES. — Barcelona.
SIKA, S. A. — Madrid.
SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA. — Madrid.
SOCIEDAD ANONIMA FERROVIAL. — Madrid.
SOCIEDAD ANONIMA GENERAL DE ASFALTOS Y PORTLAND ASLAND. — Valencia.
SOCIEDAD ANONIMA MATERIALES Y OBRAS. — Valencia.
SOCIEDAD FRANCO - ESPAÑOLA DE ALAMBRES, CABLES Y TRANSPORTES AEREOS, Sociedad Anónima. — Erandio (Bilbao).
SUBDIRECCION GENERAL DE TECNOLOGIA. — Madrid.
SUCO, S. A. — Amposta (Tarragona).
TEJERIAS "LA COVADONGA". — Muriedas de Camargo (Santander).
TENSYLAND, S. A. — Gironella (Barcelona).
TEPSA. — Tarrasa (Barcelona).
TOSAM, S. L. — Segovia.
TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S. A. TYPSA. — Madrid.
UNION MADERERA CACEREÑA, S. L. — Cáceres.
VALLEHERMOSO, S. A. — Madrid.
VEYGA, S. A. — Tarrasa (Barcelona).
VIAS Y OBRAS PROVINCIALES. — San Sebastián.
VIGAS REMARRO. — Motril (Granada).
VIGUETAS ASTURIAS, S. L. — Oviedo.
VIGUETAS BORONDO. — Madrid.
VIGUETAS FERROLAND, S. A. — Santa Coloma de Gramanet (Barcelona).
VIGUETAS ROSADO, S. A. — Cáceres.

EXTRANJERO

B.K.W.Z. "RUCH". — Warszawa (Polonia).
COMPANHIA PORTUGUESA DE ELECTRICIDADE. — D.C.I. — Lisboa-3 (Portugal).
DAVILA & SUAREZ ASSOCIATES. — Río Piedras (Puerto Rico).
ESCUELA DE CONSTRUCCION CIVIL. — Valparaíso (Chile).
FACULTAD DE INGENIERIA. BIBLIOTECA. — Caracas (Venezuela).
FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD CATOLICA DE SALTA. — Salta (R. Argentina).
INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY. BIBLIOTECA. — Monterrey N.L. (México).
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. DIRECCION DE VIALIDAD. DIV. BIBLIOTECA Y PUBLICACIONES. — La Plata (Buenos Aires) (República Argentina).
NATIONAL REFERENCE LIBRARY OF SCIENCE AND AVENTION. — Londres (Inglaterra).
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR. — Quito (Ecuador).
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. — FACULTAD DE INGENIERIA. — Mérida (Venezuela).
UNIVERSIDAD CATOLICA MADRE Y MAESTRA. — Santiago de los Caballeros (República Dominicana).
UNIVERSIDAD DE CHILE (Departamento de Tecnologías). — Valparaíso (Chile).
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL S.V.R. (Departamento Contrataciones Especiales). — Bahía Blanca (República Argentina).
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. BIBLIOTECA. — Mayaguez (Puerto Rico).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

FACILES DE ENFILAR ✿ RAPIDOS AL TENSAR
LOS NUEVOS GATOS Y LOS ANCLAJES
STRONGHOLD
ESTAN CREANDO UN NUEVO CONCEPTO DEL PRETENSADO

SISTEMA de PRETENSADO

STRONGHOLD automatic

CONCESIONARIO PARA ESPAÑA:

CENTRO DE TRABAJOS TECNICOS, S.A.

Consejo de Ciento, 304 • 2º 1ª

Tel. 231 91 26 • BARCELONA•7 Cables: CETEC Telex: 52019

Oficina Internacional: STRONGHOLD PRESTRESSING LTD.

TORRIE LODGE PORTSMOUTH ROAD ESHER SURREY KT10 SAE. Cables: **STRONGHOLD ESHER** ENGLAND

Pídanos el nuevo catálogo Stronghold, de reciente publicación

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

VII congreso internacional de la F.I.P.

(Nueva York, 25 - 31 de mayo de 1974)

Durante los días 25 a 31 de mayo de 1974, ambos inclusive, se celebró en Nueva York el VII Congreso Internacional de la F.I.P. En él participaron más de 2.600 delegados procedentes de la mayor parte de los países del mundo (sesenta países). La delegación española estaba integrada por sesenta y cuatro personas.

Las Sesiones Técnicas del Congreso tuvieron lugar en el hotel New York Hilton y en ellas se pronunciaron conferencias sobre muy diversos temas, entre los cuales cabe destacar, por su especial interés, los siguientes:

— Hormigones de alta resistencia.
— Resistencia al fuego.
— Control de la polución.
— Cimentaciones y anclajes al terreno.
— Construcción industrializada de edificios.
— Prefabricación en serie de elementos estructurales.
— Centrales nucleares.
— Estructuras marítimas.
— Viaductos urbanos.
— Vías de circulación rápida.
— Nuevos métodos constructivos.
— Promoción de las aplicaciones del hormigón pretensado.

Por otra parte presentaron informes detallados sobre los trabajos realizados durante los últimos cuatro años las siguientes Comisiones Técnicas de la F.I.P.:

— Práctica constructiva.
— Hormigones ligeros.
— Estructuras antisísmicas.
— Estructuras marítimas.
— Cimentaciones de máquinas.
— Prefabricación.
— Aceros para pretensado.

Se dedicaron tres sesiones a la presentación de los informes preparados por los diferentes grupos nacionales afiliados a la F.I.P., con la descripción de las estructuras más destacadas construidas en sus respectivos países desde el anterior Congreso, celebrado en Praga en 1970. Para su descripción, estas obras se clasificaron en los tres grupos siguientes: puentes, estructuras de edificación y otros tipos de estructuras.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Además, durante los días del Congreso permaneció abierta una exposición de equipos, materiales y publicaciones relacionados con la técnica del pretensado, y se proyectaron numerosas películas sobre la construcción de diferentes tipos de estructuras pretensadas. Se organizaron también visitas a obras y a plantas de prefabricación de elementos resistentes pretensados en Nueva York y sus alrededores.

La representación española llevó al Congreso el segundo tomo del libro "Hormigon pretensado. Realizaciones españolas", en el que se describen las principales obras pretensadas que han sido construidas en nuestro país desde enero de 1969 a diciembre del 72 y algunas de las terminadas en el año 73. Además, en las sesiones dedicadas a la descripción de "Puentes", "Estructuras de edificación" y "Otros tipos de estructuras", los señores Fernández Casado, Cassinello y Torroja, respectivamente, presentaron informes ver-

bales, ilustrados con la proyección de diapositivas, sobre las realizaciones españolas pretensadas más destacadas en los tres campos de aplicación mencionados, construidas a partir del anterior Congreso de la F.I.P. Los textos de estos informes se reproducen, más adelante, en este mismo número de nuestra revista. Por último debe citarse que entre los expositores figuraba la firma española Centro de Trabajos Técnicos, con un "stand" en el que entre otros materiales se exhibía el nuevo sistema Stronghold de pretensado.

Es de justicia señalar que la aportación del grupo español, en su conjunto, ha sido objeto de elogios muy favorables.

° ° °

Coincidiendo con el Congreso, y en la mañana del domingo, día 26, se celebró también la Asamblea general de la F.I.P., en la cual, entre otros, se adoptaron los siguientes acuerdos:

— Nombrar nuevo presidente de la F.I.P. a Mr. Ben C. Gerwik (Jr.), de Estados Unidos, para el período 1974-78.

— Nombrar vicepresidente general de la F.I.P. a M. Roger Lacroix, de Francia, para el mismo período.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

— Nombrar secretario general y tesorero de la F.I.P., en sustitución de Mr. Gooding, a Mr. Arthur Hill, de Inglaterra.

— Nombrar presidente honorario de la F.I.P. al doctor ingeniero G. F. Janssonius, de Holanda.

— Conceder las medallas Freyssinet a los señores F. Leonhardt, de Alemania Occidental; T. Y. Lin, de Estados Unidos, V. V. Mikhailov, de Rusia.

— Conceder las medallas de la F.I.P. a los señores A. Anderson, de Estados Unidos; S. Inomata, del Japón, y D. J. Lee, de Inglaterra.

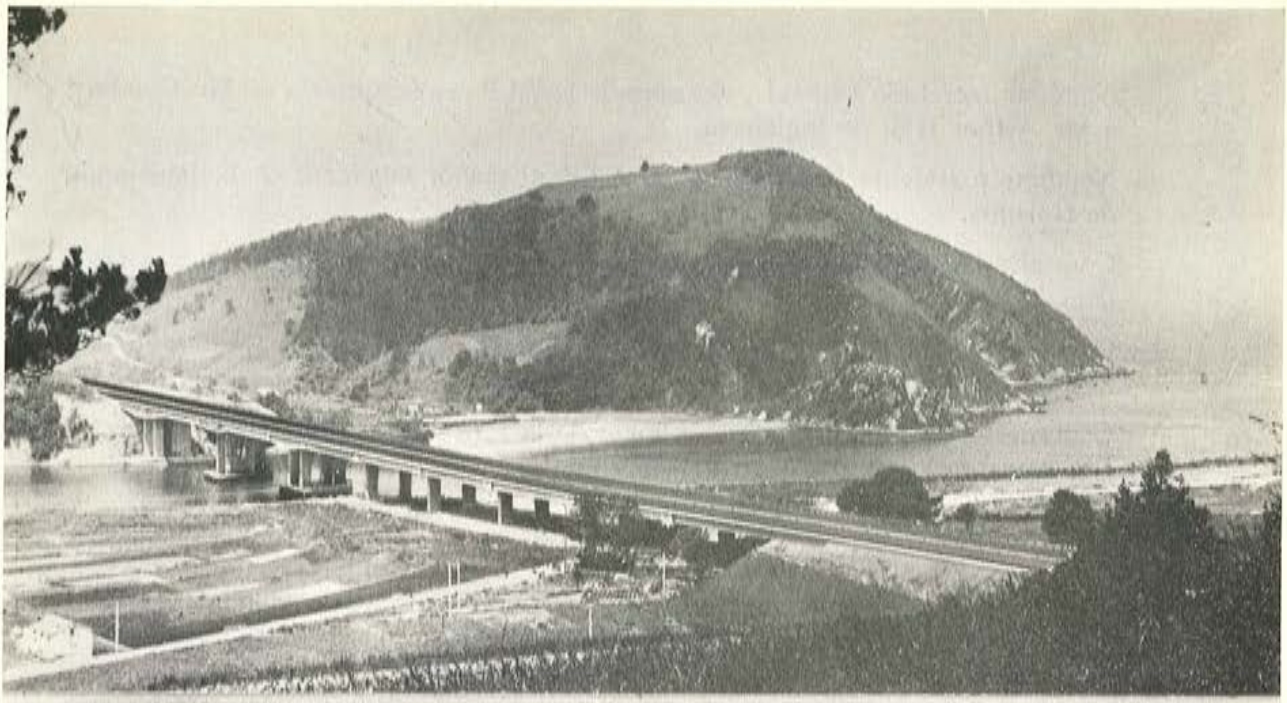
— Conceder el título de miembro de honor de la F.I.P. a los señores A. J. Harris, de Inglaterra, y J. Klímes, de Checoslovaquia.

* * *

Sirva este breve comentario como primera información para que aquellos miembros de nuestra asociación que no pudieron asistir a estos actos tengan una idea de lo tratado en el VII Congreso, que cada cuatro años viene organizando la Federación Internacional del Pretensado y que constituyen una de sus principales actividades. Como siempre, más adelante, la F.I.P. publicará los "Proceedings" correspondientes, en los que se reproducirán las comunicaciones más interesantes presentadas y las principales conferencias pronunciadas a lo largo de las apretadas jornadas de trabajo de este VII Congreso.

R. Piñeiro

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



En la primavera de 1969, FERROVIAL comenzaba las obras de construcción de la Autopista Bilbao-Behobia, para EUROPISTAS, C. E. S. A. Dos años más tarde quedaba terminado el primer tramo GALDACANO-AMOREBIETA. Siguieron a continuación y ya en la provincia de Guipúzcoa los tramos:

ERMUA-ELGOIBAR
ALZOLA-ISTIÑA
ICIAR-ZUMAYA

Y ahora el tramo ZARAUZ-ORIO.
Por fin las capitales de Vizcaya y Guipúzcoa, Bilbao y San Sebastián, han quedado unidas por autopista.

¡Qué cerca está ya el final! Otro esfuerzo y habremos concluido en Behobia aquellas obras que iniciamos no hace tanto tiempo y que entonces resultaba difícil imaginar terminadas.
FERROVIAL, ha tenido que superar en este nuevo tramo una difícil prueba. Las fotografías muestran los grandes viaductos sobre la ría de Orio y el de Zarauz que son buena muestra de ello. Hay otras obras no menos importantes, el desmonte de Beástegui de un millón de metros cúbicos, el complejo enlace de Zarauz... Hubiésemos querido mostrarlas todas, qué pena, todas no entraban.

Sí, en FERROVIAL nos sentimos satisfechos del trabajo realizado y también profundamente agradecidos. En cada lugar, en cada hombre, hemos encontrado ayuda y comprensión. La tarea ha sido difícil, el trabajo duro, pero ha merecido la pena.
A todos muchas gracias.

ferrovial
EMPRESA CONSTRUCTORA

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

el hormigón pretensado en la edificación española (*)

F. CASSINELLO
Prof. Dr. Arquitecto

El hormigón pretensado no ha obtenido aún la popularidad en la edificación española; pero cada vez existen más soluciones singulares cuya originalidad y audacia estructural es consecuencia directa del uso de diferentes métodos de construcciones pretensadas.

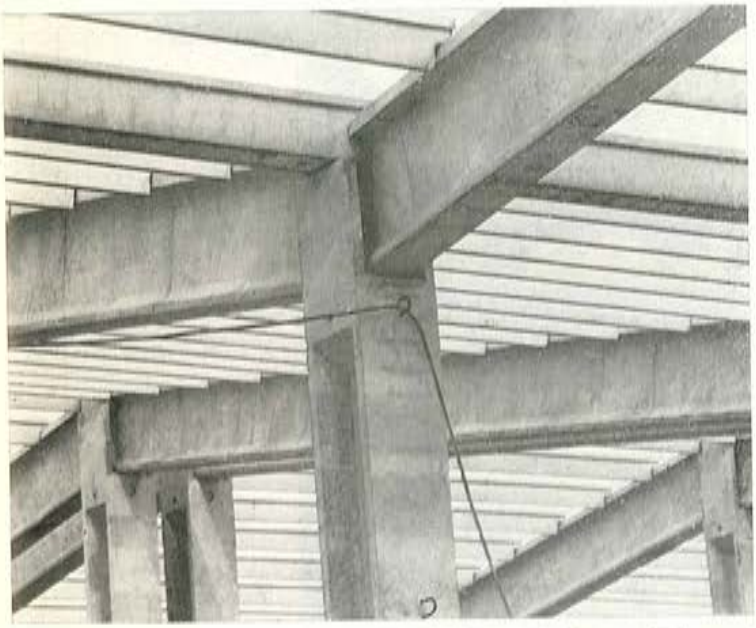


Figura 1.

Así, por ejemplo, en la arquitectura industrial, la prefabricación de elementos lineales, tales como columnas y vigas de alambres pretesos, permite obtener soluciones de grandes naves que ofrecen notables ventajas, desde el punto de vista de su economía y seguridad al fuego. Sus soluciones están directamente inspiradas en las construcciones metálicas, a las que aventaja en estos campos. Como ejemplo de esta forma de hacer sirvan las soluciones diseñadas por Aguiló y Fernández Ordóñez para unos Almacenes en Valdemoro (figs. 1 y 2).

Figura 2.

(*) Texto de la comunicación presentada por el señor Cassinello, como delegado del grupo español, en la sesión dedicada a la descripción de "Edificios", durante el VII Congreso Internacional de la F.I.P. celebrado, en Nueva York, durante los días 25 a 31 de mayo de 1974.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

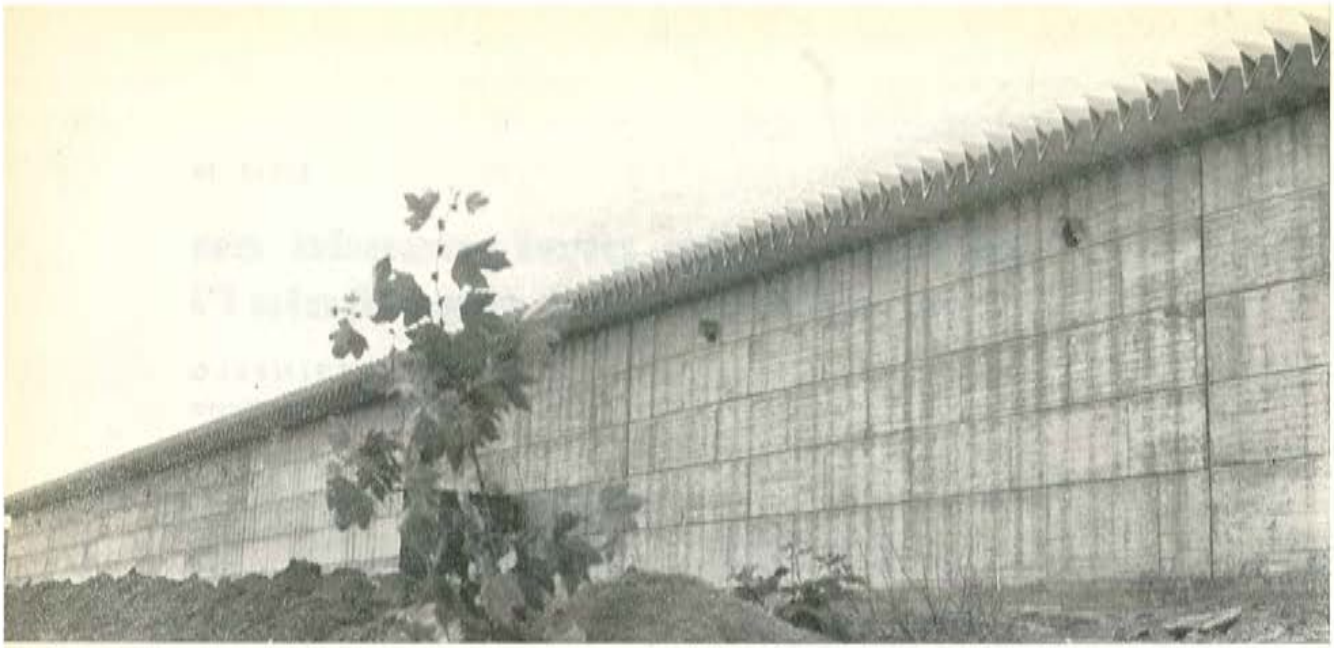


Figura 3.

Figura 4.

Figura 5.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 6.

Mayores ventajas se obtienen con el empleo de vigas huecas cuya sección transversal toma la forma adecuada a su función de uso y a su función estructural. Así, el Arquitecto Miguel Fisac resuelve los forjados y cubiertas de: Edificios industriales (figs. 3 y 4), Bodegas (figura 5), Colegios, Iglesias (fig. 6)... e incluso su propio estudio de arquitectura (fig. 7).

Figura 7.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

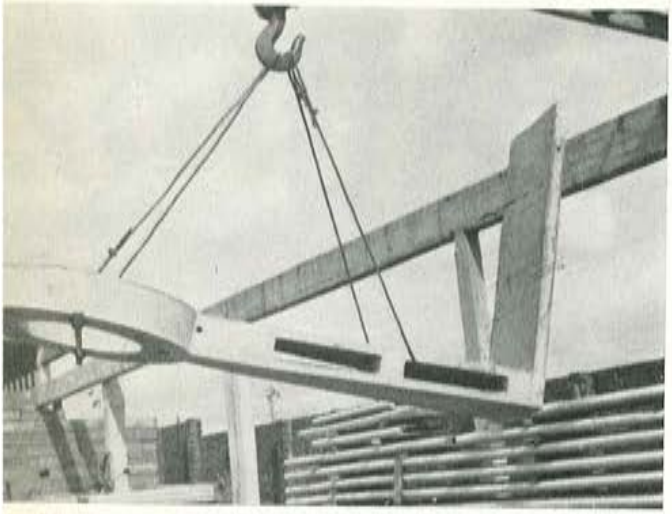


Figura 8.

Figura 9.

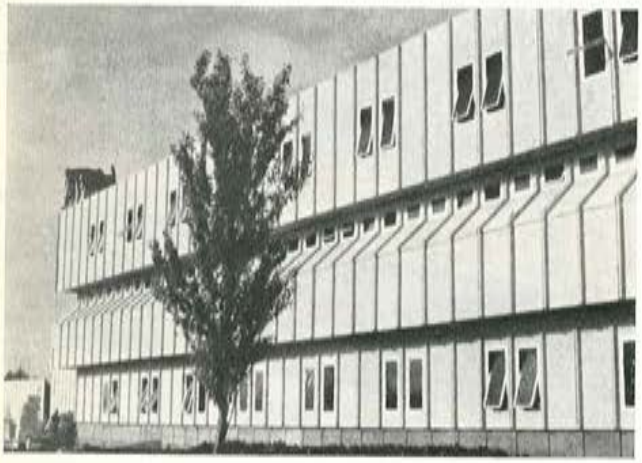


Figura 12.

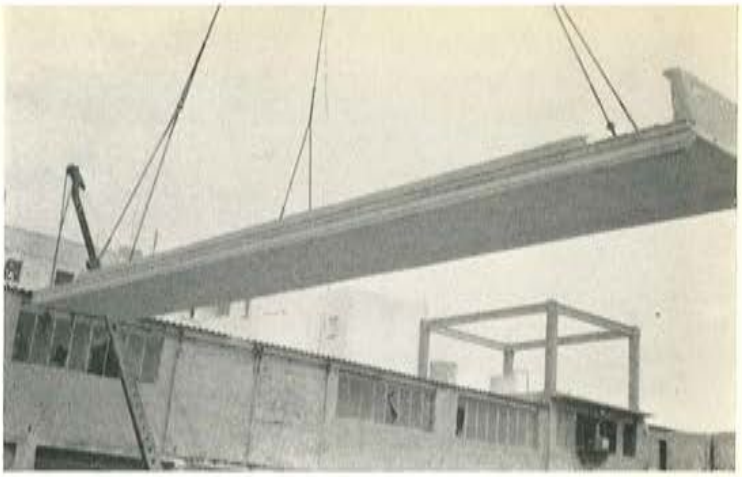


Figura 10.

Figura 11.

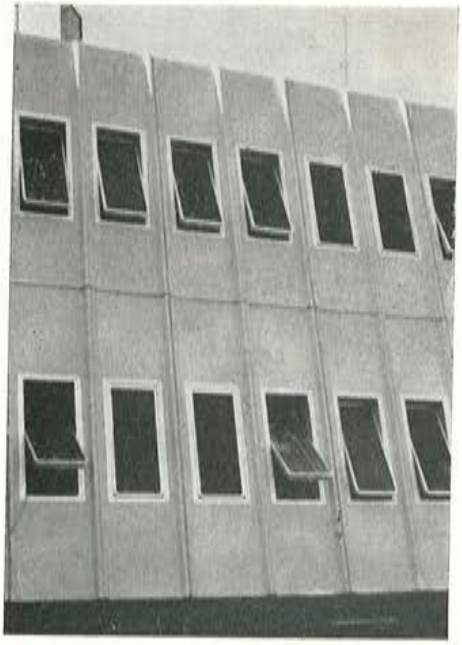


Figura 13.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

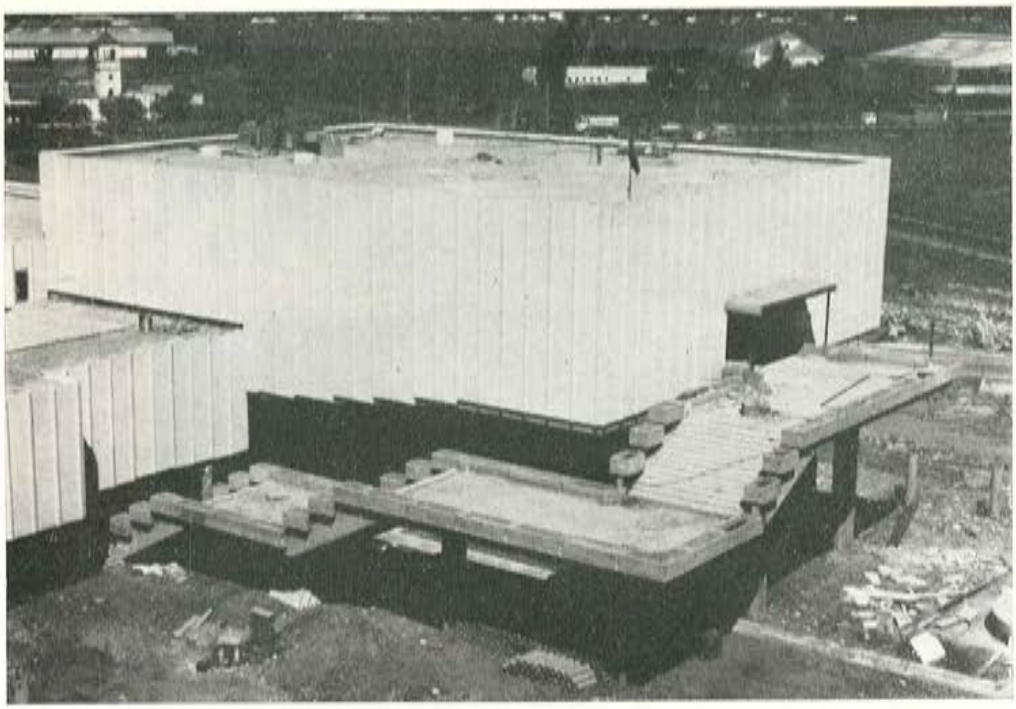
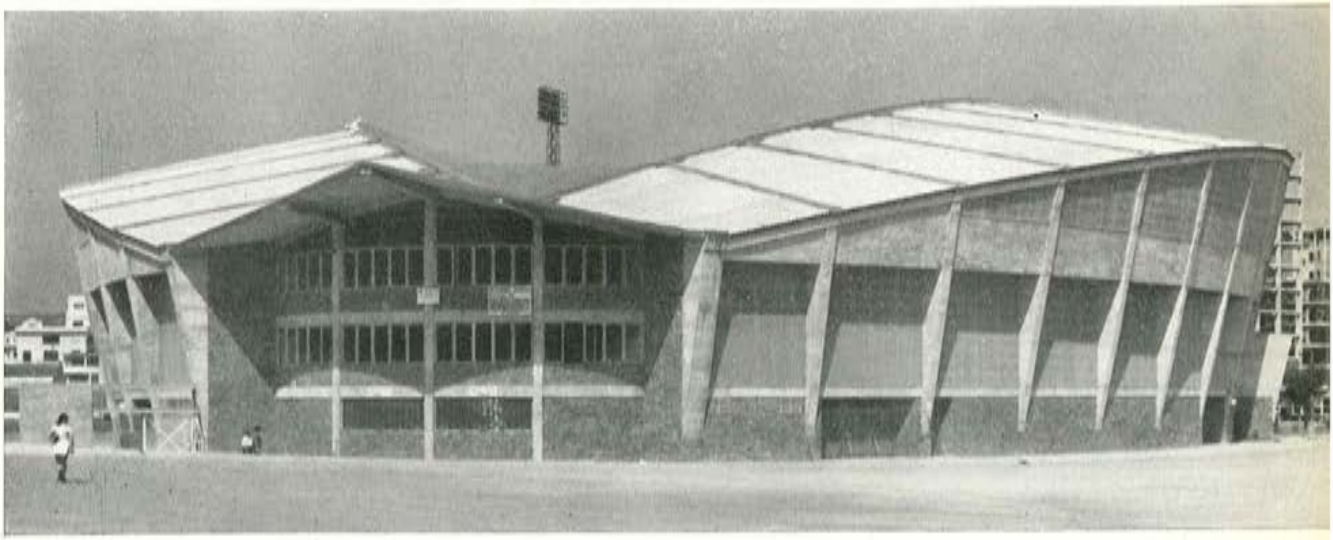


Figura 14.

En este mismo campo de las soluciones huecas hay que destacar el empleo de fachadas constituidas por paneles prefabricados de hormigón pretensado, de sección transversal hueca, con las consiguientes ventajas de ligereza y posibilidad de llegar a grandes dimensiones. Vicente Peiró es el constructor que ha desarrollado estas soluciones (figs. 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14).

Las cubiertas colgantes, en forma de paraboloide hiperbólico, encuentran su forma idónea de aplicación en los palacios de deportes, tal como el de La Coruña (figs. 15 y 16) diseñado por López Jamar, y en el que los cables se agrupan entre las juntas de las placas prefabricadas de hormigón ligero que definen la cobertura. Solución análoga adopta el palacio de deportes de Sabadell, diseñado por Soteras y Canduela (fig. 17).

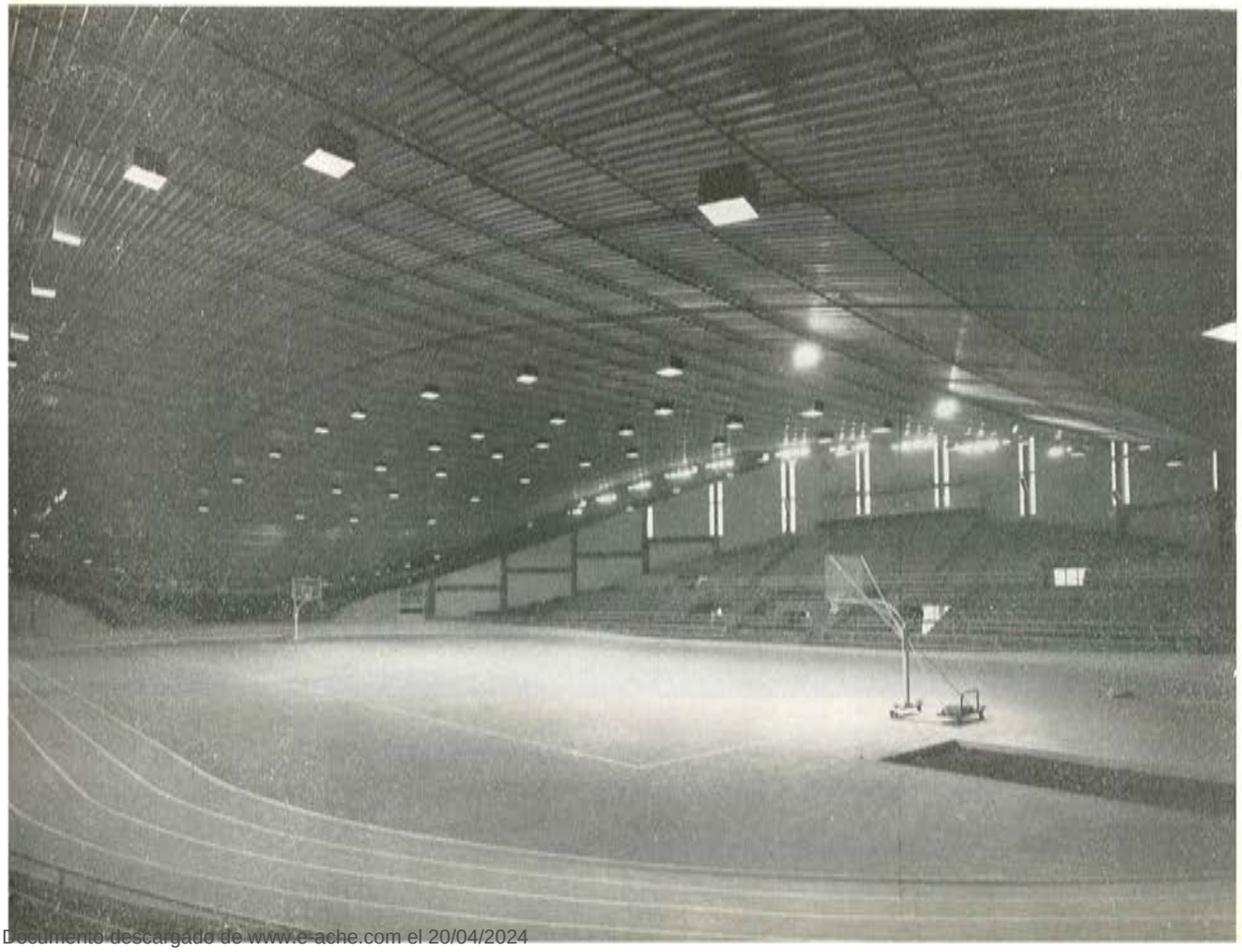
Figura 15.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 16.

Figura 17.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

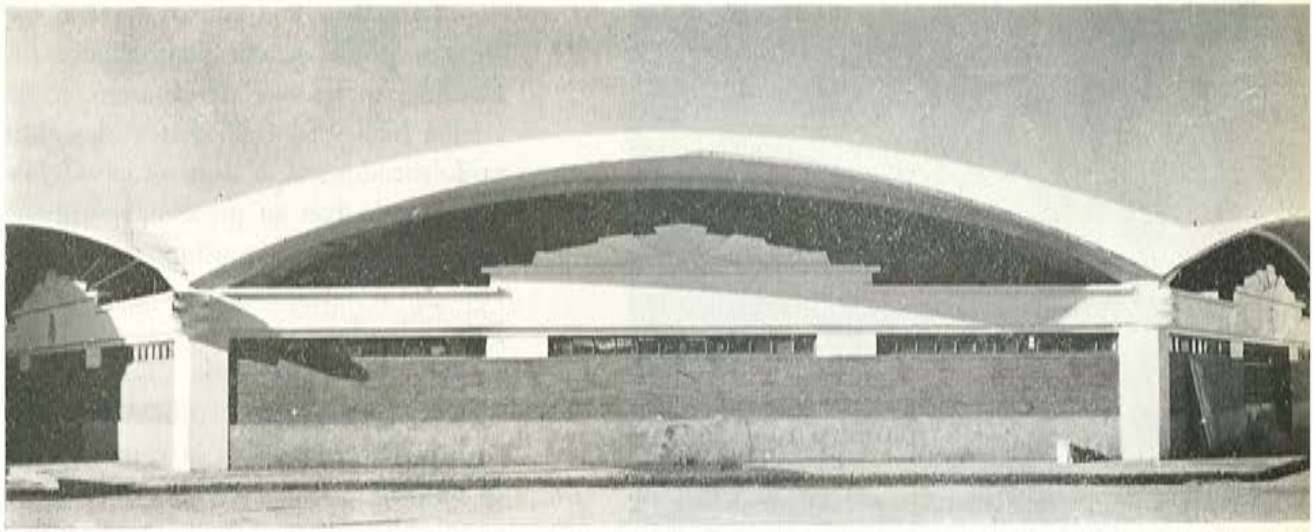


Figura 18.

La cúpula laminar con zuncho pretensado perimetral fue una original creación de Eduardo Torroja en el mercado de Algeciras construida en el año 1933 (fig. 18). Su hijo, José Antonio, usa la misma solución en las cuatro cúpulas que cubren una bodega de vino; las Bodegas González Byass, en Jerez, que protegen un buen vino: El Tío Pepe (fig. 19). Ahora, Florencio del Pozo ha diseñado en Barcelona otra cúpula laminar para un palacio de deportes, con 75 m de diámetro y con un esquema estructural similar al de la cúpula de Torroja (fig. 20).

Figura 19.

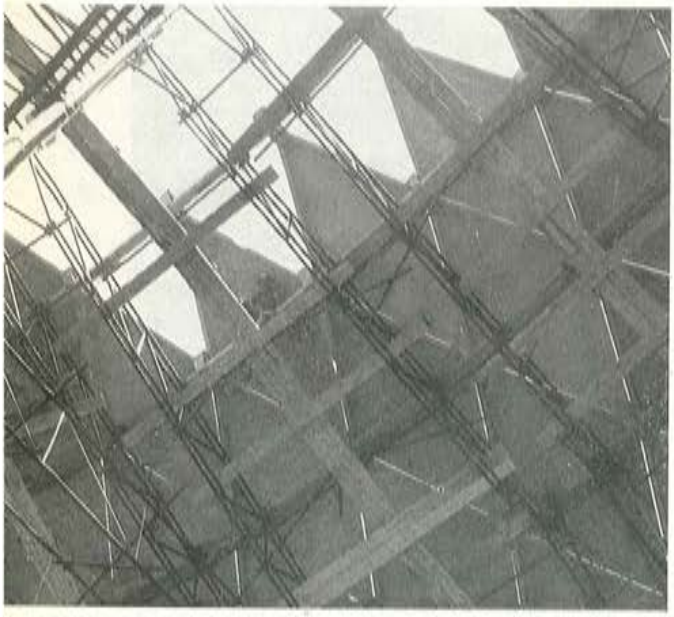
Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 20.

La cúpula fue construida con elementos prefabricados romboidales formando paneles que permitieron la ejecución fácil y sencilla. Estos elementos prefabricados son de dimensión variable, de acuerdo con su posición meridiana, pero su espesor es constante y en todos ellos, de tres centímetros (figs. 21 y 22). En sus bordes se crean los nervios cuyo canto varía, a lo largo de toda la cúpula, de doce a diecisiete centímetros, mientras que el espesor de la capa superior es uniforme, y de siete centímetros. La cúpula es vaída, desarrollada sobre planta octogonal, y posee un zuncho perime-

Figura 21.

Figura 22.



tral pretensado y lunetos en voladizo de refuerzo de borde, hormigonados in situ. El sistema de prefabricación es similar a la solución empleada por Nervi en el Palazzetto de deportes de Roma. En la cúpula de Barcelona, Florencio del Pozo usa, pues, el esquema estructural de Torroja y los métodos de prefabricación de Nervi, pero superando en mucho las dimensiones de las soluciones anteriores.

Y como último ejemplo, las Torres Colón en Madrid, diseñadas por La-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 23.

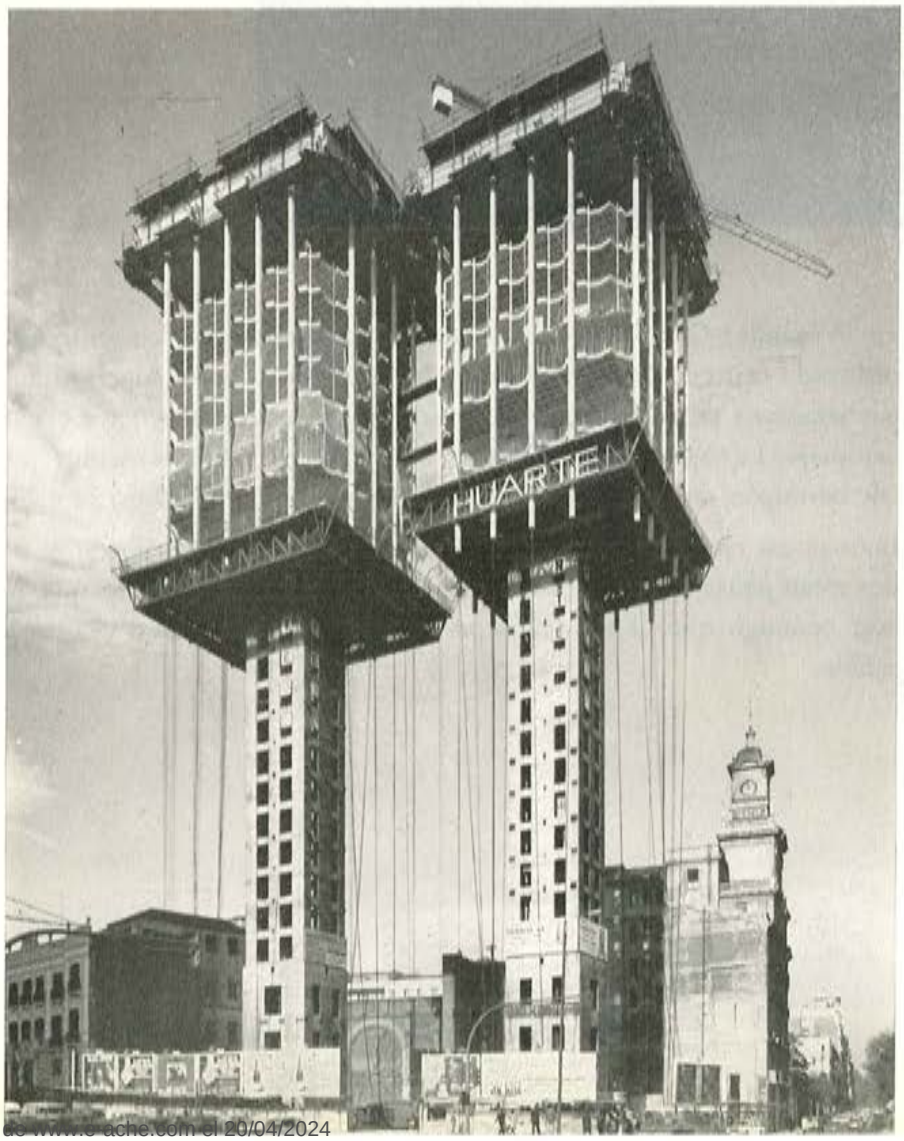


Figura 24.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 25.

mela y calculadas por Fernández Casado cuya estructura consiste en un núcleo central de hormigón armado construido con encofrado deslizante (fig. 23). En su parte superior cuatro grandes vigas, con voladizos en su extremos permiten colgar los forjados, cuya ejecución se hace de arriba abajo. Los nervios que definen las péndolas están formados por piezas prefabricadas de hormigón, con cables postesos del sistema Stronghold (figs. 24 y 25).

Estos son sólo unos pocos ejemplos, pero no hay muchos más. Pese a ello estoy seguro que todos ustedes están pensando que son de alta calidad y belleza, por lo que no dudarán en pronosticar conmigo que el hormigón pretensado tendrá un futuro venturoso en la edificación española.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

591 - 0 - 22

estructuras de hormigón pretensado construidas en España (*) (excluidos puentes y edificios)

JOSE ANTONIO TORROJA
Dr. Ingeniero de Caminos

La utilización del hormigón pretensado y, en general, de la técnica del pretensado, aumenta muy rápidamente y cada vez se van abriendo nuevos y más amplios campos de aplicación a la misma. La idea de pretensar los terrenos, por ejemplo, no es nueva; pero en los últimos años se ha extendido de un modo extraordinario el empleo de tendones de pretensado con anclajes en roca.

En España se han realizado algunas interesantes aplicaciones de esta técnica, como por ejemplo, la estabilización de grandes zonas de laderas rocosas en la presa El Atazar.

(*) Texto de la comunicación presentada por el señor Torroja, como delegado del grupo español, en la sesión dedicada a la descripción de "Otras estructuras (excluidos puentes y edificios)", durante el VII Congreso Internacional de la F.I.P. celebrado, en Nueva York, durante los días 25 a 31 de mayo de 1974.

Figura 1.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

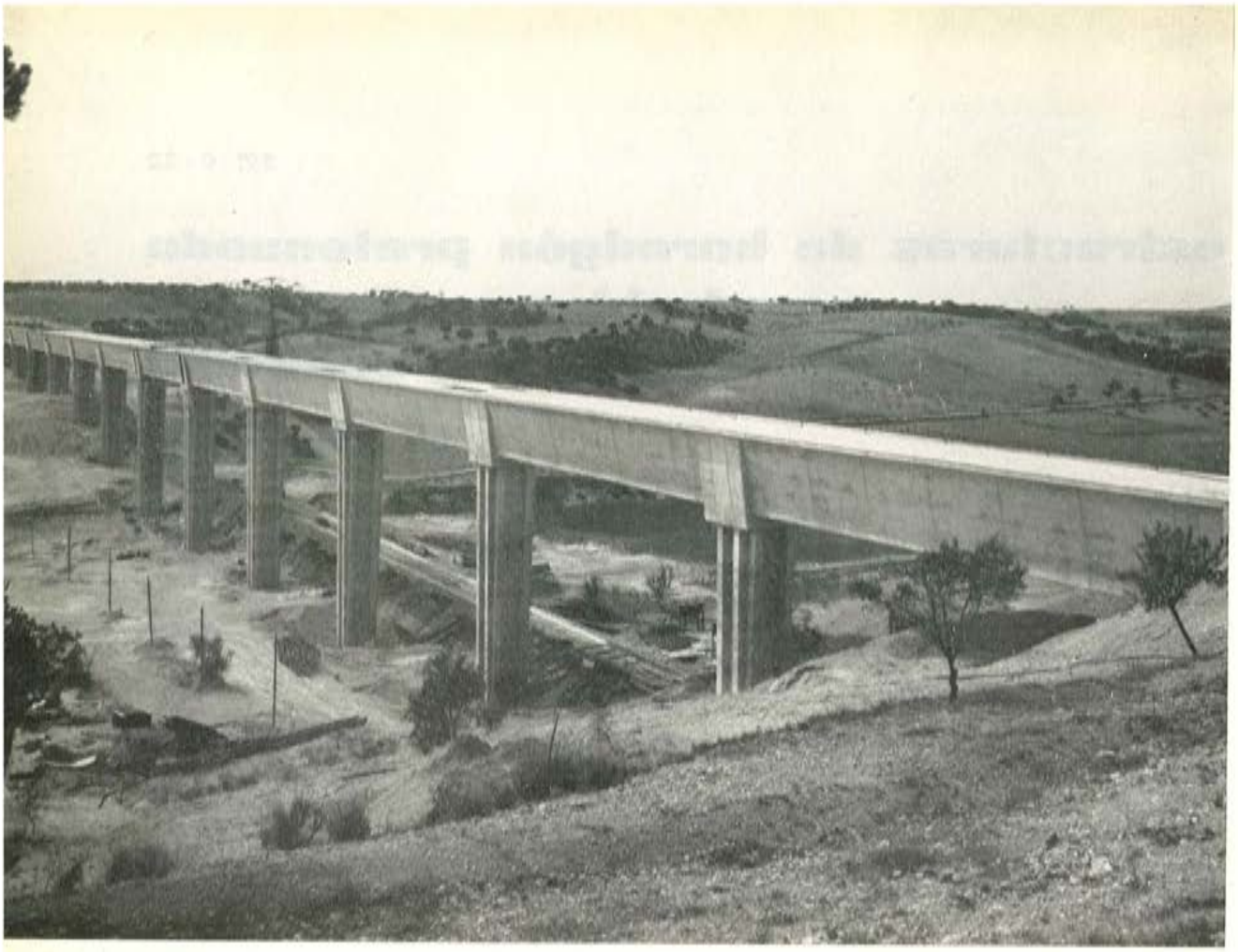


Figura 2.

Para ello se utilizaron (figura 1) retículas formadas por vigas de hormigón armado, que cubrían las laderas y quedaban sujetas al terreno mediante más de 1.400 anclajes pretensados, de hasta 250 toneladas de capacidad de carga y longitudes variables entre 30 y 80 metros.

Aunque la utilización de los anclajes en roca pretensados es muy interesante y constituye una técnica muy adecuada para resolver diversos problemas relacionados con la mecánica del suelo y de las rocas, es todavía en el campo estructural donde el pretensado encuentra sus más importantes aplicaciones. Y esto es así, no sólo por razones económicas, sino también debido a sus ventajas técnicas y funcionales.

Uno de los campos en los que el empleo del pretensado resulta muy adecuado es el de las obras hidráulicas, tales como depósitos y acueductos, debido principalmente a la estanquidad que con el hormigón pretensado se consigue.

Una de las mayores obras hidráulicas construidas en España durante los últimos años, consiste en un gran canal, de unos 30 m² de sección transversal, que toma las aguas del río Tajo y las conduce a través de 180 Km hasta el río Segura, para regar las ricas huertas de Murcia. Dentro de este gran complejo ha sido necesario construir varios acueductos importantes, entre los cuales podemos citar el de Santa Quiteria (figura 2), de 550 m de longitud, constituido por una viga cotinua de sección transversal en cajón, con tramos de 31 m. La viga se construyó in situ. El proyecto es de J. M. Pliego e I.N.T.E.C.S.A.; la empresa constructora fue Dragados y Construcciones, S. A., y el sistema de pretensado utilizado el Stronghold.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 3.

Otros dos acueductos importantes, pertenecientes también a las obras del trasvase Tajo-Segura, son el de Cigüela, 2.800 m de longitud y el de Riansares, de 6.200 m de longitud.

Ambos están constituidos, como el de Santa Quiteria, por una viga continua de sección en cajón (figura 3), construída a base de elementos prefabricados de 3,75 m de longitud (figura 4), unidos entre sí mediante resina epoxi y luego pretensados. Los tramos son de 40 m de luz. Las estructuras fueron proyectadas por José Cobelas y Manuel Fernández Villalta. La construcción la realizó la empresa S.A.T.O., utilizando el sistema Freyssinet de pretensado.

Figura 4.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 5.

Mientras que en las obras hidráulicas la utilización del hormigón pretensado se justifica, principalmente, por razones de estanquidad, en las estructuras marítimas son las condiciones de durabilidad las que hacen que este material sea más adecuado que el hormigón armado ordinario o el acero.

En el puerto de La Coruña se ha construido un tercer pantalán (figura 5), para petroleros de hasta 120.000 T.P.M., que va cimentado sobre pilotes pretensados, cilíndricos, huecos, de diámetros que oscilan entre 36″ (0,91 m) y 54″ (1,37 m). El tablero está constituido por vigas de sección en I, también pretensadas. Sin embargo, la más interesante aplicación del pretensado en esta obra la constituye, probablemente, su utilización en los duques de alba dispuestos para el amarre de los petroleros (figura 6). Aunque, en general,

Figura 6.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

los duques de alba suelen ser de acero, en esta ocasión, se han construido a base de pilotes pretensados huecos, de 66" (1,67 m) de diámetro, hincados en el terreno hasta profundidades de 35 m. Estos pilotes se prefabricaron, por elementos, en las instalaciones de Dragados y Construcciones, S. A., en Huelva, en el sur de España, y se transportaron por mar hasta La Coruña, en donde se ensamblaron y pretensaron conjuntamente todos los elementos constitutivos de cada pilote.

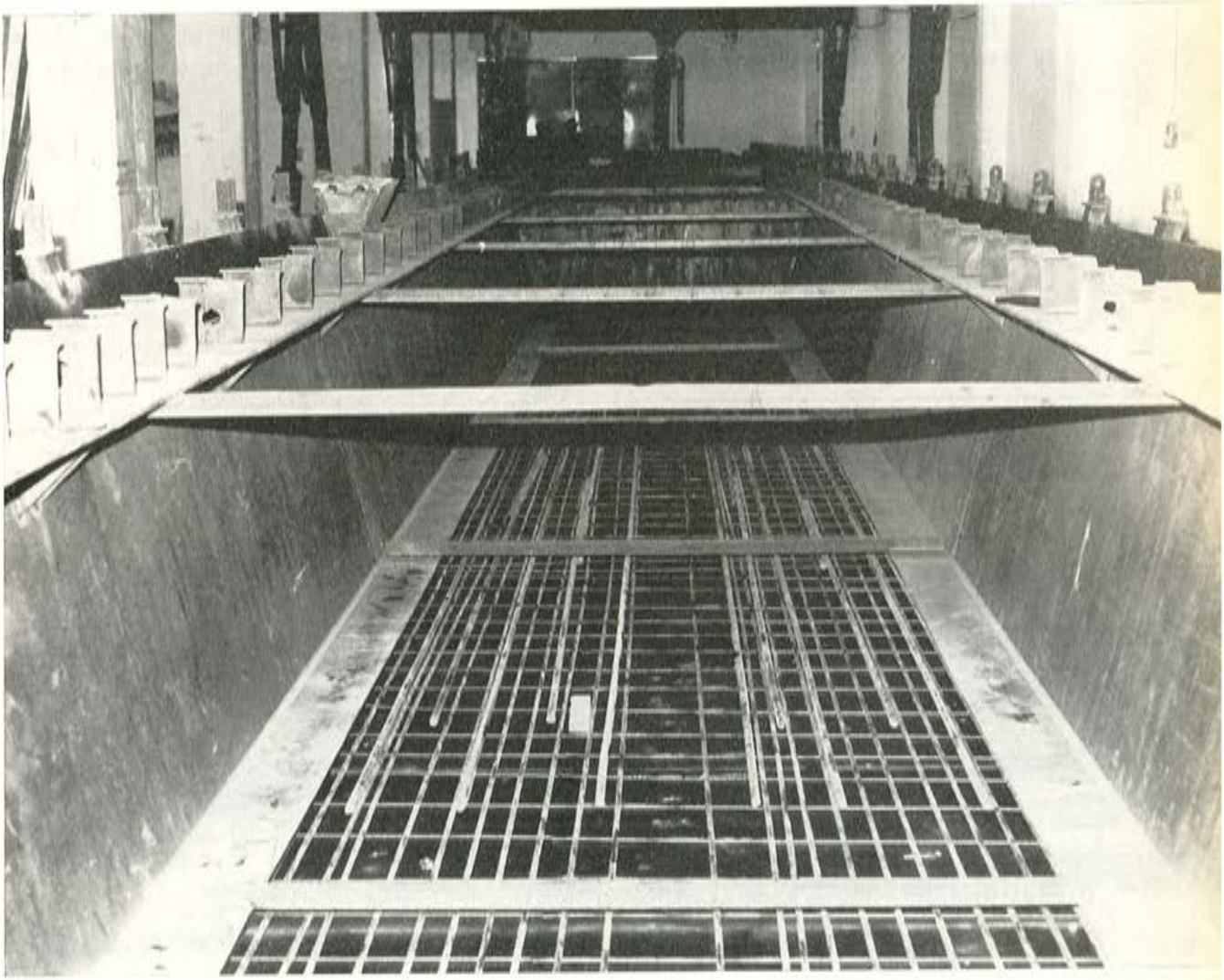


Figura 7.

Esta solución, adoptada después de haber ensayado nueve pilotes a escala natural, fue proyectada por I.N.T.E.C.S.A. Las obras las realizó Dragados y Construcciones, S. A., y el sistema de pretensado utilizado fue el C.C.L.

Otro problema totalmente distinto, resuelto también con gran sencillez y originalidad es la estructura de cobertura de un aparcamiento subterráneo en Barcelona (figura 7). Las vigas, de sección en cajón, se construyeron en forma de U, quedando abiertas por la parte superior, en estructura mixta pretensada de hormigón y acero, con el fin de aprovechar al máximo las mejores características de cada material (figura 8). Estas vigas prefabricadas, de 16 m de longitud y 1 m de canto, se colocaban en el lugar de su ubicación defini-

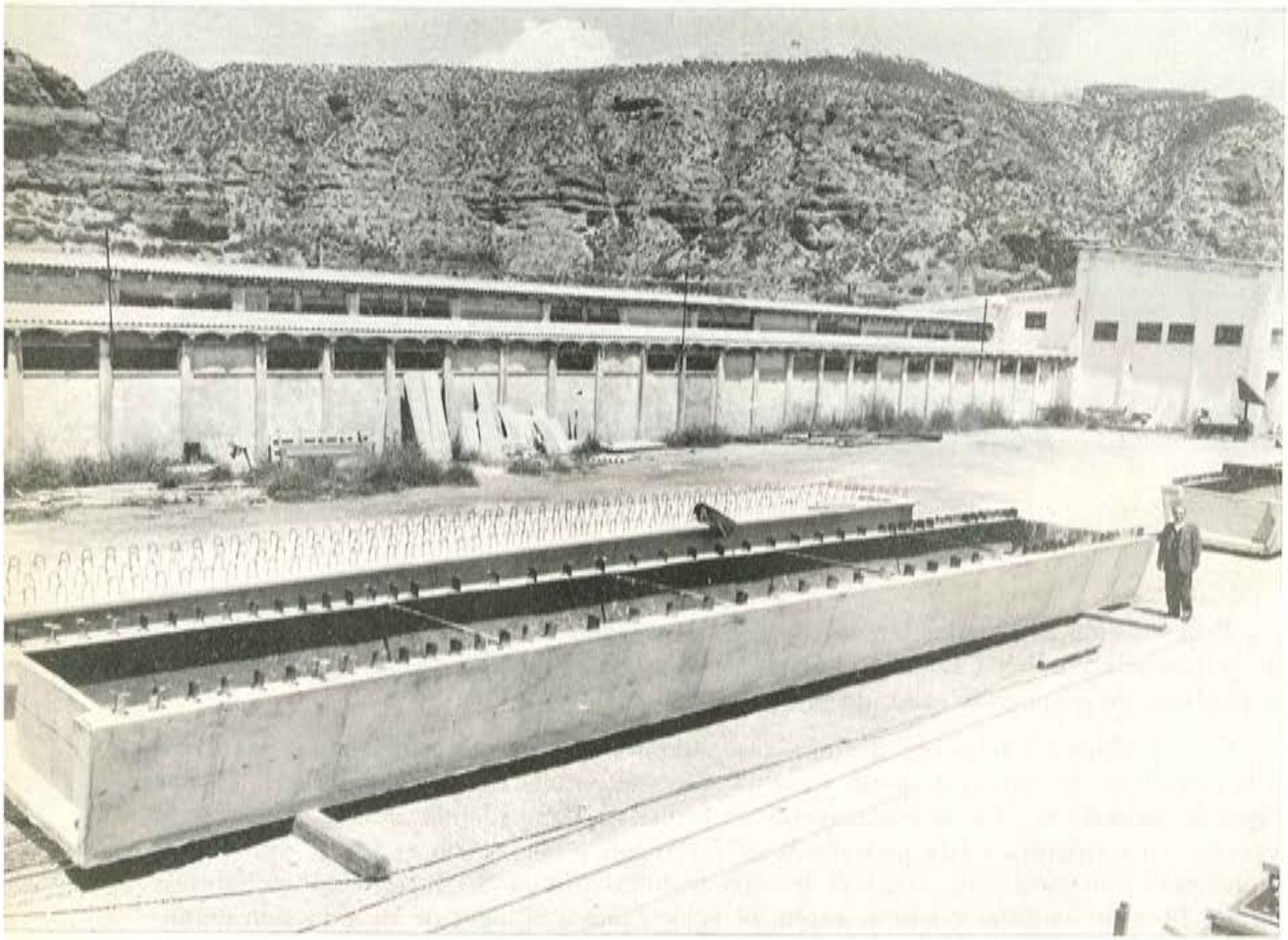
Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

tiva y se cubrían con una losa de 0,25 m de espesor, formada por una placa prefabricada de 6 cm y un relleno de hormigón vertido in situ de 19 cm. En los sitios convenientes se suprimía la placa prefabricada y se rellenaba la viga, que actuaba como macetero, con tierra vegetal para plantar después árboles.

Esta estructura ha sido proyectada por Miguel Angel Aguiló, José A. Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón; y los elementos prefabricados se construyeron en la factoría de Pacadar, S. A., en Madrid.

El último ejemplo de aplicación del hormigón pretensado que voy a comentarles es la estructura elevada que se está construyendo para el tren vertebrado, o articulado, in-

Figura 8.

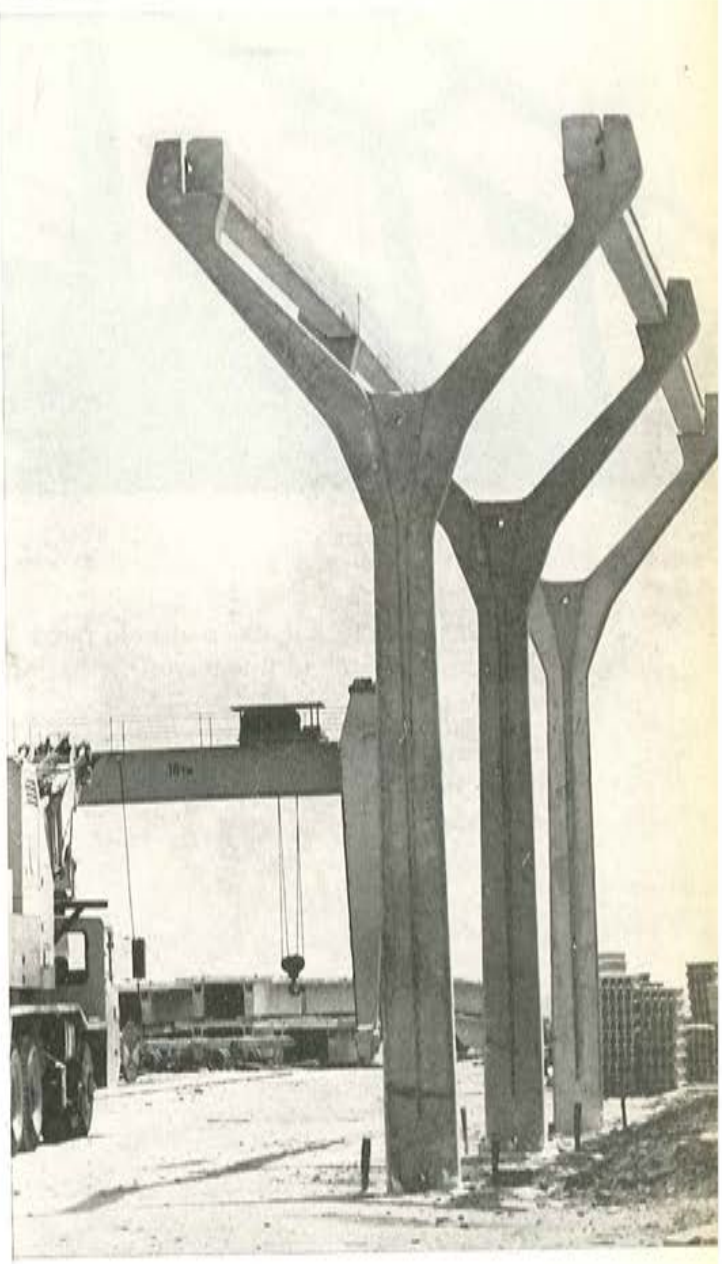


Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 9.

Figura 10.

Figura 11.



ventado por el ingeniero español Alejandro Goicoechea (figura 9). El tren corre sobre vigas de hormigón pretensado, de sección rectangular. Con fines experimentales se hizo primero un modelo, a escala natural, cerca de Madrid (figura 10) y, en la actualidad, se está construyendo ya un tramo real de este ferrocarril elevado, en la isla de Las Palmas de Gran Canaria. Este tramo enlazará el aeropuerto de Gando, de Las Palmas, con el centro turístico de Maspalomas, al sur de la isla. Se han concluido ya 2 Km de vía, sobre las cuales se han realizado todo tipo de ensayos con resultados completamente satisfactorios.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Toda la estructura es prefabricada. Las pilas, en forma de Y (fig. 11), se apoyan sobre losas de cimentación, también prefabricadas, colocadas cada 10 metros. Los raíles están constituidos por vigas pretensadas, de sección rectangular, de 30 cm de anchura y 40 cm de canto, que descansan sobre apoyos de neopreno. Lateralmente se anclan a los brazos de la Y del pilar.

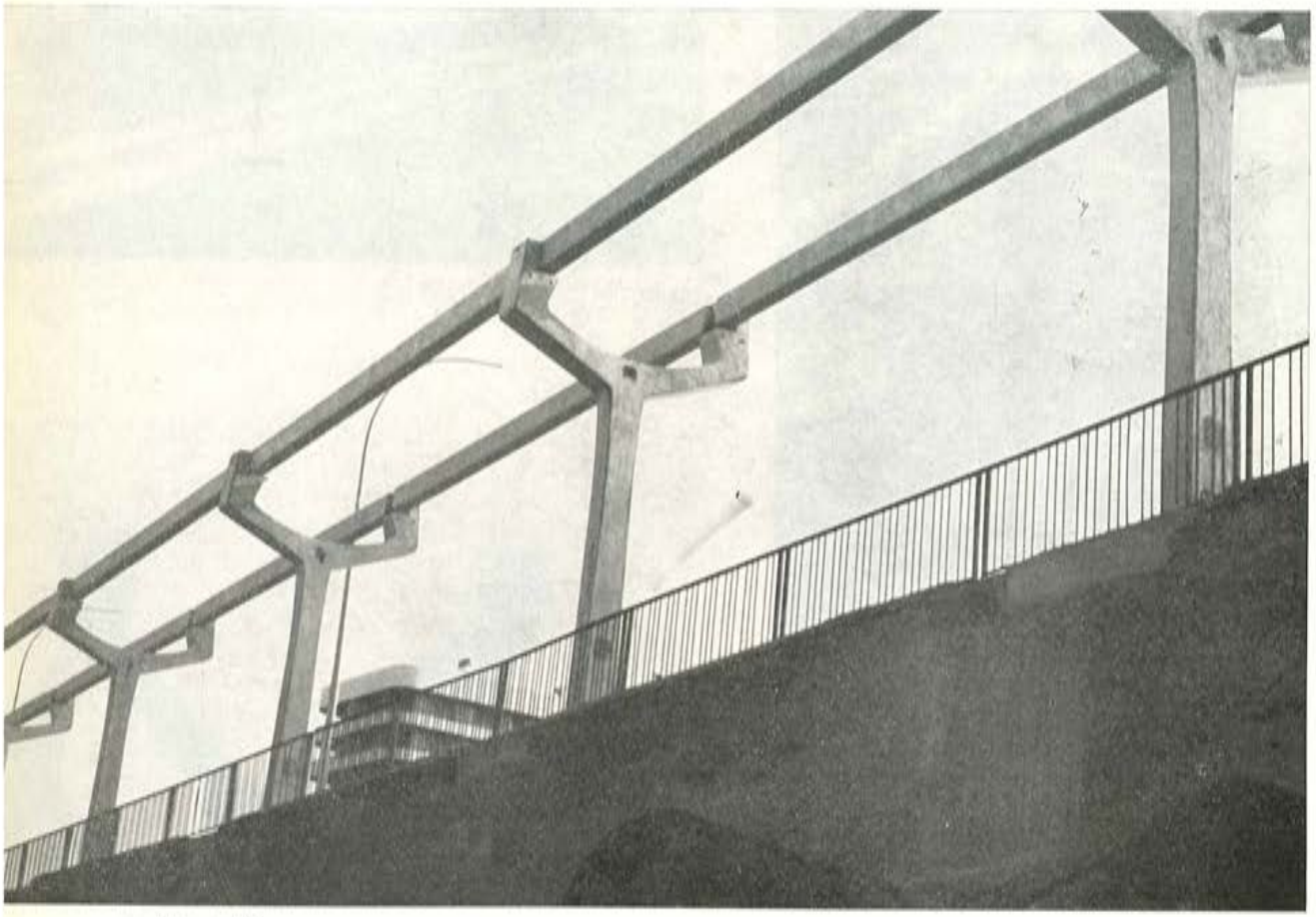


Figura 12.

El proyecto ha sido realizado por Fernández Casado, Manterola y Fernández Troyano y los distintos elementos estructurales los prefabricó la empresa CADE, S. A.

Como puede apreciarse en las fotografías (fig. 12), la estructura tiene un aspecto de asombrosa ligereza y constituye un ejemplo más de cómo el pretensado colabora al desarrollo de nuevas ideas y nuevas técnicas, incluso fuera de su propio campo normal de aplicación.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

puentes pretensados construidos en España (*)

C. FERNANDEZ CASADO
Dr. Ingeniero de Caminos

Voy a exponer algunos ejemplos de puentes últimamente construidos en España, agrupándolos de acuerdo con la función que cumplen y señalando, especialmente, los sistemas de construcción utilizados.

Dentro del grupo de los puentes clásicos, sobre cursos de agua normales, se han construido muchas obras a base de vigas rectas, de 30 a 45 m de luz, prefabricadas en taller y lanzadas longitudinalmente con el auxilio de una viga metálica, provisional, autoportante.

Es el caso, por ejemplo, del puente de la figura 1, sobre el río Llobregat, en la autopista

(*) Texto de la comunicación presentada por el señor Fernández Casado, como delegado del grupo español, en la sesión dedicada a la descripción de "Puentes", durante el VII Congreso Internacional de la F.I.P. celebrado, en Nueva York, durante los días 25 a 31 de mayo de 1974.

Figura 1.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

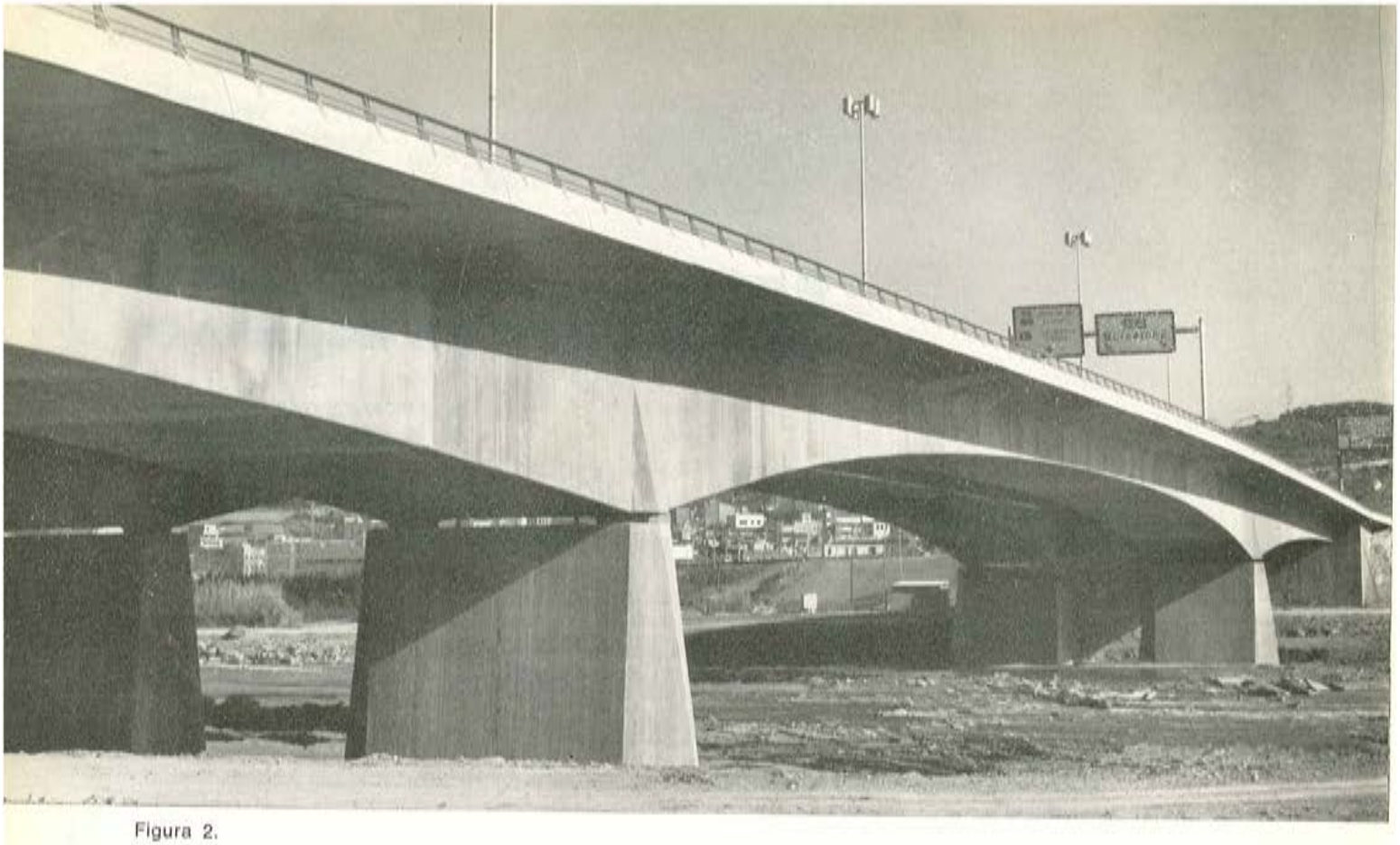


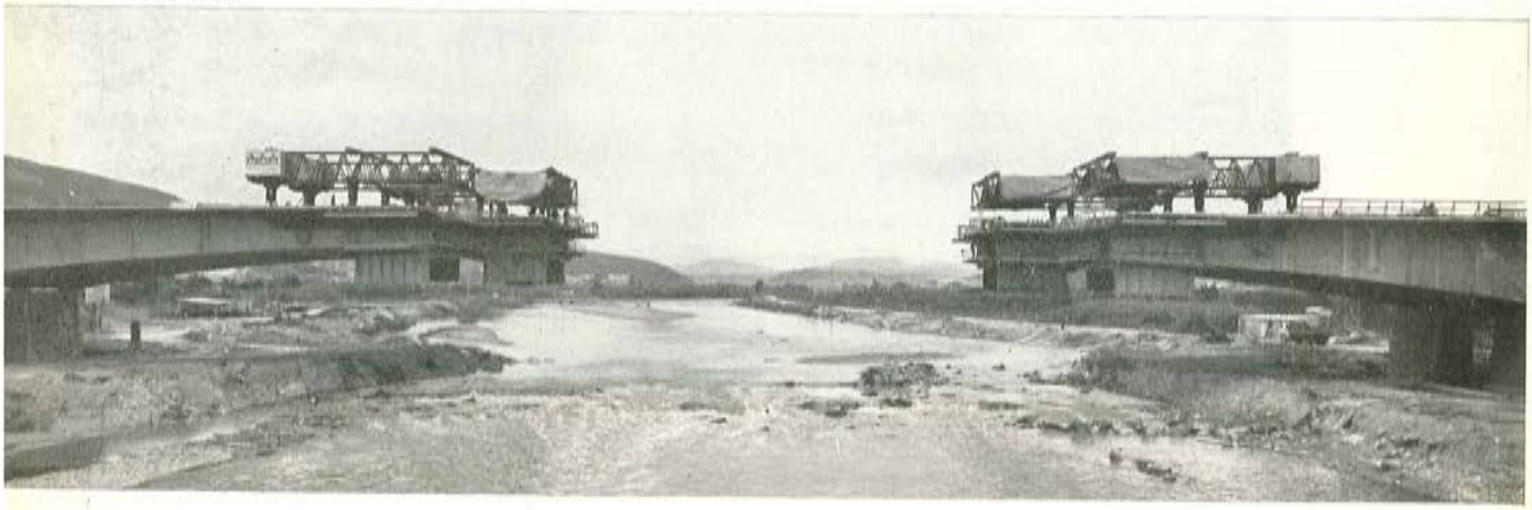
Figura 2.

Barcelona-Tarragona, con dos tableros independientes de vigas de 40 m de luz. Una vez colocadas las vigas, se ha dado continuidad a los sucesivos tramos hormigonando, con la correspondiente armadura pasiva, la losa superior y la viga transversal, única sobre pilas.

En los ríos más importantes, o en el caso de valles profundos, se emplea con mucha frecuencia el sistema constructivo de avance por voladizos sucesivos, bien mediante carro con encofrado para la construcción in situ, bien utilizando dovelas prefabricadas pegadas con epóxido.

La figura 2 corresponde al puente de Molins de Rey, sobre el río Llobregat, en la carretera nacional Madrid-Barcelona. La luz central, de 125 m, se construyó por voladizos en los dos sentidos, a partir de las correspondientes pilas. Dado que el plazo de ejecución era muy corto, se utilizaron cuatro carros, en cada uno de los cuales se construía simultáneamente, en cuatro días, una sección de 4,50 m de longitud (fig. 3).

Figura 3.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

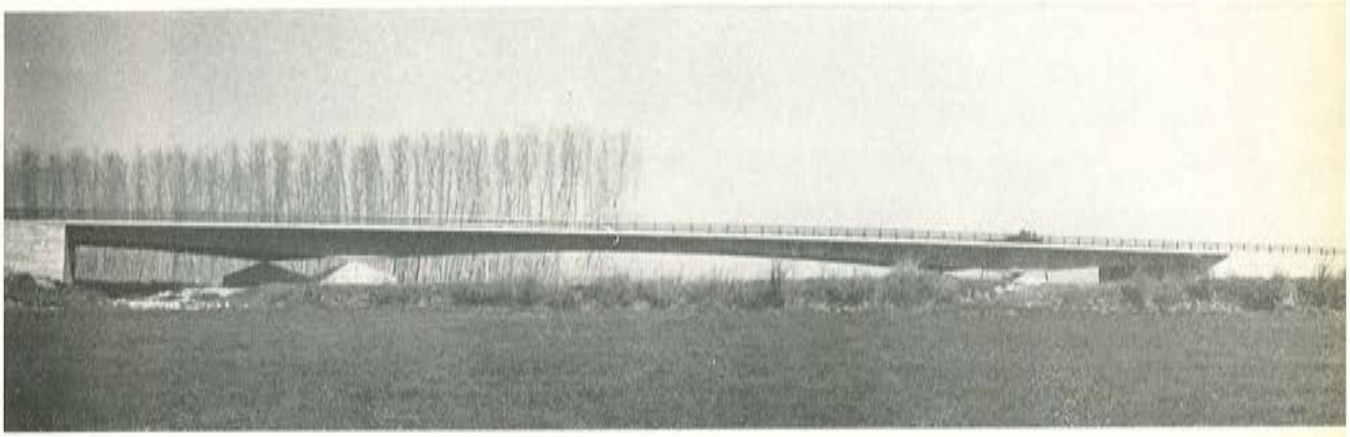


Figura 4.

Figura 6.

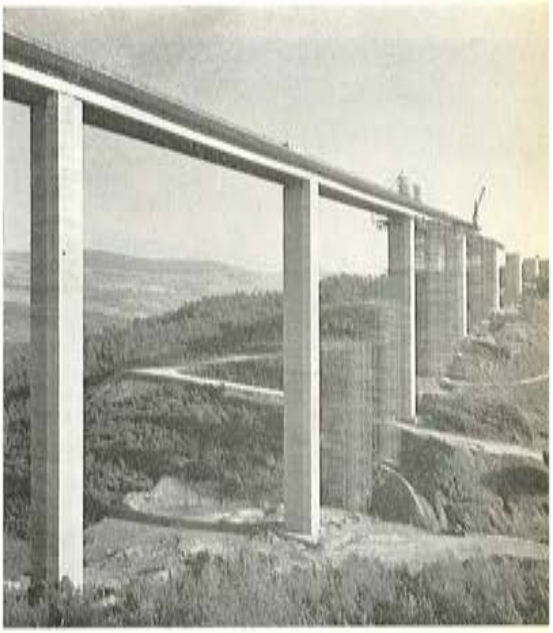
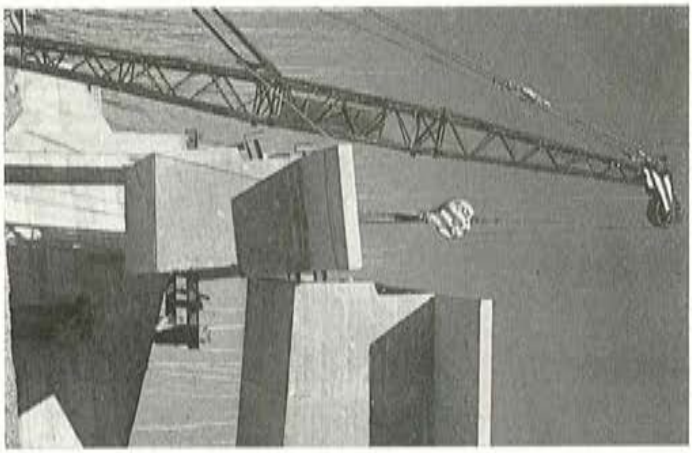


Figura 5.



El puente de los Vados, sobre el río Genil, en las proximidades de Granada, con un tramo central de 74 m, se construyó también en voladizo pero a base de dovelas prefabricadas de 30 toneladas, montadas con grúa móvil (figs. 4 y 5). El puente, de gran oblicuidad, está dividido longitudinalmente en dos mitades.

En la figura 6 puede verse uno de los viaductos de los nuevos accesos a Galicia. Las pilas se han construido con encofrados deslizantes, pero para el tablero se ha adoptado el sistema tradicional de cimbra con apoyos metálicos.

Un viaducto especial es el de Chonta, en la autopista del Norte, con tres tramos de 69 + 95 + 26 m. El tramo central se apoya sobre células triangulares constituidas, cada una, por el tablero y dos pilas inclinadas. Estas pilas se construyeron en posición vertical y después se fueron abatiendo gradualmente, hasta alcanzar su posición definitiva, mediante un juego de cables (figs. 7 y 8).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 7.

Figura 8.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

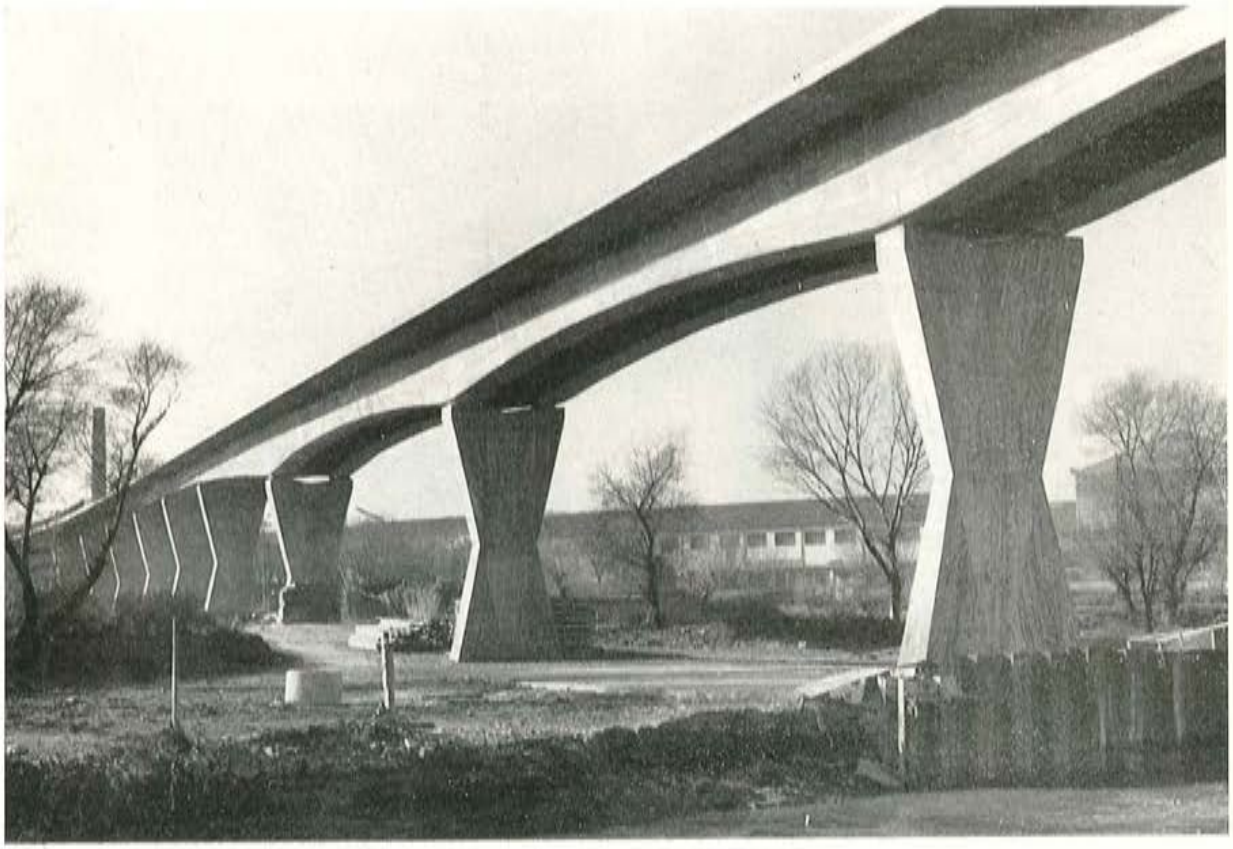
Otro puente interesante, actualmente en construcción sobre el río Llobregat es el de Martorell, con tres tramos de $50 + 100 + 50$ m, mixto de hormigón pretensado y acero. Los apoyos centrales están constituidos por células triangulares en "nabla" (fig. 9), de hormigón pretensado. La unión de las dos pi'as, entre sí y con los estribos extremos, se efectúa a través del tablero formado por elementos rectos, de sección compuesta —losa superior de hormigón y almas de acero "Corten", pretensadas— y continuos longitudinalmente de un extremo al otro del puente.

Figura 9.

Dentro del grupo de puentes ferroviarios, señalaremos el viaducto de Villaverde-Vicálvaro, con 500 m de longitud y para doble vía. Está dividido en cuatro secciones continuas, formadas por tramos de 20 y 38,50 m, de canto muy variable (fig. 10).

Para la línea férrea de Linares-Almería, en la cual se están renovando la mayor parte de los puentes con el fin de poder aumentar las cargas de los convoyes, se han construido

Figura 10.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

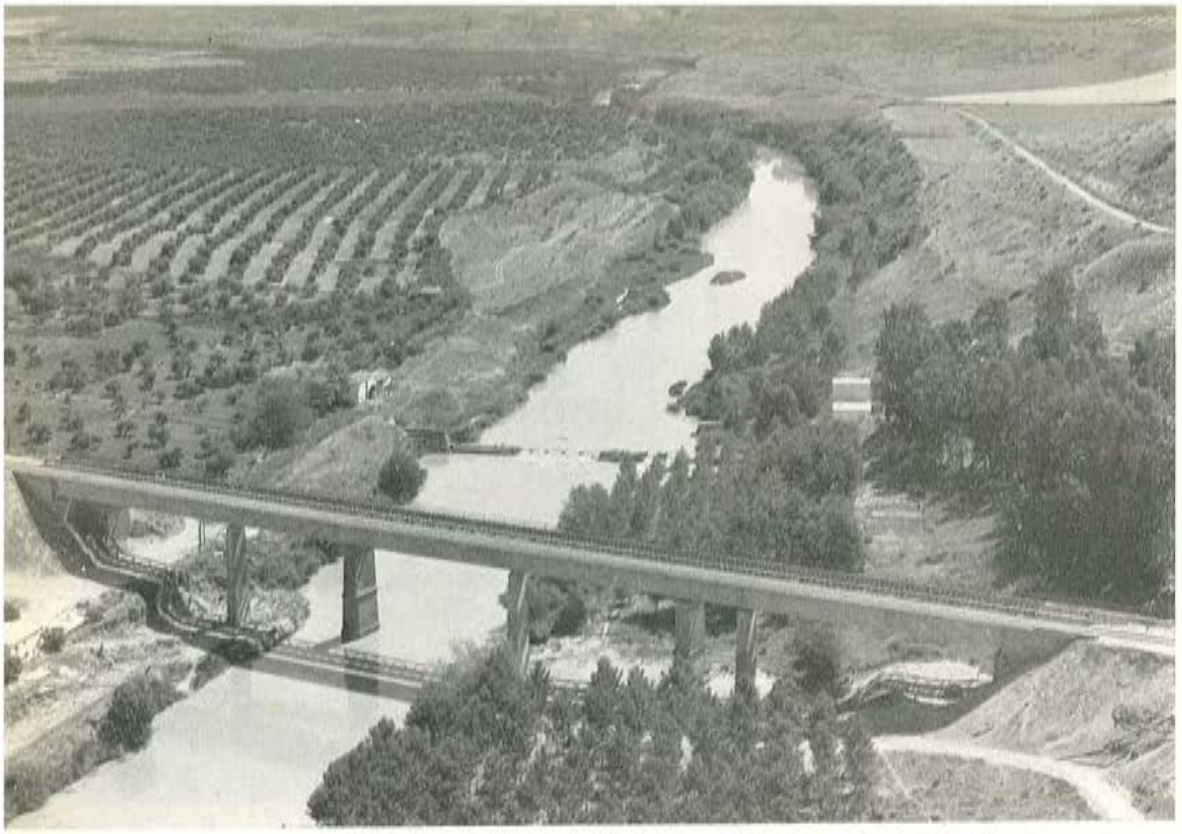


Figura 11.

dos utilizando el método Leonhardt de empuje del tablero. El primero (fig. 11) que tiene tres tramos de 38 m y uno de 54, se ha ejecutado en dos partes, cada una de las cuales se empujaba desde uno de los extremos hasta llegar al centro del vano de 54 m.

El otro, mucho más largo, con luces de 34 m y 42,5 m se empujó todo entero. Se ha utilizado un pescante frontal metálico (fig. 12) para reducir la flexión en voladizo del extremo.

Figura 12.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 13.

En otro puente ferroviario se ha empleado el sistema constructivo de cimbra-encofrado autoportante (fig. 13), apoyada sobre las pilas, para obtener de cada vez la longitud de un tramo completo, aunque avanzado en posición un cuarto de dicha longitud. Se trata de las plataformas para las vías elevadas que cruzan la ciudad de Gerona. Son casi 5 Km de plataforma, incluyendo los andenes de la estación de pasajeros. La luz normal de los tramos es de 20 m. La velocidad de construcción ha sido de cuatro días por vano. Se utilizaron dos cimbras-encofrado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 14.

El mismo sistema ha sido empleado también en algunos de los viaductos de los accesos a Galicia.

En los cruces de carreteras a distinto nivel se utilizan frecuentemente pórticos de células triangulares. Sus luces varían entre 25 y 30 m. Tal es el caso del puente de la figura 14, correspondiente a la autopista del Norte, Bilbao-Behobia.

Quedan, finalmente, los viaductos urbanos. El tiempo disponible para presentar esta comunicación nos obliga a limitarnos solamente a citar algunos de ellos. Así tenemos:

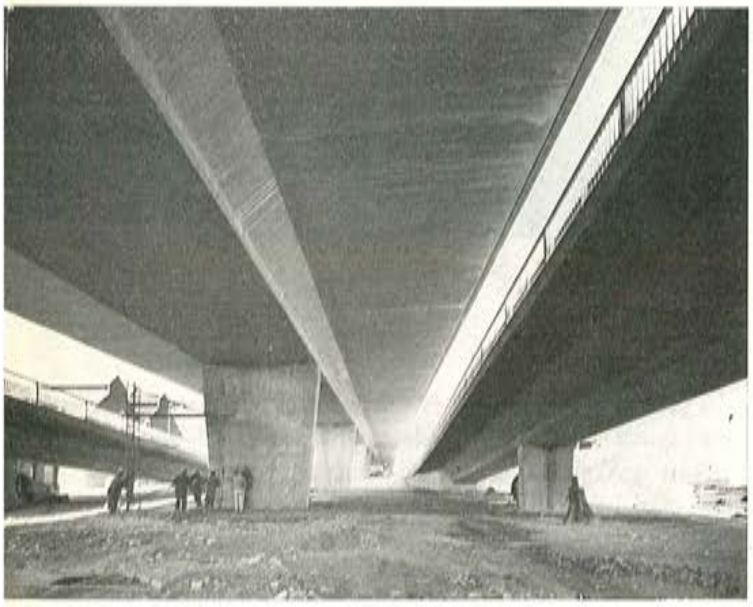


Figura 15.

Viaducto de Dr. Esquerdo-Méndez Alvaro, en el tercer cinturón de ronda de Madrid (fig. 15). Su longitud total es de 600 m. La luz normal de los tramos es de 32 m, y su anchura variable.

Distribuidor a tres niveles en la plaza de Ildefonso Cerdá, de Barcelona (figura 16).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 16.

Figura 17.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 18.

Viaducto de San Pedro Mezonzo, en La Coruña. Longitud total: 207 m. Anchura: 22 m (fig. 17).

Paso superior Juan Bravo-Eduardo Dato, sobre el paseo de la Castellana, en Madrid. Se trata de una estructura compuesta de hormigón pretensado y acero "Corten". El tramo central está constituido por tres vanos continuos de 30 + + 40 + 30 m de longitud (fig. 18).

Paso inferior Carlos III, en la Diagonal. Forma parte del primer cinturón de ronda de Barcelona. Su longitud total es de unos 157 m, y su anchura, variable, llega hasta los 36 m (fig. 19).

Figura 19.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

solemne sesión académica para conmemorar el XXV aniversario de la fundación de la A.T.E.P.

R. PIÑEIRO

Con un lleno total, en el salón de actos del Instituto Eduardo Torroja se celebró, el pasado día 12 de junio de 1974, una solemne sesión académica para conmemorar el XXV aniversario de la fundación de nuestra Asociación Técnica Española del Pretensado.

A nuestra convocatoria acudieron muchos de los Miembros de la A.T.E.P.; podríamos asegurar que todos los que pudieron hacerlo. Otros, a los que por diversas circunstancias no les fue posible asistir, nos enviaron su adhesión por carta, lamentándose de no poder participar en esta reunión de carácter tan especial, tan íntimo. Muchas caras que hacía tiempo que no veíamos, de veteranos Miembros de la antigua A.E.H.P, que, un poco alejados ya de sus normales actividades, quisieron volver a reunirse con nosotros para

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

recordar tiempos pasados. Y la amable presencia de las esposas de numerosos compañeros, que daban a la sala la alegría y el aspecto propio de las grandes solemnidades.

En un ambiente emotivo, simpático, más que amistoso yo diría que fraternal, José Antonio Torroja, Vicepresidente de la A.T.E.P., abrió la Sesión para explicar el motivo de

esta reunión, hacer un breve resumen cronológico de la evolución de nuestra Asociación durante sus primeros veinticinco años y presentar al Profesor Franco Levi, Presidente Honorario de la F.I.P y del C.E.B, el cual, a pesar de sus múltiples compromisos y de

haber regresado muy recientemente del Congreso de la F.I.P en Nueva York, tuvo la gentileza de trasladarse a Madrid para participar en nuestra fiesta y pronunciar una interesante conferencia sobre "Presente y futuro del pretensado".

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Con su acostumbrada amenidad, el Profesor Levi, después de dedicar un emocionado recuerdo a D. Eduardo Torroja, hizo una breve reseña de las principales y más recientes aplicaciones de la técnica del pretensado en la construcción de diversos tipos de estruc-

turas, comentando algunas de las realizaciones presentadas en el Congreso de Nueva York. A continuación expuso las directrices fundamentales de los trabajos que en la actualidad tiene encomendados la Federación Internacional del Pretensado, con vistas al desarrollo

de esta técnica y la resolución de los problemas más importantes que aún tiene sin solucionar, tanto en lo que se refiere al cálculo como a la ejecución y a los materiales utilizados. Resaltó la indiscutible necesidad de conseguir una normativa internacional unifica-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

da y la gran labor que en este campo ha venido y continúa desarrollando la F.I.P., en estrecha colaboración con el C.E.B.

Seguidamente, se constituyó una mesa presidencial con los señores Levi, Cassinello, Arredondo y Torroja, y el Presidente de la A.T.E.P., Sr. Cassinello, después de comentar la satisfacción que sentía al poder celebrar con tan nutrida concurrencia y en tan agradable y amistosa compañía las bodas de plata de la Asociación, y de hacer entrega al Profesor Franco Levi del título de Miembro de Honor de la A.T.E.P. por su valiosa colaboración en este acto y la deferencia con que siempre nos ha tratado, hizo la presentación del II tomo del libro "Hormigón pretensado. Realizaciones españolas", editado con motivo del VII Congreso Internacional de la F.I.P. y en el cual se describen las principales obras pretensadas construidas en España durante los cuatro últimos años. Comentó que

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

esta publicación constituye uno de los más claros ejemplos de lo que, con buena voluntad y cuando todos están dispuestos a prestar su leal colaboración, se puede conseguir. Expresó su sincero agradecimiento a cuantos han participado en la preparación de este libro (Patrocinadores, Proyectistas, Empresas constructoras, Suministradores de los sistemas de pretensado, Redactores, etc.), y su confianza de que habrá de tener una muy favorable acogida por parte de todos los Miembros de la Asociación.

A continuación subrayó que el principal motivo de su intervención era hacer entrega de las "Medallas de la A.T.E.P." que, cumpliendo el Reglamento al efecto aprobado por la Junta de Gobierno, habían sido concedidas para su imposición, por primera vez, coincidiendo con el XXV Aniversario de la Asociación.

Explicó las razones por las cuales se creó la "Medalla de la A.T.E.P." y cómo por acuerdo unánime de la Junta, reflejado en la segunda Disposición Transitoria del citado Reglamento, la primera Medalla le corresponde, por derecho propio, al fundador y principal promotor de nuestra Asociación, el insigne e inolvidable maestro D. Eduardo Torroja. En consecuencia, hizo entrega de la Medalla y oportuno diploma, a la Excma. señora Marquesa de Torroja, entrega que fue acogida con grandes aplausos por todos los presentes.

Después, a requerimiento del Sr. Cassinello, el Secretario de la Asociación dio lectura al Acta de la reunión celebrada el día 25 de abril de 1974 por la Comisión encargada de asignar las "Medallas de la A.T.E.P.", así como al punto segundo del Acta de la Sesión celebrada el 17 de mayo último por la Junta de Gobierno de la Asociación, en el que se recoge el informe presentado en dicha Junta sobre la reunión de la Comisión citada y el acuerdo de concesión de Medallas a los señores siguientes:

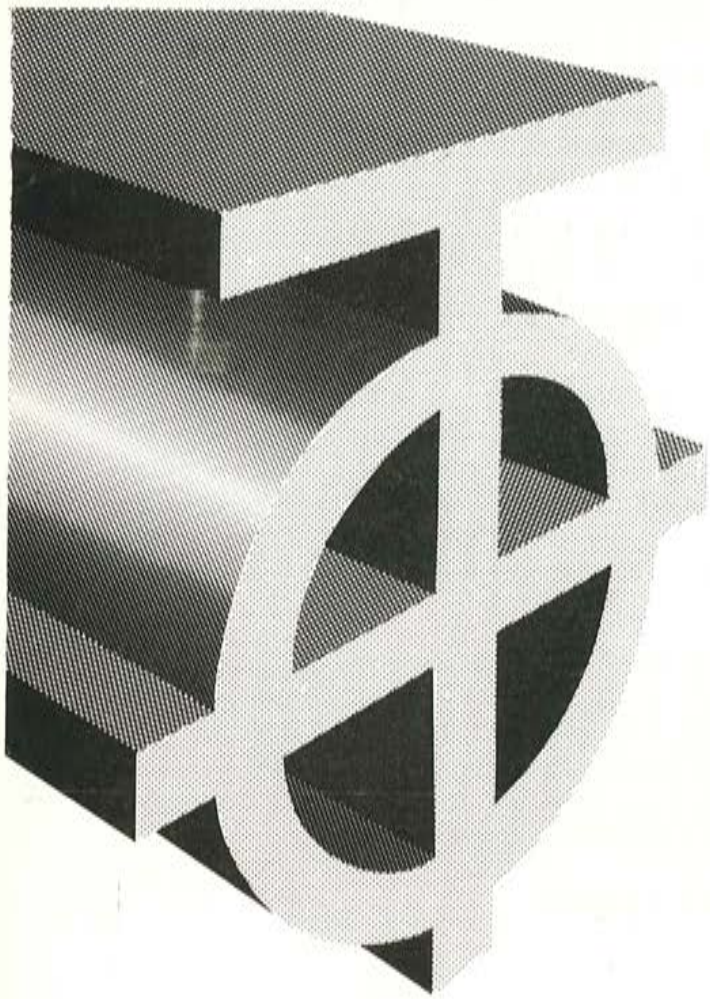
D. Francisco Fernández Conde (a título póstumo).
D. Ricardo Barredo de Valenzuela.
D. Buenaventura Bassegoda Musté.
D. Carlos Fernández Casado.
D. Miguel Fisac Serna.
D. Alfredo Páez Balaca.
D. Florencio del Pozo Frutos.

Por último, los señores Levi, Cassinello, Arredondo y Torroja (José A.), procedieron a la entrega de las Medallas a los galardonados. La del Sr. Fernández Conde fue recogida por su hijo D. José Antonio Fernández Ordóñez. Todos ellos fueron muy aplaudidos. Al final, D. Buenaventura Bassegoda, en nombre de todos los premiados y en el suyo propio, pronunció con su peculiar y ameno estilo unas sentidas palabras de agradecimiento que fueron acogidas con una gran ovación. Con ello se dio por terminada esta Solemne Sesión Académica conmemorativa del XXV Aniversario de la A.T.E.P.

Según estaba previsto, se pasó después al comedor del Instituto en donde fue servida una copa de vino español; lo que sirvió de agradable pretexto para, en amistosas conversaciones y animadas charlas, rememorar tiempos pasados, discutir planes futuros, cambiar impresiones sobre problemas actuales ...; en fin, estrechar relaciones y prolongar hasta las once de la noche esta entrañable velada familiar de la que todos los que en ellas participaron estamos seguros que habrán de conservar un imborrable recuerdo.

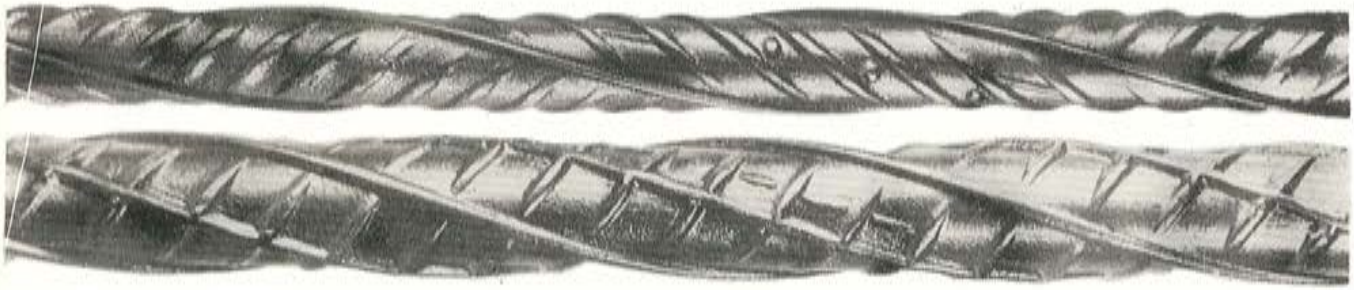
A continuación se reproducen las intervenciones de los Señores Cassinello y Torroja, así como el texto de la conferencia pronunciada por el Profesor Franco Levi.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



tetracero

ACERO CORRUGADO PARA ARMAR HORMIGON



Fuencarral, 123 · Tels. 447 93 00 · 04 · 08 · Madrid, 10

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

en el XXV aniversario de la fundación de la A.T.E.P.

J. A. TORROJA
Vicepresidente de la A.T.E.P.

Quizá extrañe que el 12 de junio de 1974 se celebre el XXV Aniversario de la Asociación Técnica Española del Pretensado, Asociación cuyos estatutos, redactados en octubre de 1968, son aprobados oficialmente en agosto de 1969, y cuya primera Junta de Gobierno, electiva, data de mayo de 1970.

No ha de extrañarnos.

En realidad, los pilares de esta Asociación quedaron ya cimentados en el año 1934, cuando un grupo de Arquitectos e Ingenieros, entre los que destacaban José María Aguirre, Modesto López Otero y Eduardo Torroja, fundaron el entonces Instituto Técnico de la Construcción y Edificación.

No voy a hacer historia del Instituto, ya que no soy la persona más indicada para ello. Sólo diré que, por la propia vocación fundacional del Instituto, la técnica del pretensado, definida en sus principios fundamentales por Freyssinet pocos años después, no podía dejar de constituir uno de sus primordiales temas de estudio.

Y tanto fue el interés del Instituto por el pretensado, que consideró oportuno crear una Asociación, adscrita al mismo, que según reza en sus propios Estatutos, tuviese como finalidad:

"Fomentar los progresos de todo orden referentes a esta técnica de la construcción reuniendo las experiencias de sus socios y proponiendo y realizando los trabajos necesarios para la divulgación y máximo perfeccionamiento de la mencionada técnica del pretensado".

Y esta Asociación se fundó precisamente el 13 de junio de 1949, hoy hace veinticinco años.

Inicialmente, se constituyó como una sección más del Instituto. Su órgano rector estaba formado por una Comisión Técnica, integrada por personal del Instituto y bajo la dirección del Presidente del mismo.

Pero el interés mostrado por todos los profesionales industriales, constructores, etc., por la Asociación, incrementando constantemente el número de sus miembros, llevó al Instituto a modificar sus Estatutos en julio de 1953 constituyéndose una Comisión Permanente rectora, con un presidente (el del Consejo Técnico Administrativo del Instituto) y nueve vocales de los cuales cuatro eran nombrados por el Instituto y cinco elegidos por votación entre los socios.

Y al amparo, y con la "cariñosa" tutela del Instituto fue creciendo lentamente con firme andadura, desarrollando una actividad de todos conocida, cuya influencia en el desarrollo del hormigón pretensado en España es innegable.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

La puesta en marcha de su misión fundacional exigía, según estatutos, la utilización de todos los medios a su alcance, tales como:

— Proponer temas de investigación al Instituto.

— Cooperar con el Instituto en cursillos, conferencias, confección de reglamentos técnicos, etc.

— Divulgar información relativa al pretensado.

— Promover los contactos entre los técnicos interesados en el pretensado, etc.

Y la Asociación se puso en marcha, llevando a cabo una labor intensa entre la que cabe destacar:

— La edición de una revista.

— La organización de Asambleas.

— La preparación de recomendaciones técnicas sobre diferentes temas, tales como:

  — Viguetas.

  — Control de tesado.

  — Inyección.

  — Anclajes (actualmente en preparación), etc.

Desde 1952, fecha en que se constituyó la Federación Internacional del Pretensado (F.I.P.), la Asociación española formó parte de la misma, colaborando activamente en sus trabajos, participando en sus diversas reuniones internacionales y estando representada en sus Organismos rectores. Como ejemplos de esta actuación bastará indicar que desde 1955 a 1958, Eduardo Torroja fue Vicepresidente General de la F.I.P., pasando en 1958 a ocupar la Presidencia, cargo que desempeñó hasta su fallecimiento en 1961. Nuestra Asociación siempre ha tenido un puesto en el Comité Ejecutivo de la Federación, puesto que actualmente me honro yo en ocupar, Los primeros Simposios Internacionales de la F.I.P. se celebraron en esta misma sala en que ahora nos encontramos, en 1968, organizados conjuntamente por la F.I.P. y nuestra Asociación. Delegados españoles forman parte de casi todas las Comisiones Técnicas de la F.I.P., varias de las cuales se han reunido en España en diversas ocasiones, etc.

El nombre de la Asociación ha ido siempre ligado al de prestigiosas figuras de nuestra Ingeniería, ya que entre sus presidentes figuran don Federico Turell, don José María Aguirre y don Jaime Nadal; entre sus secretarios el mismo Jaime Nadal y Alfredo Páez, habiendo también formado parte de la Junta de Gobierno, en algún momento, la casi totalidad de las personas a quienes, dentro de unos momentos, en este mismo acto, se honrará con la entrega de las primeras Medallas de la A.T.E.P.

Y es esta misma Asociación la que, en el año 1968, se ve obligada a modificar sus estatutos y a constituirse en Asociación independiente del Instituto, para cumplir con lo establecido en el artículo tercero de la Ley de 24 de diciembre de 1964, que regula el funcionamiento de tales Asociaciones.

Y la nueva Asociación cambia su nombre de Asociación Española del Hormigón Pretensado (A.E.H.P.) por el más amplio de Asociación Técnica Española del Pretensado (A.T.E.P.); pero... ¿es una nueva Asociación?

Quizá lo sea sobre el papel; pero, evidentemente, no lo es en espíritu, y ello por razones muy claras:

— La base de la Asociación, sus miembros, son aquellos mismos socios de la A.E.H.P., que pasaron a formar parte de la A.T.E.P.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

— La Junta de Gobierno de la A.T.E.P., elegida en el año 1970, lo fue con el mismo Presidente, Vicepresidente y Secretario, que tenía la última Junta de la A.E.H.P.

— Lo más importante, quizá, que tanto el Instituto como la Asociación desean que la relación que antes les ligaba por estatutos les siga ligando ahora por la intención de ambas partes, intención que quedó plasmada en el artículo adicional de los estatutos de la A.T.E.P., que reza así:

> "Debido al reconocido prestigio alcanzado por el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento en el campo de la construcción en general, y en el del hormigón pretensado en particular, así como a la inapreciable ayuda y colaboración, tanto científica como técnica, económica y administrativa que el mismo puede prestar para la consecución de los fines expuestos en el artículo 2.º de los presentes Estatutos, la Asociación Técnica Española del Pretensado desea estar íntimamente unida a aquél, para lo cual se establecerán en su día, de mutuo acuerdo, las colaboraciones, prestaciones y ligaduras que se estime deben existir entre ambos."

Del interés del Instituto por la Asociación es claro exponente la presencia en este acto de su Director, D. Francisco Arredondo, y el deseo manifestado por su Presidente, D. José María Aguirre, de haber asistido al mismo. Compromisos oficiales surgidos en el último momento le han impedido encontrarse ahora entre nosotros, como tenía previsto.

Ellos podrían decir mejor que yo de sus sentimientos hacia la A.T.E.P.; pero se me antoja que deben ser como los de un padre que, después de dar a luz, alimentar, educar y cuidar con cariño a su hijo, le ve separarse de él, independizándose para comenzar su propio camino en la vida, lo cual no obsta para que le siga siempre de cerca, ayudándole en todo lo que necesite. Y es curioso este simil del padre y del hijo, porque la emancipación le ha llegado a la Asociación, de hecho, a los veintiún años de edad.

Por parte de la Asociación, la unión con el Instituto es algo consustancial con su propia existencia.

Bien claro está, pues su sede hoy día sigue siendo el Instituto y el Instituto es el lugar de sus reuniones.

Y quiero aquí dejar patente el agradecimiento de la Asociación por permitirnos celebrar este acto en este magnífico local, encerrados entre estos muros dentro de los cuales, desde hace muchos años, se viene desarrollando la vida investigadora y propulsora de la ciencia de la construcción en nuestro país.

Pero no es solamente en la cesión de locales en lo que el Instituto colabora con la Asociación.

Yo diría que la fortaleza de la A.T.E.P. se basa en tres pilares fundamentales:

— Los socios de la A.T.E.P., los que realmente dan vida y razón de ser a la Asociación.

— El Instituto, sin cuya ayuda las posibilidades de la Asociación se verían rotundamente cercenadas.

— Y Rafael Piñeiro, alma de la misma, persona hoy por hoy irreemplazable al frente de la Secretaría de la A.T.E.P., de todos conocido, de todos querido.

Y, naturalmente, Rafael Piñeiro es Instituto. Dos, de los tres pilares expuestos pasan, por tanto, a través del Instituto.

Creo que con lo dicho hasta ahora, está más que justificada la razón por la cual la

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

A.T.E.P., o la A.E.H.P., tiene veinticinco años de vida, veinticinco años llenos de logros que celebramos en este acto.

Y precisamente por la importancia que otorgamos al mismo, hemos querido dar realce a este XXV aniversario trayendo a una figura tan ligada al pretensado y tan unida a España y a este Instituto como lo es el Profesor Franco Levi.

Difícil resulta hablar de él por ser de sobra de todos conocido. Franco Levi ha pasado a engrosar la lista de aquellos cuyo nombre leíamos con respeto y admiración en los libros de texto que estudiábamos en nuestras carreras.

De entre sus numerosos cargos y actividades profesionales, cabe destacar:

— En el campo de la docencia, ha sido Profesor en la Escuela de Arquitectura de Venecia y actualmente es Jefe del Departamento de Estructuras del Politécnico de Turín.

— Ha desempeñado importantes cargos en diversas Organizaciones técnicas internacionales. Así, por ejemplo, ha sido:

— Presidente del C.E.B. durante los años 1957-1958 y continuado, desde entonces, como Presidente Honorario de dicho Organismo.

— Vicepresidente de la F.I.P. desde 1962 a 1966.

— Presidente de la F.I.P. desde 1966 a 1970. Actualmente, es Presidente Honorario de dicha Federación.

— En el campo de la ingeniería, ha sido autor de numerosos proyectos, entre los cuales podemos citar el Palacio de Exposiciones de Turín y un dique flotante, en Génova, actualmente en construcción.

Podríamos prolongar mucho más esta lista; pero creemos que basta con lo dicho para comprender que se trata de un hombre muy ocupado. Acaba de regresar de Nueva York, donde ha desarrollado una muy importante y amplia actividad con motivo del VII Congreso de la F.I.P. No obstante, y a pesar de ello y de su mucho trabajo, no ha dudado en aceptar amablemente nuestra invitación y trasladarse a Madrid para participar y acompañarnos en esta solemne sesión.

Creo que, en su decisión, ha influido mucho su entrañable amistad con mi padre, a quien en muchas ocasiones oí hablar de Franco Levi, antes de conocerle personalmente y honrarme yo mismo con su amistad.

Y no quiero alargar más mi introducción. Por tanto, cedo la palabra al Profesor Levi.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

veinticinco años de desarrollo del pretensado

FRANCO LEVI
Prof. Dr. Ingeniero
Presidente honorario de la F.I.P. y del C.E.B.

(Texto de la conferencia pronunciada el 12 de junio de 1974 en los locales del Instituto Eduardo Torroja, con motivo del XXV aniversario de la fundación de la Asociación Técnica Española del Pretensado).

0. INTRODUCCION

Mis colegas españoles han tenido la amabilidad de invitarme a participar en esta celebración del XXV aniversario de la fundación de la Asociación Técnica Española del Pretensado, y me han pedido que exponga mis puntos de vista sobre la evolución que este útil de trabajo, verdaderamente extraordinario, ha experimentado en el curso de las últimas décadas. Yo he aceptado con gusto, pues ello me proporciona la ocasión de encontrarme de nuevo en un ambiente particularmente amistoso, caracterizado por un nivel técnico muy elevado y, en cierto modo, renovar las estrechas relaciones que he tenido la dicha de poder mantener en otros tiempos, tanto en el plano humano como en el campo profesional con Eduardo Torroja. No podría, en efecto, en esta solemne ocasión dejar de recordar el nombre del gran maestro, que tuvo a bien honrarme con su confianza, y cuyas enseñanzas marcaron profundamente mi carrera científica. Resulta, por otra parte, perfectamente lógico referirse a estas enseñanzas al iniciar una exposición consagrada al pretensado, ya que, como todos sabemos, la intuición y la fuerza creadora de Eduardo Torroja hicieron de él uno de los pioneros de esta técnica, cuya enorme capacidad de desarrollo fue él uno de los primeros en reconocer.

Debo, sin embargo, advertir previamente que el poco tiempo transcurrido desde el Congreso de Nueva York de la F.I.P. (menos de quince días) no me ha permitido preparar la exposición que voy a hacer, con el cuidado que yo hubiera querido dedicarle. Apelo, por tanto, a la indulgencia del auditorio, que habrá de contentarse con escuchar en lugar de una verdadera conferencia, una especie de conversación "sin orden ni concierto", a lo largo de la cual intentaré expresar, de una forma muy libre, mis "impresiones sobre el pretensado", obtenidas como consecuencia de mi participación activa en la labor de las grandes asociaciones internacionales de Ingeniería Civil. De hecho, el hilo conductor de mi discurso estará formado por los resultados recientemente obtenidos por las dos principales agrupaciones de investigadores y técnicos de este sector de la técnica de la construcción, el Comité Europeo del Hormigón y la Federación Internacional del Pretensado en las reuniones celebradas, en abril y mayo de 1974, en Atenas y Nueva York.

Del Congreso de Nueva York de la F.I.P. he traído algunas diapositivas, escogidas un poco al azar, que voy a presentarles, a título de introducción, comentándolas brevemente.

A pesar de su carácter forzosamente muy local permitrán al menos, así lo espero, a aquellos de entre ustedes que no hayan podido participar en el Congreso hacerse una idea de los progresos más significativos expuestos en la reunión de unos dos mil especialistas, procedentes de todos los rincones del mundo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Intentaré después analizar las causas de los éxitos alcanzados y definir los requisitos que a mi juicio deben cumplirse para que los ulteriores avances puedan realizarse en las condiciones más racionales, tanto desde el punto de vista de la seguridad como desde el punto de vista económico.

1. ALGUNAS OBRAS DESTACABLES

1.1. Puentes y viaductos.

Las figuras 1 y 2 se refieren a un viaducto de 199 tramos de 35 m de luz (longitud total de siete km), construido en la autopista Palermo-Catania. Los pozos para la cimentación, excavados en el lecho del río, se pretensaron para que pudiesen resistir los empujes laterales ejercidos por el terreno, muy blando, de las riberas vecinas. Los tramos van pro-

Figura 1.

vistos de juntas transversales, proyectadas para transmitir el esfuerzo cortante; estas juntas se situaron en los puntos de momento nulo y distanciadas entre sí 70 m. La construcción se realizó sobre cimbra móvil autoportante.

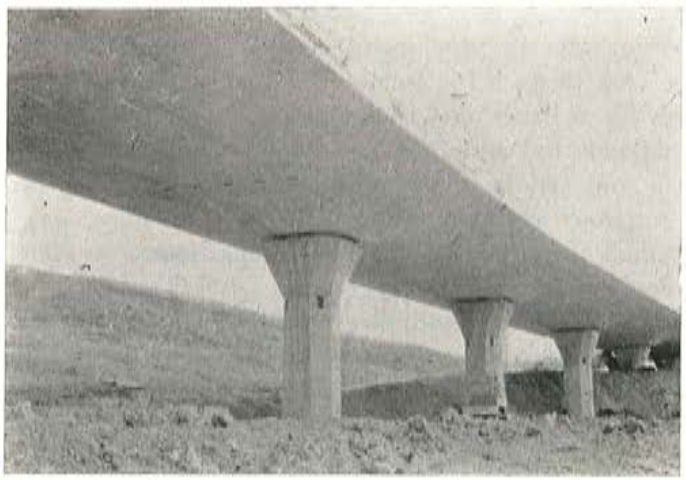


Figura 2.

Las figuras 3 y 4 reproducen un viaducto ferroviario de excepcional importancia, construido sobre la nueva línea "directísima" Roma-Florencia. Los tramos pretensados por el sistema Dywidag o Lee Mac Call, tienen luces variables entre 17 y 29 m, y están consti-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

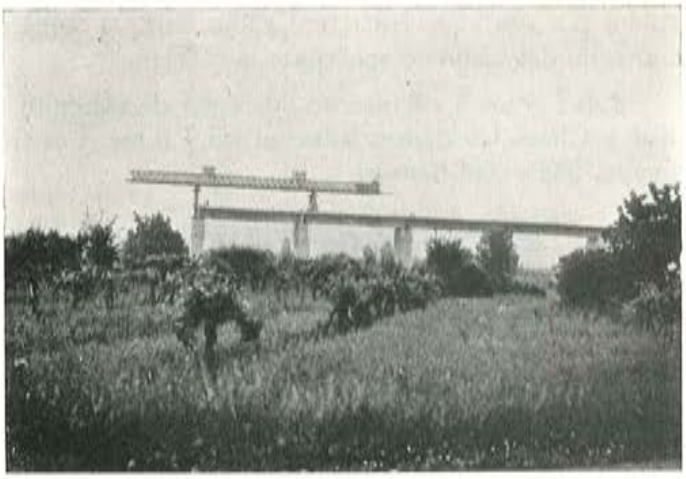


Figura 3.

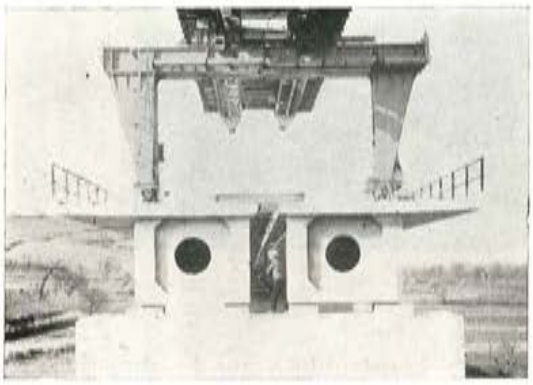


Figura 4.

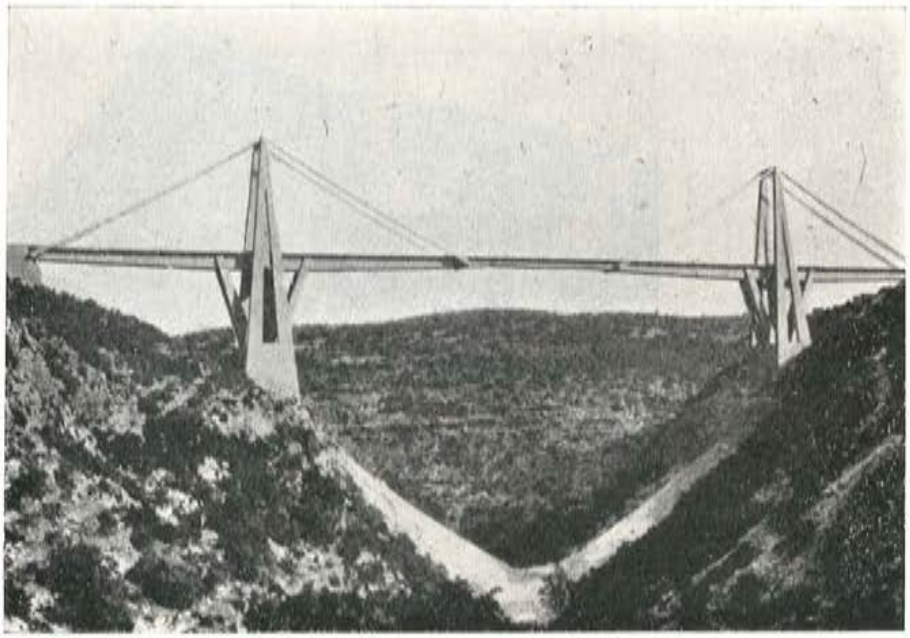


Figura 5.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

tuidos por dos vigas-cajón, enlazadas entre sí mediante riostras en los extremos. La longitud total del viaducto sobrepasa los 15 km.

Las figuras 5 y 6 ofrecen dos vistas de conjunto de los puentes atirantados de Wadi Kuf y Chaco-Corrientes sobre el río Paraná. Los tramos principales alcanzan, respectivamente, 282 y 245 metros.

Figura 6.

La figura 7 corresponde a un tramo de 30 m de luz, construido a pie de obra de una sola pieza, con armaduras ancladas por adherencia, y colocado después en su posición definitiva mediante equipos especiales de lanzamiento (autopista Caserta-Salerno).

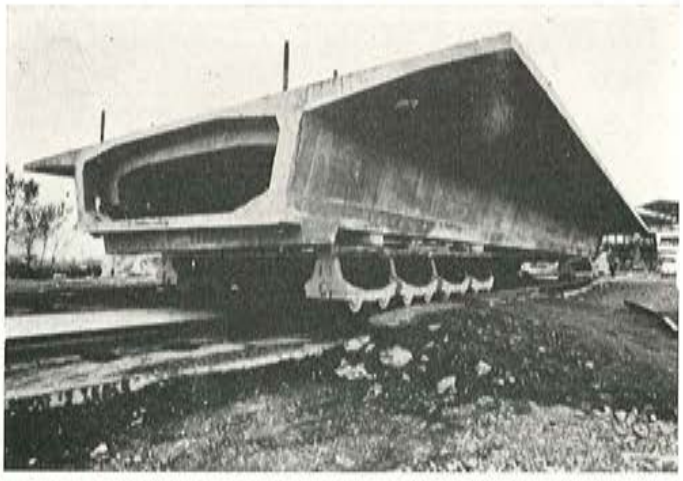


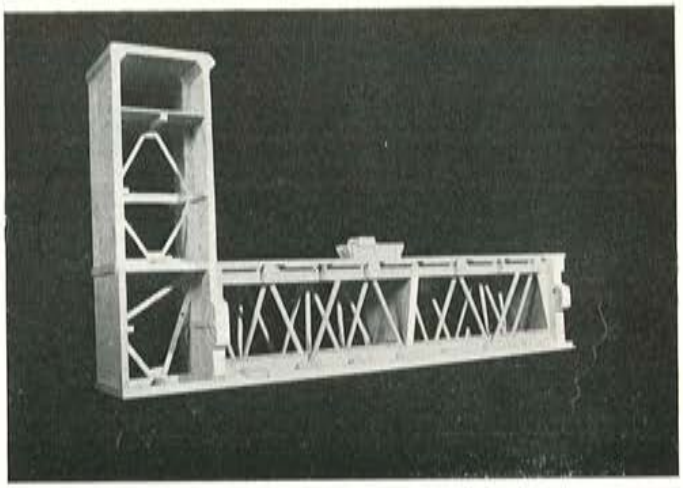
Figura 7.

1.2. Obras marítimas.

Las figuras 8, 9, 10, 11 y 12 se refieren al dique flotante para barcos de hasta 350.000 toneladas, actualmente en construcción en Gènes. Tiene 350 m de longitud y 80 m de

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 8.



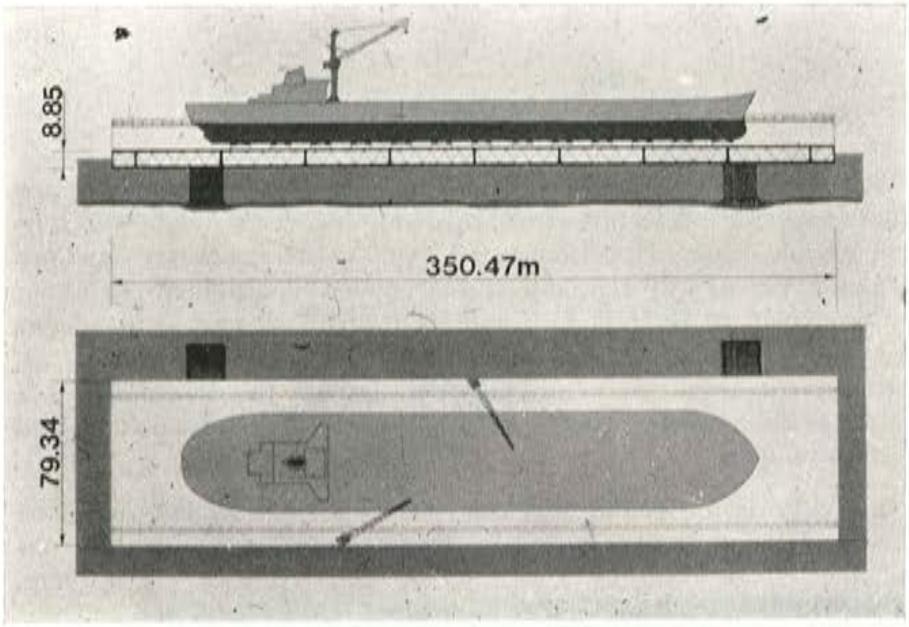
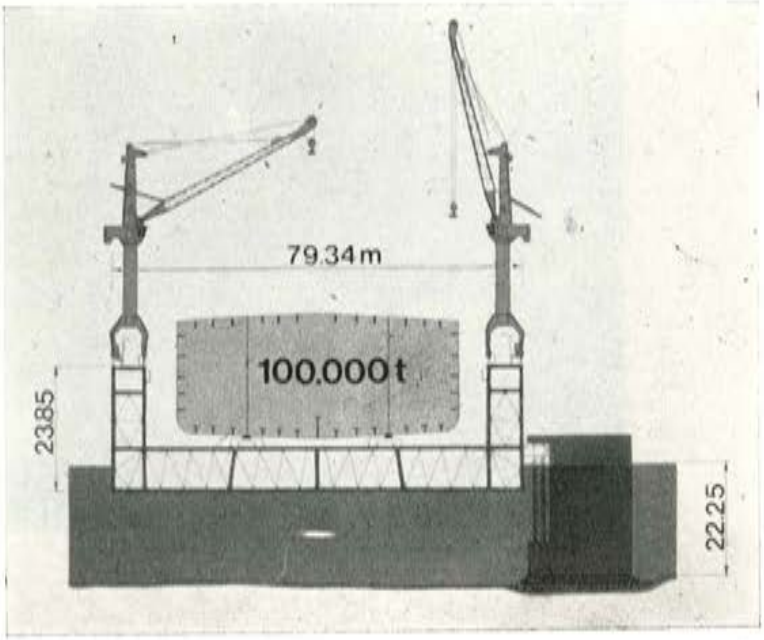


Figura 9.

Figura 10.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

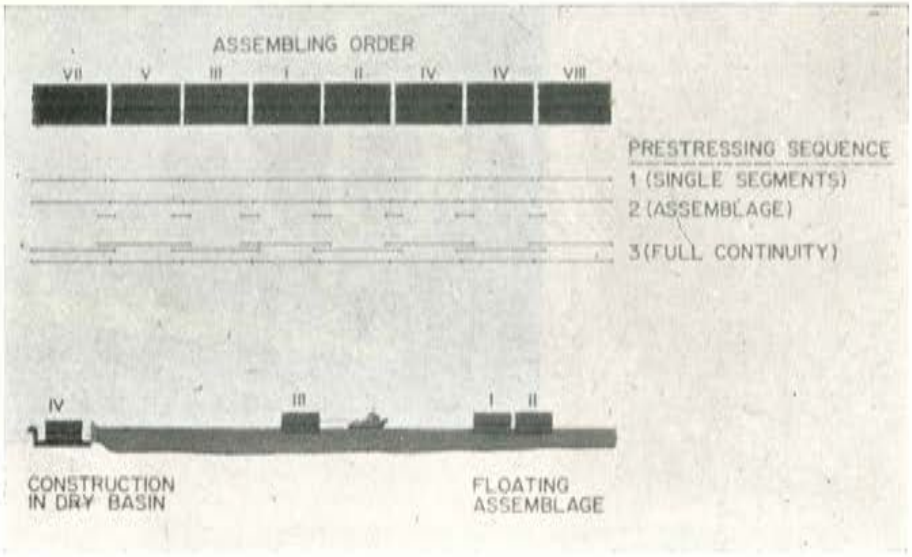


Figura 11.

anchura. Su sección transversal (fig. 8) está constituida por una estructura pretensada de hormigón ligero (peso específico, 2,1), arriostrada mediante una celosía espacial formada por tubos metálicos. La solera superior del fondo del dique va reforzada con vigas metálicas longitudinales. Las figuras 9 y 10 reproducen una sección longitudinal del dique, una vista en planta y la sección transversal. La figura 11 muestra el proceso que habrá de seguirse para enlazar entre sí los ocho elementos de 42 m de longitud y 80 m de anchura que serán construidos sucesivamente y transportados después por flotación. En la figura 12 puede verse un modelo a escala natural de la unión entre los nudos de la celosía espacial y las soleras de hormigón.

La figura 13 es una vista de un muelle marítimo pretensado, construido en Cagliari, utilizando un original procedimiento. La hinca de los pilotes se hacía aprovechando la pla-

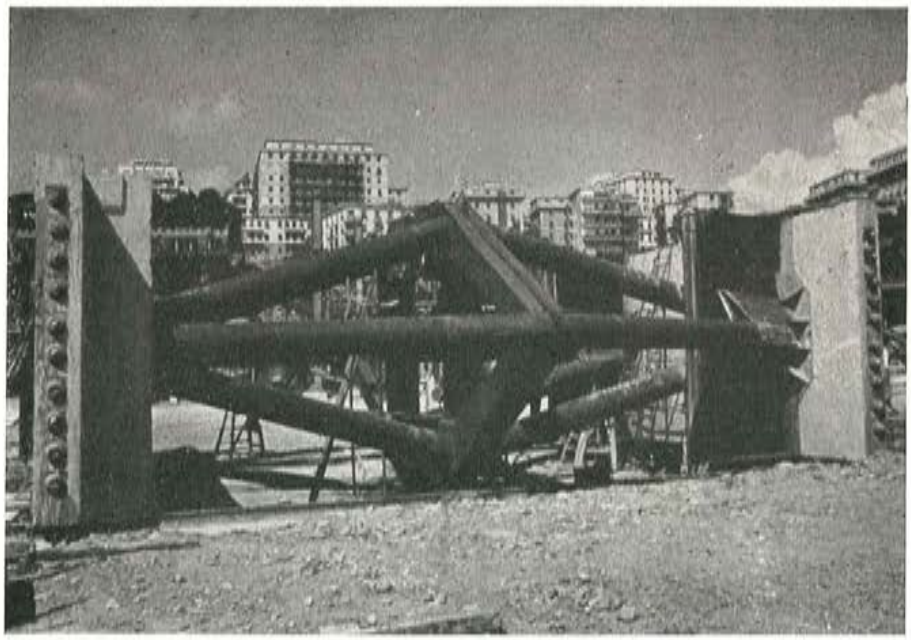


Figura 12.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 13.

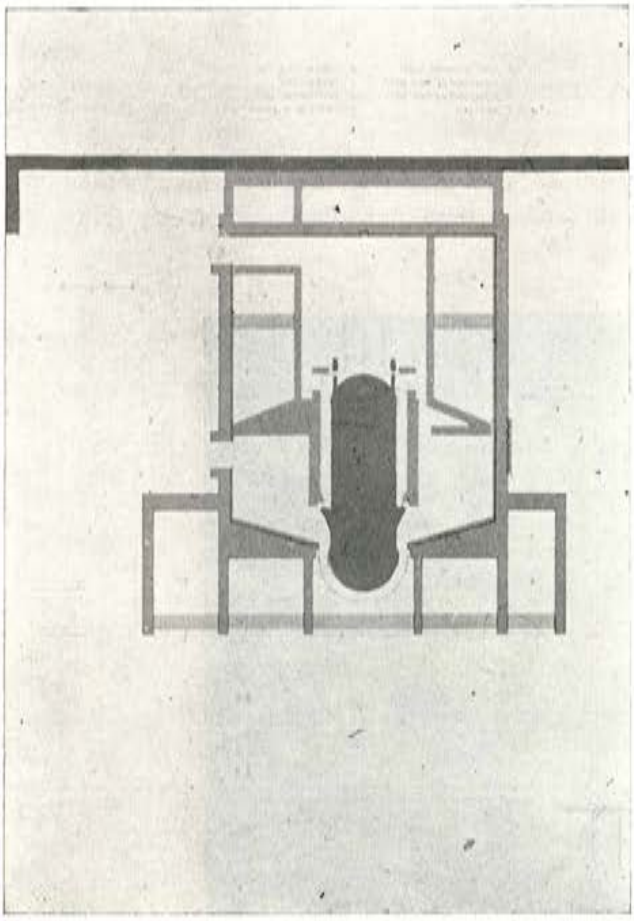


Figura 14.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

taforma de la parte de muelle ya construida, lo que permitía colocar después los elementos prefabricados del tramo sucesivo.

1.3. Reactores nucleares y depósitos.

Las figuras 14, 15 y 16 ilustran las aplicaciones del pretensado en los reactores nucleares que, en gran número, se están construyendo en Escandinavia. En ellas se ve: el esquema del tipo de reactor que se está estudiando, conjuntamente, para todos los países escandinavos (fig. 14); una aplicación en una instalación urbana, en Estocolmo, destinada

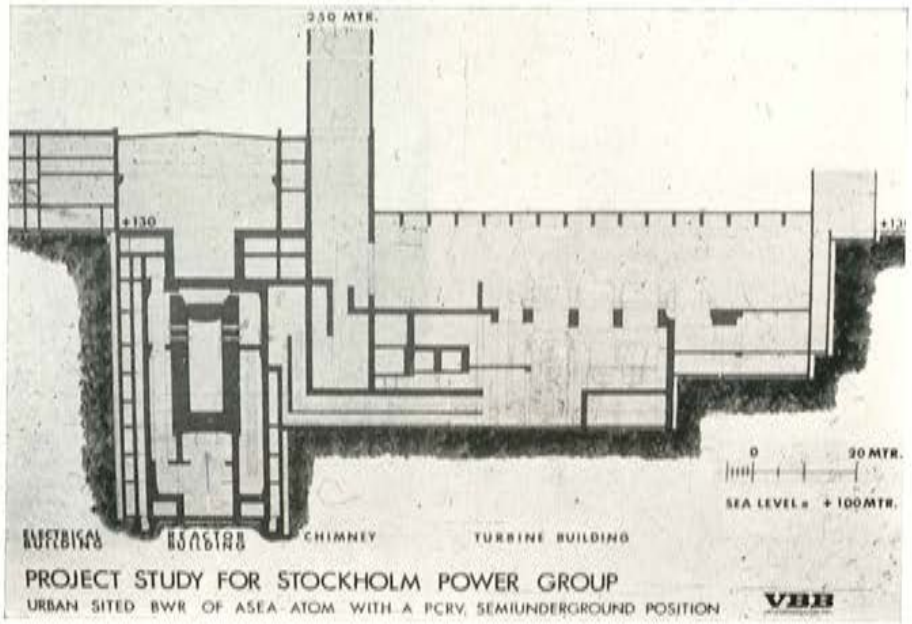


Figura 15.

a la producción de energía y central de calefacción de la ciudad (fig. 15); y la instalación de Ringhals que, una vez terminada, constará de cuatro reactores pretensados con una potencia total de cerca de 3.500 megawatios (fig. 16).

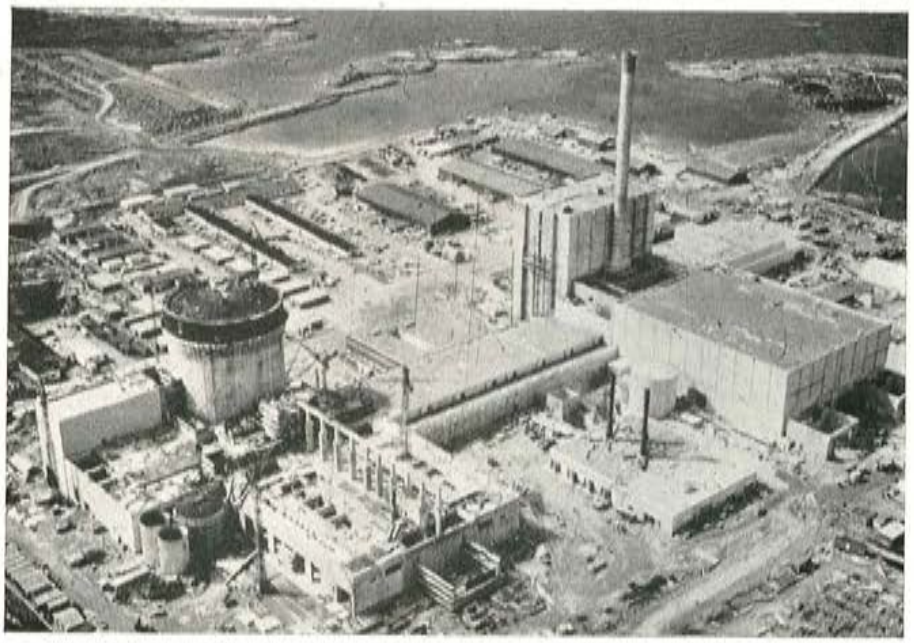


Figura 16.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Por último, la figura 17 reproduce una original aplicación del pretensado a una torre construida en Kuwait, que es a la vez un monumento y un depósito de agua.

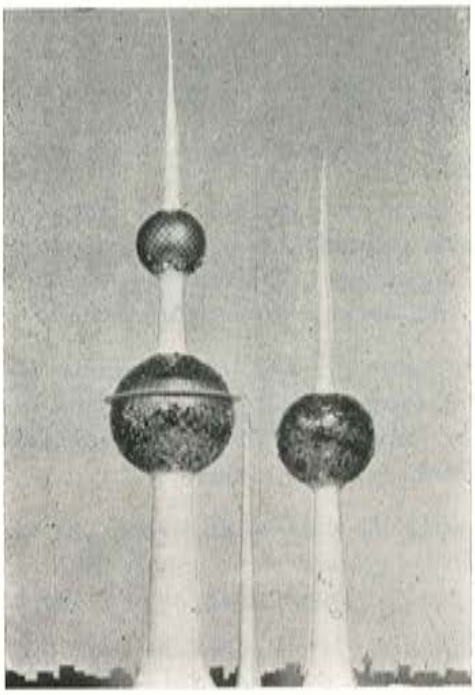


Figura 17.

1.4. Otras aplicaciones.

Antes de terminar con esta visión panorámica, un poco desordenada, de las más prometedoras aplicaciones del pretensado, quisiera enumerar algunos campos importantes sobre los cuales, debido al poco tiempo disponible, no me ha sido posible conseguir información gráfica. Estos son:

- En estructuras marítimas: las plataformas en alta mar, de las cuales se están construyendo varias en el mar del Norte, y los depósitos flotantes entre los cuales los de Ekofisk constituyen un ejemplo de importancia excepcional.
- En puentes: las vías urbanas elevadas.
- En el campo de las cimentaciones: los anclajes al terreno destinados a la estabilización de estructuras (puentes, muros de contención, etc.); los dispositivos utilizados para conseguir la consolidación de terrenos blandos; las aplicaciones de cables pretesos que sirven para compensar las flexiones originadas por la reacción del terreno.
- La utilización sistemática de elementos prefabricados, pretensados, en la construcción de edificios de todas clases.
- Los cementos expansivos.
- Las aplicaciones a las estructuras laminares.
- Las aplicaciones del pretensado en la construcción de máquinas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

2. PERSPECTIVAS DE RACIONALIZACION DEL PROYECTO Y LA REALIZACION DE LAS OBRAS

Un examen superficial de las realizaciones que se multiplican en todos los campos, la comprobación de los sensacionales progresos puestos en evidencia en los sucesivos Congresos de la F.I.P. podría dar la impresión de que el mundo del pretensado es el mejor de los mundos posibles y que no hace falta más que dejar hacer a los proyectistas, los fabricantes de materiales o de sus componentes, y a los constructores.

Pero, en realidad, si se miran las cosas con más detenimiento, se da uno cuenta de que, en el campo que estamos tratando, como por otra parte en todos los campos de la actividad humana, existen numerosos problemas que, sin un esfuerzo amplio y constante de racionalización, podrían dar lugar a graves dificultades.

En el fondo, desde este punto de vista, el pretensado aparece como un instrumento mágico que puede fácilmente escaparse del control de quien lo maneja sin prudencia. Si no queremos convertirnos en "aprendices de brujos", inconscientes, e incluso peligrosos, debemos por lo tanto someternos a una norma.

Es esta la idea que preside los trabajos de síntesis, de unificación y de promoción a los que se vienen dedicando las grandes Asociaciones internacionales ya citadas, el C.E.B. y la F.I.P., y acerca de las cuales quisiera decir algunas palabras.

Para que se pueda comprender la necesidad de estos trabajos es preciso que enumeremos, aunque sólo sea de un modo resumido, los principales problemas que en la actualidad están planteados.

Nos encontramos, ante todo, con todas las cuestiones relativas a la seguridad. Todos estamos ahora convencidos de que es imprescindible tener en cuenta los diferentes aspectos del comportamiento de las estructuras (de ahí la teoría llamada "de los estados límites") y de que el dimensionamiento debe basarse en un análisis estadístico de los diversos factores en juego; lo cual exige el estudio de las leyes de distribución de las resistencias y de la intensidad de las acciones, el análisis de las diferentes combinaciones de acciones posibles, y tener en cuenta las adaptaciones anelásticas y los fenómenos de segundo orden. Fácilmente se comprende que estos difíciles problemas adquieren una importancia determinante en el proyecto de obras muy grandes o el dimensionamiento de elementos repetitivos.

Otro aspecto fundamental es el del progreso de los métodos de cálculo, el cual, por otra parte, debe ir emparejado con el desarrollo de la teoría de la seguridad. Ahora bien; cabe preguntarse cómo un proyectista aislado, o incluso una gran oficina de ingeniería, puede aprovecharse y obtener una orientación útil, a partir de la desbordante bibliografía existente, en la que tanto abundan las repeticiones, los trabajos inútilmente áridos, pero en la que también encuentran, como piedras preciosas, nuevas e interesantes ideas que, a pesar de todos los inconvenientes, es preciso descubrir y ordenar.

Desde este punto de vista, se comprende que lo que verdaderamente interesa es realizar una síntesis y una coordinación de los avances realmente válidos; lo que, como es lógico, no puede hacerse más que en un plano internacional muy amplio.

Existe después el problema de las contradicciones entre las Normas en vigor en los distintos países, relativas a los distintos aspectos de dimensionamiento: intensidad de las acciones que deben tenerse en cuenta, control de los materiales, principios de seguridad, métodos de cálculo, etc. En este campo, también una estrecha colaboración internacional parece indispensable, si se desea impedir que se convierta en una verdadera torre de Babel.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Y esta enumeración podría prolongarse hasta el infinito: hace falta asegurar la difusión de cómo deben hacerse las cosas, facilitar la formación de técnicos a todos los niveles, unificar la terminología y las notaciones, definir correctamente los campos de aplicación de las distintas técnicas..., y muchas otras cosas más.

Pues bien, es precisamente a la resolución de todos estos problemas a lo que se consagran los esfuerzos conjuntos del C.E.B. y de la F.I.P.

Para que puedan ustedes formarse una idea del plan de trabajos actualmente programado, y para cuya elaboración se han tenido en cuenta todas las exigencias anteriormente enumeradas, voy a resumirles, en dos cuadros, el historial de la labor hasta ahora efectuada y el plan de actividades todavía en curso de realización.

CUADRO I.—*Resumen cronológico de los trabajos realizados desde 1953 hasta 1973 por el C.E.B. y la F.I.P.*

1952-53.	Fundación del Comité Europeo del Hormigón y de la Federación Internacional del Pretensado.
1962.	Aprobación de la primera edición de las Recomendaciones Internacionales del C.E.B. para el cálculo y la ejecución de estructuras de hormigón armado (publicada en 1964 y consagrada a la memoria de Eduardo Torroja). Este documento ha sido considerado como "satisfactorio en un 40 por 100". Se publicó en 14 idiomas y ejerció una influencia decisiva sobre decenas de Instrucciones nacionales.
1966.	Presentación en el Congreso de la F.I.P. de París de las Recomendaciones para el hormigón pretensado (redactadas por un Comité Mixto F.I.P.-C.E.B.).
1970.	Presentación, en el VI Congreso de la F.I.P., celebrado en Praga, de la segunda edición de las Recomendaciones Internacionales para el hormigón armado ordinario y el hormigón pretensado (documento considerado válido en un 60 por 100).
1971.	El C.E.B. decide preparar una serie de "Manuales" para explicar el por qué y el cómo de las Recomendaciones. Se prevén Manuales de cálculo (Flexión, Esfuerzo cortante, Pandeo, Fluencia, Deformaciones, Fisuración) y Manuales tecnológicos (Ferralla, Hormigones ligeros, Encofrados, etc.). Por su parte, la F.I.P. prepara otros documentos sobre diversos temas: resistencia al fuego, sistemas de anclaje, estructuras marítimas, ejecución de obras, etc.
1972-73.	La redacción de los Manuales pone en evidencia ciertos puntos oscuros y algunas lagunas de las Recomendaciones. Como consecuencia se decide incluir en los Manuales los "State of Art" que se consideran convenientes para la puesta al día de los correspondientes capítulos.
1974.	Surge la necesidad de coordinar los "State of Art" y los documentos de la F.I.P., incluyéndolos en las Recomendaciones. Por consiguiente, se decide comenzar la preparación de la tercera edición de dichas Recomendaciones. Esta edición deberá responder a las exigencias de todos los medios interesados: I.S.O.; C.E.E. de Ginebra, Comunidad Europea y C.O.M.E.C.O.N.; Comisiones nacionales encargadas de redactar las Instrucciones; proyectistas y constructores que quieran tomar directamente, como base de sus trabajos, los documentos internacionales, etc. Deberá, además, coordinar las normas relativas a todos los materiales de construcción.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

CUADRO II.—*Comité Europeo del Hormigón. Comisión 1.*
"Recomendaciones Internacionales"

(Atenas, 26 de abril de 1974)

PROPUESTA

Normas unificadas, internacionales, para estructuras (establecidas por C.E.B.-F.I.P, en colaboración con C.E.C.M., C.I.B., R.I.L.E.M., etc....)	Organismos a los que afecta
VOLUMEN I	
REGLAS UNIFICADAS, COMUNES PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES	CEB, CECM, CIB, FIP, RILEM, etc.
1. REQUISITOS DE SEGURIDAD, FUNCIONALES Y DE DURABILIDAD.	VI.
2. CÁLCULO EN ESTADOS LÍMITES (nivel 1)	VI.
3. DIRECTRICES RELATIVAS A LAS ACCIONES	VI.
4. DIRECTRICES RELATIVAS A LOS MATERIALES	VI.
5. DIRECTRICES RELATIVAS A LOS COMPONENTES	VI y XIII.
6. NOTACIONES BÁSICAS	ISO TC/98.
7. UNIDADES	ISO.
APENDICES	
a) Cálculo en estados límites, nivel 2	VI.
b) Datos sobre cargas y otras acciones	VI.
c) Homologación y control de aceros:	
— Armaduras ordinarias	CEB/RILEM.
— Armaduras de pretensado	FIP/RILEM.
— Anclajes de tendones	FIP.
d) Práctica del control de calidad del hormigón	NBF y CEB/CIB/FIP/RILEM.
e) Homologación y control de calidad de los componentes ...	XIII.
)	
) ..... (documentos análogos para otros materiales).	
)	
m) Terminología	ISO TC/98.
VOLUMEN II	
Modelo de norma para estructuras de hormigón	
1. REQUISITOS GENERALES.	
2. DATOS GENERALES.	
3. CÁLCULO ESTRUCTURAL Y DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS.	
3.1. Métodos de cálculo.	
3.2. Determinación de los efectos de las acciones.	
3.3. Comprobación de los estados límites.	
3.4. Disposiciones relativas a las armaduras (reglas generales).	
3.5. Cálculo de elementos estructurales (incluyendo reglas especiales sobre disposiciones relativas a las armaduras).	

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

4. Práctica constructiva, ejecución y control.

4.1. Requisitos que deben cumplir los materiales.
4.2. Ejecución.
4.3. Encofrados.
4.4. Armaduras.
4.5. Hormigón.
4.6. Requisitos especiales relativos al hormigón pretensado.
4.7. Requisitos especiales relativos a los elementos prefabricados de hormigón.
4.8. Requisitos relativos a la durabilidad.
4.9. Control.

5. Conservación y reparaciones.

6. Elementos prefabricados. (Relacionados con otros capítulos.)

APENDICES

a) Reglas relativas al nivel 1 (simplificado).
b) Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón.
c) .....
d) .....
e) .....

VOLUMEN III

Modelo de norma para estructuras de acero.

VOLUMEN IV

Modelo de norma para estructuras mixtas de hormigón y acero.

VOLUMENES V, VI...

(Otros modelos de normas...)

° ° °

Como se ve, se trata de un programa muy amplio y muy ambicioso que, evidentemente, sólo podrá irse cumpliendo por etapas. Era, sin embargo, fundamental establecer un marco general en el que poder encuadrar los esfuerzos convergentes de todos los grupos interesados.

3. CONCLUSIONES

Para concluir, permítanme hacerles notar que del cuadro, muy resumido, que he tratado de describirles se deduce muy claramente una exigencia primordial: la necesidad de que todos los países aporten su grano de arena a la obra común, con la convicción de que sólo una colaboración internacional intensa permitirá lograr una racionalización eficaz del mundo de la construcción.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

A este respecto me complace señalar que España desempeña un papel de primerísima categoría, tanto en el campo de la F.I.P. (en el seno de la cual la Asociación Española es una de las más activas) como en el C.E.B., que se beneficia ampliamente del apoyo generoso y constructivo del Instituto Eduardo Torroja.

No se trata, por consiguiente, de incitar por mi parte a su país para que haga más de lo que hace, sino simplemente de expresar mi reconocimiento por la actividad que viene desarrollando y animarle a proseguir su fructífera colaboración.

Traducido por:
R. Piñeiro

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

ALAMBRES DE ACERO HEVA PARA HORMIGON POSTENSADO

Las estructuras postesas de hormigón con alambre de acero Heva «STABILIZED» proporcionan una mayor seguridad en los climas cálidos y en las aplicaciones específicas para Centrales Nucleares, por su menor relajación, combinada con una mayor resistencia a la tracción a elevadas temperaturas.

Consúltenos.

FABRICADOS BAJO EL COMPROMISO QUE RIGE EN HEVA, LA CIUDAD DEL ACERO:

Contrastada la calidad, nuestro lema es el servicio.

ACEROS HEVA

SOCIEDAD ANONIMA ECHEVARRIA BILBAO

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

HEVA
LA CIUDAD DEL ACERO

La Ciudad del Acero es una importante denominación para la nueva fábrica de S. A. ECHEVARRIA, instalada en Basauri, como complemento necesario de las ya existentes en Recalde y Santa Agueda.

Pero la Ciudad del Acero es más que un concepto físico.

Es una realidad de experiencia, de investigación, de tecnología, de calidad controlada.

Y una realidad de servicio en toda España, con Delegaciones asistidas por Almacenes propios, dotadas de instalaciones de Tratamientos Térmicos y Servicios de Asistencia Técnica.

SOLICITE EL CATALOGO DE PUBLICACIONES HEVA.

PROGRAMA DE FABRICACION

Perfiles laminados y forjados
Barras calibradas y rectificadas
Fleje de mármol y granito
Perfil para regletas de oruga
Piezas forjadas y mecanizadas
Piezas estampadas
Cilindros para la laminación en frío
Cuchillas de acero rápido
Imanes fundidos y cerámicos (de ferritas)
Alambres de aceros especiales
Flejes laminados en frío de aceros especiales y pletinas
Piezas moldeadas de aceros especiales
Lingoteras
Lingote de moldería y cok

RED DE VENTAS. S. A. ECHEVARRIA

DELEGACION ZONA NORTE - ACEROS HEVA - ALAMEDA DE URQUIJO, 4 - **BILBAO-8**
ALMACEN ZONA NORTE - ACEROS HEVA - FABRICA BASAURI - SAN MIGUEL DE BASAURI - **VIZCAYA**
ALMACEN ZONA ALAVESA - ACEROS HEVA - BADAYA, 10 - **VITORIA**
DISTRIBUIDOR ZONA ARMERA - LA IRONSTEEL, S. R. C. - SAN JUAN, 19 - **EIBAR**
DISTRIBUIDOR ZONA ASTURIANA - SUMINISTROS MENTREYA - MARQUES DE SAN ESTEBAN, 54 - **GIJON**
DELAGACION TOLOSA - ACEROS HEVA - CARRETERA MADRID-IRUN KM. 444 - IRURA - **TOLOSA**
DELEGACION ZONA ARAGON - ACEROS HEVA - AVENIDA FRANCISCO CABALLERO, 31 - **ZARAGOZA**
DELEGACION ZONA CATALURA - ACEROS HEVA - BOLIVIA, 227 - **BARCELONA-9**
ALMACEN REDISTRIBUIDOR BALEARES - LA INDUSTRIAL Y AGRICOLA SOCIAS Y ROSELLO - CALLE HEROES DE MANACOR, 93-95 - **PALMA DE MALLORCA**
DELEGACION ZONA NOROESTE - ACEROS HEVA - CARRETERA DE BENS (LA MOURA) - **LA CORUÑA**
ALMACEN REDISTRIBUIDOR PONTEVEDRA - TORRES Y SAEZ, S. R. C. - AVENIDA MADRID, S/N - **VIGO**
DELEGACION ZONA CASTILLA LA VIEJA - ACEROS HEVA - CARRETERA DE MADRID, KM. 188 - **VALLADOLID**
DELEGACION ZONA CENTRO - ACEROS HEVA - ANTONIO LOPEZ, 245 - **MADRID-26**
DELEGACION ZONA LEVANTE - ACEROS HEVA - CARRERA DE MALILLA, 79 - **VALENCIA-13**
ALMACEN REDISTRIBUIDOR - VIGACEROS, S. A. - SAN ANDRES, 8 - **MURCIA**
DELEGACION ZONA SUR - ACEROS HEVA - AVENIDA SANTA CLARA DE CUBA, S/N. - (POLIGONO INDUSTRIAL - CARRETERA AMARILLA) - **SEVILLA**

ACEROS HEVA

SOCIEDAD ANONIMA
ECHEVARRIA
BILBAO

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

XXV aniversario de la A.T.E.P.

F. CASSINELLO
Presidente de la A.T.E.P.

— Excelentísima Señora Marquesa de Torroja; Señoras...

— Señor Presidente Honorario del Comité Europeo del Hormigón y de la Federación Internacional del Pretensado...

— Señores...

La solemnidad del acto me obliga a ser académico; lo avanzado de la hora, a ser breve; pero sobre todo yo quisiera ser claro, para que la intención de este 25 Aniversario de la fundación de la A.T.E.P. sea una reafirmación de los principios y metas que han regido el cotidiano quehacer de nuestra Asociación a lo largo de estos sus primeros cinco lustros de vida.

Por ello, y ante todo, quiero expresar nuestro más cálido agradecimiento al Profesor Franco Levi, ya que con su presencia, sus palabras, su ciencia y su experiencia... ha venido a realzar la solemnidad de este acto, y a dar testimonio de la internacionalidad de nuestra agrupación nacional. Gracias, profesor, y en prueba de nuestro agradecimiento le ruego acepte este nombramiento de MIEMBRO DE HONOR de la A.T.E.P., que le confiere, entre otros privilegios, señor Presidente de la F.I.P., el poder pertenecer a la Federación Internacional del Pretensado.

Esta chocante situación tiene una explicación clara. La Asociación Española del Pretensado se creó en este Instituto hace veinticinco años, es decir, en el año 1949, mientras que la Federación Internacional del Pretensado se creó en el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Cambridge en el año 1952, es decir, tres años más tarde. La F.I.P. nace con el apoyo de las asociaciones nacionales que la precedieron en su existencia, y entre las que España ocupa uno de sus decanatos.

* * *

Son muy pocos los países que pueden presentar obras de hormigón pretensado realizadas en el año 1926, como esta del Acueducto de Tempul (fig. 1), con tirantes pretesos para favorecer el trabajo de flexión en vano, y que hoy, casi cincuenta años más tarde, sigue siendo el esquema estructural de máxima actualidad en la realización de puentes en viga recta.

Pero si hoy, como ayer, nuestra Asociación puede presumir de haber sido adelantada del pretensado, ello fue posible por haber contado con un hombre excepcional, cuyo recuerdo está en la mente y en el corazón de todos nosotros: EDUARDO TORROJA. Su obra es permanente testimonio de su genio. Tras Tempul, surgieron otros ejemplos:

— Cúpula del Mercado de Algeciras (1935) (fig. 2).
— Acueducto de Alloz (1939) (fig. 3).
— Santi-Espirit (1953) (fig. 4).
— Cuba Hiperbólica de Fedala (1956) (fig. 5).
— Las Bañeras de Costillares (1960) (fig. 6).
— Cubierta de un Depósito Enterrado (1960) (fig. 7).
— Iglesia en Gandía (1961) (fig. 8).
— Club Tachira (fig. 9).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

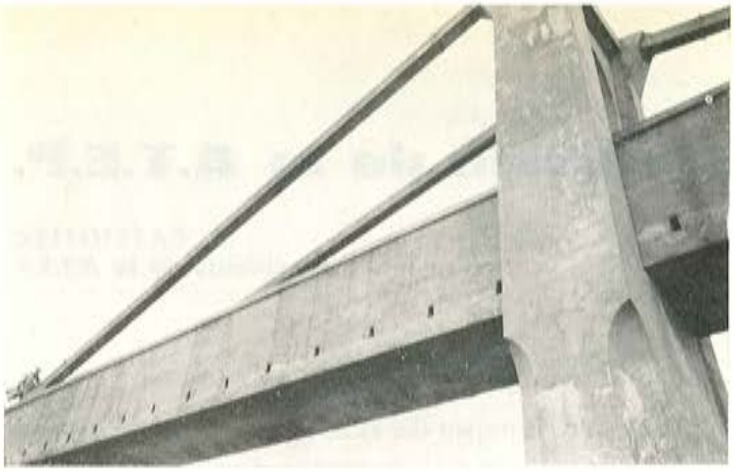


Figura 1.

Figura 2.

Figura 3.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

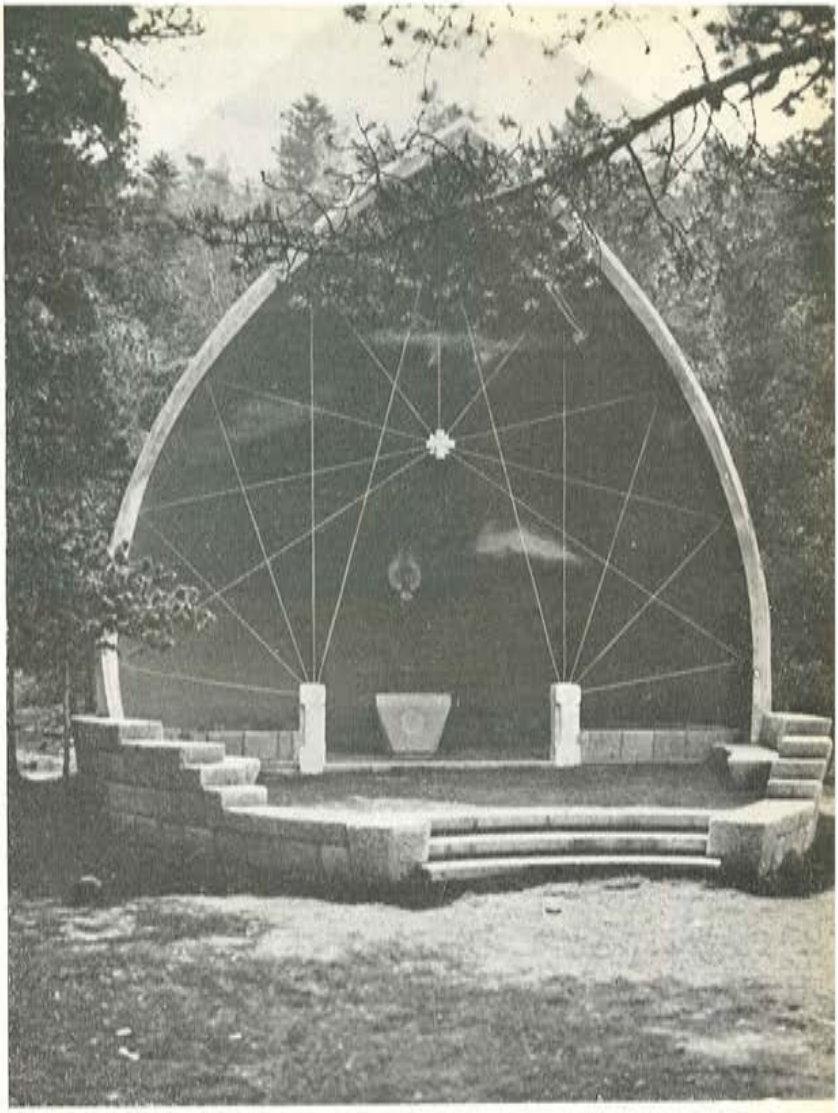


Figura 4.

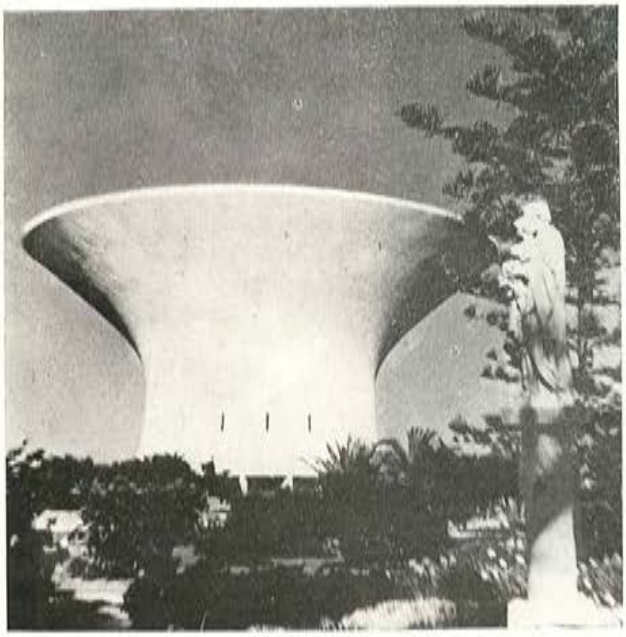
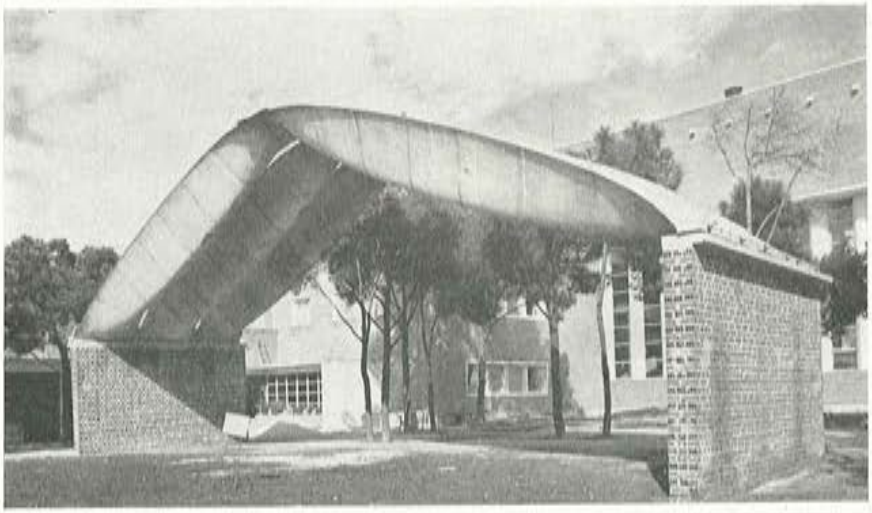


Figura 5.

Figura 6.

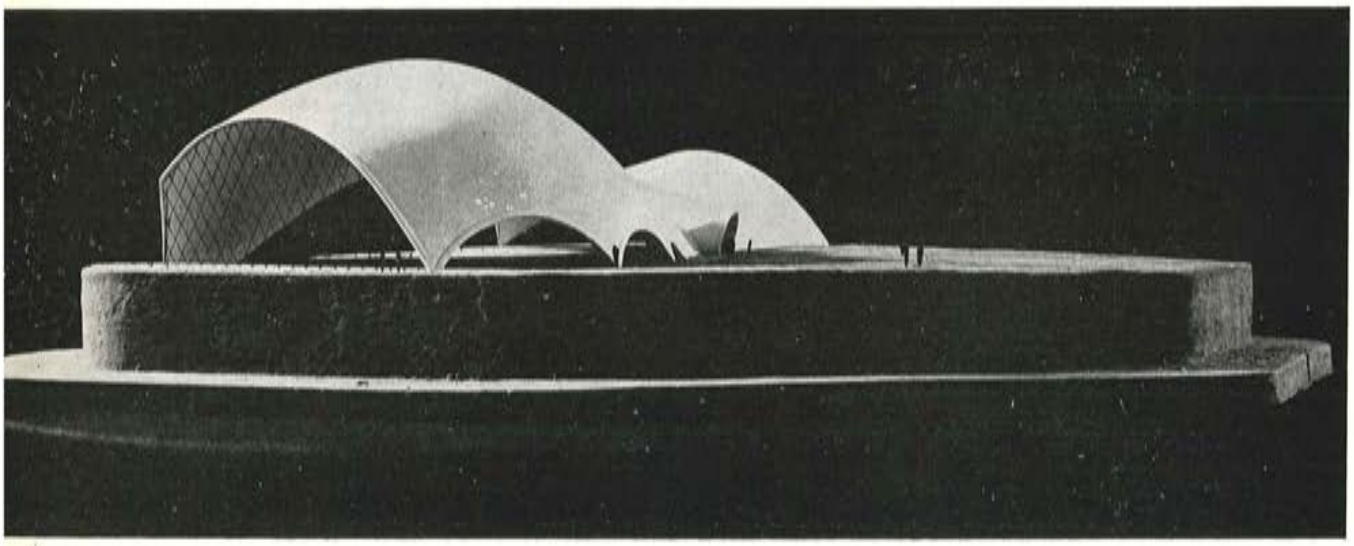


Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Figura 7.

Figura 8.

Figura 9.



Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

El mundo entero, España y la Asociación Española del Pretensado, sienten el orgullo de haber contado entre sus hombres, a este de talla tan excepcional, que no he dudado en destacarlo como figura señera de este 25 Aniversario, para reafirmar nuestro más sincero y firme espíritu TORROJIANO.

* * *

Pero TORROJA no fue un hombre sólo. Creó escuela, formó discípulos y abrió nuevos caminos... por los que pronto empezaron a caminar otros muchos. Y esto permitió a la A.T.E.P. el fijarse un compromiso, el prefijarse una meta, consistente en mostrar al mundo lo que España hace en el campo del pretensado, aprovechando la ocasión que nos brinda, cada cuatro años, la celebración de los Congresos Internacionales de la F.I.P. y el primer libro de Realizaciones Españolas, lo presentamos en el Congreso de Praga, recogiendo la labor realizada desde 1926 hasta 1968. Este segundo libro, compendio de la obra realizada de 1968 a 1972 lo presentamos, internacionalmente, en el reciente Congreso de Nueva York. Y hoy, en acto más íntimo, en Costillares, nuestra cuna y nuestra sede, hago la presentación de este segundo libro, aprovechando la circunstancia de esta Sesión Académica conmemorativa de nuestro 25 Aniversario.

El mayor mérito de estos libros es que no tienen autor, que están hechos por todos y para todos. Patrocinadores, proyectistas, directores de obra, constructores, directivos, redactores... en su actuación conjunta y coordinada fueron los protagonistas que se ganaron nuestro agradecimiento más entusiasta y sincero. ¡Gracias a todos!... ¡Este es nuestro libro!...

* * *

Y ahora, el tema del programa, las Medallas A.T.E.P.

Es costumbre bastante frecuente que las Organizaciones o Instituciones, tanto de ámbito nacional como internacional, cuyo objetivo primordial es la promoción y difusión de una técnica especializada, tengan establecida la concesión periódica de títulos honoríficos, medallas, etc., para premiar a aquellas personas que se distinguen de un modo especial por su destacada actuación en el campo de la técnica correspondiente.

Como ejemplos más inmediatos pueden citarse las Medallas Freyssinet y las Medallas F.I.P., instituidas por la Federación Internacional del Pretensado para ser otorgadas a escogidas personalidades, mundialmente conocidas, en reconocimiento de la labor realizada a lo largo de su vida profesional en pro del desarrollo del hormigón pretensado. Estas Medallas se concedieron, por primera vez, en el año 1970, con ocasión del VI Congreso Internacional de la F.I.P. celebrado en Praga.

Siguiendo un criterio análogo, la Junta de Gobierno de la Asociación Técnica Española del Pretensado, en la reunión celebrada el 22 de marzo de 1973 y a propuesta de su Presidente, acordó por unanimidad crear la "Medalla de la A.T.E.P.", que será otorgada a los Asociados que se juzgue merecen esta especial distinción por su singular aportación al desarrollo en España del Pretensado.

Por eso hoy tengo que presentaros las Medallas A.T.E.P., que por primera vez se conceden, con motivo de este 25 Aniversario. La concesión fue difícil, porque todos os las mereceis, pero cada tres años, en nuestras Asambleas Nacionales, seguiremos concediéndolas para premiar vuestro esfuerzo y vuestro trabajo.

* * *

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Pero antes de proceder a la concesión, y para terminar con mi charla, quiero destacar que en el propio reglamento para la concesión de las "Medallas de la A.T.E.P." se hace constar que:

"Por acuerdo unánime de la Junta de Gobierno de la Asociación, la primera "Medalla de la A.T.E.P." será concedida, a título póstumo, a su fundador el insigne e inolvidable Maestro don Eduardo Torroja".

Por ello, Excelentísima Señora Marquesa de Torroja, le ruego acepte esta primera Medalla, que por derecho propio, al ser de don Eduardo, es su Medalla.

Primera edición de un anuario de físicos

La Asociación Nacional de Físicos de España está intentando recoger todos los datos precisos para la edición por vez primera de un Anuario de Físicos Españoles.

Con este motivo ruega a cuantos licenciados y Doctores en Ciencias Físicas estén interesados en participar y colaborar, envíen nombre, dirección y domicilio profesional, a la secretaría de la Asociación ANFE, Bolivia, 36, bajo A, Madrid-16.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

torres Colón

ANTONIO LAMELA
C. FERNANDEZ CASADO

(Texto de la conferencia que, organizada por la A.T.E.P., pronunciaron los Sres. Lamela y Fernández Casado en el Salón de Actos del Instituto Eduardo Torroja, el día 14 de marzo de 1974.)

Se nos presentó el problema de edificación sobre un solar, en pleno centro de la capital, en la confluencia de las vías de mayor tránsito de la ciudad.

La situación del solar con respecto a los ejes de los paseos del Prado, Calvo Sotelo y Castellana, así como de la calle de Goya, acentuaba la importancia estética de la futura construcción como fondo de las importantes visuales mencionadas y como elemento destacado en la silueta de la ciudad.

Desarrollamos el plano de ordenación de volúmenes de acuerdo con las autoridades, y en esta fase se definió como metas a conseguir:

a) La ampliación del nudo de tráfico en la plaza de Colón, ensanchando la embocadura de la calle de Génova por expropiación parcial de los solares lindantes.

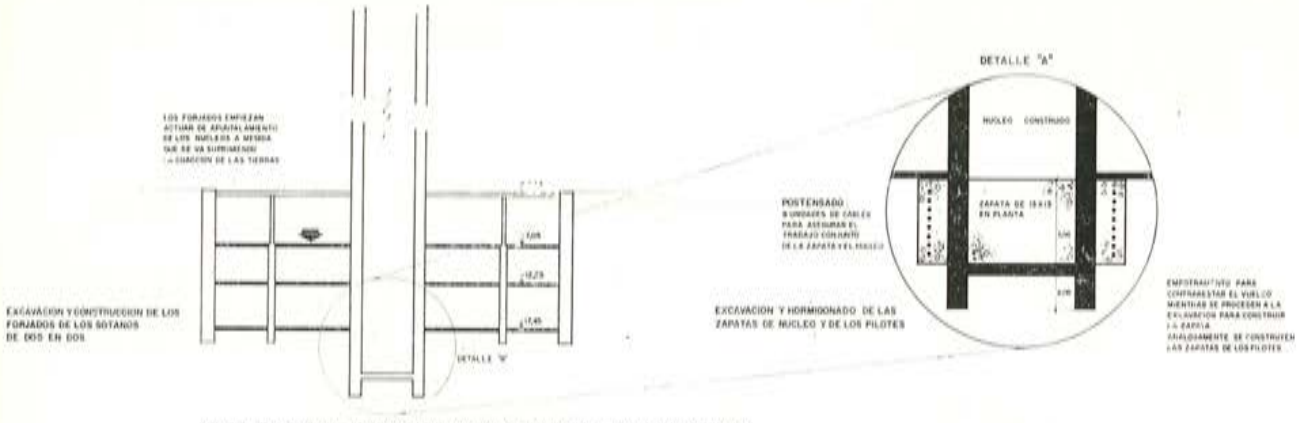
b) La disposición de los siguientes volúmenes:

— Plantas bajas de gran altura, retranqueadas para crear amplios espacios peatonales.
— Una planta volada, creando importantes zonas protegidas, ocupando la casi totalidad del solar más los vuelos permitidos.
— Una planta libre ajardinada.
— Dos torres de veinte plantas. Se consideraba deseable que estas torres tendrían carácter vertical y un remate de coronamiento, estudiado desde el punto de vista de la influencia que estas torres tendrían en el paisaje urbano.
— Uso preferido: oficinas (no viable).

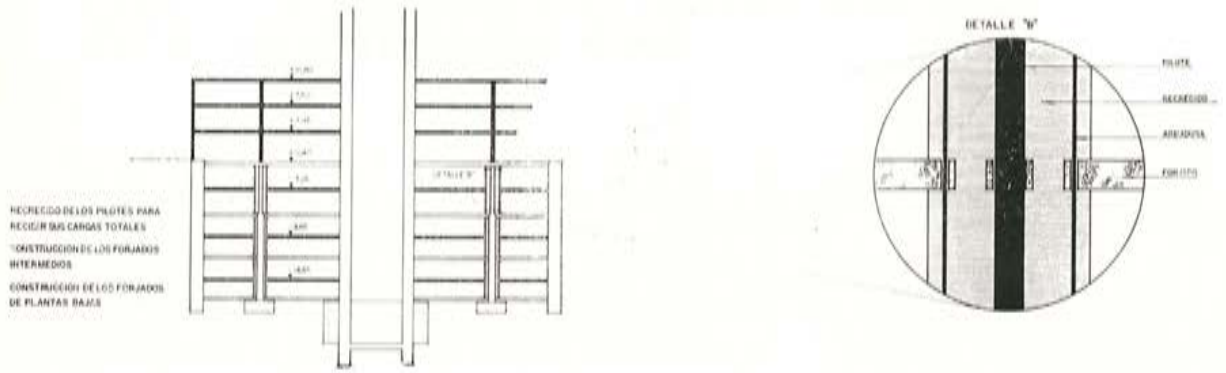
La propiedad definió su programa:

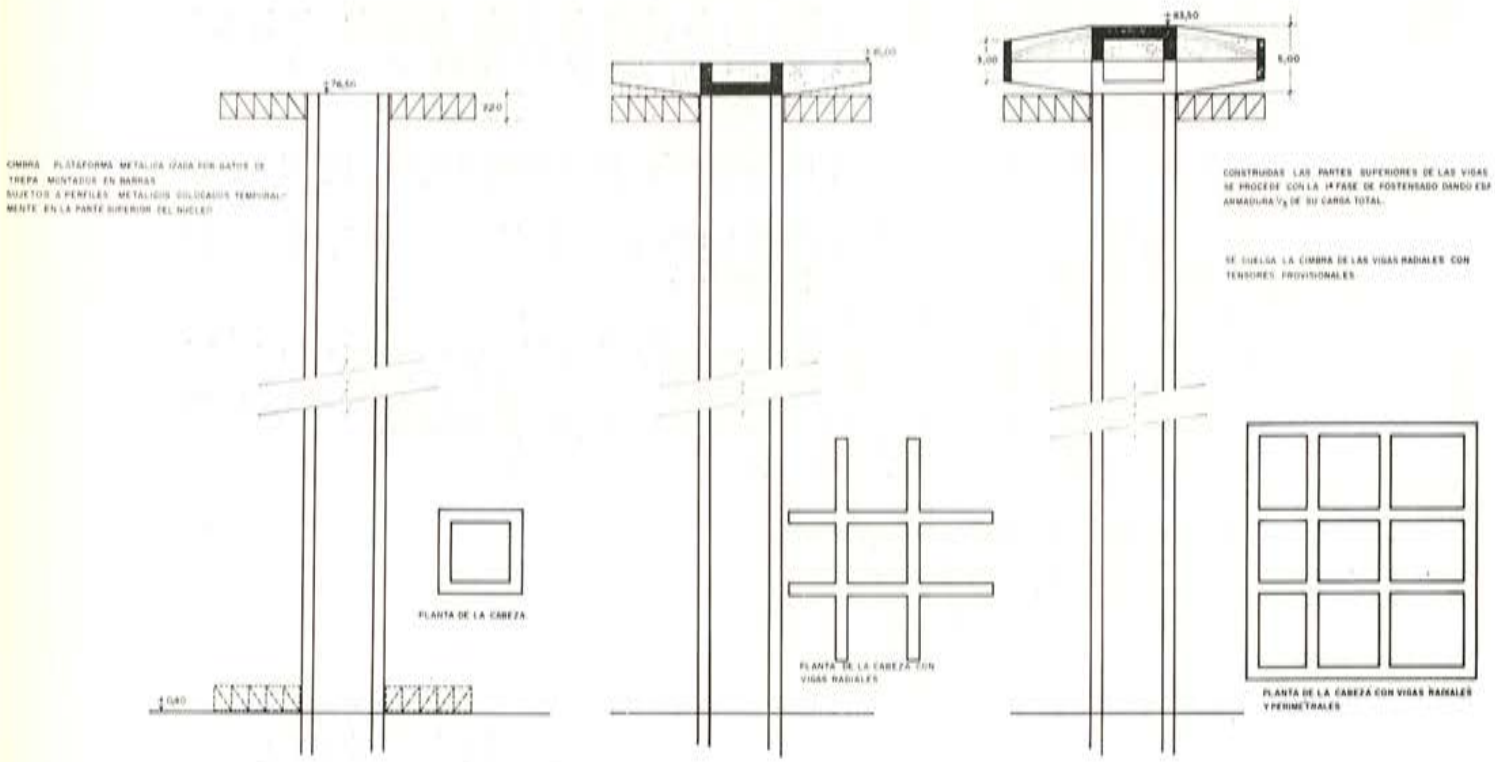
— Una torre de una vivienda por planta.
— Una torre de dos viviendas por planta.
— La primera planta para oficina.
— La planta baja para uso comercial, con entreplanta del mismo uso.
— Los sótanos para estacionamiento y servicios, excepto el primer sótano, que sería parcialmente comercial.
— El conjunto se destinaba a venta.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



A PARTIR DE LA FASE 6 SE CONSTRUYE SIMULTANEAMENTE LAS PLANTAS BAJAS Y LAS DOS TORRES



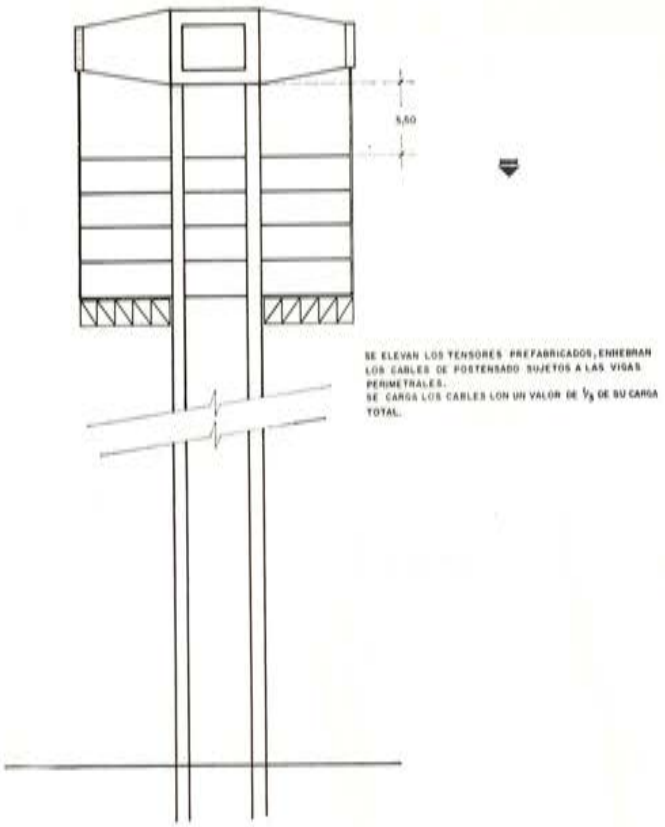


Montaje y elevación de la cimbra.

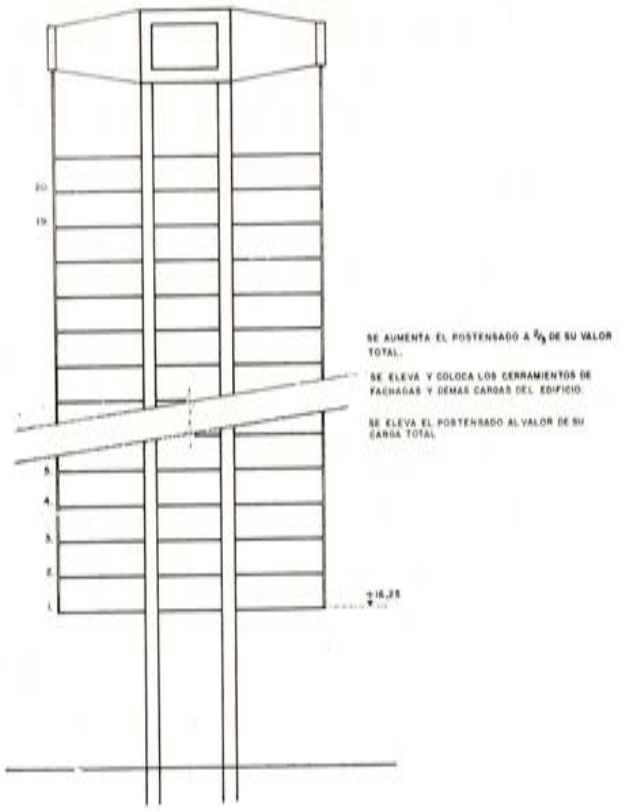
Construcción de la mitad inferior de vigas radiales.

Construcción de la parte superior de vigas radiales y vigas perimetrales en sistema análogo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

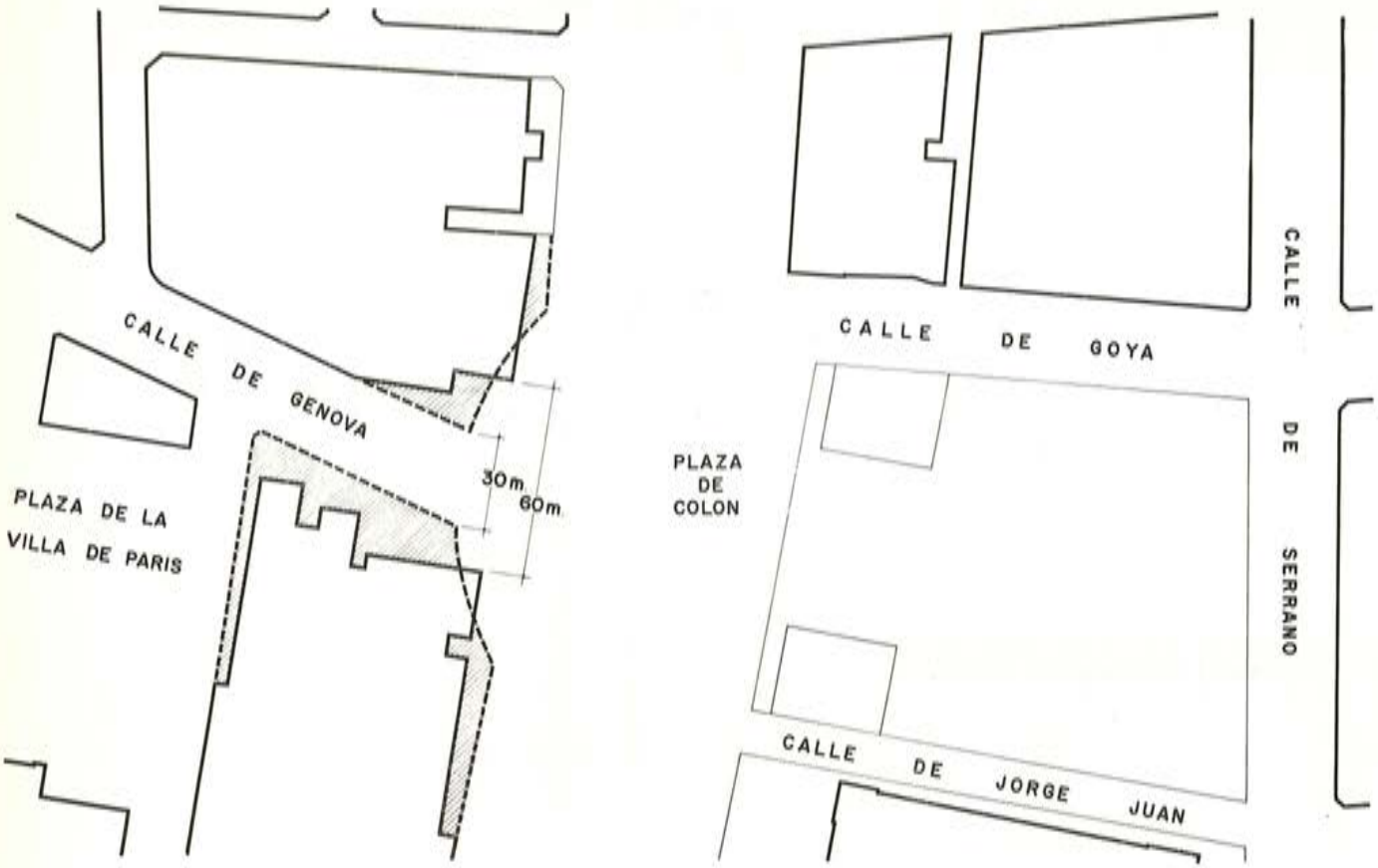


Elevación de los tensores. Descenso de cimbra y construcción de forjados.



Se termina la construcción de los forjados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



Por exigencias de cambios en el mercado, la propiedad decidió variar su programa a:

— Dos torres, con la posibilidad de combinar una y dos viviendas por planta, tres, cuatro y cinco apartamentos por planta, sin modificación de servicios, fachada ni estructura.

— Se mantienen las demás plantas con sus usos inicialmente definidos.

— El conjunto se destinaba a venta.

— La propiedad decidió cambiar el programa otra vez, pidiendo que el conjunto se adaptara para explotación en régimen de apartotel, transformando a este efecto las plantas bajas para esta función.

— Tras la paralización de las obras, al llegar a un acuerdo con la Administración con la obra ya iniciada, se cambió por última vez el programa. Se llegó a la conclusión que se obtendría un mayor rendimiento económico del conjunto, destinándolo a oficinas de gran representación.

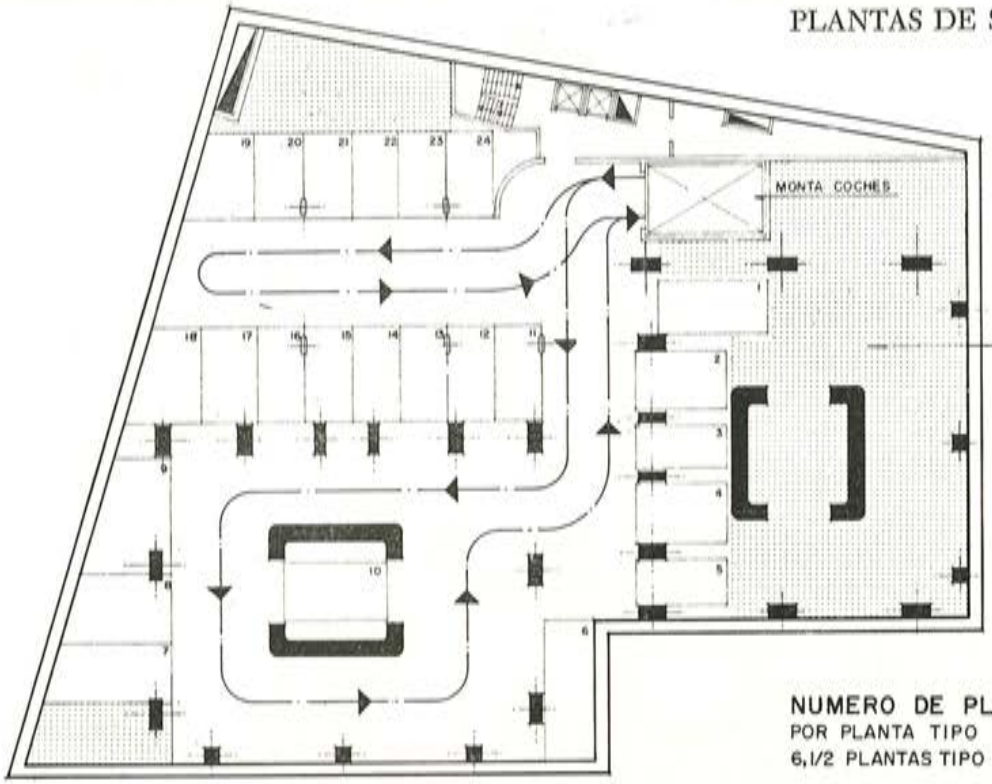
— Oficinas de relativamente poca superficie y de elevado precio, dotadas del máximo confort, modernas, destinadas a alojar la alta dirección de grandes empresas, cuyas oficinas de "trabajo" se ubicarían en las afueras de la ciudad.

— Desde el punto de vista estético y arquitectónico, esta solución es más idónea, puesto que permite un tratamiento volumétrico más ordenado y simple y estilizando el volumen de las torres.

— Estudiando las premisas del proyecto llegamos a la conclusión que técnicamente, la clave del problema se reducía a la elección correcta del tipo de estructura a emplear para cada una de las dos zonas distintas del conjunto.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PLANTAS DE SOTANOS

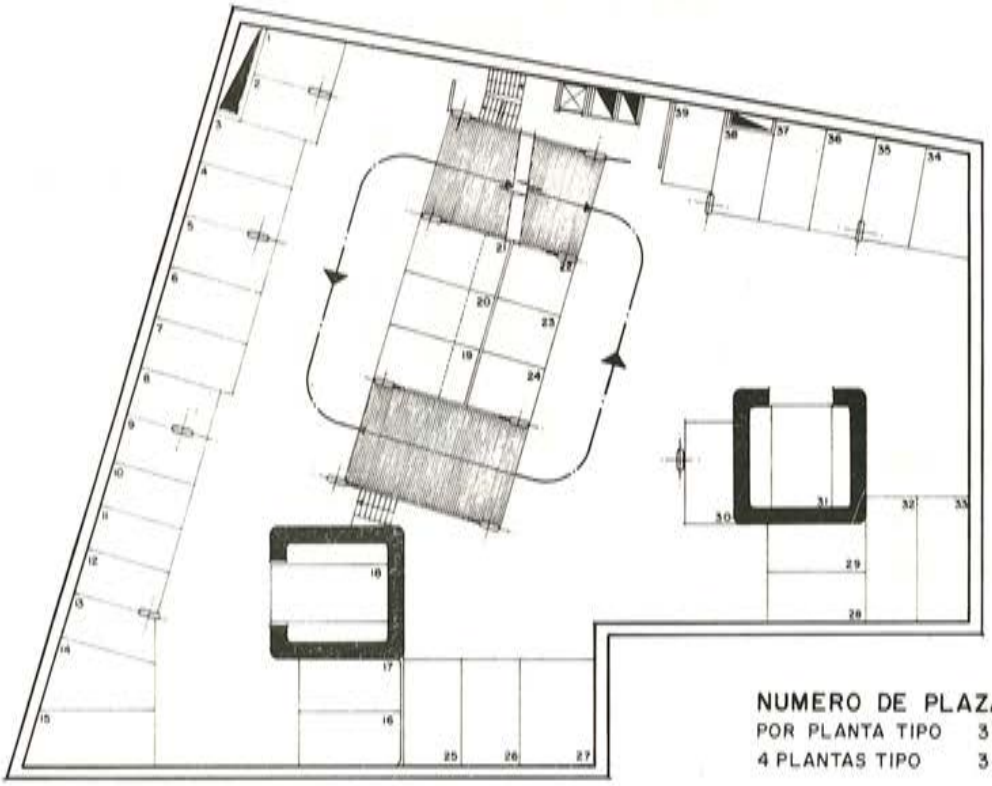


NUMERO DE PLAZAS:
POR PLANTA TIPO 24
6,1/2 PLANTAS TIPO 24 X 6,5 = 156 TOTAL

PLANTA TIPO ESTACIONAMIENTO SOLUCION NORMAL

NO HAY POSIBILIDAD DE ACCESO POR RAMPAS

Un montacoches es mínimo y totalmente inadecuado, y al añadir otros dos (parece el número más conveniente) se necesitaría más superficie para el zaguán de espera. Así reduciríamos el número de plazas de cada planta tipo de garaje. aún más, lo que nos obligaría a construir otra, al menos, con su enorme encarecimiento, que es progresivo. La circulación dentro de la planta tipo de garaje es complicada y difícil. Hay superficies muertas.

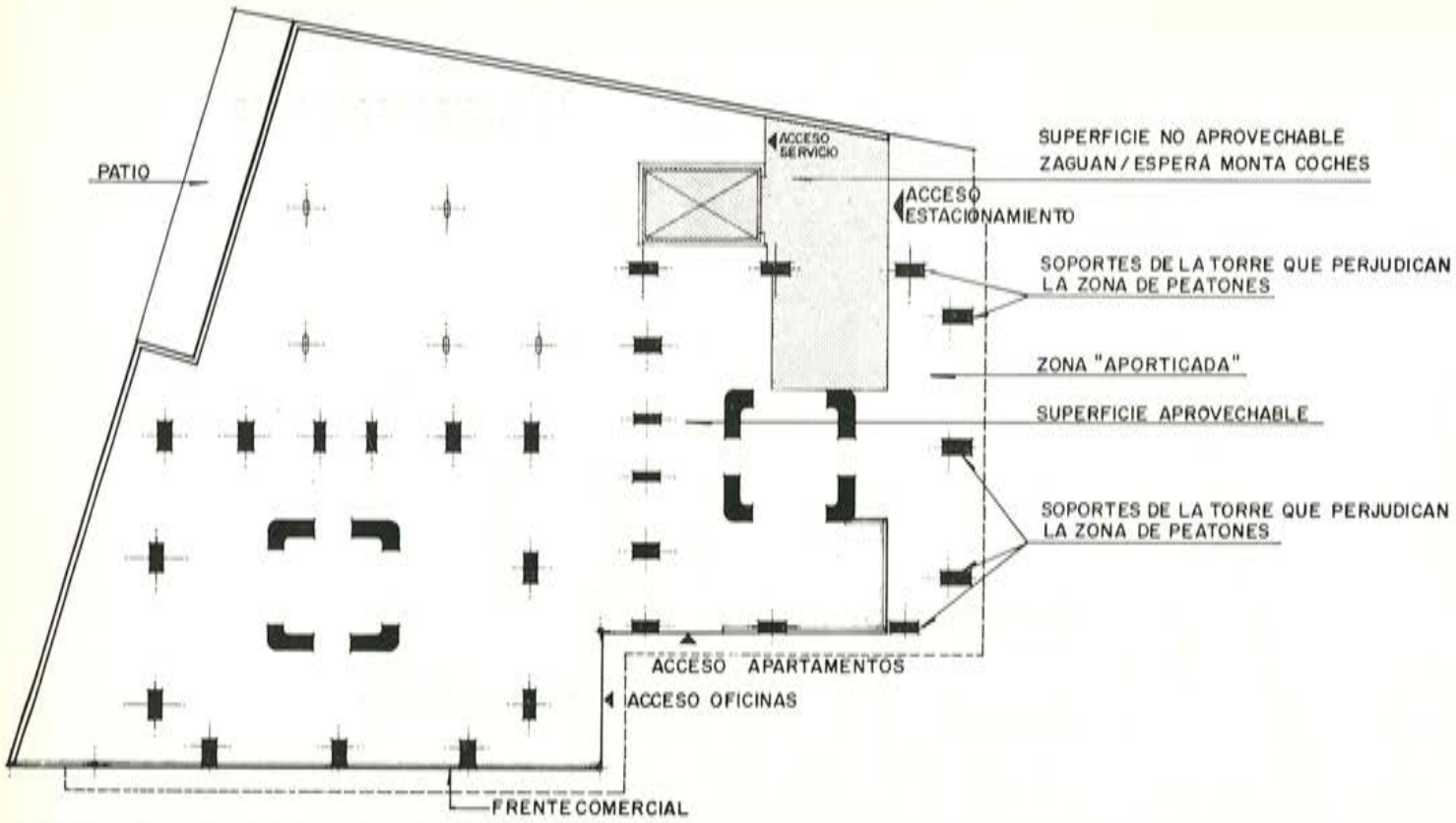


NUMERO DE PLAZAS:
POR PLANTA TIPO 39
4 PLANTAS TIPO 39X4 +2 = 158 TOTAL

PLANTA TIPO ESTACIONAMIENTO SOLUCION ADOPTADA

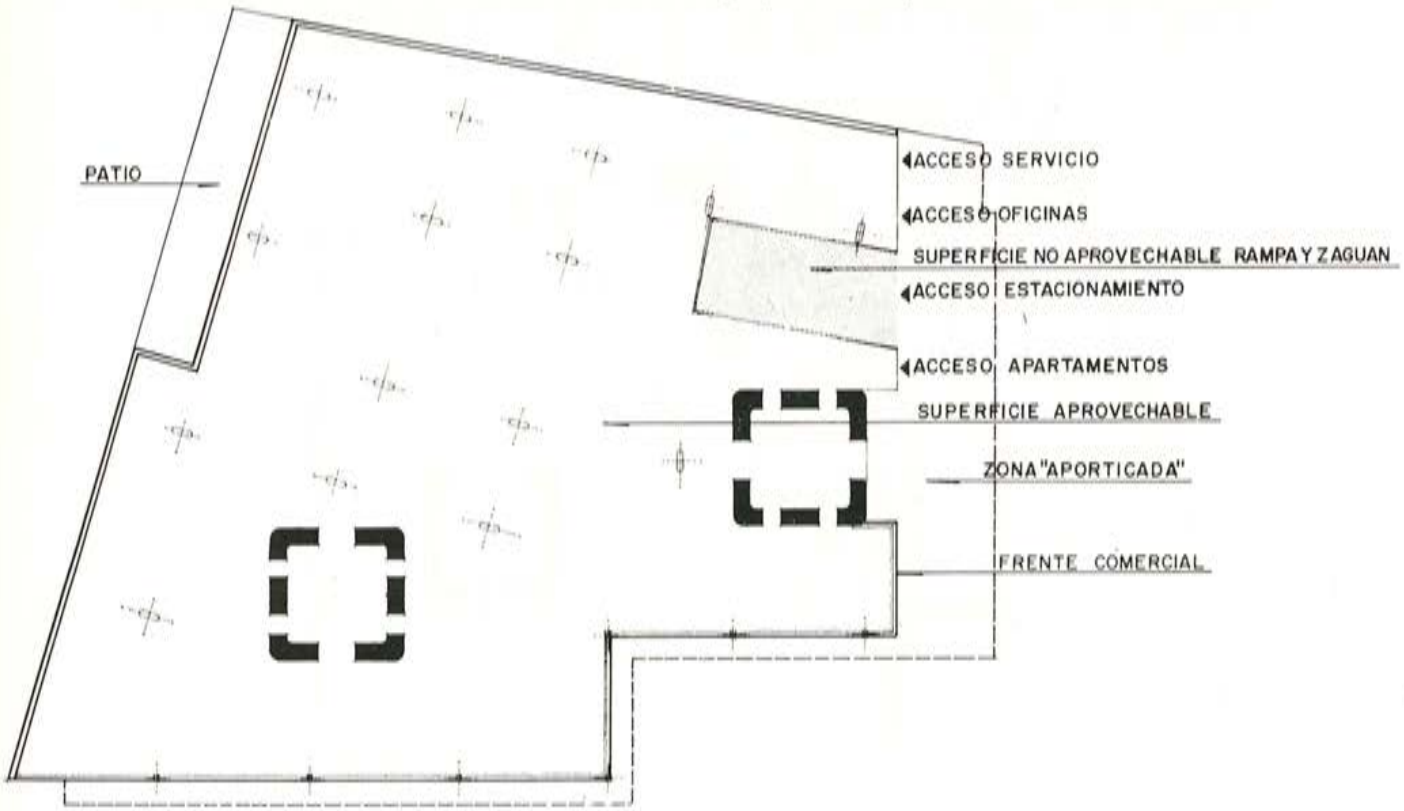
La circulación de coches, tanto en los accesos como en las plantas tipo de garaje, es sencilla y fluida. No hay grandes desperdicios de espacio y el aprovechamiento es máximo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



PLANTA BAJA COTA ACCESO SOLUCION NORMAL

La superficie comercial queda perjudicada con importantes interrupciones de espacio para los varios elementos estructurales, produciendo una reducción de aprovechamiento, falta de flexibilidad y de continuidad y, por tanto, un menor valor comercial no sólo en superficie, sino en utilidad. El frente comercial queda reducido a 46 m de longitud por imposición indirecta de la estructura. Hay pérdida de continuidad de frente comercial. Se condicionan los accesos de oficinas y apartamentos por razón de estructura.



PLANTA BAJA COTA ACCESO SOLUCION ADOPTADA

Se consigue la mayor diafanidad y libertad de espacio interior emplazando los elementos de estructura, esbeltos y ordenados, para conseguir el máximo aprovechamiento y flexibilidad en distribución. Toda la superficie es prácticamente útil y compacta. El valor en venta de estos metros cuadrados de locales comerciales es muy alto. La superficie ganada tiene un gran valor. Se consigue un frente comercial continuo de 51 m de longitud. No hay apenas condicionantes estructurales.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Estas se agrupaban en:

1. Plantas sótanos y plantas bajas con una necesidad de espacio dictados por los problemas de estacionamiento y de diafanidad.

2. Las dos torres.

La idea era de conseguir:

a) La máxima flexibilidad en el planteamiento interior de las torres.

b) La máxima independencia estructural entre las torres de un lado y las plantas bajas de otro, con el fin de obtener el máximo rendimiento de cada una de estas zonas en función de tan diferentes usos.

Estudiamos varias soluciones, arrancando con estructuras convencionales, que por la magnitud del problema, la de sostener dos torres de más veinte plantas sobre el edificio basamental, dentro de un solar de muy reducidas dimensiones, hipotecaba el buen funcionamiento de las plantas de estacionamiento en sótano y desvalorizaban las plantas bajas, donde se pretendía conseguir la mayor diafanidad posible.

Llegamos finalmente a la solución más racional: la de colgar las torres, reduciendo de este modo su influencia en las plantas inferiores a los dos elementos concentrados y ordenados, los dos núcleos, uno de cada torre.

El conjunto sería tres edificios: el edificio basamental y las dos torres.

El primero, formado por las plantas sótanos y las plantas bajas, construidos por sistemas hoy día tradicionales, con el planteamiento de su estructura, divorciada del problema de las torres, buscando el mayor rendimiento para las plantas de estacionamiento y la mayor diafanidad en las plantas bajas.

Las dos torres que se compondrían de los siguientes elementos:

— Los núcleos, que son los únicos elementos estructurales de las torres en la zona de las plantas inferiores hasta el nivel de la planta ajardinada inclusive.
— La cabeza, que se compone en cada caso de cuatro vigas perimetrales, sujetadas por cuatro vigas en cruz, apoyadas sobre los núcleos.
— Los péndulos o tensores que reciben las cargas de los forjados y los transmiten a las vigas cabeza.
— Los forjados de estructura birreticular, apoyados por su borde interior en carteles anclados en los núcleos y sujetos por los péndulos en su borde exterior.

SOLUCION ADOPTADA

Sótanos y plantas bajas de construcción descendente con solución de hormigón armado y forjados birreticulares.

Torres con núcleos de hormigón armado y apoyando vigas "cabezas", construidas de hormigón pretensado.

Forjados birreticulares, sujetados por tirantes pretensados, colgados de las vigas y con apoyos en los núcleos.

SOLUCION NORMAL

Estructura de hormigón armado o metálica de soportes y vigas, pantalla para resistencia contra efectos de vientos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Los efectos de estas soluciones en el proyecto.

1. Estacionamiento: accesos por rampas.

2. Aprovechamiento: 39 plazas por planta, o sea, 62,5 por 100; mayor aprovechamiento, cuatro plantas garaje. Excavación máxima cota, 17,95.

SOLUCION ADOPTADA

Planta baja comercial.

Se destina sólo seis metros de longitud de fachada para el zaguán de las rampas de acceso.

El hecho de que el zaguán ocupa solamente parte de la fachada del Paseo de la Castellana permite unir a las dos torres en cuanto a los accesos.

La fachada comercial es continua y tiene 60 metros de longitud.

La zona aporticada en el Paseo de la Castellana queda totalmente libre.

Visuales totalmente sin obstáculos al salir por rampa.

Los soportes en la fachada comercial son independientes de las torres y se sitúan según la mayor conveniencia de las plantas comerciales y solamente para las cargas de éstas.

Planta 1.ª

Se consigue una mayor diafanidad situando los soportes en función de las plantas bajas y solamente los dos núcleos para recibir las torres.

Planta libre ajardinada.

Exceptuando los núcleos y las comunicaciones verticales esta planta ajardinada queda totalmente libre.

1. Estacionamiento: acceso por rampas imposible, intalaciones de montacoches.

2. Aprovechamiento: se consiguen 24 plazas por planta, número reducido por el entorpecimiento producido por los soportes de las torres. Para acomodar las 156 plazas necesarias para el proyecto, se necesitan seis plantas y media de garaje, las cotas de máxima excavación sería —24,45.

SOLUCION NORMAL

Planta baja comercial.

Se destina 15 metros de fachada, debido a la amplitud de zaguán necesario, para acomodar los coches en espera del montacargas.

Sería necesario dividir los accesos de las dos torres, una en el Paseo de la Castellana y la otra en la calle Génova, lo cual implicaría una pérdida de fachada comercial que quedaría interrumpida a 44 metros de longitud.

Los soportes de la torre de Colón perjudica la zona aporticada en el Paseo de la Castellana.

Los visuales de los coches saliendo de los elevadores quedan perjudicados por dichos soportes.

Los soportes de las torres recaen cerca de la línea de fachada comercial con la consiguiente pérdida de control de la fachada comercial.

Planta 1.ª

Pierde en diafanidad y, por tanto, en el aprovechamiento para uso, sea de oficinas o de salones.

Planta libre ajardinada.

Los soportes perjudican el uso de esta planta que se destinaría a zona de expansión del conjunto y debía tener las mínimas interrupciones de espacio siendo de por sí de reducida superficie.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Plantas tipo.

Los elementos de pantalla que forman el núcleo y tienen doble función, la de transmisión de cargas a los cimientos y a la vez como pantalla resistente a los empujes de viento, será ubicado más o menos en el centro de la planta tipo.

Tensores.

De 0,42 × 0,42 m² en todas las plantas.

Tensores situados fuera de fachadas.

El espacio entre los tensores en las fachadas y el núcleo queda totalmente diáfano, permitiendo la máxima libertad en la distribución interior y la composición de fachadas.

Planta tipo.

Los elementos de pantalla sería de menor importancia, pero sería ubicado en el centro de la torre para conseguir una mayor eficacia por contrarrestar los empujes de viento.

Soportes.

Aumentarían de dimensiones a medida que se bajaban hasta llegar a una dimensión de 0,60 × 1,20 m² (más o menos); no se podía colocar los soportes en el perímetro, puesto que las torres vuelan sobre el límite del solar en tres fachadas.

Estos últimos factores obligan a una rigidez de planteamiento levantando problemas tanto en la distribución interior como en la composición de fachadas.

ESTRUCTURA

La idea fundamental del edificio consiste en construir un núcleo resistente por cada una de las dos torres, que se realiza por la técnica de encofrado deslizante, que constituye el soporte vertebral de toda la torre.

En el interior de los núcleos se alojan los ascensores del edificio y conductos de instalaciones.

Sobre estos núcleos se apoyan sendas cabezas, voladas ocho metros, compuestas por cuatro vigas en cruz y cuatro de borde.

De estos bordes de las cabezas se suspenden los elementos sustentantes de los forjados —llamados tensores o péndolas—, y que tienen la misión de transmitir los esfuerzos a las cabezas por compresión, al ser de hormigón pretensado con armaduras postesas.

Es decir, los tirantes exteriores, en lugar de transmitir la carga hacia abajo como ocurre en un edificio tradicional, la llevan hacia arriba, en donde, por medio de las grandes vigas de coronación, se transmiten al núcleo que las baja definitivamente al suelo.

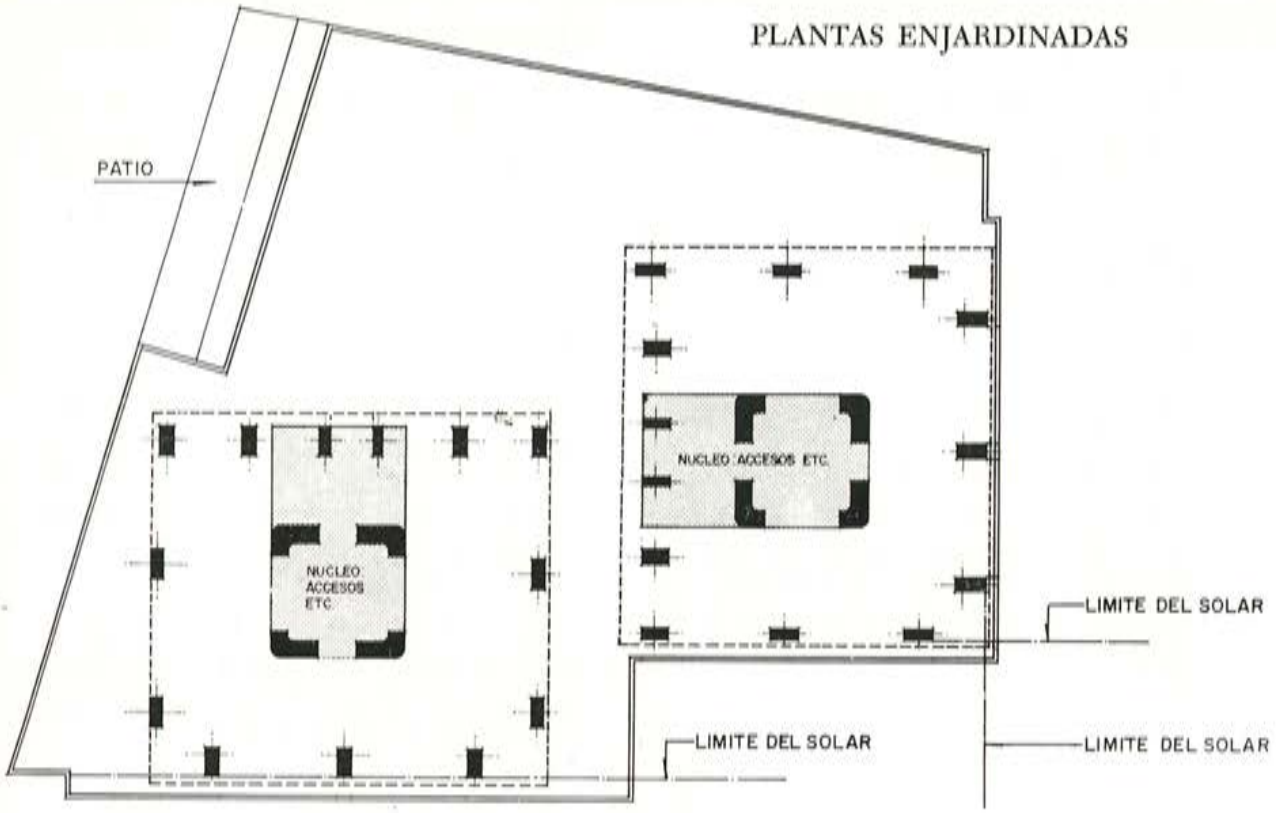
Antecedentes de este original sistema.

Las Torres Colón es el primer edificio que se ejecuta en España por este procedimiento.

El sistema empleado es inédito, y único en el mundo, en su peculiaridad, si bien en otros países se han construido unos 10 ó 12 edificios colgados, pero con técnicas diferentes. Tres, en Inglaterra; tres o cinco, entre los Países Bajos y Alemania; uno, en el Canadá, y el Standar Bank, de Johanesburgo, que, conjuntamente con el edificio de la BMW, de Munich, y Torres Colón, son los que han utilizado soluciones de hormigón pretensado.

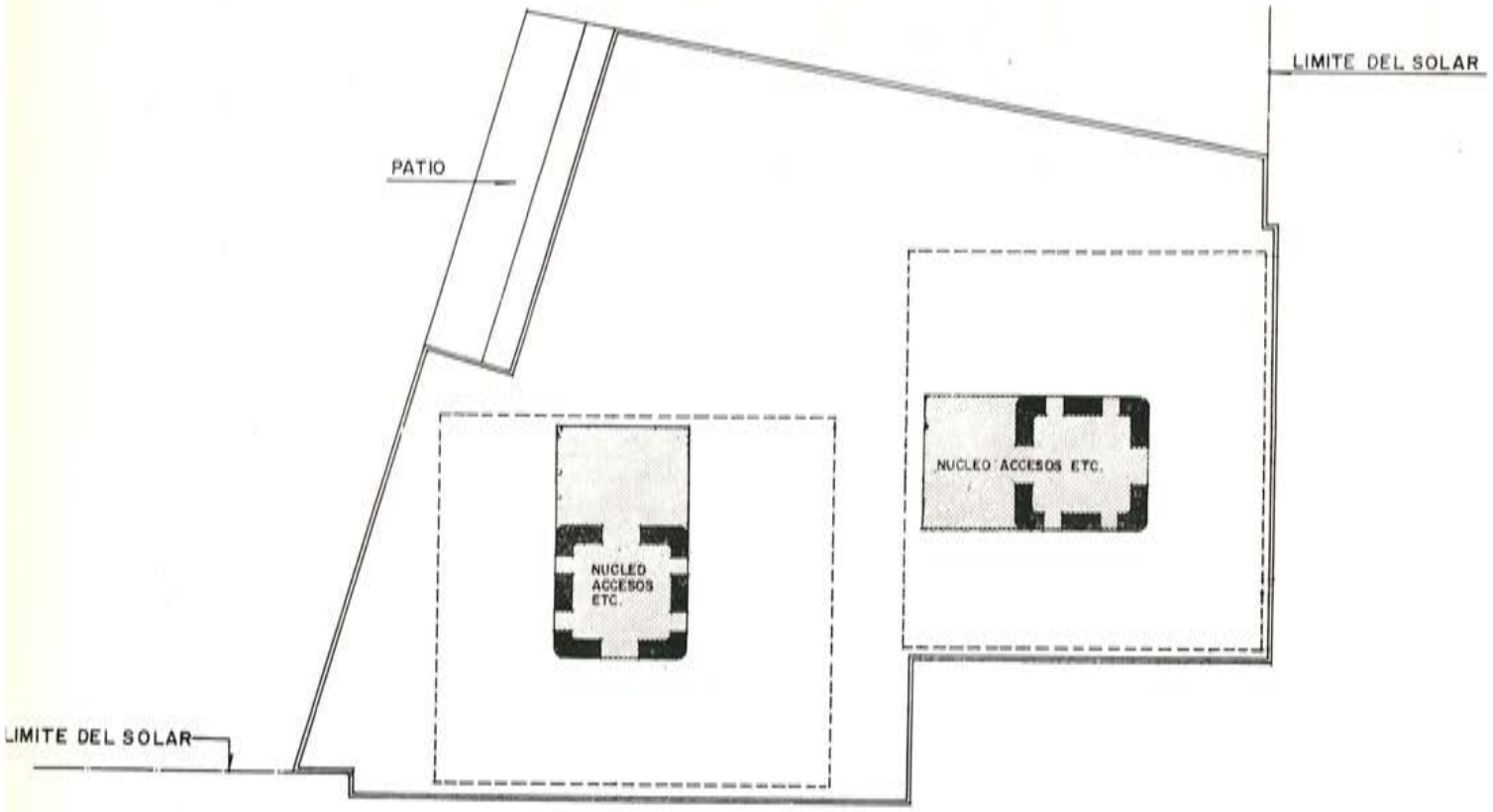
Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PLANTAS ENJARDINADAS



PLANTA LIBRE AJARDINADA SOLUCION NORMAL COTA + 10,80

Además de las comunicaciones verticales indispensables, la planta ajardinada queda perjudicada por las interrupciones de los varios elementos estructurales de ambas torres. Empequeñecimiento de esta zona verde, que es de por sí de reducidas dimensiones. Estos soportes agudizarán la falta de soleamiento bajo cada torre.



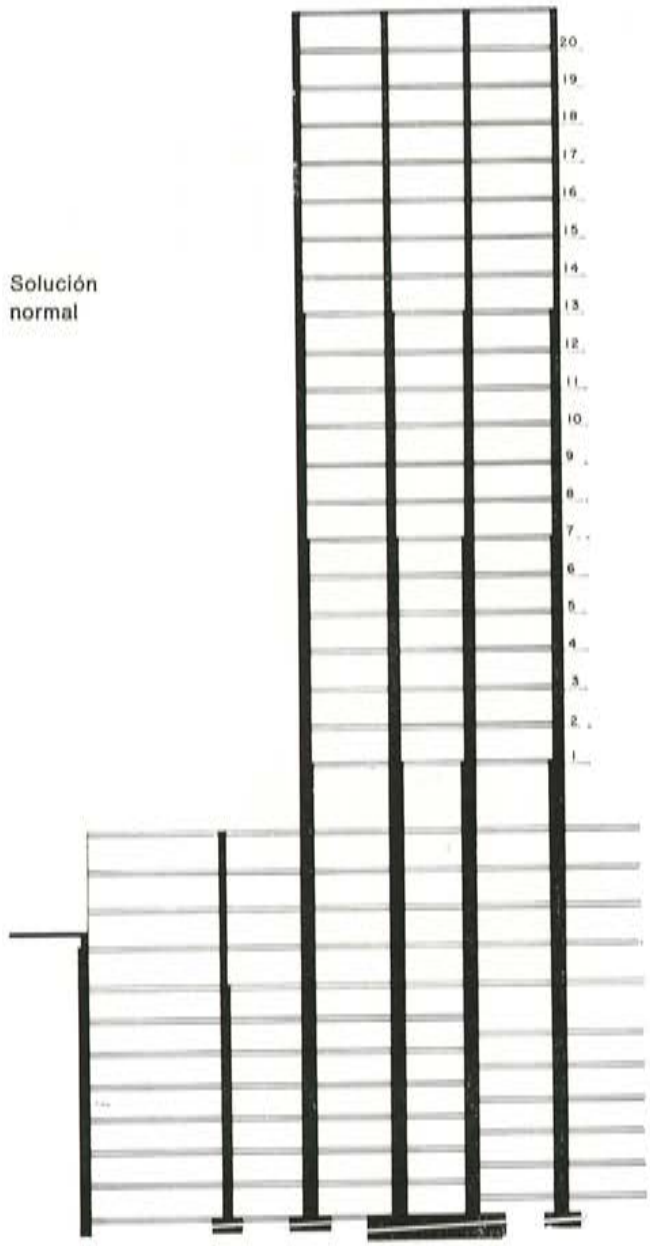
PLANTA LIBRE AJARDINADA SOLUCION ADOPTADA COTA + 10,80

La planta ajardinada, zona verde del conjunto, queda totalmente libre, aparte de los núcleos de las torres y sus comunicaciones. Mayor y mejor asoleo. Se consigue la máxima valoración de esta zona.

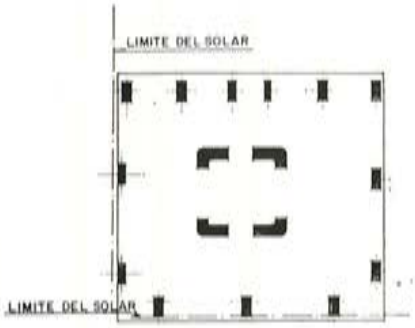
Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PLANTA, TIPO Y SECCION

Solución normal



SECCION (MINIMO) 8,1/2 PLANTAS DE SOTANO
Nº DE PLAZAS 156



PLANTA TIPO

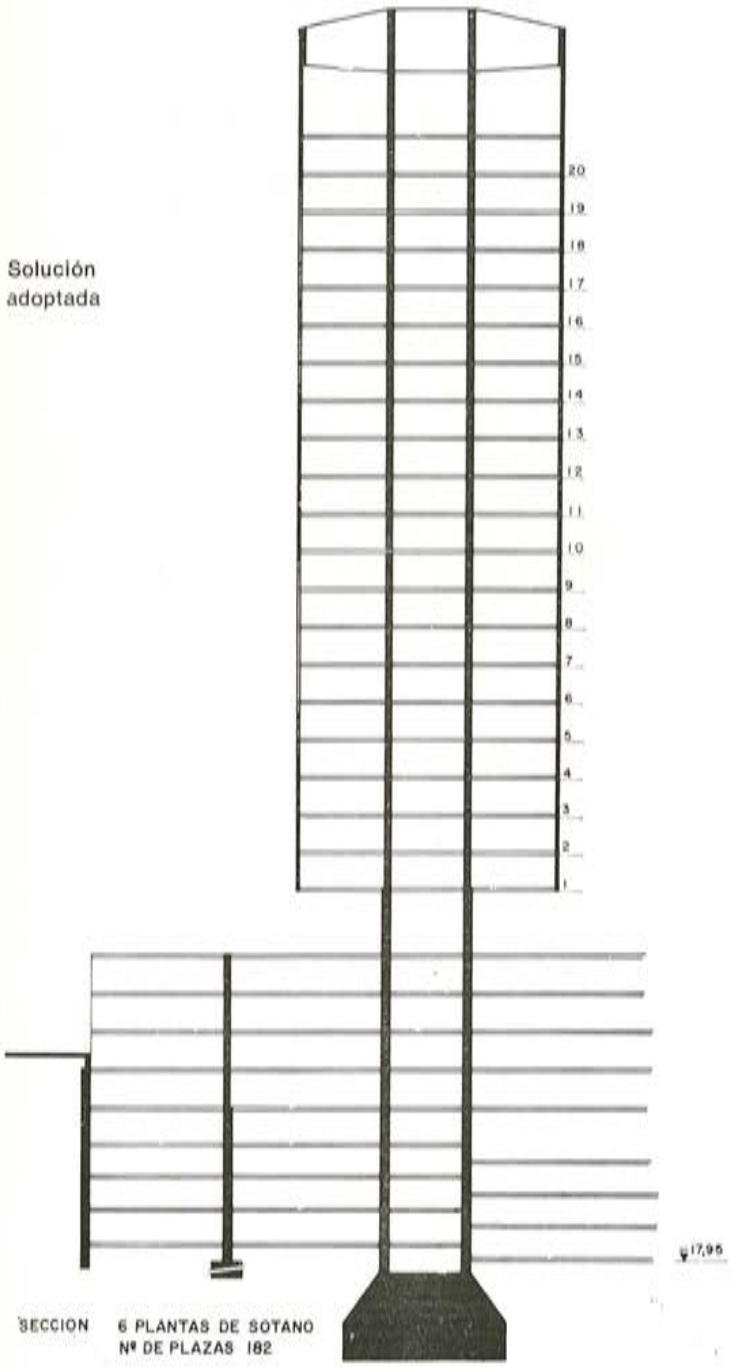
SUPERFICIE PLANTA TIPO 340,00 m²
OCUPACION DE ELEMENTOS VERTICALES ESTRUCTURALES EN PLANTA 15,3 m² = 4,5 %
SUPERFICIE SOTANO 1.710,00 m²
OCUPACION DE ELEMENTOS VERTICALES ESTRUCTURALES EN PLANTA 64,9 m² = 3,8 %

Los elementos verticales de la estructura limitan las posibilidades de la distribución de cada planta, aparte de reducir su aprovechamiento y superficie útil. Hay enormes condicionantes y estructura muerta o inválida en las plantas interiores.

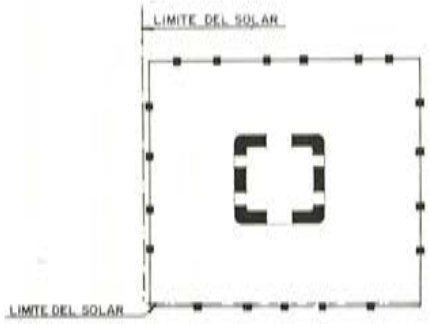
Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PLANTA, TIPO Y SECCION

Solución adoptada



SECCION 6 PLANTAS DE SOTANO
Nº DE PLAZAS 182



PLANTA TIPO

SUPERFICIE PLANTA TIPO 340,00 m²
OCUPACION DE ELEMENTOS VERTICALES ESTRUCTURALES EN PLANTA: 13,20 m² = 3,8 %

SUPERFICIE SOTANO 1.710,00 m²
OCUPACION DE ELEMENTOS VERTICALES ESTRUCTURALES EN PLANTA 39,60 m² = 2,3 %

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA OCUPACION EN PLANTA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
	% DE OCUPACION SOLUCION ADOPTADA	% DE OCUPACION SOLUCION NORMAL	% INCREMENTO DE OCUPACION EN LA SOLUCION NORMAL
PLANTA TIPO	3,8	4,5	18,4
SOTANOS	2,3	3,8	65,2

La diafanidad conseguida en la planta tipo permite la máxima flexibilidad en la distribución en planta, mayor aprovechamiento y la máxima superficie útil.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

El edificio Colón es el mayor del mundo en lo que se refiere a número de plantas colgadas, utilizando la técnica del hormigón pretensado, pues aunque el Standar Bank tiene 30 plantas, el cuelgue de las mismas se realiza de tres grandes plataformas de 10 plantas cada una.

El récord es de Torres Colón, con 21 forjados de pisos colgados.

Principales características de las Torres Colón.

Consta de siete plantas enterradas (sótanos), tres plantas sobre el nivel del suelo más las 21 plantas colgadas de la estructura de cabeza, amén de dos plantas libres intermedias.

Su altura total sobre nivel del suelo es de 85,50 metros, y sobre el plano de apoyo, contando las plantas enterradas, de 107 metros.

Entre las plantas colgadas y las nueve tradicionales habrá un espacio libre, una altura diáfana, por la que se podrán ver los núcleos de las torres. La superficie construida por planta será de 307 metros cuadrados (incluído el núcleo), con unas dimensiones exteriores de 19 por 21 metros. El núcleo tiene siete por siete metros y 50 y 70 centímetros de espesor de paredes. Las vigas pretensadas sobre el núcleo (cuatro vigas) tienen una anchura de 60 centímetros, un canto mínimo de tres metros y máximo de 5,5 metros. Las del contorno del edificio tienen un canto de tres metros, y de ellas se cuelgan los tirantes o pilares.

La estructura de plantas es un forjado birreticular con bovedilla recuperable, apoyado en el núcleo central y en los tensores colgados, prefabricados y postensados.

FACHADAS

Con independencia de los elementos puramente estructurales —núcleo, cabezas y pérgola que quedan en hormigón visto—, el resto de las fachadas son prefabricadas metálicas, en chapa de aluminio plegada anodizada en color bronce, y tratamiento especial de chorreo para evitar brillos y conseguir gran calidad en la textura.
La carpintería es del mismo color en aluminio anodizado mate y lunas en color bronce.

PROCESO CONSTRUCTIVO

1. Se elevaron los núcleos por medio de unos encofrados deslizantes.

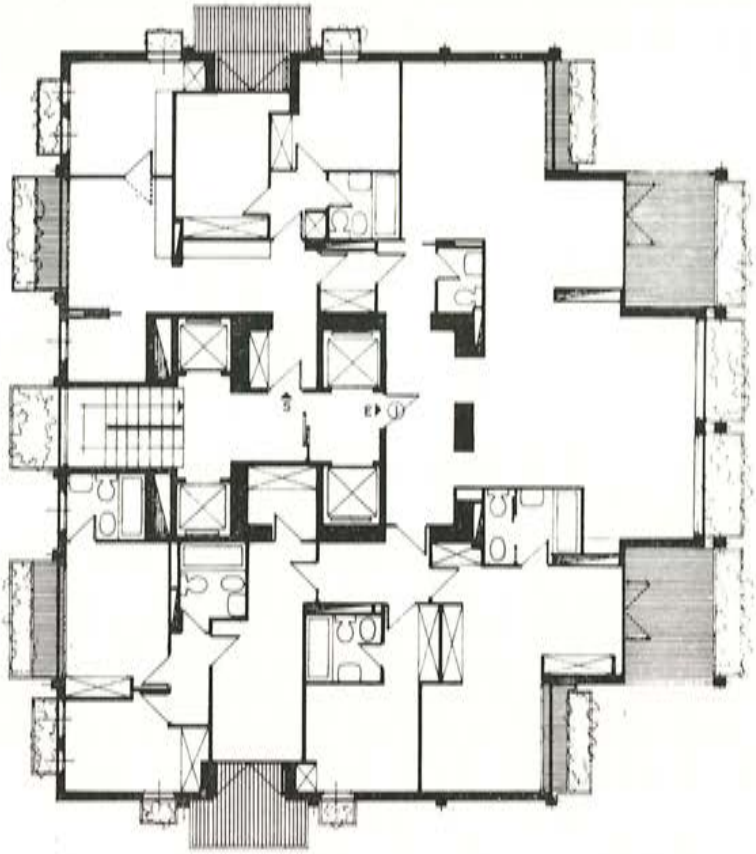
2. Se levantaron sendas cimbras metálicas, que han servido para construir las vigas de hormigón pretensado y todas las plantas de pisos.

3. Se construyeron las vigas de hormigón pretensado de cabezas.

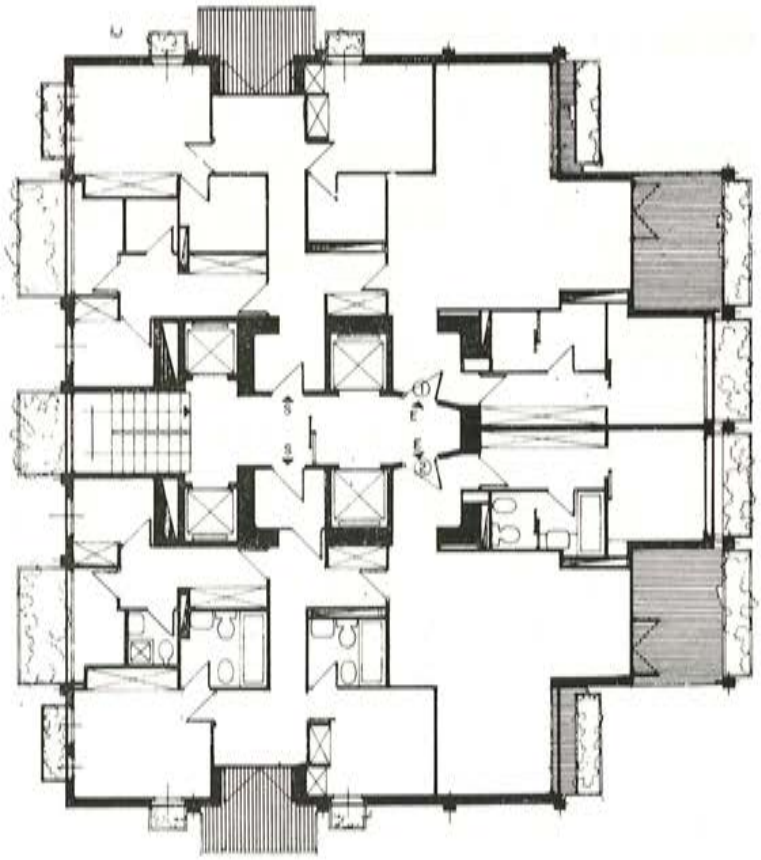
4. Por descensos sucesivos de la cimbra metálica se han construido una de cada dos plantas de pisos. Las plantas intermedias se han construido, apoyando sobre las ya realizadas por procedimientos tradicionales.

5. Antes de que se construyeran los pisos se levantaron los tirantes de hormigón, que se enhebraron a través de los cables de acero de pretensado, los cuales al ponerse en tensión por medio de gatos hidráulicos comprimen el hormigón de los tirantes.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

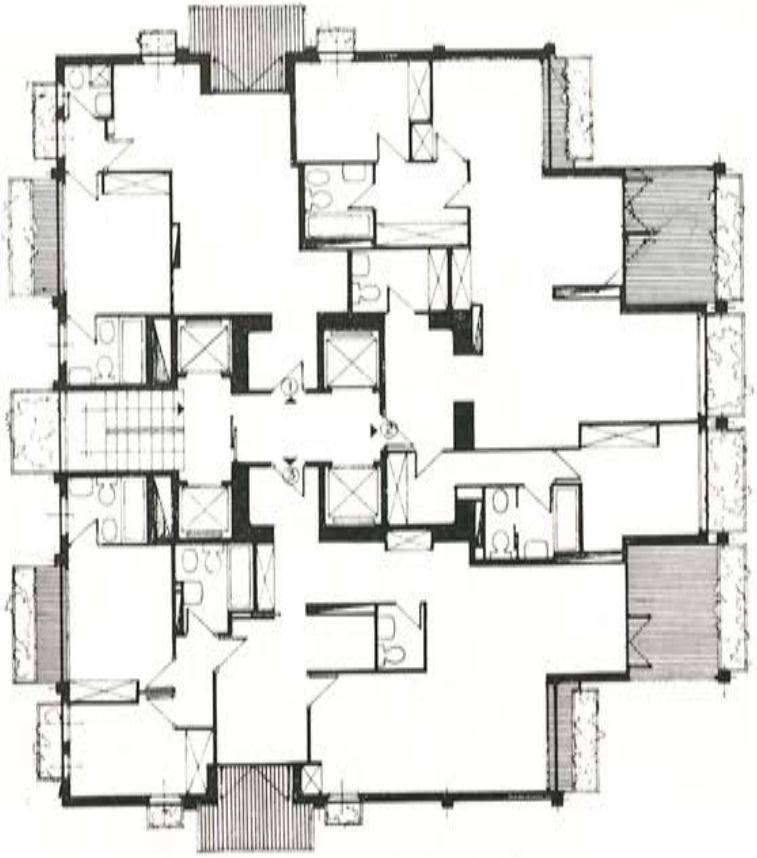


1 VIVIENDA POR PLANTA

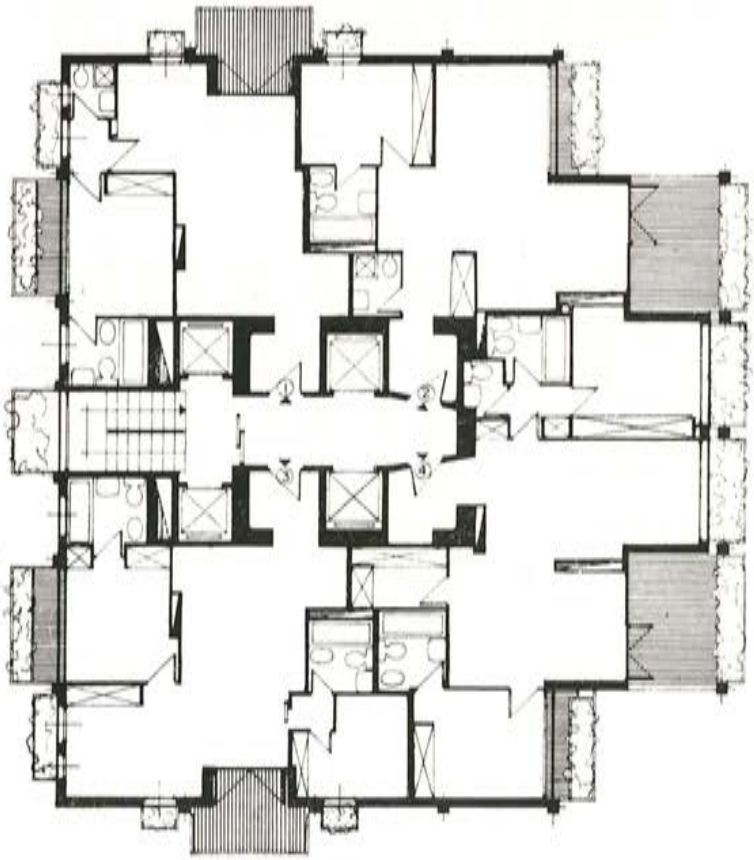


2 VIVIENDAS POR PLANTA

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

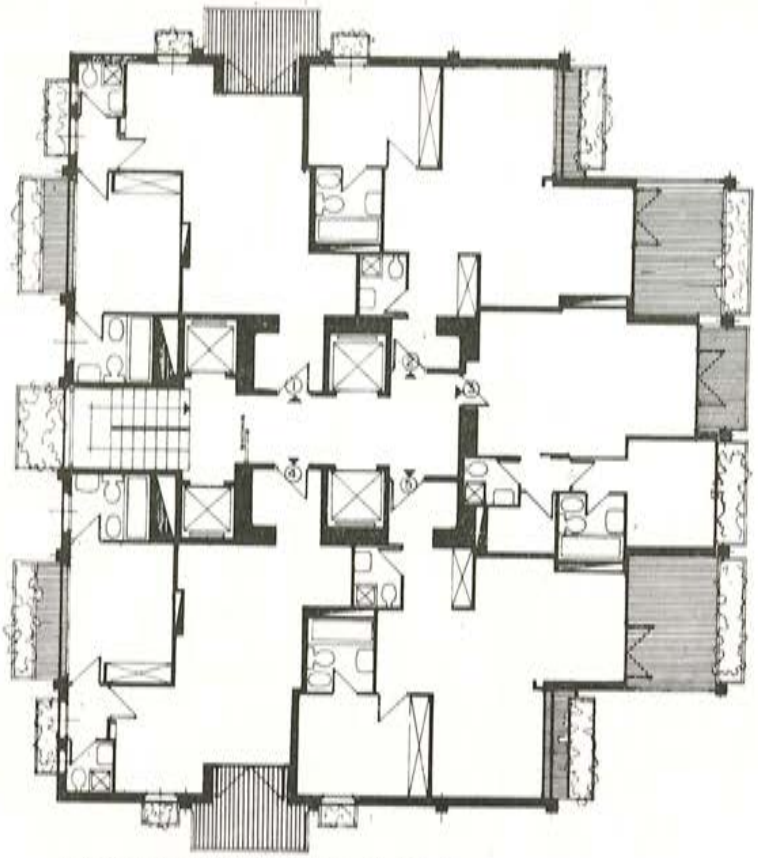


3 APARTAMENTOS POR PLANTA



4 APARTAMENTOS POR PLANTA

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



5 APARTAMENTOS POR PLANTA

Estudios realizados demuestran la flexibilidad de la planta tipo, manteniendo las mismas fachadas. Estas diferentes soluciones han sido estudiadas para poder aplicar su uso simultáneamente, según demande el mercado, una vez decidida una determinada orientación comercial. Queremos hacer notar las dificultades de esta "solución de flexibilidad" que teóricamente parecía imposible de conseguir en un principio.

Ventajas de este tipo de construcción.

La ventaja más importante es que estos edificios nunca se hubieran podido construir por un procedimiento tradicional, ya que por las dimensiones del solar no había posibilidad de encontrar cabida ni a las rampas del estacionamiento de vehículos ni había capacidad para los mismos y poder cumplir las Ordenanzas Municipales a estos efectos:

— Se mejora de forma importantísima la circulación de vehículos en las plantas de aparcamientos, localizadas en los sótanos, ya que los pilares de la torre, que en en una construcción tradicional imposibilitarían la circulación, se concentran en el núcleo central, lo que permite un tráfico fluido.

— Se consigue una gran eficacia en el comportamiento de la torre bajo la acción de las cargas de viento, tanto por la gran rigidez de los núcleos resistentes como por el pretensado natural, que produce el peso del edificio sobre éste.

— El ritmo de construcción es muy rápido. Actualmente se construyen más de dos plantas por semana.

— El resto de la finca queda libre durante toda la construcción. En ese lugar puede situarse el material y la maquinaria precisa, sin tener que ocupar espacios ajenos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

EDIFICIO	KLEINWORT BENSON FENCHURCH STREET LONDRES	COMERCIAL UNION BUILDING LONDRES	P & O BUILDING LONDRES	LINCOLN SAVINGS AND LOAN BUILDING CALIFORNIA U.S.A.	EDIFICIO B.P. AMBERES	PHILIPS NEDERLAND N.V. EINDHOVEN HOLANDA	OVERBEEKHUIS ROTERDAM	STANDARD - BANK JOHANESBURGO AFRICA DEL SUR	BMW - MÜNCHEN	TORRES DE COLON (2) MADRID
USO	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS
NUMERO DE PLANTAS COLGADAS	20	24 2 GRUPOS DE 12	10	8	12	12	10	30 3 GRUPOS DE 10	19 (INCLUIDA PLANTA TECNICA)	21
ALTURA TOTAL METROS SOBRE NIVEL TERRENO	90	117	57	40	57	54	56	180	94,65	85,85
DIMENSION PLANTA TIPO (EN METROS)	30 x 30	31 x 31	26 x 26	31 x 21	35 x 18	FORMA DE PEZ / MAXIMA LONGITUD 65 / EN EL CENTRO 16 Y EN EXTREMO 7	27 x 27	30 x 30	FORMA DE TREBOL / 1595 m^2 DE SUPERFICIE / SUPERFICIE UTILIZABLE MAXIMA 1.270 m^2	IRREGULAR MAXIMOS: 21,00 x 19,00
DIMENSION NUCLEO SOPORTES EN PLANTA	——	22 x 15	——	DOS NUCLEOS / UNO EN CADA EXTREMO. DE 3 x 6	COMPUESTO DE SOPORTES Y NUCLEO CENTRAL EN PANTALLA HORMIGON ARMADO	COMPUESTO DE SOPORTES Y 2 PANTALLAS DE 6'50 x 3	9 x 9	13 x 13	DIAMETRO ≃ 25 m.	7,40 x 7,40
VUELO MAXIMO (EN METROS)	——	11,00	——	7,50	6,00	7,50	9,00	8,50	10,40	7,00
NUMERO DE TENSORES	——	40	28	12	8	20	60	8	4	18
TIPO ESTRUCTURA	MIXTA: HORMIGON PRETENSADO Y ACERO	MIXTA: HORMIGON PRETENSADO Y ACERO	MIXTA: HORMIGON PRETENSADO Y ACERO	ACERO	ACERO: PANTALLAS DE HORMIGON ARMADO EN LOS NUCLEOS	ACERO: PANTALLAS DE HORMIGON ARMADO EN LOS NUCLEOS	MIXTA: HORMIGON PRETENSADO Y ACERO	HORMIGON PRETENSADO	HORMIGON PRETENSADO STAHLLEICHTBETON	HORMIGON PRETENSADO
CIMENTACIONES	——	ZAPATA Y PILOTAJE. APUNTALAMIENTO EN PLANTAS SOTANOS CON VIGAS INCLINADAS	FLOTANTE DE 38 x 31 m.	——	——	ZAPATAS DE HORMIGON ARMADO: CANTO 5,00 m.	ZAPATA SUPLEMENTADA CON PILOTAJE	ZAPATA DE HORMIGON ARMADO	PLANCHA (LOSA) HORMIGON PRETENSADO: 25 x 25 m.	ZAPATA CON TACON
TIPO DE NUCLEO / SOPORTES	——	HORMIGON ARMADO	HORMIGON ARMADO	SOPORTES DE ACERO	COMPUESTO DE 14 SOPORTES METALICOS Y NUCLEOS CENTRALES DE HORMIGON ARMADO	COMPUESTO DE 16 SOPORTES METALICOS Y 2 PANTALLAS DE HORMIGON ARMADO UNA EN CADA EXTREMO	HORMIGON ARMADO	HORMIGON ARMADO	4 TUBOS ABIERTOS REUNIDOS HORMIGON ARMADO	HORMIGON ARMADO
CABEZA	UNICA, DE HORMIGON PRETENSADO	2 UNIDADES DE HORMIGON PRETENSADO	UNICA, DE HORMIGON PRETENSADO	6 VIGAS COMPUESTAS DE ACERO	9 VIGAS TRANSVERSALES DE ACERO Y 2 VIGAS LONGITUDINALES TAMBIEN DE ACERO	10 VIGAS DE ACERO	HORMIGON PRETENSADO 6 METROS DE CANTO	3 UNIDADES DE HORMIGON PRETENSADO	CRUCE, 4 BRAZOS DE 16 m. HORMIGON PRETENSADO.	HORMIGON PRETENSADO
TENSORES	METALICOS	METALICOS	METALICOS	METALICOS	METALICOS	METALICOS	METALICOS	HORMIGON PRETENSADO	HORMIGON PRETENSADO	HORMIGON PRETENSADO 0,42 x 0,42
FORJADOS	METALICOS - VIGAS BOYD Y CHAPA	METALICOS - VIGAS BOYD Y CHAPA	METALICOS - VIGAS BOYD Y CHAPA	——	——	METALICOS	HORMIGON PREFABRICADO	HORMIGON "EN SITU"	HORMIGON ARMADO	HORMIGON ARMADO BIRRETICULAR
FACHADAS	TIPO MURO CORTINA	TIPO MURO CORTINA	TIPO MURO CORTINA	PETOS DE FABRICA	TIPO MURO CORTINA	PANELES METALICOS ADOSADO DE LADRILLO	TIPO MURO CORTINA	FABRICA PESADA	ALCAST - FACHADA ELEMENTOS DE ALUMINIO FUNDICION	PREFABRICADO METALICO

— Las plantas inferiores de los edificios no vienen hipotecadas por la estructura superior, consiguiéndose plantas bajas con grandes luces, muy diáfanas, soportes muy delgados y esbeltos, dando a estas plantas —las de mayor valor en venta— una supervaloración de mercado verdaderamente notable.

— Ahorro de materiales —hormigón y hierro del orden de un 10 por 100— sobre la construcción tradicional.

— El costo de esta técnica, superadas en este primer intento las dificultades de lo desconocido, es totalmente competitivo, incluso puede llegar a ser de menor costo que el sistema tradicional, si son recogidas las experiencias logradas.

— Su gran rapidez con disminución de tiempos de inversión y reducción de intereses intercalarios.

— Mayor flexibilidad y libertad de distribución.

— Mejor control y mayor calidad.

— Al reducir los tiempos de construcción se reducen los riesgos de promoción y de inversión y, además, permite una mayor operatividad y una mayor rentabilidad a a ese dinero, ya que permite sucesivos movimientos.

Inconvenientes.

Se requiere una tecnología mucho más avanzada que la necesaria en un edificio tradicional, pero ya al alcance de la técnica española, como ha quedado demostrado.

Resumen preparado por:

JUAN JÓDAR

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

reparación de estructuras fisuradas. Pretensado. Resinas epoxi.

JUAN B. RIPOLL

(Texto de la conferencia que, organizada por la A.T.E.P., pronunció el Sr. Ripoll, en el Salón de Actos del Instituto Eduardo Torroja el día 28 de febrero de 1974.)

Esta tarde, estaba yo revisando las cuartillas que les voy a leer, y al ver las tachaduras que tienen se me ocurrió pensar que el tema de esta charla pudiera no estar del todo falto de interés. Porque es muy frecuente que en las obras humanas, incluyendo entre ellas a las que tienen acero y hormigón, se llegue siempre al final después de corregir, modificar y rectificar muchas veces. Y esas rectificaciones no son causa, en general, de que desmerezca el resultado a que se llega.

Yo les voy a hablar hoy de las reparaciones en obras de construcción o más bien de algunos tipos de reparaciones en las que he tenido oportunidad de intervenir y de las que creo puede derivarse alguna experiencia útil.

Me queda la esperanza de no aburrirles demasiado durante este rato que han tenido la gentileza de concederme.

MODIFICACIONES Y REPARACIONES

Cuando se proyecta una estructura se parte de unas premisas conocidas, se les aplica un criterio determinado y se construye, en consecuencia, sobre unos condicionantes que puede, en general, adaptar a lo que conviene el que proyecta.

Por ejemplo, si una cimentación ofrece poca resistencia, se puede pilotar o consolidar para hacerla más sólida. En una estructura se pueden usar perfiles metálicos, hormigón, muros de ladrillo... Si son de temer seísmos se toman medidas contra éstos.

Pero cuando lo que tenemos que hacer es reparar una estructura o modificar lo que ya está hecho, nos hemos de basar muchas veces en premisas que, en general, desconocemos.

Si se trata de una obra construida tiempo atrás, desconoceremos, incluso, en qué forma estableció el proyectista sus cálculos, y en otras surgen problemas inesperados que es preciso afrontar.

No podemos modificar los condicionamientos que rodean a la parte que se debe reparar, sin hacer antes hipótesis previas de lo que pasa y para hacerlas contamos con pocos elementos de juicio.

Pero en lo que sigue no vamos a referirnos sólo a las reparaciones. Hay infinidad de trabajos de ingeniería que requieren modificaciones sobre la marcha que son imprevisibles al empezar la obra. Es frecuente tener que añadir, pegar, unir elementos, en virtud

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

de nuevos problemas e ideas que surgen en el curso de los trabajos, que no son propiamente reparaciones pero que se valen de sus técnicas, y son, en realidad, modificaciones.

TRES SON LAS PARTES ESENCIALES EN EL EXITO DE UNA REPARACION

1.ª Investigar la situación presente y sus causas.

2.ª Estudiar lo que se debe hacer para crear las condiciones en que deseamos que trabaje después la estructura, que pueden o no, ser las mismas iniciales.

3.ª Usar los medios y los materiales adecuados para conseguir nuestro propósito.

Como verán ustedes, los dos primeros puntos son los verdaderamente importantes, pues el que modifica algo debe conocer bien cómo funcianaba ese algo antes, y, sobre todo, cómo funcionará después.

COMO NOS HABLAN LAS ESTRUCTURAS

Una estructura de hormigón que trabaja en forma distinta a aquélla para la que está prevista, lo dice al exterior mediante una fisura. El examen de esas fisuras que aparecen en el hormigón permite, en general, dar un diagnóstico de lo que pasa a la estructura. La fisura es su forma de expresión, su lenguaje. La deformación y las flechas, que son previas a las fisuras, forman también parte de ese lenguaje.

Por ejemplo, la viga *a*) de la figura 1, que tiene varias fisuras en el centro del vano, se queja de la falta de refuerzo en sus armaduras a flexión. Cuando esas fisuras aparecen a 45° en los extremos *b*) acusan falta de armadura a cortante.

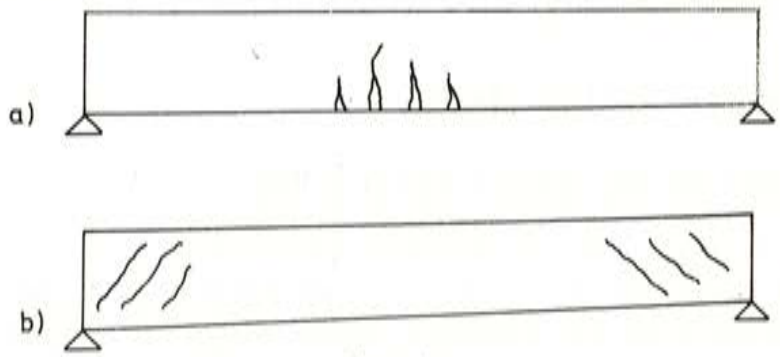


Figura 1.

Para reparar esa viga no será suficiente pegar sus fisuras, pues si están producidas por una causa permanente volverán a aparecer.

En el caso *a*), o habría que reducir sobrecargas a la viga y, en consecuencia, disminuir el momento flector, o añadirle armaduras suplementarias de refuerzo en su zona de tracciones.

En el segundo caso *b*), de fisuras por cortante, habría que aumentar los estribos o las armaduras resistentes a cizalladura.

Si se quisiera, además, hacer desaparecer las grietas y cerrarlas tendríamos que aplicar una fuerza contraria a la que produjo la fisura, es decir, pretensar.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

En el pórtico vertical de la figura 2, las grietas aparecidas indican un asiento en el pilar de la derecha o un fallo en su resistencia que pudiera ser debido a una coquera de hormigonado.

Analizando la verdadera causa y corrigiéndola para que el asiento no continúe podrá iniciarse la reparación de las fisuras, pero si son de temer asientos posteriores, sería inútil corregir el defecto, pues volvería a salir por otro sitio.

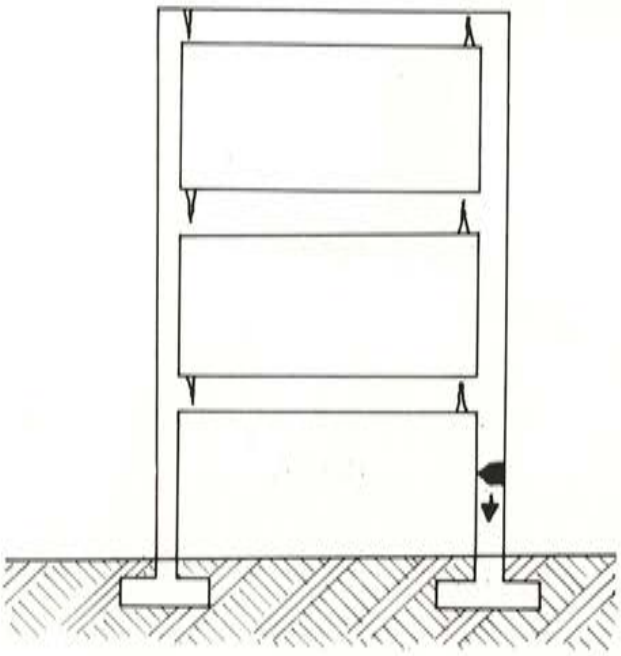


Figura 2.

La viga postesada de la figura 3 acusa falta de refuerzos entre las dos cabezas de anclaje. Cualquier reparación que se proponga vendrá condicionada a reforzar antes esa zona de la viga y a un estudio del comportamiento de los prismas sobre los que actúa la fuerza de pretensado.

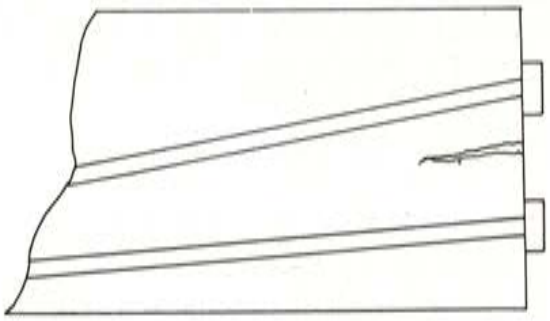


Fig. 3. — Falta de estribo de cabeza.

En la figura 4 vemos el estribo de un puente en el cual el espacio entre el tablero y la parte superior del estribo se ha rellenado con arrastres y ello ha producido la rotura del muñón.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Claramente se ve que limpiando el espacio aterrado podría repararse la fisura, pero en cuanto se produjeran nuevos arrastres que rellenaran el espacio libre se presentaría el problema de nuevo.

El resolverlo adecuadamente en este caso ya no sería tan sencillo, pues deberíamos evitar nuevos arrastres.

Sería, pues, preciso, si se deseara una solución definitiva, pensar en una junta impermeable que absorbiera los movimientos del tablero y evitara, a la vez, la penetración de arrastres en el espacio libre.

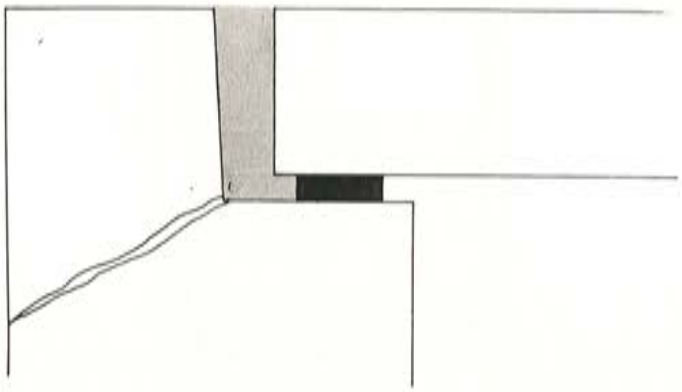


Figura 4.

Como la obra se supone ya construida, el colocar ahora una junta resultaría costoso, pues, además, debería fijarse sólidamente al tablero existente con pernos, epoxi o cualquier otro método conocido.

Vemos, pues, que el examen de las verdaderas causas de un problema y poner los medios para evitarlo en el futuro puede dar lugar a soluciones más complejas de lo que en ocasiones puede preverse.

Cuando se proyecta una estructura se hacen unas hipótesis, se supone lo que va a pasar y cómo va a funcionar el conjunto. Cuando llega el momento de la puesta en servicio se puede presentar algo que no se había previsto y que modifique las hipótesis sobre las que se fundamentó el cálculo resistente y aparece la grieta.

La grieta es en realidad una junta, pero una junta que se forma anárquicamente, por eso es irregular. Cuando definimos una junta tratamos no sólo de definir su traza, sino también sus dimensiones y sus movimientos con el tiempo; es decir, hacemos una grieta a propósito para que la estructura dilate por ella.

Por otra parte, no es fácil preverlo todo en una obra y es imposible preverlo todo siempre.

Vamos a referir un ejemplo práctico en que aparecieron circunstancias imprevistas.

Las diapositivas del puente de las figuras 5 y 6 que ven ustedes corresponden a un puente, en el que sus juntas de dilatación no se hicieron impermeables. La consecuencia ha sido que las filtraciones han dañado el pilar y será necesaria una reparación.

La impermeabilización de una junta debe pretender más que nada evitar los arrastres que ciegan la junta, y sobre todo asegurar que en la zona debajo de ella, el agua no causará daños como acabamos de ver.

En el puente de la figura 5 se ve cómo el pilar queda dividido en su parte alta para que los tableros de la izquierda y de la derecha apoyen cada uno en su semipilar, y de

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

este modo, las dilataciones se puedan absorber con movimientos del pilar, para lo cual, dada su esbeltez, tiene suficiente flexibilidad.

Desde el punto de vista elástico y de resistencia de materiales, la solución es perfecta, pero al no impermeabilizar la junta que corre a lo largo del pilar entre los dos tableros se dio lugar a filtraciones entre los semipilares, que rellenando lo que debía ser un espacio de dilatación dieron al traste con las previsiones del cálculo elástico.

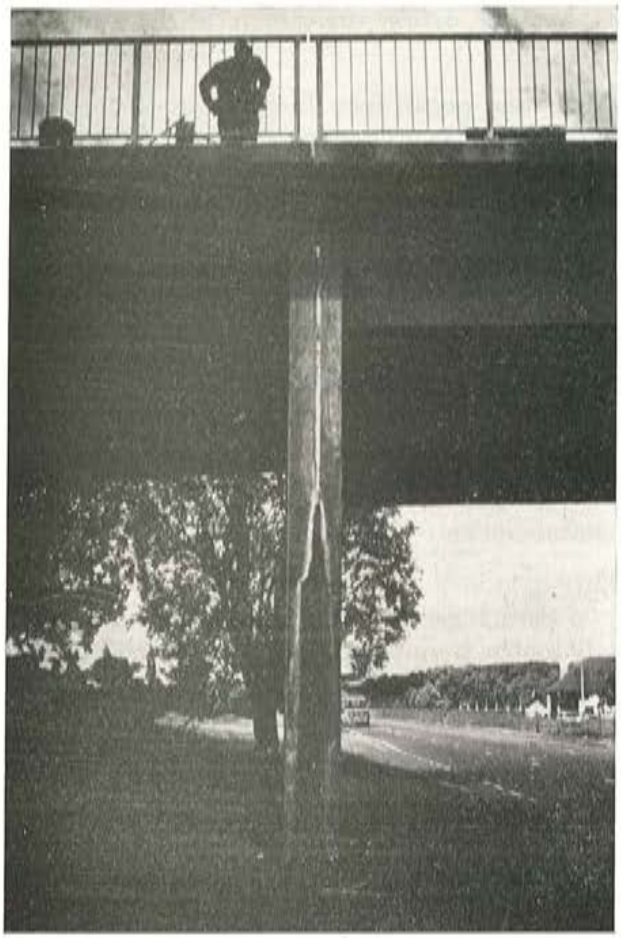


Figura 5.

R E S I N A	1 LPL	1064	1180	1170
Hormigón nuevo o viejo	X	0	0	+
Hormigón viejo o viejo	+	+	X	+
Metales o hormigón	+	+	X	+
Pernos inyectados	+	+	X	+
Reparación de desconchones	+	X	+	+
Membranas anti-deslizantes	+	X	+	+
Protección del exterior	0	+	0	X
Protección química	0	0	0	X
Sellado interlaminar de membranas	0	X	0	0
Impermeabilización de hormigones	0	0	X	0
PEGADO :				
Metales	+	+	X	+
Plásticos	0	0	X	0
Goma	0	0	X	0
Cerámica	+	+	X	+
Hormigón curado	+	+	X	+
Albañilería	+	+	X	+
Madera	+	+	X	+

X ... Producto adecuado para esta aplicación.

+ ... Producto que se adopta a esta aplicación en determinadas circunstancias.

0 ... Producto que en general no se adopta a esta aplicación.

Figura 6.

En la figura 15 se ve el pilar en un estado avanzado ya de deterioro, y en ella puede verse el agua y arrastre saliendo por la base de la zona de bifurcación.

El que proyecta una estructura debería pensar en todo momento que su estructura no se va a quedar en los planos y se va a encontrar expuesta a la intemperie; ha de contar con las lluvias, con las heladas, con las dilataciones, con el viento, etc., y considerar que se necesita un espacio libre para que la estructura se mueva en él. Lo mejor que puede hacer es proteger sus movimientos, pues de otro modo, algo ajeno a sus previsiones, puede modificárselas y se encontrará ante situaciones inesperadas.

REPARACION DE ESTRUCTURAS

Hemos hablado antes del pegado de las fisuras y del refuerzo de las zonas fisuradas. Los dos medios a nuestro alcance más usuales para corregir éstos son:

— Las resinas epoxi.

— El pretensado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Podríamos decir que las resinas epoxi pegan desde dentro y el pretensado desde fuera (fig. 5).

RESINAS EPOXI

Las resinas epoxi reúnen, bajo una denominación común, materiales de caracterísicas muy diversas.

No cabe, pues, hablar de resinas epoxi, hay que definir sus características y su aplicación.

Debemos tener en cuenta que hay resinas que pegan bien hormigones jóvenes con viejos; otras, acero, teflón, aluminio; hay resinas fluidas y viscosas, y otras endurecen rápidamente.

En la figura 6 se indica, de entre varias resinas de Adhesive Engineering, de California, que es a nuestro juicio una de las firmas más expertas en cuanto a resinas aplicadas a la construcción, las posibilidades de las resinas Concresive 1001-LPL, 1064, 1180 y 1170, que son muy populares para usos generales.

Sus características de acuerdo con el cuadro son las siguientes:

Concresive 1001-LPL.

Llamadas así por su largo período de endurecimiento o curado (Long Pot Life).

Esta resina es ideal para el pegado de hormigón viejo a nuevo. Una capa de esta resina extendida sobre una superficie de hormigón dará lugar a que al verter sobre ella hormigón tierno queden unidos monolíticamente ambos hormigones. Su "Pot Life" es de dos a cuatro horas, y en consecuencia no existe el peligro de que la resina haya perdido sus propiedades adherentes si se vierte el hormigón nuevo en un plazo de dos horas.

La resina pega igual aunque el hormigón viejo esté húmedo y puede pegar también dos hormigones viejos.

Se usa para acabados superficiales, para rellenar baches o coqueras y para reparar tableros de hormigón y losas o forjados de cualquier tipo.

Otra aplicación de la resina Concresive 1001-LPL es para el anclaje de pernos, en cuya aplicación ha probado ser de una gran eficacia.

El tiempo de curado de la resina Concresive 1001-LPL es de cuarenta y ocho horas, y en cinco días ha adquirido prácticamente toda su resistencia.

En pegado de hormigones viejo a nuevo da una resistencia de 420 Kg/cm², con rotura siempre del hormigón. Otras de sus características son las siguientes:

	Kg/cm²
Resistencia a cortante	70
Resistencia a flexión	420
Límite elástico en compresión	801
Límite elástico en tracción	150

Concresive 1180.

Es un adhesivo de aplicaciones múltiples a las construcciones para pegado y aplicaciones diversas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Sus propiedades adhesivas se extienden a casi todos los materiales de construcción, resiste a los ácidos, a la gasolina, y tiene elasticidad suficiente para absorber las dilataciones térmicas.

Una de sus más conocidas aplicaciones es para pegar apoyos de neopreno a hormigón o a chapas de acero.

Su "Pot Life" es de cuarenta minutos a 24° C, y su tiempo de curado, unas ocho horas, dependiendo de la temperatura.

Concresive 1064 y 1170.

El primero se utiliza para recubrimientos superficiales, firmes antideslizantes, etc., y el segundo con fines análogos y como impermeabilizante.

La fiabilidad de las resinas epoxi, debidamente aplicadas, es tan grande que con ellas se pegan los fuselajes y las alas de los aviones, siendo para cada tipo de aplicación necesario utilizar la resina con sus características adecuadas, que figuran en su hoja de características (Data Sheet).

Al seleccionar, pues, una resina se debe ante todo examinar sus propiedades, entre las que podrán figurar las siguientes:

Resistencias.

— Resistencia de pegado al hormigón o a otros materiales.
— Resistencia a la flexión.
— Resistencia al esfuerzo cortante.
— "Peel Strength" o resistencia al arranque.
— Resistencia a la compresión.
— Resistencia a la tracción.

Estas resistencias se darán además en función del tiempo.

Adhesividad.

— Pegado al tacto.
— No pegado al tacto.

Resultados de ensayos de pegado.

— Madera a hormigón.
— Acero a aluminio.
— Acero a acero.
— Hormigón viejo a nuevo.
— Aluminio a teflón.
— Etcétera.

Tiempos de curado, en aire, agua, etc.

Con la correspondiente graduación si fuera de interés.
Aspecto seco (touch dry).
Duro al tacto (tact free).
Duro seco (hard dry).
Curado total (full cure).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Las designaciones y traducciones que damos no pretenden ser exactas, y sólo se dan para informar de la precisión a que puede llegarse al apreciar el comportamiento de una resina.

PROPORCIONES DE LA MEZCLA:

Según las cantidades de resina y endurecedor utilizados en cada caso.

OTRAS CARACTERÍSTICAS SON:

"Pot Life" (*) (tiempo que tarde en endurecer una determinada cantidad de resina en un recipiente a una temperatura fijada de antemano).

"Gel Time" (tiempo que tarda en pasar al estado gel una lámina de 0,1 mm, aproximadamente).

"Shelf Life" (vida o tiempo de duración de la resina en almacén).

Módulo de elasticidad.

DESCRIPCION DEL PROCESO DE REPARACION ESTRUCTURAL DEL HORMIGON (PREH)

El PREH es el único método que permite devolver a una estructura reparada su resistencia y su estética.

La resina del PREH tiene como característica esencial su aptitud para penetrar y rellenar fisuras prácticamente imperceptibles a simple vista, es de baja viscosidad y rápido endurecimiento y se inyecta a baja presión a través de las fisuras sin necesidad de taladrar ni preparar la superficie, lográndose una penetración uniforme en toda la grieta y una recuperación total de la resistencia inicial del hormigón.

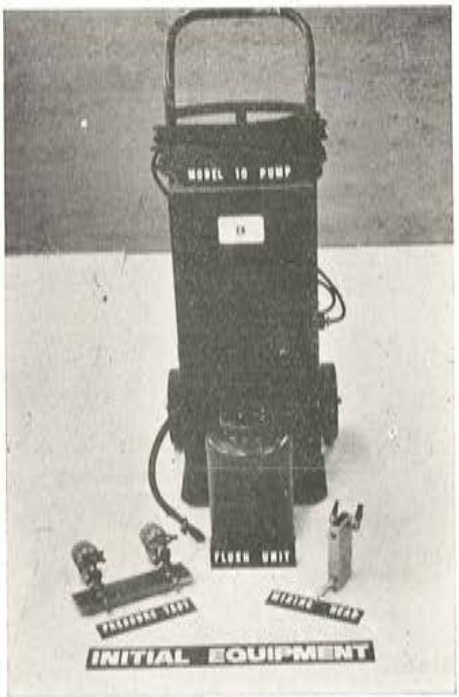


Fig. 7. — Equipo de inyección del PREH.

Fig. 8. — Maquinaria utilizada para comprobar la presión de los dos componentes de la resina y que sirve de base para su dosificación.

(*) Utilizamos las designaciones inglesas por considerar que gran parte de la literatura técnica que puede encontrarse sobre este tema está en inglés y cualquier traducción que no fuera muy exacta podría confundir más que ayudar a una persona que no esté versada en la materia.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

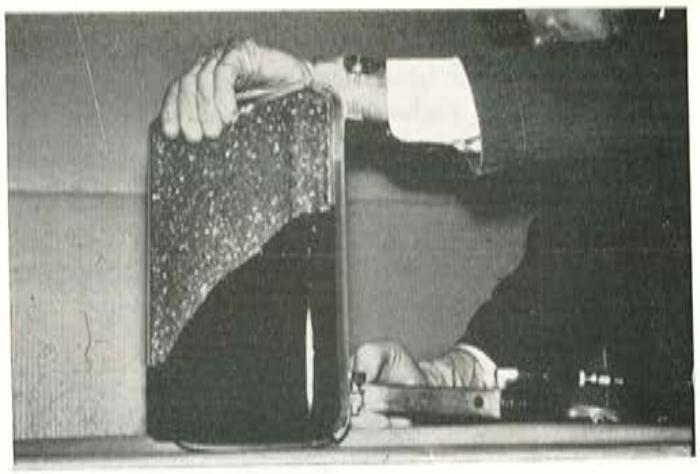


Fig. 9. — Al rellenar un espacio y filtrar a través de áridos la resina avanza siguiendo la ley de Boyle.

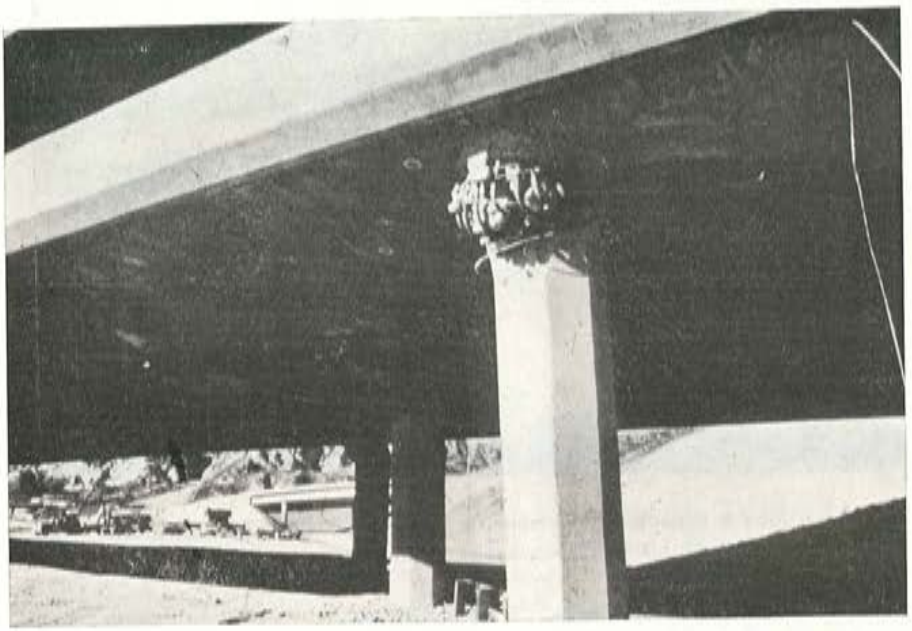


Fig. 10. — En el terremoto ocurrido en Los Angeles en 1971 resultaron muchas obras dañadas. Véase aquí el pilar de un puente reventado en su parte superior a causa de la aceleración vertical.

Fig. 11. — Algunos aspectos de puente de autopista después del terremoto. Para reparar muchos de los daños causados se utilizaron las resinas del PREH.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

La resina del PREH es la Concresive 1050-15 y penetra en fisuras de hasta 0,02 mm. La presión de inyección es de 4 a 6 atmósferas. Es un material 100 por 100 sólido. Se puede aplicar en construcciones húmedas y sumergidas en agua, sin que disminuya su adherencia. De endurecimiento rápido (su Pot Life es de 3 a 4 minutos para 200 gr. a 25° C) impide que la reparación pueda quedar afectada por las variaciones de temperatura y, en consecuencia, la adherencia no viene perjudicada por las variaciones diarias de temperatura.

La resina C-1050-15 puede unir hormigón con acero y otros metales o madera, lo cual es importante para los casos de hormigón armado y vigas de madera laminada. Las

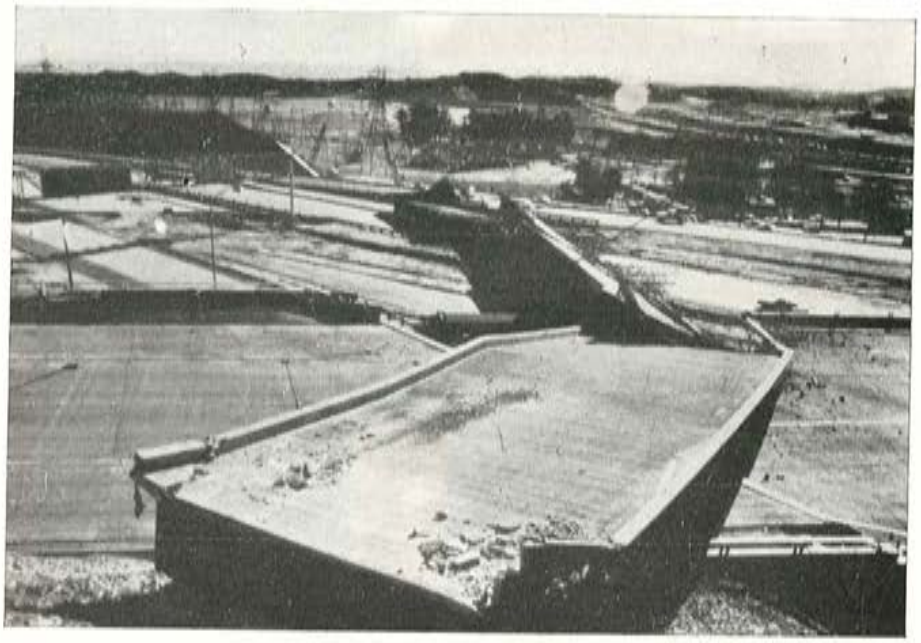
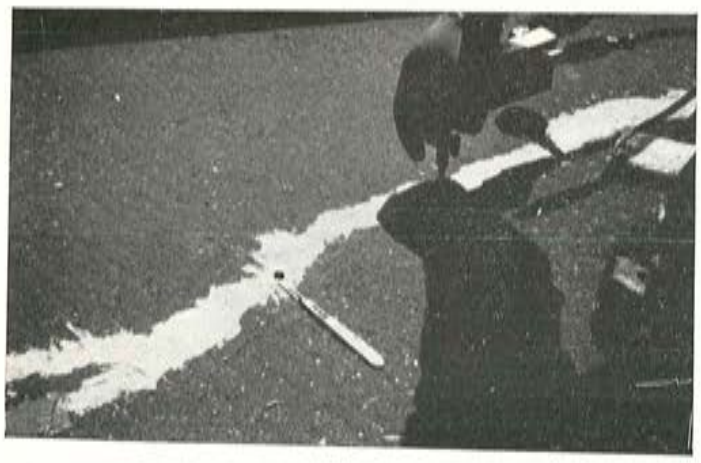


Fig. 12. — Algunos aspectos de puente de autopista después del terremoto. Para reparar muchos de los daños causados se utilizaron las resinas del PREH.



Figs. 13 y 14. — Aplicación del PREH a la reparación de una pista de aeropuerto. Véase el sellado de la grieta y la aparición de la resina en los puntos de inyección.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Fig. 15.—Inyección del patín a una viga fisurada. Nótese el dispositivo utilizado para mantener en posición la pistola inyectora.

Fig. 16. — Otro detalle de la inyección de la misma viga.

Fig. 17.—Inyección con resina del ala de una viga rota en una fábrica de prefabricación de Barcelona.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

armaduras en el hormigón quedan envueltas por la resina e impermeabilizadas al agua y al vapor, y la corrosión queda, por lo tanto, detenida.

Precisamente el PREH se ha desarrollado en California, región donde se concentra gran parte de la industria aeronáutica americana, y que es, al mismo tiempo, zona de grandes seísmos que han causado daños continuamente en las edificaciones y las autopistas, y donde, en consecuencia, ha existido la necesidad de investigar sobre cómo reparar grietas y fisuras.

LAS RESINAS EPOXI, COMO MEDIO PARA REPARAR COQUERAS

La coquera que aparece en la figura 18 pertenece a la base de un tablero nervado de un puente, podría esquematizarse según la figura 19.

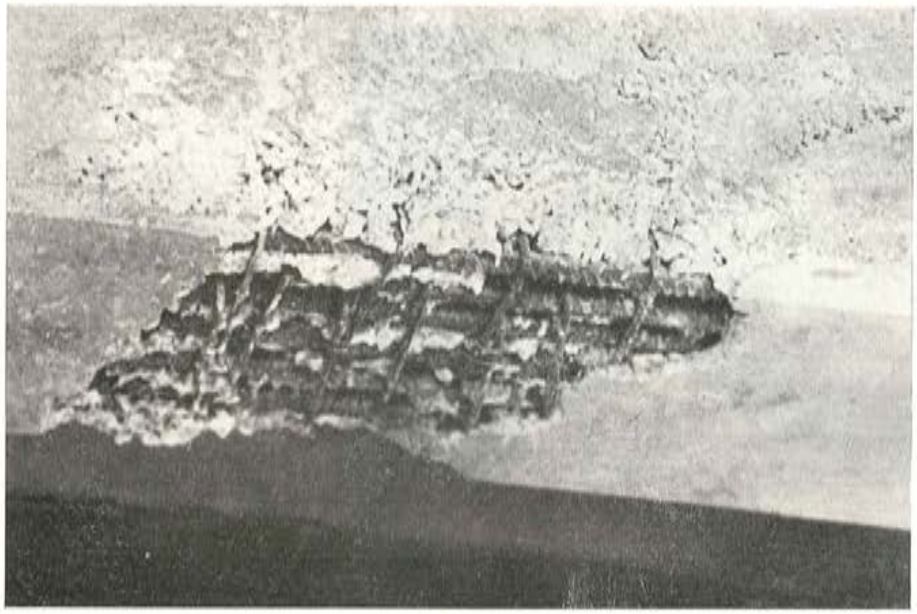


Figura 18.

Este tipo de coqueras se producen por no haber penetrado el hormigón a través del emparrillado inferior de las armaduras, tiene una parte accesible y otras ramificaciones que son ya inaccesibles.

El problema aquí será, pues, doble. Rellenar lo fácilmente rellenable, dándole continuidad resistente con el hormigón y el acero circundante, y macizar, pegándolas también, las ramificaciones inaccesibles.

Por ello será preciso, en primer lugar, limpiar bien mediante un lavado toda la coquera y sanearla si existen partes medio desprendidas.

A continuación daremos una capa de adhesivo para pegar el hormigón viejo con el que vamos a añadir.

También pintaremos las barras de acero con el adhesivo.

La resina que utilizamos para esta finalidad es el Concresive 1001-LPL que, como hemos dicho, tiene gran capacidad para pegar hormigón viejo con nuevo y, además, tarda

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

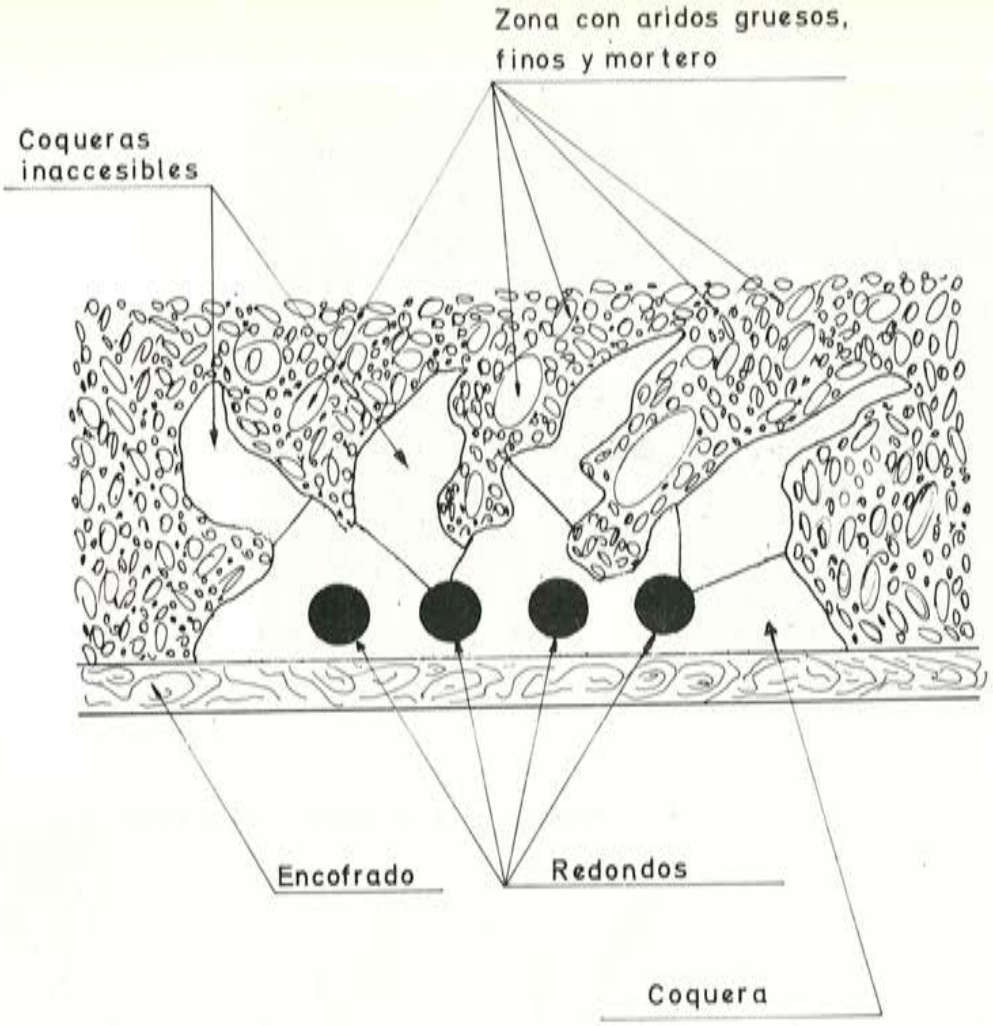


Figura 19.

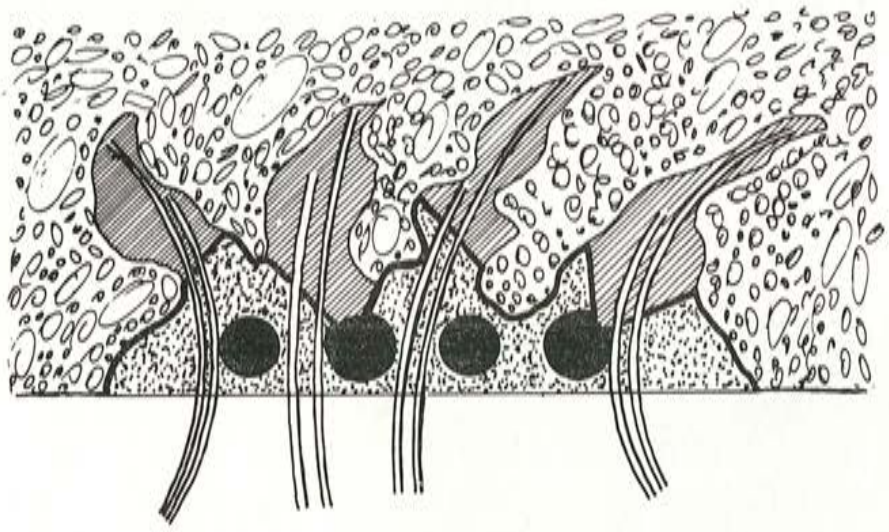


Figura 20.

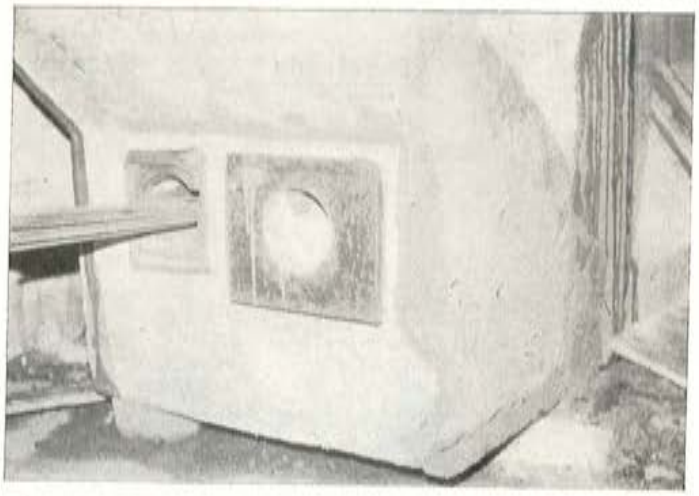
Zona inyectada con PREH.

Relleno de cemento, mortero o epoxi 1-LPL.

Pintura de imprimación con Concresive 1-LPL.

Tubo de plástico.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



Figs. 21, 22 y 23. — Viga sola de Báscara.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

dos horas en endurecer y perder su adherencia, es decir, que su "Tack time" es de dos horas: muy largo.

Una vez pintada la superficie accesible de la coquera con Concresive 1001-LPL se colocarán unos tubos delgados (fig. 20) en los puntos más profundos a que se puede llegar de las partes inaccesibles para poder llenarlas después por inyección.

A continuación se llena con mortero muy seco toda la coquera utilizando, si fuera preciso, un encofrado inferior.

También podría efectuarse el llenado con un mortero epoxi a base de Concresive 1001-LPL y se obtendría una mayor resistencia, pero en este caso no sería absolutamente necesario.

Como operación final, y al cabo de dos o tres días, cuando ya la resina y el hormigón de relleno estén suficientemente curados, se inyectarán, utilizando el PREH, las partes inaccesibles. Con ello y con un acabado exterior de la superficie quedaría totalmente restablecida la resistencia de la zona de la coquera y reparada ésta.

Otro caso ilustrativo es la viga de Báscara, que da una idea de la eficacia del pegado con resinas.

En la viga de las figuras 21, 22 y 23 se produjo una rotura junto al anclaje como consecuencia de una operación en falso.

Dado el ángulo a que se produjo la cizalladura, para reparar las vigas era necesario efectuar una reparación de gran garantía que pegara el hormigón viejo al relleno que se efectuare.

Se utilizó al efecto la resina Concresive 1001-LPL como elemento de adherencia y se rellenó la parte rota con mortero de la misma resina.

A los tres días se pudo tesar el anclaje sin dificultad.

CASOS EN QUE NO BASTA LA ESTRUCTURA Y ES NECESARIO INTRODUCIR FUERZAS EXTERIORES

Un caso que se nos ha presentado en varias ocasiones es el de reparar vigas de tablero de puente que han sido golpeadas por el perno de un transporte fuera de gálibo.

En estos casos, el golpe lo recibe el patín de las primeras vigas del tablero que queda, en general, destruido, y si las vigas son postesadas se rompen algunos cables.

De una manera esquemática podemos resumir el problema, según la figura 24, en la que vemos que la sección del tablero se compone de varias vigas, que pueden no estar tesadas en sus cabezas superiores.

Al producirse el golpe, quedan al descubierto los cables y sólo el patín de las vigas de borde *b*).

Puede suceder que como consecuencia de la rotura del patín, la tensión de los cables produzca una deformación en el puente, como se indica en *c*).

Si tal sucediera habría ante todo que enderezar el puente y anular la deformación, lo cual puede conseguirse con auxilio de gatos que apliquen al patín una fuerza igual y opuesta a la que ejerce el pretensado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

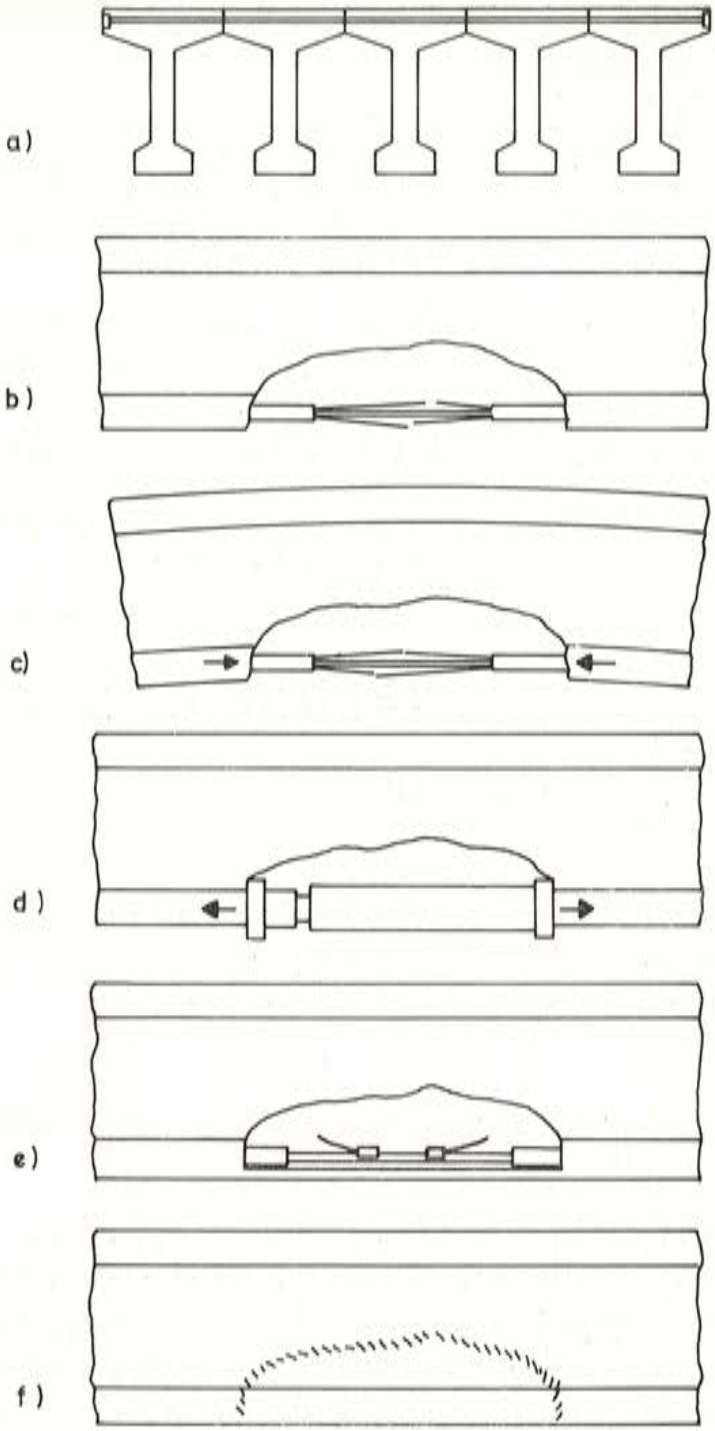


Figura 24.

Si existen alambres rotos habría que unirlos de nuevo y dejarlos a la tensión que tenían antes de su rotura.

Finalmente se puede hormigonar toda la parte rota del patín, con lo que la viga queda restaurada.

La descripción de lo anterior puede parecer algo imposible de realizar; sin embargo, ha sido realizado en la práctica en diferentes obras.

Se utilizan gatos para reparar el patín de una viga en el aeropuerto de Barcelona, donde el paso de un trailer produjo hace unos años una rotura del tipo de la descrita. Varias fotografías de la reparación son las figuras 25, 26 y 27.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

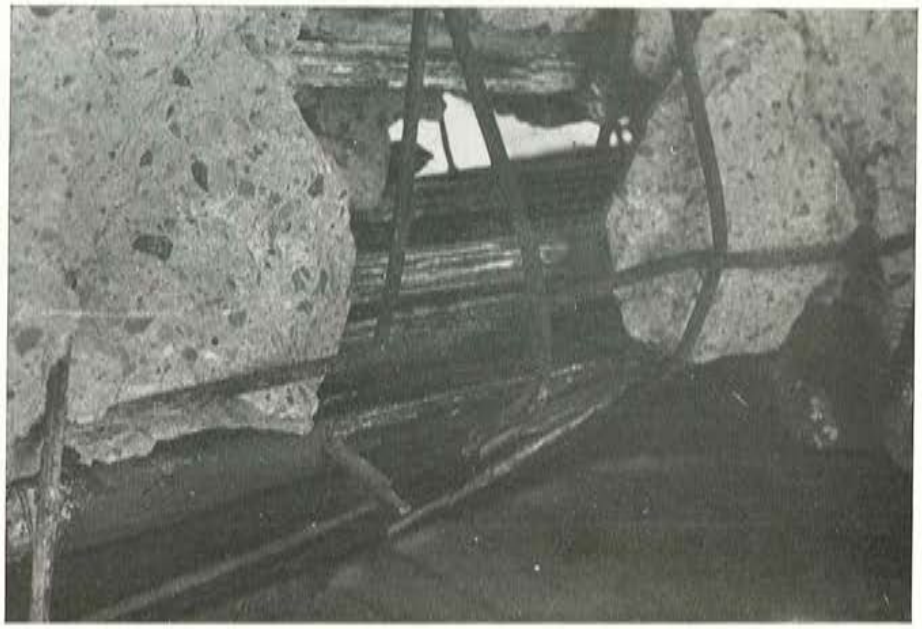


Figura 25.

Figura 26.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

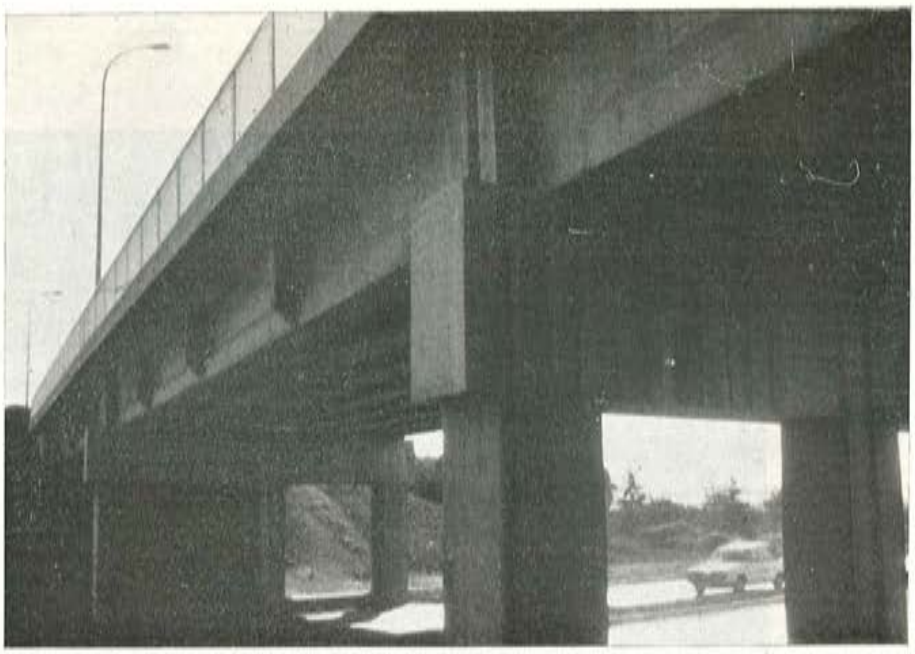


Figura 27.

CONECTORES

La solución de unir alambres rotos bajo tensión en cables ya inyectados y en servicio no tiene, que yo sepa hasta hoy, precedente en el campo del pretensado, por lo que vamos a describirlo aquí.

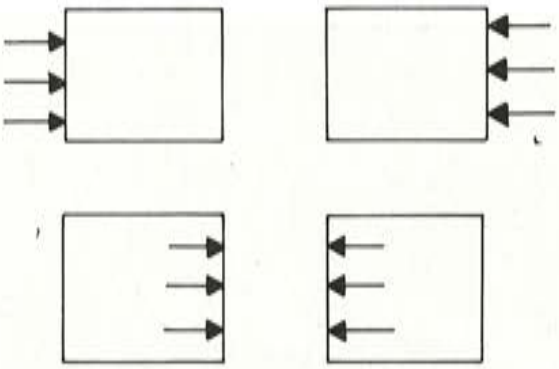
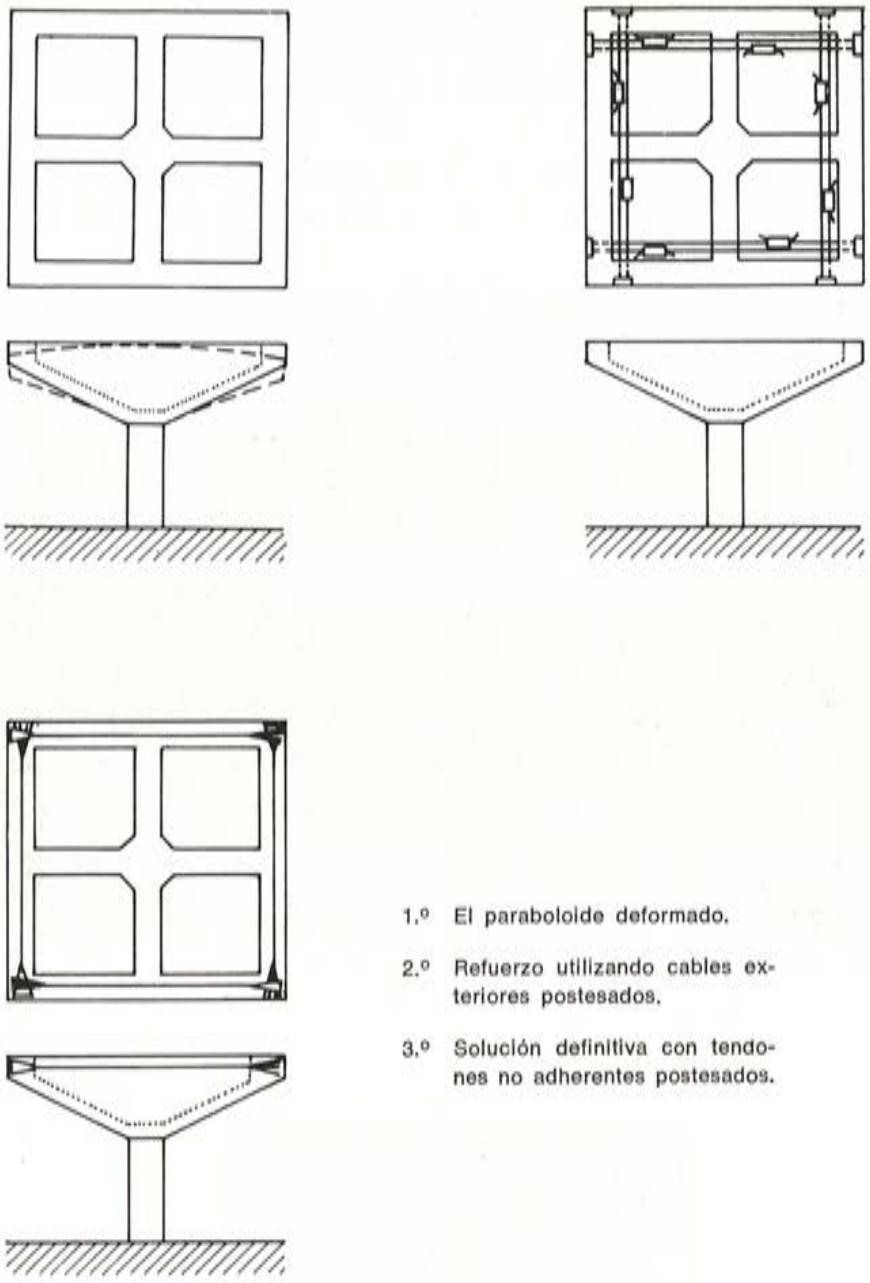


Figura 28.

El conector consiste en un cilindro o pieza metálica con dos taladros paralelos, en cuyos extremos se alojan cuñas para el anclaje de dos alambres contrapuestos, y de ese modo, la operación de empalmar un alambre roto bajo tensión se indica en la figura 28.

Los conectores Stronghold pueden utilizarse además para empalmar cables pretensados, y para efectuar tesados centrales en lugares donde la cabeza de anclaje no deja espacio suficiente para el gato.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024



1.º El paraboloide deformado.

2.º Refuerzo utilizando cables exteriores postesados.

3.º Solución definitiva con tendones no adherentes postesados.

Fig. 29. — Deformación de la cubierta en paraboloide.

Los conectores constituyen una técnica nueva de múltiples aplicaciones en el campo del pretensado y las reparaciones, y son objeto de patentes en distintos países, de la que C.T.T. es concesionaria para España.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

CUBIERTA DE PARABOLOIDES (figs. 29, 30, 31 y 32).

En la construcción de unos paraboloides se presentó durante su período de construcción el problema siguiente:

— Debido al alargamiento excesivo de las armaduras en el contorno superior, los dos primeros paraboloides construidos se deformaron como indica la figura.

Figura 30.

Figura 31.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

— Se estudió un refuerzo con tendones perimetrales, pero al no ser posible tesar desde los extremos se efectuó un tesado central con conectores Stronghold.

— Para los restantes paraboloides se previeron ya unos tendones postesados tipo Unbonded, que dieron una solución eficaz y económica, y permitieron además regular la deformación y la flecha en forma conveniente al proyecto.

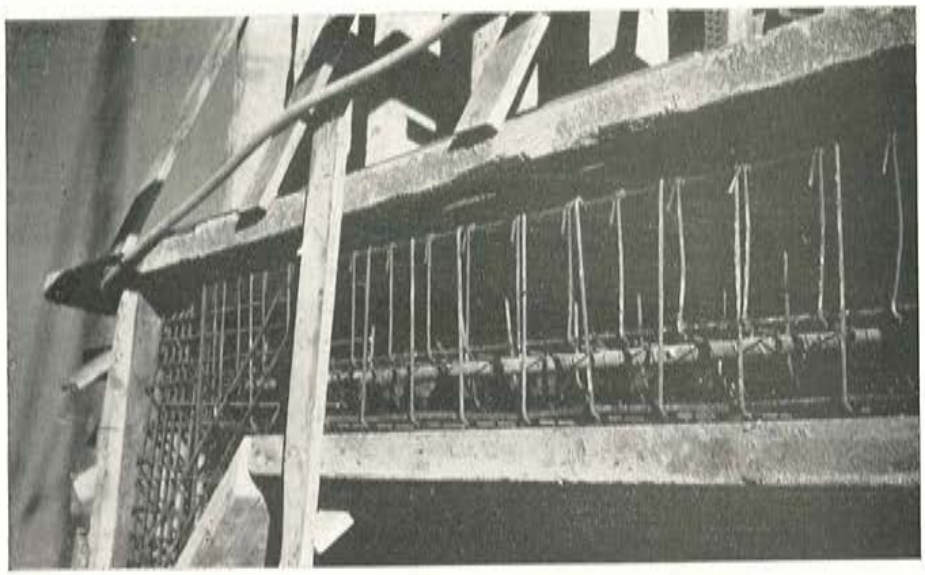


Figura 32.

— Aplicaciones similares se están llevando a cabo constantemente en España, donde se han utilizado resinas para toda clase de modificaciones y reparaciones, muchas veces en combinación con el pretensado.

Nada más y muchas gracias.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

últimas publicaciones del gabinete técnico del sindicato nacional de la construcción

Acabamos de recibir los primeros cinco Cuadernos monográficos y las Memorias del I Seminario sobre Construcción Industrializada que recientemente han sido editados por el Gabinete Técnico del Sindicato Nacional de la Construcción. Los títulos y autores de estos interesantes trabajos son los siguientes:

— Cuaderno 1: "Automática y creatividad en la composición arquitectónica", por Víctor d'Ors Pérez-Peix.

— Cuaderno 2: "Sistema de prefabricación por vibrolaminación", por Armando Unzueta García.

— Cuaderno 3: "Descripción técnica del sistema de construcción TRC", por Julio Garrido Serrano.

— Cuaderno 4: "La prefabricación aplicada a España", por Alfonso del Aguila García.

— Cuaderno 5: "Sistemas industrializados de construcción", por Juan Monjó Carrió.

— Ciclo de conferencias del I Sector Monográfico sobre Construcción Industrializada.—Indice: Introducción.— Discurso de apertura, por J. Carvajal.— Realizaciones del Mercado Común en el campo de la construcción, por W. Dieter.— Experimentación de "G.O.D.B. Arquitectos Asociados" con módulos tridimensionales, por F. M. García Ordóñez.— La industrialización de la construcción en Francia, por C. Caro.— La normalización en la construcción industrializada, por J. Peláez.—Ventajas socioeconómicas de la prefabricación, por el Seminario de Prefabricación.—La industrialización de la construcción en España, por el Seminario de Prefabricación.—Racionalización de la edificación, por F. Aguirre.—Industrialización, arquitectura y arquitectos, por A. del Aguila.—El diseño arquitectónico en la industria de viviendas mediante encofrados túnel, por M. Salinas.—Conclusiones.

Los interesados en recibir estas publicaciones, que se distribuyen con carácter gratuito, deberán dirigir sus peticiones a la siguiente dirección:

Gabinete Técnico del Sindicato Nacional de la Construcción
Paseo del Prado, 18 y 20
Madrid-14

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

cálculo de desplazamientos y fuerzas horizontales en pilas de puentes

JOSE RAMON ROSSO RODENAS
Ayte. de O. P.

Para la construcción de los tramos de autopista Barcelona-La Junquera y Barcelona-Tarragona, Ibérica de Ingeniería y Organización, S. A. (Ibering, S. A.), ha realizado el proyecto de unas 300 obras de fábrica, y entre ellas, 14 viaductos.

Para evitar en estos últimos el desagradable efecto que para los usuarios suponen las juntas entre tableros, así como sus inevitables gastos de conservación, se ha tratado de suprimir el máximo número de éstas. Dado el corto plazo en que ha habido que realizar las obras, y puesto que éstas han sido ejecutadas por distintos contratistas, hemos creído conveniente, en el caso de los viaductos, recurrir a la prefabricación de vigas, aprovechando así la experiencia que en este tipo de proceso constructivo tienen hoy en día la mayoría de las empresas constructoras.

La compatibilidad entre la prefabricación y la supresión de juntas se ha conseguido a través de dos distintos procedimientos. El primero de ellos, empleado en tres viaductos sobre el río Noya, consiste en dar continuidad al tablero, hiperestatizando éste mediante el hormigonado in situ de vigas riostra sobre pilas que enlazan las cabezas de las vigas de dos vanos contiguos, haciendo el conjunto capaz de absorber los momentos negativos debidos a los pesos muertos y sobrecarga. Este procedimiento supone una disminución del pretensado en las vigas, pero a costa de una armadura longitudinal no despreciable para momentos negativos, que se sitúa en la losa sobre vigas. En uno de estos tres viaductos se ha conseguido una longitud total continua de 282 m sin juntas.

En el resto de los viaductos se ha empleado un procedimiento más simple y económico de suprimir juntas mediante la continuidad de la losa sobre vigas. Con el fin de que el momento inducido en la losa por el giro de las vigas pueda ser resistido por la sección de aquélla (0,20 m de espesor) se interrumpe sobre apoyos el cosido-vigas-losa en una longitud de unos cuatro m.

Para el cálculo de las fuerzas horizontales, transmitidas por el tablero a las pilas, hemos desarrollado el proceso de cálculo objeto de este artículo.

Estudiaremos en primer lugar la forma de llegar a las ecuaciones fundamentales que nos determinan los movimientos del tablero o tableros, presentando los cálculos en forma matricial, apropiada para la resolución del problema con ordenador. Estableceremos después unas simplificaciones aplicables a casos que se presentan frecuentemente en la práctica y que no hacen indispensable el uso del ordenador. Por último pasaremos revista a los distintos elementos que componen las pilas, concretando la forma de obtener, tanto sus rigidices individuales como la del conjunto. Estudiaremos especialmente el comportamiento elasto-plástico de los apoyos de neopreno con teflón.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

ECUACIONES FUNDAMENTALES

Definimos como plataforma un plano que podemos considerar horizontal y a nuestros efectos rígido, en el que suponemos contenidas las acciones exteriores. Estas acciones pueden ser: momentos, fuerzas y una dilatación o contracción isótropa de la plataforma.

Pueden existir varias plataformas enlazadas entre sí a través de elementos elásticos que denominaremos soportes.

Un soporte está constituido por una pieza lineal con directriz recta. Los soportes pueden estar unidos a las plataformas a través de articulaciones, empotramientos o bien apoyos elastoméricos.

En los cálculos que desarrollamos los soportes con dos articulaciones no deben ser tenidos en cuenta.

Un soporte queda definido al consignar las dos plataformas que enlaza las coordenadas de su directriz referidas a dos ejes rectangulares cualesquiera, sus dos rigideces principales de desplazamiento y las direcciones de los ejes principales de inercia.

La sección de los soportes puede ser cualquiera e ir variando a lo largo de la directriz, debiéndose verificar que los dos ejes principales de inercia de cualquier sección permanezcan siempre en un mismo plano. La deformada de un soprte en estas condiciones, cuando las fuerzas actuantes están contenidas en el plano de uno de los ejes principales, estará también contenida en dicho plano.

Supongamos un soporte vertical al que se aplica una fuerza horizontal en uno de sus extremos, permaneciendo fijo el otro. Si la fuerza está contenida en uno de los planos principales llamaremos rigidez de desplazamiento, según dicho plano, a la relación constante que existe entre la fuerza y el desplazamiento correspondiente al extremo en que aquélla está aplicada.

En la figura 1 se representa una sección de un soporte con ejes principales 1 y 2. Las rigideces correspondientes a estos ejes las denominaremos R_1 y R_2. Para una fuerza F (*) que no actúa según la dirección de uno de los ejes principales, las componentes del desplazamiento según estos ejes serán: $\delta_1 = F \times \cos\beta \times R_1$; $\delta_2 = F \times \operatorname{sen}\beta \times R_2$.

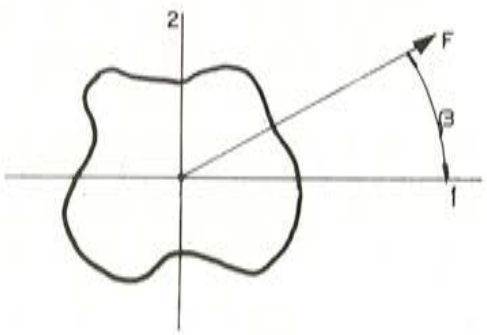


Figura 1.

A no ser que R_1 y R_2 sean iguales, el desplazamiento resultante seguirá una dirección distinta a la de F.

Impidiendo el giro horizontal de uno de los extremos del soporte e imponiendo un momento de eje vertical en el otro extremo, llamaremos rigidez a torsión, R_T, del sopor-

(*) Para simplificar la escritura prescindimos de la notación vectorial de fuerzas y desplazamientos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

te a la relación constante que existe entre momento aplicado y giro de la sección en que se aplica.

Supongamos el soporte de la figura 2, al que imponemos un desplazamiento de uno de sus extremos de componentes δ_1 y δ_2, según los ejes principales y un giro ω. Se verificará:

$$F_1 = \delta_1 \times R_1;\ F_2 = \delta_2 \times R_2;\ M = \omega \times R\,T$$

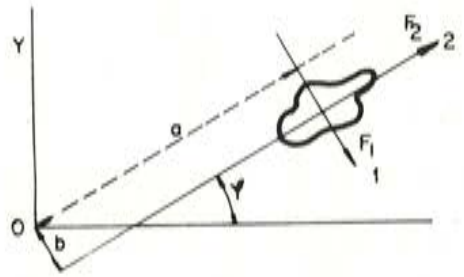


Figura 2.

siendo F_1 y F_2 las fuerzas según los ejes principales 1 y 2, respectivamente. En forma matricial:

$$\begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ M \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \omega \end{vmatrix} \qquad (1)$$

Las componentes de las fuerzas según los ejes x, y, serán:

$$F_x = F_1 \operatorname{sen}\varphi + F_2 \cos\varphi$$
$$F_y = F_1 \cos\varphi + F_2 \operatorname{sen}\varphi$$

El momento en el origen será:

$$M_0 = M - F_1\,a + F_2\,b$$

y siendo:

$$a = x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi \quad \text{y} \quad b = x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi$$
$$M_0 = -F_1\,(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) + F_2\,(x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) + M\,.$$

$$\begin{vmatrix} F_x \\ F_y \\ M_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ M \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \omega \end{vmatrix} \qquad (2)$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Sean Δ_x y Δ_y las componentes según los ejes x, e, φ, y del vector desplazamiento:

$$\begin{matrix} \delta_1 = \Delta_x \operatorname{sen}\varphi - \Delta_y \cos\varphi \\ \delta_2 = \Delta_x \cos\varphi + \Delta_y \operatorname{sen}\varphi \end{matrix} \quad \begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \omega \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & -\cos\varphi & 0 \\ \cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ \omega \end{vmatrix} \qquad (3)$$

Sustituyendo en (2):

$$\begin{vmatrix} F_x \\ F_y \\ M_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & -\cos\varphi & 0 \\ \cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ \omega \end{vmatrix} \qquad (4)$$

La plataforma, por efecto de las fuerzas contenidas en ella, sufrirá una traslación y un giro. Como consecuencia de una contracción o dilatación isótropa se realizará una transformación homotética de la plataforma.

El valor de la traslación dependerá del centro de rotación que se elija. Tomaremos como centro el origen de coordenadas.

Los desplazamientos que obtendremos para cada una de las transformaciones geométricas citadas podemos considerarlos prácticamente despreciables frente a las dimensiones de la plataforma, y, por consiguiente, los valores de los desplazamientos finales serán independientes del orden en que introduzcamos las transformaciones, siendo válido el actuar para cada una de ellas con las coordenadas de los puntos sin afectar por las transformaciones que hayamos tenido en cuenta en primer lugar.

Sean (x, y) las coordenadas del soporte para el que hemos hallado el vector fuerza en el origen en función del vector desplazamiento. Hallemos ahora las componentes de este último para las tres transformaciones geométricas del tablero.

Traslación: Si δ_x y δ_y son las componentes del vector traslación, éste será el desplazamiento correspondiente a cualquier punto.

Giro: Sea ω el ángulo de giro. Al ser ω muy pequeño, sustituiremos el arco por la tangente (fig. 3):

$$\Delta_{xG} = -t \operatorname{sen}\varphi = -t \times \frac{y}{d} = -\omega \times d \times \frac{y}{d} = -\omega y$$

$$\Delta_{yG} = t \cos\varphi = t \times \frac{x}{d} = \omega \times d \times \frac{x}{d} = \omega x$$

Dilatación: Sea μ el coeficiente de dilatac'ón (fig. 4):

$$\frac{\Delta_{xD}}{x} = \frac{\mu \times d}{d}$$

$$\Delta_{xD} = \mu \times x$$

De igual forma:

$$\Delta_{yD} = \mu \times y$$

Como componentes totales tendremos:

$$\Delta_x = \delta_x - y \times \omega + \mu \times x$$
$$\Delta_y = \delta_y + x \times \omega + \mu \times y$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

y en forma matricial:

$$\begin{vmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ \omega \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -y \\ 0 & 1 & x \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \omega \end{vmatrix} + \mu \begin{vmatrix} x \\ y \\ 0 \end{vmatrix}$$

Sustituyendo en (4):

$$\begin{vmatrix} F_x \\ F_y \\ M_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & -\cos\varphi & 0 \\ \cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times$$

$$\times \begin{vmatrix} 1 & 0 & -y \\ 0 & 1 & x \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \omega \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} \times$$

$$\times \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & -\cos\varphi & 0 \\ \cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \mu \times \begin{vmatrix} x \\ y \\ 0 \end{vmatrix} \qquad (4')$$

y haciendo:

$$\begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ -(x\cos\varphi + y\operatorname{sen}\varphi) & (x\operatorname{sen}\varphi - y\cos\varphi) & 1 \end{vmatrix} = A \qquad \begin{vmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_T \end{vmatrix} = R$$

$$\begin{vmatrix} \operatorname{sen}\varphi & -\cos\varphi & 0 \\ \cos\varphi & \operatorname{sen}\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = B \qquad \begin{vmatrix} 1 & 0 & -y \\ 0 & 1 & x \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = C_1 \qquad \begin{vmatrix} x \\ y \\ 0 \end{vmatrix} = C_2$$

$$\begin{vmatrix} F_x \\ F_y \\ M_0 \end{vmatrix} = F \qquad \begin{vmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \omega \end{vmatrix} = \delta \qquad A \times R \times B \times C_1 = T \qquad A \times R \times B \times C_2 = S$$

$$F = A \times R \times B \times C_1 \times \delta + A \times R \times B \times C_2 \times \mu = T\,\delta + S\,\mu$$

Supongamos ahora que el soporte une dos plataformas, la 1 y la 2, con desplazamientos y coeficientes de dilatación respectivos, δ_1, μ_1, y δ_2, μ_2. Considerando las acciones de los soportes sobre las plataformas tendremos:

Acción de soporte sobre plataforma 1:

$$F_1 = T_1\,(\delta_2 - \delta_1) + S_1\,(\mu_2 - \mu_1)$$

Acción de soporte sobre plataforma 2:

$$F_2 = T_1\,(\delta_1 - \delta_2) + S_1\,(\mu_1 - \mu_2) = -F_1$$

Imaginemos que existen m plataformas enlazadas de cualquier modo por n soportes. Un soporte genérico i podrá enlazar dos plataformas cualesquiera j y k, y lo representaremos por la notación $i^h{}_j$, siendo $j \neq k$, y ambas menores que m. Los extremos de so-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

portes que no puedan sufrir desplazamientos como son los empotramientos o articulaciones en zapatas, que aun pudiendo girar no se desplazan, podrán considerarse como incluidos dentro de una misma plataforma, que permanece inmóvil.

La suma de las acciones sobre la plataforma j de todos los soportes que van a dicha plataforma tendrá que anular a las acciones exteriores, mantenidas en ella y referidas al origen de coordenadas:

$$\Sigma F_i{}^j{}_k = \sum_{k=1}^{m} T_j{}^h \delta_k - \delta_j \Sigma T_j{}^i = -F_j - \sum_{k=1}^{m} S_j{}^h \mu_k + \mu_j \Sigma S_j{}^i = -F_j \qquad (7)$$

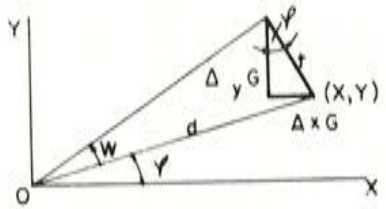


Figura 3.

En esta expresión:

i = subíndice variable, que define a los soportes que van a la plataforma j.

j = subíndice fijo, que define la plataforma para la que se plantea el equilibrio de fuerzas.

k = subíndice variable, que define las plataformas que están enlazadas a la j por los soportes i.

Planteando el equilibrio para las m plataformas tendremos m ecuaciones matriciales del tipo de la (7) con m vectores incógnitas que serían los vectores desplazamiento de cada plataforma. Esto equivale a tener 3 m ecuaciones lineales con 3 m incógnitas.

Hay que observar que en los sumatorios

$$\sum_{k=1}^{m} T_j{}^h \delta_k \quad \text{y} \quad \sum_{k=1}^{m} S_j{}^h \mu_k$$

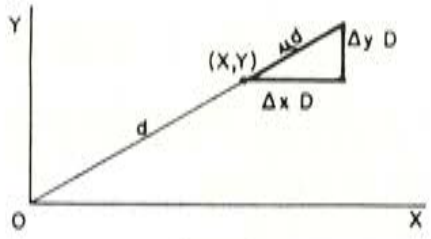


Figura 4.

se anulan los términos correspondientes a los valores de k, que representan plataformas que no enlazan con la j. Por otro lado:

$$\Sigma T_j{}^i \quad \text{y} \quad \Sigma S_j{}^i$$

son sumatorios correspondientes a todos los soportes que van a la plataforma j.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

El sistema de ecuaciones quedará representado matricialmente de la siguiente forma:

	DESPLAZAMIENTOS				
	δ_1	δ_2	δ_j	δ_{m-1}	δ_m
1	$-\Sigma T_1^1$	ΣT_1^2	ΣT_1^j	ΣT_1^{m-1}	ΣT_1^m
2	ΣT_2^1	$-\Sigma T_2^2$	ΣT_2^j	ΣT_2^{m-1}	ΣT_2^m
j	ΣT_j^1	ΣT_j^2	$-\Sigma T_j^j$	ΣT_j^{m-1}	ΣT_j^m
$m-1$	$\Sigma T^1{}_{m-1}$	$\Sigma T^2{}_{m-1}$	$\Sigma T^j{}_{m-1}$	$-\Sigma T_{m-1}^{m-1}$	ΣT_{m-1}^m
m	$\Sigma T^1{}_m$	$\Sigma T^2{}_m$	$\Sigma T^j{}_m$	ΣT_m^{m-1}	$-\Sigma T_{m-1}^{m-1}$

$$\times \begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \vdots \\ \delta_j \\ \vdots \\ \delta_{m-1} \\ \delta_m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_j \\ \vdots \\ F_{m-1} \\ F_m \end{vmatrix} -$$

$$- \begin{vmatrix} -\Sigma S_1^1 & \Sigma S_1^2 & \Sigma S_1^j & \Sigma S_1^{m-1} & \Sigma S_1^m \\ \Sigma S_2^1 & -\Sigma S_2^2 & \Sigma S_2^j & \Sigma S_2^{m-1} & \Sigma S_2^m \\ \Sigma S_j^1 & \Sigma S_j^2 & -\Sigma S_j^j & \Sigma S_j^{m-1} & \Sigma S_j^m \\ \Sigma S^1{}_{m-1} & \Sigma S^2{}_{m-1} & \Sigma S^j{}_{m-1} & -\Sigma S_{m-1}^{m-1} & \Sigma S_{m-1}^m \\ \Sigma S^1{}_m & \Sigma S^2{}_m & \Sigma S^j{}_m & \Sigma S_m^{m-1} & -\Sigma S_m^m \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_j \\ \vdots \\ \mu_{m-1} \\ \mu_m \end{vmatrix}$$

Resuelta esta ecuación y obtenido el movimiento de cada plataforma, la matriz de fuerzas en la unión del soporte $i_j{}^h$ con la plataforma j será:

$$F = -F_j{}^i{}_k = F_i{}^j{}_k = T_i(\delta_j - \delta_k) + S_i(\mu_j - \mu_k)$$

Hay que tener en cuenta que la 3.ª fila de la matriz así obtenida representa M_0 y no M_t, que es el momento torsor en el soporte, siendo este último $M_t = R\,t\,(\omega_j - \omega_k)$.

Ejemplo.—Supongamos las 4 plataformas cuyo alzado se representa en la figura 5. (Aunque realmente sólo existen 3 plataformas propiamente dichas, suponemos todos los extremos de soportes que no pueden sufrir desplazamientos como pertenecientes a la plataforma 4. Como vector fuerza exterior en esta plataforma hay que considerar la suma cambiada de signo de los vectores fuerza actuantes en el resto de las plataformas.)

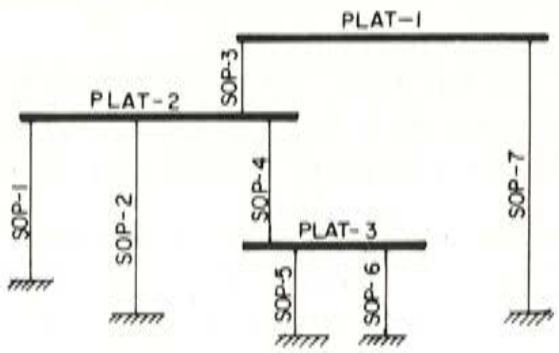


Figura 5.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Distinguiremos las matrices T y S de cada soporte por un subíndice que coincide con el número de soporte.

$$\begin{vmatrix} -(T_3+T_7) & T_3 & 0 & T_7 \\ T_3 & -(T_1+T_2+T_3+T_4) & T_4 & (T_1+T_2) \\ 0 & T_4 & -(T_4+T_5+T_6) & (T_5+T_6) \\ T_7 & (T_1+T_2) & (T_5+T_6) & -(T_1+T_2+T_5+T_6+T_7) \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -F_1 \\ -F_2 \\ -F_3 \\ F_1+F_2+F_3 \end{vmatrix} -$$

$$- \begin{vmatrix} -(S_3+S_7) & S_3 & 0 & S_7 \\ S_3 & -(S_1+S_2+S_3+S_4) & S_4 & (S_1+S_2) \\ 0 & S_4 & -(S_4+S_5+S_6) & (S_5+S_6) \\ S_7 & (S_1+S_2) & (S_5+S_6) & -(S_1+S_2+S_5+S_6+S_7) \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \\ \mu_4 \end{vmatrix}$$

Si hacemos δ_4 y $\mu_4 = 0$ tendremos 3×3 ecuaciones lineales con 3×3 incógnitas. Esto quiere decir que la cuarta ecuación anterior es combinación lineal de las otras tres, como fácilmente puede comprobarse.

Aunque innecesaria la ecuación correspondiente a la plataforma ficticia de empotramientos y apoyos fijos, se ha preferido mantenerla en nuestro desarrollo para uniformar la definición y nomenclatura de los soportes vistos como enlaces entre dos plataformas.

DESARROLLO DE LAS ECUACIONES FUNDAMENTALES EN CASO DE EXISTIR UNA SOLA PLATAFORMA

Este caso se nos presenta frecuentemente en la práctica en puentes con tablero constituido por una losa o vigas continuas o bien en puentes de varios vanos con vigas en los que, por los procedimientos anteriormente descritos, se suprimen las juntas intermedias.

Desarrollando las expresiones matriciales estudiadas para un soporte genérico i tendremos:

$$\begin{aligned} F_{xi} = {} & \delta_x (R_{2i} \cos^2 \varphi_i + R_{1i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i) + \delta_y \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i}) + \\ & + \omega [x_i \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i}) - y_i (R_{2i} \cos^2 \varphi_i + R_{1i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i)] + \\ & + \mu [x_i (R_{2i} \cos^2 \varphi_i + R_{1i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i) + y_i \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yi} = {} & \delta_x \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i}) + \delta_y (R_{2i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i + R_{1i} \cos^2 \varphi_i) + \\ & + \omega [x_i (R_{2i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i + R_{1i} \cos^2 \varphi_i) - y_i \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i})] + \\ & + \mu [x_i \operatorname{sen} \varphi_i \cos \varphi_i (R_{2i} - R_{1i}) + y_i (R_{2i} \operatorname{sen}^2 \varphi_i + R_{1i} \cos^2 \varphi_i)] \end{aligned}$$

$$M_i = R_{xi} \cdot \omega$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Haciendo:

$$R_{2i}\cos^2\varphi_i + R_{1i}\operatorname{sen}^2\varphi_i = N_i \;;\quad \operatorname{sen}\varphi_i\cos\varphi_i\,(R_{2i} - R_{1i}) = P_i \;;\quad R_{2i}\operatorname{sen}^2\varphi_i + R_{1i}\cos^2\varphi_i = Q_i$$

$$\left.\begin{aligned} F_{xi} &= N_i\,\delta_x + P_i\,\delta_y + (P_i\,x_i - N_i\,y_i)\,\omega + (N_i\,x_i + P_i\,y_i)\,\mu \\ F_{yi} &= P_i\,\delta_x + Q_i\,\delta_y + (Q_i\,x_i - P_i\,y_i)\,\omega + (P_i\,x_i + Q_i\,y_i)\,\mu \\ M_i &= R_{Ti}\cdot\omega \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Siendo el momento con respecto al origen de coordenadas:

$$M_{0i} = -y_i + F_{xi} + x_i\,F_{yi} + R_{Ti}\,\omega = (P_i\,x_i - N_i\,y_i)\,\delta_x + (Q_i\,x_i - P_i\,y_i)\,\delta_y +$$
$$+ (Q_i\,x_i^2 - 2\,P_i\,x_i\,y_i + N_i\,y_i^2 + R_{Ti})\,\omega + \mu\,[P_i\,x_i^2 + x_i\,y_i\,(Q_i - N_i) - P_i\,y_i^2]$$

Igualando la suma de esfuerzos en todos los soportes a las acciones exteriores referidas al origen de coordenadas:

$$\Sigma N_i\,\delta_x + \Sigma P_i\,\delta_y + (\Sigma P_i\,x_i - \Sigma N_i\,y_i)\,\omega + (\Sigma N_i\,x_i + \Sigma P_i\,y_i)\,\mu = \Sigma F_{xE}$$
$$\Sigma P_i\,\delta_x + \Sigma Q_i\,\delta_y + (\Sigma Q_i\,x_i - \Sigma P_i\,y_i)\,\omega + (\Sigma P_i\,x_i + \Sigma Q_i\,y_i)\,\mu = \Sigma F_{yE}$$
$$(\Sigma P_i\,x_i - \Sigma N_i\,y_i)\,\delta_x + (\Sigma Q_i\,x_i - \Sigma P_i\,y_i)\,\delta_y + (\Sigma Q_i\,x_i^2 - 2\,\Sigma P_i\,x_i\,y_i + \Sigma N_i\,y_i^2 + \Sigma R_{Ti})\,\omega +$$
$$+ (\Sigma P_i\,x_i^2 + \Sigma Q_i\,x_i\,y_i - \Sigma N_i\,x_i\,y_i - \Sigma P_i\,y_i^2)\,\mu = \Sigma M_{0E}$$

Resolviendo este sistema obtendremos los valores de δ_x, δ_y y ω, que sustituidos en (8) nos darán las acciones en la cabeza de cada soporte.

Simplificaciones para algunos casos particulares.—Dentro del caso de una sola plataforma veremos dos simplificaciones que pueden aplicarse a pilas de tablero que se presentan frecuentemente en la práctica.

1. En todas las pilas se verifica que $R_{1i} = R_{2i} = R_i$.

$$N_i = R_i\,(\cos^2\varphi_i + \operatorname{sen}^2\varphi_i) = R_i$$
$$P_i = \operatorname{sen}\varphi_i\cos\varphi_i\,(R_i - R_i) = 0$$
$$Q_i = R_i\,(\cos^2\varphi_i + \operatorname{sen}^2\varphi_i) = R_i$$

Las expresiones (8) se convierten en:

$$F_{xi} = R_i\,\delta_x - R_i\,y_i\,\omega + R_i\,x_i\,\mu$$
$$F_{yi} = R_i\,\delta_y + Q_i\,x_i\,\omega + R_i\,y_i\,\mu$$
$$M_i = R_{Ti}\,\omega$$

y las ecuaciones (9):

$$\Sigma R_i\,\delta_x - \Sigma R_i\,y_i\,\omega + \Sigma R_i\,x_i\,\mu = \Sigma F_{xE}$$
$$\Sigma R_i\,\delta_y + \Sigma R_i\,x_i\,\omega + \Sigma R_i\,y_i\,\mu = \Sigma F_{yE}$$
$$-\Sigma R_i\,y_i\,\delta_x + \Sigma R_i\,x_i\,\delta_y + (\Sigma R_i\,x_i^2 + \Sigma R_i\,y_i^2 + \Sigma R_{Ti})\,\omega = M_{0E}$$

Supongamos que realizamos una traslación de ejes (x_c, y_c) de tal forma que se verifica $\Sigma R_i\,y'_i = 0$ y $\Sigma R_i\,x'_i = 0$.

$$x' = x - x_c \qquad y' = y - y_c$$

$$\Sigma R_i\,(y_i - y_c) = 0 \qquad y_c = \frac{\Sigma R_i\,y_i}{\Sigma R_i}$$

$$\Sigma R_i\,(x_i - x_c) = 0 \qquad x_c = \frac{\Sigma R_i\,x_i}{\Sigma R_i}$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Refiriendo las tres ecuaciones a los nuevos ejes.

$$\Sigma R_i\,\delta_x = \Sigma F_{x\,\mathrm{E}} \qquad \delta_x = \frac{\Sigma F_x}{\Sigma R_i}$$

$$\Sigma R_i\,\delta_y = \Sigma F_{y\,\mathrm{E}} \qquad \delta_y = \frac{\Sigma F_{y\,\mathrm{E}}}{\Sigma R_i}$$

$$\omega = \frac{M_{0\,\mathrm{E}}}{\Sigma R_i\,(x_i'^2 + y_i'^2) + \Sigma R_{\mathrm{T}i}}$$

$$F_{x\,i} = (\delta_x - y'_i\,\omega + \mu\,x'_i)\,R_i$$

$$F_{y\,i} = (\delta_y + x'_i\,\omega + \mu\,y'_i)\,R_i$$

$$M_i = R_{\mathrm{T}i}\,\omega$$

El punto (x_c, y_c) es el centro elástico del sistema, ya que para las fuerzas exteriores que pasen por el $M_{0\,\mathrm{E}} = 0$ y, por tanto, $\omega = 0$.

2. Soportes con φ_i constante.

Suponemos los ejes de referencia paralelos a los principales de los soportes.

$$\varphi_i = 90^\circ \qquad N_i = R_{1i} \qquad P_i = 0 \qquad Q_i = R_{2i}$$

Las ecuaciones (9) se convierten en:

$$\Sigma R_{1i}\,\delta_x - \Sigma R_{1i}\,y_i\,\omega + \Sigma R_{1i}\,x_i\,\mu = \Sigma F_{x\,\mathrm{E}}$$

$$\Sigma R_{2i}\,\delta_y + \Sigma R_{2i}\,x_i\,\omega + \Sigma R_{2i}\,y_i\,\mu = \Sigma F_{y\,\mathrm{E}}$$

$$-\Sigma R_{1i}\,y_i\,\delta_x + \Sigma R_{2i}\,x_i\,\delta_y + (\Sigma R_{2i}\,x_i^2 + \Sigma R_{1i}\,y_i^2 + \Sigma R_{\mathrm{T}i})\,\omega + (\Sigma R_{2i}\,x_i\,y_i - \Sigma R_{1i}\,x_i\,y_i) = \Sigma M_{0\,\mathrm{E}}$$

Trasladando los ejes de forma que queden anulados los coeficientes de ω:

$$\Sigma R_{1i}\,y'_i = \Sigma R_{1i}\,(y_i - y_c) = 0 \qquad y_c = \frac{\Sigma R_{1i}\,y_i}{\Sigma R_{1i}}$$

$$\Sigma R_{2i}\,x'_i = \Sigma R_{2i}\,(x_i - x_c) = 0 \qquad x_c = \frac{\Sigma R_{2i}\,x_i}{\Sigma R_{2i}}$$

Refiriendo todos los soportes a estos ejes:

$$\delta_x = \frac{\Sigma F_{x\,\mathrm{E}} - \mu\,\Sigma\,x'_i\,R_{1i}}{\Sigma R_{1i}} \qquad \delta_y = \frac{\Sigma F_{y\,\mathrm{E}} - \mu\,\Sigma\,y'_i\,R_{2i}}{\Sigma R_{2i}}$$

$$\omega = \frac{\Sigma M_{0\,\mathrm{E}} - (\Sigma\,x'_i\,y'_i\,R_{2i} - \Sigma\,x'_i\,y'_i\,R_{1i})}{\Sigma\,x_i'^2\,R_{2i} + \Sigma\,y_i'^2\,R_{1i} + \Sigma R_{\mathrm{T}i}}$$

Obtenidos δ_x, δ_y y ω los esfuerzos en cabeza de soporte serán:

$$F_{x\,i} = R_{1i}\,(\delta_x - \omega\,y'_i + \mu\,x'_i)$$

$$F_{y\,i} = R_{2i}\,(\delta_y + \omega\,x'_i + \mu\,y'_i)$$

$$M_{\mathrm{T}i} = R_{\mathrm{T}i}\,.\,\omega$$

RIGIDECES DE LOS SOPORTES

Para llegar a las ecuaciones fundamentales hemos supuesto conocidas las rigideces principales al desplazamiento de los soportes. Trataremos en este apartado de la forma en que éstos pueden ser obtenidos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Sin considerar el terreno como plataforma, dos plataformas de puente podrán estar normalmente enlazadas por apoyos de neopreno, articulaciones, apoyos de neopreno con teflón o apoyos deslizantes en una o todas direcciones. Veremos que los apoyos de neopreno entran dentro del concepto de soporte elástico anteriormente definido. El comportamiento de una articulación entre dos plataformas es equivalente al de un soporte con rigideces principales infinitas. Dos plataformas unidas por más de una articulación o por una sola de rigidez a torsión infinita pueden considerarse como una única plataforma. Los apoyos deslizantes en una dirección, sólo pueden ser considerados como soportes elásticos en el caso en que el coeficiente de rozamiento sea cero. Como en la práctica es materialmente imposible anular este coeficiente y su efecto no suele ser despreciable, las ecuaciones obtenidas serán sólo válidas en los casos en que no intervengan este tipo de apoyos.

Definimos como pilas de un puente al conjunto de estructuras encargadas de transmitir al terreno de cimentación, tanto las acciones propias del tablero o recibidas por éste como las correspondientes a la misma pila.

A nuestros efectos y según la anterior definición, podemos considerar los estribos como pilas.

Los elementos que constituyen una pila son: cimentación, fustes, dintel o cargadero y aparatos de apoyo. En algunos casos la función determinada por varios de estos elementos puede estar desempeñada por un sólo elemento.

Para el cálculo de desplazamientos y fuerzas horizontales podemos considerar una pila con dintel y uno o varios fustes como si los fustes fueran soportes y el dintel una plataforma.

Los fustes de una pila sin dintel podrán ser considerados como soportes aislados.

Figura 6.

En algunos casos será posible y aconsejable sustituir el conjunto de elementos de una pila por un solo soporte equivalente a efectos de cálculo.

Pasemos ahora a enumerar brevemente y siempre desde el punto de vista de nuestro estudio las características elásticas de cada uno de estos elementos.

Aparatos de apoyo.

Pueden ser cualquiera de los actualmente empleados. Articulaciones, rodillos, cloropreno zunchado o contenido, teflón, etc.

Repasaremos las propiedades a nuestros efectos más interesantes de los dos tipos de apoyo normalmente más usados: cloropreno zunchado y combinación de éste con teflón.

1. Apoyos de cloropreno zunchado:

Mucho se ha publicado ya sobre este tipo de apoyos y es de sobra conocido su comportamiento y cálculo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

En función de las características del apoyo y del desplazamiento δ_n tendremos una fuerza horizontal:

$$F_n = \frac{\delta_n}{h_n} a\, b\, G_n$$

siendo h_n la altura neta de neopreno; a y b, las dimensiones en planta del apoyo, y G_n el módulo de elasticidad transversal del neopreno. En el caso de apoyos con planta circular se sustituirá $a\, b$ por la superficie δ_n del apoyo.

Llamaremos rigidez, R_n, del apoyo a la relación $\frac{a\, b\, G_n}{h_n}$.

Distinguiremos dos valores distintos de G_n, según las acciones que actúan sobre el tablero sean dinámicas o estáticas. Entre las primeras podemos incluir las acciones de viento, sismo, frenado y fuerza centrífuga, y entre las segundas, las de retracción, fluencia y temperatura.

Para un neopreno con dureza Shore de 60 podemos admitir un valor de G_n de 16 kg/cm^2 en el caso de cargas dinámicas, y de 8 kg/cm^2 en el de estáticas.

Supongamos ahora un apoyo de neopreno aislado sometido a la acción de un momento torsor M_T y sea ω el ángulo de giro de la cara superior con respecto a la inferior.

Se verificará

$$M_T = \frac{\omega}{h_n} I_{Tn} \times G_n$$

siendo I_{Tn} la inercia a torsión del neopreno. Si el neopreno es de planta circular $I_{Tn} = \frac{\pi d^4}{32}$ d = diámetro.

Si es de planta rectangular $a \times b$ $I_{Tn} = \beta\, a\, b^3$, siendo b la menor de las dos dimensiones.

Para distintas relaciones de a/b damos a continuación los correspondientes valores de β:

$\frac{a}{b}$	1,00	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	∞
β	0,141	0,196	0,214	0,229	0,249	0,263	0,281	0,299	0,307	0,313	0,333

A la relación $R_{Tn} = \frac{I_{Tn}\, G_n}{h_n}$ le llamaremos rigidez a torsión del apoyo.

Hemos visto que un apoyo de neopreno podrá ser considerado como un soporte. Veamos ahora la forma de sustituir varios apoyos de neopreno que enlazan dos plataformas (tablero-tablero o tablero-dintel) por uno sólo equivalente.

Esta transformación ofrece indudables ventajas cuando, como normalmente ocurre, el centro elástico del conjunto es fácilmente reconocible. Para poder realizarla ha de ser despreciable el efecto de la retracción y fluencia, afectando a la zona delimitada por el conjunto de apoyos.

Para un apoyo de neopreno genérico i considerado como soporte se verifica $R_{1i} = R_{2i} = R_{ni}$ y, por tanto, las rigideces al desplazamiento del conjunto serán $\Sigma R_{1i} = \Sigma R_{2i} = \Sigma R_{ni}$.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Para un aumento de eje vertical M_T aplicado al conjunto hemos deducido que el ángulo de giro sería:

$$\omega = \frac{M_T}{\Sigma R_{n\,i}\,(x_i'^2 + y_i'^2) + \Sigma R_{T\,n\,i}}$$

y, por consiguiente, la rigidez a torsión resultante será:

$$\Sigma R_{n\,i}\,(x_i'^2 + y_i'^2) + \Sigma R_{T\,n\,i}$$

Las coordenadas (x'_i, y'_i) han de estar referidas al centro elástico, estando en este punto el soporte equivalente a todos los apoyos considerados.

2. Apoyos deslizantes de cloropreno zunchado y teflón. Estos apoyos están compuestos de dos partes; una, inferior, fijada a la pila o estribo, y otra, superior móvil, anclada en el tablero.

La parte inferior está constituida por un apoyo de neopreno zunchado, sobre el que se adhiere una hoja de teflón; la parte superior está formada por una placa de acero, siendo la superficie en contacto con el teflón inoxidable y finamente pulida. El bajo coeficiente de rozamiento entre teflón y acero permite limitar la correspondiente reacción horizontal a $F_i = \varphi \cdot V$, siendo φ el coeficiente de rozamiento, y V la reacción vertical transmitida al apoyo.

Es conveniente tomar un coeficiente de seguridad de 1,2 sobre φ, con lo que $F_i = 1{,}2,\ \varphi\, V = \varphi^{\circ}\, V$.

El coeficiente φ varía con la tensión de compresión ejercida sobre el teflón. Según el "Service Central d'Études Techniques Ministère de l'Equipement et du Logement" francés, la variación de φ con la tensión es lineal a partir de 30 kg/cm² (fig. 7).

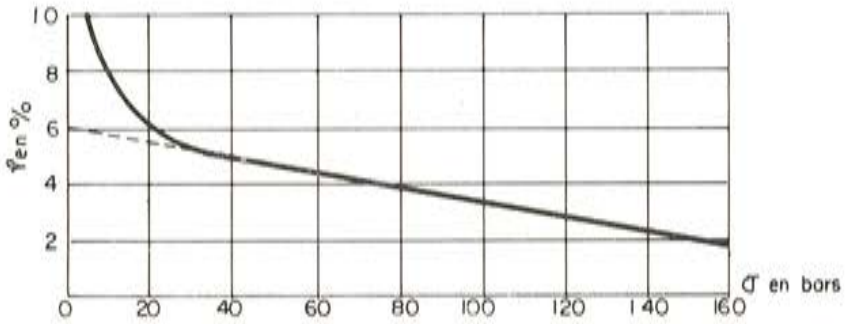


Figura 7.

Examinemos ahora el comportamiento de estos apoyos cuando el tablero se desplaza horizontalmente. Se supone que el plano inferior del neopreno permanece fijo. Representemos el apoyo en planta por el punto P (fig. 8), y sea δ_n el desplazamiento del plano superior del neopreno correspondiente a la fuarza $\varphi^{\circ}\, V$. La circunferencia de centro P y radio $C = \frac{\varphi^{*}\, V}{K_n}$ representará el límite del dominio elástico. Mientras los movimientos del tablero queden comprendidos dentro de esta zona, el apoyo se comportará como si no existiera la lámina de teflón interpuesta. Supongamos en este caso que el desplazamiento del tablero está compuesto por varios movimientos

$$\vec{\delta}_k = X_k\,\vec{i} + Y_k\,\vec{j}$$
$$k = 1, 2, 3 \ldots n$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

El sentido del vector resultante

$$\sum_{k=1}^{n} \delta_k = \vec{i} \sum_{k=1}^{n} X_k + \vec{j} \sum_{k=1}^{n} Y_k$$

representará el de la fuerza final que actúa sobre el apoyo, siendo la magnitud de ésta, el producto del módulo de dicho vector por la rigidez del apoyo de neopreno. Es decir,

$$F = R_n \sqrt{\left(\sum_{k=1}^{n} X_k\right)^2 + \left(\sum_{k=1}^{n} Y_k\right)^2}$$

Para poder aplicar las conclusiones anteriores se ha de verificar que al ir superponiendo aisladamente y en su orden real, cada uno de los movimientos del tablero siempre F ha

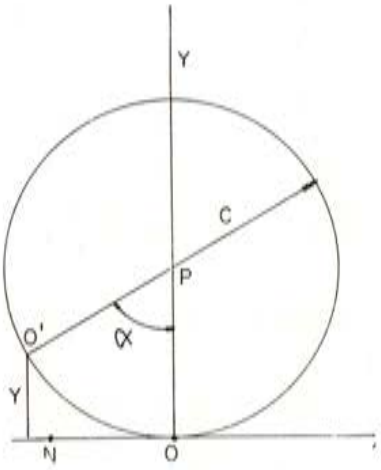


Figura 8.

de ser menor que $C \times R_n$. En caso en que esto no sucediera sabemos que el módulo de la resultante está limitado a $\varphi^{\circ} V$, pero desconoceríamos, en principio, la dirección de dicha resultante.

Imaginemos que a partir del desplazamiento $\overrightarrow{P O}$, el tablero sufre otro desplazamiento de dirección $X O'$ normal a $\overrightarrow{P O}$. Como todo este segundo desplazamiento se realiza ya dentro del dominio plástico existirá, a partir de O, deslizamiento entre tablero y apoyo. A un desplazamiento $\overrightarrow{O N}$ del tablero le corresponderá una nueva resultante $\overrightarrow{P O'}$ de desplazamiento en cara superior de neoprano. Estableciendo la función que nos ligue la ordenada y con la distancia $O N = x$ tendremos el problema resuelto. El punto O' irá dibujando sobre el plano del tablero, al variar x una curva, que será la representación de la función buscada. Esta curva la obtendríamos de igual forma, dejando fijo el plano del tablero y desplazando en dirección contraria a $\overrightarrow{O N}$ el punto P. Esquemáticamente podremos sustituir el apoyo por un hilo inextensible $P O$, que suponemos situado sobre el plano horizontal $P O X$ (fig. 9). En el extremo O del hilo se concentra un peso V, siendo φ° el coeficiente de rozamiento entre éste y el plano horizontal. Al desplazar el extremo P del hilo sobre la recta $P S$, el lugar geométrico descrito por O será la curva buscada. Hallemos la ecuación de esta curva.

Sea $y = f(x)$ la ecuación de la curva y $O_1 (x_1, y_1)$ un punto de ella. La ecuación de la tangente O_1, P_1, en O_1 será:

$$y - y_1 = f'(x_1)(x - x_1)$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

y las coordenadas de P_1:

$$x = \frac{c - y_1}{f'(x_1)} + x_1 \qquad y = c$$

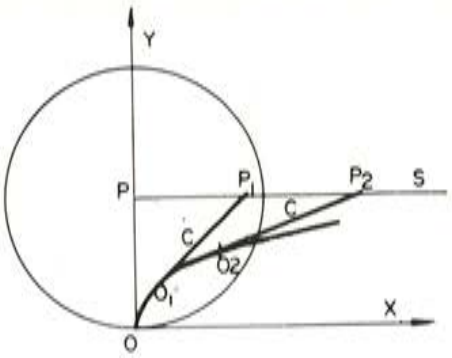


Figura 9.

Igualando la distancia $\overline{O_1, P_1}$, a c:

$$\left(x_1 - \frac{c - y_1}{f'(x_1)} - x_1 \right)^2 + (y_1 - c)^2 = c^2$$

$$\frac{(c - y_1)^2}{[f'(x_1)]^2} + (c - y_1)^2 = c^2$$

Generalizando obtenemos la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{c - y}{\sqrt{c^2 - (c - y)^2}}$$

Integrando obtenemos la ecuación de la curva:

$$x = -\sqrt{c^2 - (c - y)^2} + \frac{c}{2} l \frac{c + \sqrt{c^2 - (c - y)^2}}{c - \sqrt{c^2 - (c - y)^2}}$$

Observando la figura 10:

$$t = \sqrt{c^2 - (c - y)^2} \qquad \operatorname{sen} \alpha = \frac{t}{c}$$

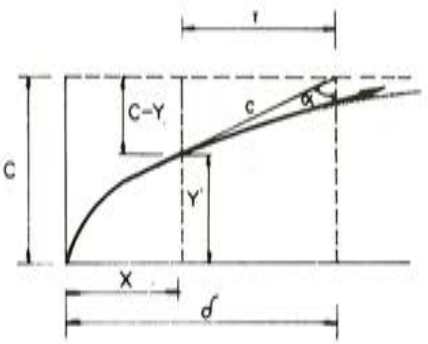


Figura 10.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

y por otro lado:

$$\delta = x + t = \frac{c}{2} l \frac{c + t}{c - t}$$

o sea:

$$\frac{c + t}{c - t} = e^{2\delta/c}$$

sustituyendo t por c sen α y despejando sen α:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{e^{2\delta/c} - 1}{e^{2\delta/c} + 1} \tag{10}$$

conociendo así la dirección de la fuerza resultante de módulo $F = F = \varphi^* V$ en función del desplazamiento δ.

Veamos ahora el caso general en que la dirección de la deformación inicial del apoyo forma un ángulo α_0 con la normal al desplazamiento. Este caso se puede reducir al anterior, teniendo en cuenta que a α_0 le correspondería un desplazamiento δ_0, que podemos obtener despejando δ en (10):

$$\delta_0 = \frac{c}{2} l \frac{1 + \operatorname{sen} \alpha_0}{1 - \operatorname{sen} \alpha_0}$$

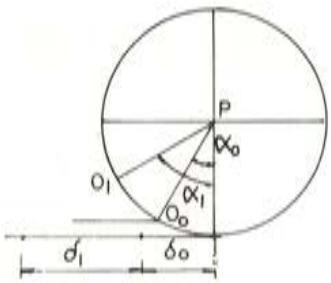


Figura 11.

Si a partir de esta posición inicial se impone un desplazamiento δ_1, el desplazamiento total $\delta_1 + \delta_0$ será conocido, y volviendo a entrar en (10) con $\delta_0 + \delta_1$ tendremos:

$$\operatorname{sen} \alpha_1 = \frac{e^{\frac{2}{c}\left(\delta_1 + \frac{c}{2} l \frac{1 + \operatorname{sen} \alpha_0}{1 - \operatorname{sen} \alpha_0}\right)} - 1}{e^{\frac{2}{c}\left(\delta_1 + \frac{c}{2} l \frac{1 + \operatorname{sen} \alpha_0}{1 - \operatorname{sen} \alpha_0}\right)} + 1}$$

quedando así determinada la dirección de la nueva resultante.

En la figura 12 se representa la función que relaciona desplazamientos con ángulos y la forma de obtener gráficamente, a partir de α_0 y δ_1, el valor de α_1:

Vemos que en los apoyos con teflón, una vez iniciado el deslizamiento, al imponer varios movimientos sucesivos al tablero, el vector fuerza resultante dependerá del orden en que los movimientos sean impuestos, quedando por otro lado, al desaparecer las acciones en el tablero, fuerzas remanentes en los apoyos con teflón y por exigencias de equilibrio

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

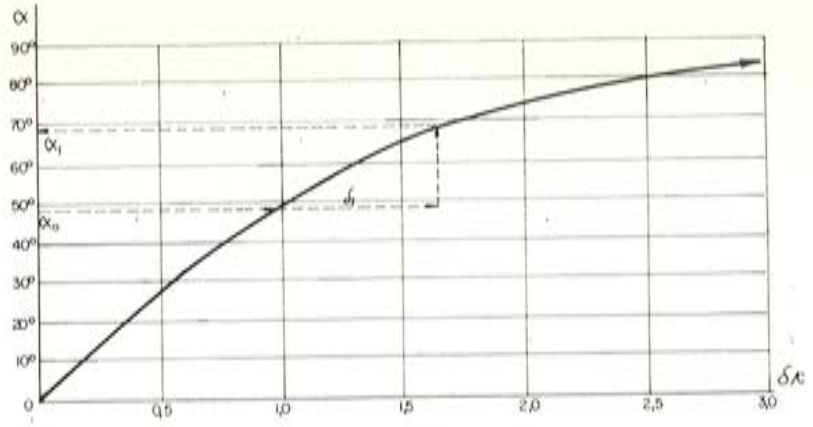


Figura 12.

en el resto de apoyos elásticos, que serán en general distintos a los que existían antes de introducir las acciones.

El comportamiento del apoyo de neopreno con teflón podrá ser, dependiendo del desplazamiento que sufra el tablero en el punto correspondiente a dicho apoyo:

1. Totalmente elástico.
2. Elástico primero y plástico después.
3. Totalmente plástico.

En la figura 13, el círculo de radio C representa el dominio elástico del apoyo. Si O_0 corresponde a la deformación inicial del apoyo cuando el desplazamiento del tablero siga

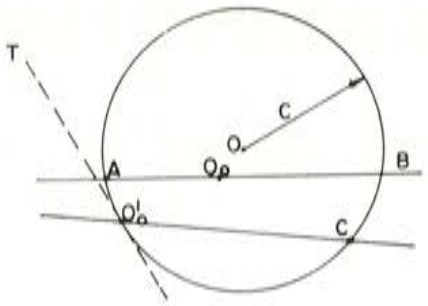


Figura 13.

una dirección tal como la $O_0 A$ u $O_0 B$, *el* comportamiento del apoyo será totalmente elástico en el intervalo $A B$ y plástico fuera de este intervalo. O sea, que para posiciones iniciales como la O_0 podemos estar en los casos 1 ó 2.

Si la posición inicial hubiera sido O'_0, con desplazamientos hacia la izquierda de la tangente $O'_0 T$, tendríamos el caso 3, y hacia la derecha, los casos 1 ó 2.

El tener en cuenta en las ecuaciones fundamentales el comportamiento plástico de los apoyos con teflón complica enormemente los cálculos por las siguientes razones:

1.ª La expresión de fuerzas en función de las deformaciones no es lineal en estos apoyos fuera del dominio elástico, por lo que ya no tendríamos ahora un sistema de ecuaciones lineales, sino otro en el que las incógnitas-desplazamiento y giro de cada plata-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

forma entrarían exponencialmente. Pero supongamos que disponemos de un procedimiento por el que podemos resolver el sistema, obteniendo soluciones tan aproximadas como queramos.

2.ª Imaginemos que entra en juego una acción. Las acciones que hayan intervenido con anterioridad a esta acción habrán determinado la posición inicial con que los soportes reciben a la nueva acción. En efecto, si ha habido acciones anteriores que han desaparecido y que no han hecho sobrepasar los límites del dominio elástico a los soportes con teflón, las fuerzas y deformaciones iniciales en todos los soportes serán nulas. Si por el contrario la acción desaparecida ha hecho que algún o algunos de los soportes se hayan adentrado en el dominio plástico habrá deformaciones y fuerzas iniciales en todos los soportes. Lo mismo sucederá cuando la acción no haya desaparecido.

Por otro lado si han sido varias las acciones que intervinieron previamente los desplazamientos de partida en los soportes para la nueva acción dependerán, en general, del orden en que aquellas acciones intervinieron.

Tenemos, pues, todos los soportes con unos desplazamientos iniciales —algunos de ellos pueden ser los correspondientes a puntos situados en el límite del dominio elástico del soporte— cuando aparece una nueva acción. Supongamos esta acción concretada en una fuerza horizontal actuando en una plataforma, y admitamos en primer lugar un comportamiento elástico de todos los soportes. Dentro de este supuesto partiremos de un valor pequeño de la fuerza acción e iremos incrementándola por escalones, comprobando para cada escalón la actuación elástica de todos los soportes. Llegados a un valor de la acción en que uno o varios soportes han sobrepasado el límite elástico se procederá iterativamente hasta encontrar el valor del escalón, para el cual uno de los soportes deja de ser elástico. A partir de este momento habrá que cambiar el sistema de ecuaciones para tener en cuenta el comportamiento plástico de un soporte.

Cuando todo el conjunto era elástico, cada escalón de carga movilizaba a los soportes en una misma dirección. En cuanto un soporte es plástico a cada incremento de fuerza acción le corresponderá un cambio de dirección de la fuerza resultante en dicho soporte y, por consiguiente, también habrá cambio de dirección en las fuerzas correspondientes a los soportes elásticos. El cambio de dirección de las fuerzas en estos soportes implica cambio de dirección de los desplazamientos, lo cual quiere decir que los sucesivos movimientos de plataforma —traslación y giro— no son ya directamente proporcionales al valor de la carga. Por consiguiente, cuando existen soportes que se comportan plásticamente las fuerzas resultantes en todos los soportes dependerán de la forma en que la fuerza acción sea introducida.

3.ª El comportamiento de los apoyos con teflón ha sido estudiado en el caso en que descansen sobre una pila o estribo con rigidez al desplazamiento infinita y las conclusiones son extensibles al caso de pilas con rigideces principales iguales, pero no son en absoluto aplicables a pilas flexibles con rigideces principales distintas.

De lo expuesto se deduce que, dada la gran complicación de cálculo que supone el tener en cuenta el comportamiento plástico de los apoyos con teflón, sería aconsejable prescindir de éstos en el cálculo de fuerzas horizontales considerando únicamente los soportes elásticos, a no ser que se vea claramente que para la acción introducida el comportamiento de los elementos con teflón es elástico (un ejemplo de éstos puede ser el caso de un puente con apoyos de teflón guiados, que permite solamente el deslizamiento longitudinal, sometido a la acción de sismo transversal o viento).

En cuanto a las pilas con apoyos de teflón tendrían que ser dimensionados con una fuerza horizontal igual a $\varphi^* \cdot V$ orientada en la dirección más desfavorable.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

FUSTES

Una pila de puente puede tener uno o varios fustes. Los fustes y apoyos de neopreno podrán ser considerados como soportes elásticos, de acuerdo con la definición de soporte dada anteriormente. Si sobre los fustes se dispone un dintel éste se asimilará en los cálculos a una plataforma.

Los únicos problemas que nos quedan por resolver son estos:

1. Cálculo de las rigideces principales al desplazamiento y a torsión de un fuste con distintos tipos de enlace a zapata y a plataforma superior (dintel o tablero).

2. Cálculo de las rigideces compuestas de un fuste con apoyo de neopreno sobre él.

3. Influencia del giro de la zapata en las rigideces principales al desplazamiento.

Desarrollaremos a continuación cada uno de estos puntos:

1. Cálculo de las rigideces de un fuste.

Según la definición de soporte los fustes podrían tener cualquier sección y presentar inercias variables a lo largo de su altura, con tal de que los ejes principales de inercia de todas las secciones horizontales se mantengan siempre en un mismo plano.

A nuestros efectos un fuste tendrá que estar empotrado en sus dos extremos o bien empotrado en uno y articulado en el otro. Un extremo no empotrado, tanto si existe articulación como apoyo de neopreno, será considerado como libre para el cálculo de rigideces. Los empotramientos, dependiendo de la flexibilidad del dintel o zapata, podrán ser elásticos.

Supongamos la pila representada en la figura 14. Si el tablero es muy rígido a la torsión el dintel no podrá girar y, por consiguiente, tendríamos que considerar empotramiento de fuste en dintel para el cálculo de la rigidez en el sentido de H. Si el tablero no fuera rígido a torsión o siéndolo aparecieran fuerzas en todas las pilas que pudieran imprimir

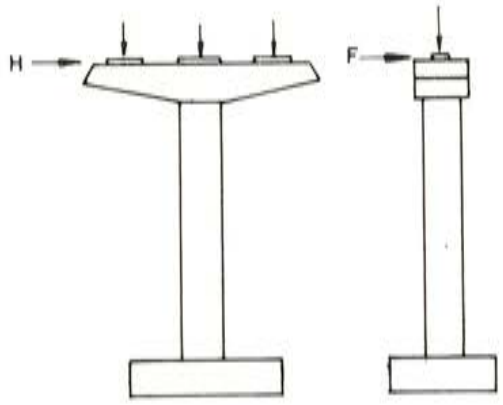


Figura 14.

un giro total al tablero sin introducirle ningún momento torsor podríamos considerar articulación de fuste en dintel.

En cambio, en el sentido de F está más claro que podrá suponerse articulación de fuste en dintel.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

En el caso de una pila como la de la figura 15 la rigidez en el sentido de H de los fustes se hallará determinando el desplazamiento real del dintel al introducir H.

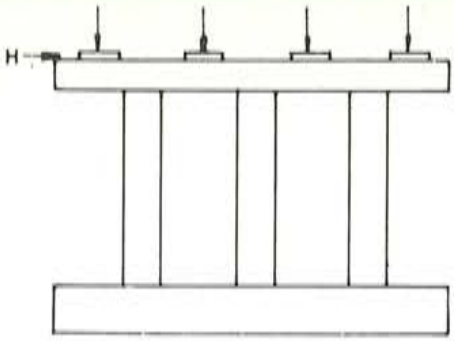


Figura 15.

La rigidez al desplazamiento de un fuste empotrado en un extremo y libre en el otro será

$$R_f = \frac{E}{\int_0^h \frac{x^2}{I_x} d\,x}$$

siendo h la altura del fuste y x la distancia al extremo libre. Para un fuste de sección constante

$$R_f = \frac{3\,E\,I}{h^3}$$

La rigidez para un fuste con empotramiento en ambos extremos será:

$$R_f = \frac{E}{\int_0^h \frac{\left(x^2 - \frac{h\,x}{2}\right)}{I_x} d\,x}$$

y para sección constante:

$$R_f = \frac{12\,E\,I}{h^3}$$

Si sometemos un extremo de un fuste a un giro horizontal ω y suponemos que el otro extremo no gira, la rigidez a torsión R_T corresponderá a la relación $\frac{M_T}{\theta}$ siendo M_T el momento torsor introducido.

$R_T = \frac{G}{\int_0^h \frac{d\,x}{I_{xT}}}$ siendo G el módulo de elasticidad transversal e I_{xT} la inercia torsional de una sección situada a una distancia x de un extremo.

En el caso de fustes de hormigón y en función del tipo de acciones a considerar se tomará el módulo de elasticidad instantáneo o diferido.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

2. Cálculo de las rígideces compuestas de un fuste con apoyo de neopreno sobre él.

Cuando se aplica una fuerza horizontal F en la cara superior del apoyo éste tomará una deformación δ_n y transmitirá el fuste, que suponemos empotrado en el otro extremo, la misma fuerza F produciéndose un desplazamiento en el extremo del fuste δ_f.

Si R_n y R_f son las rigideces al desplazamiento del apoyo de neopreno y del fuste, respectivamente, se verificará:

$$F = R_n \times \delta_n = F_f \times \delta_f$$

El desplazamiento del tablero en este punto ha de ser $\delta = \delta_n + \delta_f$; si llamamos R a la ripidez del conjunto fuste-neopreno:

$$F = \delta \times R = \left(\frac{F}{R_n} + \frac{F}{R_f} \right) R \qquad R = \frac{1}{1/R_n + 1/R_f}$$

De igual forma puede deducirse la rigidez a torsión del conjunto

$$R_T = \frac{1}{1/R_{Tn} + 1/R_{Tf}}$$

3. Influencia del giro de la zapata en las rigideces al desplazamiento de una pila.

Supongamos una pila con un solo fuste y una zapata rígida con ejes principales de inercia situados en los mismos planos que los del fuste. Admitimos que la distribución de

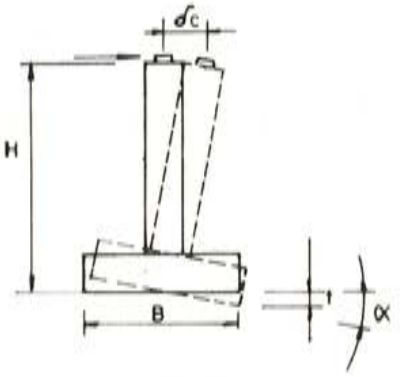


Figura 16.

tensiones sobre el terreno es lineal. Basándonos en el concepto de coeficiente de balasto, k_s, del terreno y para una fuerza horizontal actuando en el plano superior del apoyo según la dirección de uno de los ejes principales se verificará:

$$t = \frac{\sigma}{k_s} \text{ tensión máxima en el terreno} = \frac{6\,F \times H}{B^2\,L}$$

siendo L la longitud de la zapata.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\frac{B}{2} k_s} \qquad \delta_c = H \operatorname{tg} \alpha = \frac{2\,H\,\sigma}{B\,k_s} = \frac{12\,F\,H^2}{k_s\,B^3\,L} \qquad F = \frac{k_s\,B^3\,L\,\delta}{12\,H^2}$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

A la expresión

$$R_z = \frac{k_s B^3 L}{12 H^2}$$

la denominaremos rigidez al desplazamiento de la pila por giro de zapata.

En el caso de cimentación sobre pilotes, el cálculo es más complejo y no será desarrollado en este artículo. El valor del coeficiente de balasto es difícil de determinar. A título indicativo damos a continuación los valores prácticos propuestos por Terzaghi para distintas clases de terreno:

SUELOS SIN COHESION

Consistencia del suelo		Suelta	Medianamente densa	Densa
Densidad seca T/m³		1,3	1,6	1,9
k_s	Arena seca o húmeda	0,3	1	4
Kg/cm³	Arena saturada	0,2	0,65	2,4

ARCILLAS

Para una zapata de ancho B y longitud L se puede tomar $K s = k_s \frac{L + 0{,}5\,B}{1{,}5\,L} \times \frac{30}{B}$ (con dimensiones en centímetros).

Consistencia de la arcilla	Compacta	Muy compacta	Dura
Resistencia a la compresión sin coacción lateral Kg/cm³	1 a 2	2 a 4	≥ 4
k_s (Kg/cm³)	2,4	4,8	9,6

Para tener en cuenta la rigidez por giro de la zapata en la rigidez compuesta de la pila procederemos de igual forma que cuando contábamos con fuste y apoyo:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_z}} = \frac{1}{\frac{h_n}{a\,b\,G_n} + \frac{\int_0^h \frac{x^2}{I_x}\,dx}{E} + \frac{12\,H^3}{k_s B^3 L}}$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

notas de la F.I.P.

n.º 48, 1974

MEJORAS EN LAS "NOTAS DE LA F.I.P."

Esperamos que nuestros lectores sabrán apreciar las mejoras que hemos introducido, tanto en su presentación como en su contenido, en las "Notas de la F.I.P.", a partir del número 47, últimamente publicado. Confiamos en que, más adelante, podremos realizar aún mayores cambios y entre ellos, el primero que figura en la lista, consiste en mejorar la cubierta. Sin embargo, por el momento, nuestras limitaciones en personal y costos, nos impiden avanzar más en este camino y las modificaciones previstas habrá que irlas efectuando gradualmente.

Esperamos también que la inclusión de anuncios aumentará el interés y utilidad de estas Notas, además de proporcionarnos una pequeña ayuda para nuestros gastos de imprenta y correo. Rogamos a los distintos grupos nacionales que informen, a los posibles anunciantes de sus respectivos países, sobre esta nueva modalidad, recordándoles que las Notas de la F.I.P. se distribuyen entre unas 9.000 personas, aproximadamente, de todas las partes del mundo, interesadas en el hormigón pretensado. Se envían a unos 65 países en los cuales la F.I.P. cuenta con Grupos Miembros, Observadores u otros contactos.

La F.I.P. desearía poder incluir en estas Notas, bajo el epígrafe 2 "Actividades de los Grupos Miembros", el mayor número posible de informes y noticias originales. Lo mismo ocurre en lo que respecta a la Sección 3 "Avances técnicos" y a la 4 "Obras destacadas".

Se ruega que todas las comunicaciones e informes que se deseen enviar, así como cualquier pregunta o solicitud de información relacionada con la publicidad en estas Notas, se envíe a la Secretaría de la F.I.P.

ACTIVIDADES DE LOS GRUPOS MIEMBROS

PIERRE LEBELLE

Pierre Lebelle ha fallecido a la edad de setenta años, el 14 de octubre de 1973. Con su muerte, el mundo ha perdido uno de los más eminentes pioneros de la técnica del pretensado. Fue discípulo y colaborador de Mr. Freyssinet. Todos los que con él trabajaban, todos los que le trataron y admiraron, han quedado consternados con la noticia de su desaparición. Pierre Lebelle era bien conocido por cuantos han estado interesados en la técnica del pretensado desde sus comienzos.

Como Freyssinet, Pierre Lebelle era de origen provinciano. Había nacido en un pequeño pueblo de Creuse, una región de gran tradición en las actividades constructivas. Graduado en la Escuela Politécnica en 1923, cumplió su servicio militar en Artillería y empezó trabajando en una empresa de carpintería, en Lyón, donde obtuvo el título de "Maestro carpintero", del que estaba muy orgulloso. Después se trasladó a París, colabo-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

rando primero con una empresa constructora y pasando después al Bureau Securitas, organización dedicada a la supervisión, tanto del proyecto como de la ejecución de estructuras. En 1971 fue designado Vicepresidente de esta firma. Posteriormente, la ampliación de actividades del Bureau Securitas, condujo a la creación de una nueva Sociedad de Ingeniería, Socotec, de la cual Lebelle fue su Director Ejecutivo. Esta actividad le permitió adquirir una amplísima experiencia en el campo de la construcción, ya que todos los proyectos más importantes y los problemas más difíciles, pasaban por sus manos.

Aun limitándonos solamente a las estructuras correspondientes a la "gran época" del nacimiento del hormigón pretensado, hemos de mencionar que su participación fue esencial en la construcción de los pontones para ferrocarril en Rouen, la terminal marítima del Havre, los depósitos de Orleáns, los puentes bajo las pistas del aeropuerto de Orly y muchas otras estructuras, un buen número de las cuales fueron récords en la época en que se construyeron. (La F.I.P. agradece a la S.T.U.P. el haberle facilitado los datos necesarios para la realización de este resumen biográfico.)

VII ASAMBLEA TECNICA DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL PRETENSADO

En noviembre de 1972 se celebró, en Sevilla, la VII Asamblea Técnica Nacional de la A.T.E.P. Las comunicaciones presentadas a misma cubren un amplio campo de los diversos aspectos de la técnica del pretensado. Los textos de todas estas comunicaciones se han recogido en un número extraordinario, de más de 400 páginas, con numerosas fotografías, de la revista "Hormigón y Acero" que edita dicha Asociación. Esta publicación puede adquirirse en la A.T.E.P., Apartado 19.002. Madrid-33.

PRIMER SEMINARIO ARGENTINO SOBRE HORMIGON PRETENSADO

En junio de 1973, la Asociación Argentina del Hormigón Pretensado, en colaboración con el Instituto Argentino del Cemento Pórtland, organizó el I Seminario sobre Hormigón Pretensado celebrado en dicho país. Análogamente a las Primeras Jornadas de la F.I.P., organizadas en la Argentina en abril de 1972 y descritas en las Notas de la F.I.P. número 41, este Seminario tenía por objeto reunir a un escogido grupo de ingenieros, expertos en la técnica del pretensado, y deseosos de estudiar y difundir las particularidades de esta moderna modalidad constructiva.

Veintiséis especialistas fueron invitados a presentar sus trabajos, relacionados con los cinco temas elegidos para el Seminario, que fueron los siguientes:

— Materiales. Hormigón y Acero.
— Bases fundamentales de cálculo.
— Sistemas de pretensado.
— Prefabricación.
— Construcción.

El primer día, el Ingeniero Carlos E. Duvoy, Presidente de la Asociación Argentina del Pretensado, abrió las sesiones pronunciando unas palabras de bienvenida a los participantes. Refiriéndose al desarrollo del pretensado en la Argentina, el Ingeniero Duvoy dijo: "La idea del pretensado ha permitido un magnífico progreso en la utilización de dos materiales: el hormigón de cemento pórtland y el acero; y ha proporcionado el método más adecuado para almacenar energía y el proceso más apropiado para crearla". En su intervención, más adelante, dijo: "Vivimos en una época de extraordinarias aplicaciones y posibilidades técnicas, que nos permiten influir en el futuro, aumentando los dones que la Naturaleza nos concede".

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

SIMPOSIO DEL A.C.I. SOBRE ESTRUCTURAS DE HORMIGON, EN ALTA MAR

El viernes, 29 de marzo de 1974, se celebró un Simposio sobre "Estructuras de hormigón en alta mar", organizado por el A.C.I. y la Industria de Productos de Hormigón, de Hawai, en el Hotel Sheraton Waikiki, en Honolulú. Este Simposio formaba parte de la Convención Anual del A.C.I., correspondiente a 1974, la mayor parte de cuyas sesiones se desarrollaron en San Francisco, desde el 31 de marzo al 5 de abril.

En este Simposio participaron las primeras autoridades mundiales en las aplicaciones del hormigón en la construcción de estructuras flotantes y sumergidas, y se trataron temas relacionados con la industria petrolífera, la navegación y las plataformas flotantes.

La conferencia de apertura, pronunciada por el Profesor Ben C. Gerwick Jr., en aquella fecha Vicepresidente General de la F.I.P., versó sobre el tema "Estructuras de hormigón: La llave para el desarrollo de los océanos". Otros eminentes conferenciantes fueron: J. Moe, Presidente de la Universidad Técnica de Noruega, que habló sobre "Estudio de las posibilidades del hormigón pretensado en la construcción de petroleros", y E. M. O. Røren, del Norske Veritas, quien tituló su conferencia "Propuesta de normas para el cálculo, construcción e inspección de estructuras fijas en alta mar". Los Profesores M. Kokubu y C. Tamura, de la Universidad de Tokio, presentaron sus estudios sobre "Resistencia a los sismos de las estructuras de hormigón en alta mar".

Otros conferenciantes, de Hawai, trataron los siguientes temas: "Puentes, barcazas y otras estructuras flotantes" y "Salas flotantes para exposiciones".

Los interesados en conocer más amplios detalles sobre este Simposio, podrán obtener la información deseada dirigiéndose a: A.C.I. Box 19150, Detroit, Michigan 48219, Estados Unidos.

AVANCES TECNICOS

JOURNAL DEL PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE

En el número de septiembre-octubre de 1973 de la revista "Journal of the Prestressed Concrete Institute", de Estados Unidos, se incluyen tres artículos, de especial interés, cuyos resúmenes se dan a continuación:

VIGAS A.A.S.H.O.-P.C.I.

En la última década, la mayor parte de los pasos superiores de las autopistas se construyeron a base de vigas prefabricadas de sección en I completadas in situ con una losa superior que forma el tablero. Normalmente, las vigas se apoyan en dos estribos extremos, una pila central y dos pilas intermedias inclinadas que, uniéndose a los estribos, constituyen células triangulares extremas, de apoyo. Sin embargo, las nuevas normas de seguridad dictadas, prohíben el empleo de las pilas intermedias. Estas nuevas normas, junto con la necesidad de aumentar la luz de los tramos, han dado lugar a que las vigas tipificadas A.A.S.H.O.-P.C.I., clases III y IV, no puedan ya seguirse utilizando.

No obstante, todavía pueden servir estas vigas A.A.S.H.O.-P.C.I., aun para luces mayores, si se utilizan a modo de dovelas, para ser enlazadas en obra mediante un pretensado con armaduras postesas.

El autor describe el método de cálculo de estos puentes construidos a base de dovelas de gran longitud, e incluye dos ejemplos numéricos, desarrollados con todo detalle, para

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

aclarar la aplicación del método de cálculo propuesto. Se dan también varias tablas y ábacos que facilitan el proceso de cálculo.

MEJORAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE PREFABRICACION MEDIANTE EL EMPLEO DE HORMIGON CALIENTE

Por P. Kluchert.

Este artículo constituye la primera información documentada sobre la experiencia obtenida en una industria de prefabricados de Estados Unidos, en la cual se viene utilizando hormigón previamente calentado. Después de exponer los objetivos fundamentales que se persiguen con el uso del hormigón caliente, el autor describe las técnicas que se emplean en la fabricación, acabado y curado del hormigón.

Destaca la importancia de que el equipo elegido reúna todos los requisitos adecuados. Por ejemplo, indica que al seleccionar la amasadora, deben tenerse muy en cuenta diversos factores tales como la cantidad de vapor necesaria y el coste que representa el suministro de este vapor.

Finalmente, hace algunos comentarios sobre los problemas que se presentan durante el proceso de fabricación y sobre el mantenimiento del equipo.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE ELEMENTOS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDOS A SOLICITACIONES COMBINADAS DE TORSION, FLEXION Y CORTANTE

Por A. E. McMullen y H. R. Woodhead.

Se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre 26 vigas de sección rectangular, de hormigón pretensado mediante armaduras pretesas excéntricas, y sometidas a distintas combinaciones de solicitaciones de torsión, flexión y cortante.

Para estudiar la influencia de la presencia de cercos, 18 de dichas vigas iban armadas con cercos rectangulares cerrados y las otras ocho no llevaban cercos.

Otras variables investigadas fueron el valor medio de la fuerza de pretensado, la separación entre cercos y las relaciones T/V_b y T/M.

En el artículo se proponen unas fórmulas para el cálculo de secciones de vigas, con y sin cercos, sometidas a la acción combinada de torsión y cortante y de torsión y flexión.

MANUAL SOBRE UTILIZACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON, EN EDIFICACION

La División de Construcción Industrializada del P.C.I. (Estados Unidos), ha publicado recientemente un nuevo Manual para el cálculo de elementos prefabricados de hormigón, para edificación. Este Manual proporciona información sobre todos los distintos aspectos del tema, incluyendo el proyecto, cálculo, uniones, normas de buena práctica, etcétera. Consta de 173 páginas y va ilustrado con 175 fotografías y 115 figuras. El aspecto económico del tema no ha sido olvidado y se dan instrucciones importantes sobre la forma de conseguir soluciones óptimas desde el punto de vista de la economía, en los proyectos de edificios construidos con elementos prefabricados de hormigón. En capítulos independientes se estudian: acabados, tolerancias, juntas, manejo, transporte, colocación y protección.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Este manual se puede adquirir, al precio de 15 dólares cada ejemplar, en el P.C.I., 20 North Wacker Drive, Chicago, Illinois 60606 (Estados Unidos).

INVESTIGACIONES SOBRE HORMIGON, EN NORUEGA

El lunes 12 de noviembre de 1973, y en el curso de una reunión celebrada por el grupo de Estudios de la Asociación Noruega del Hormigón, en Oslo, pronunció una conferencia el Secretario Técnico de la F.I.P. sobre las actividades de la Federación. Después de una reseña histórica de la vida de la F.I.P. desde su fundación, comentó cuáles eran sus organismos de administración y gobierno, y los trabajos encomendados a cada una de sus diferentes Comisiones técnicas. Expuso la labor que, para el futuro, tienen programadas estas Comisiones, y las nuevas que se espera poder constituir. Se discutió el programa del VII Congreso de Nueva York y de los dos Simposios que, en septiembre de 1976, habrán de celebrarse en Australia.

A continuación, el Profesor Gjorv, de la Universidad Técnica de Trondheim, hizo una breve descripción de los trabajos de la Comisión de la F.I.P. sobre "Estructuras marítimas", y del informe redactado por la misma.

La reunión estuvo presidida por Mr. Holst, Vicepresidente de la F.I.P., en representación del Grupo nacional noruego, y Mr. Erik Lie, Presidente del Grupo de Estudios.

El día siguiente se repitió el mismo programa en la Universidad Técnica de Trondheim, bajo la presidencia de Mr. Audun Hofsøy, del Instituto de Investigaciones del Cemento y el Hormigón. Después de la conferencia en Trondheim, el Secretario Técnico de la F.I.P. fue invitado a presenciar algunos de los trabajos de investigación que se estaban realizando en el mencionado Instituto, entre ellos, los relativos a hormigones polimerizados y vasijas de presión en hormigón pretensado. Los modelos ensayados dentro del programa correspondiente a las vasijas de presión son, generalmente, del orden de 1,5 m de altura y tienen un diámetro interior de unos 50 cm. Las presiones previstas en el proyecto eran de 85 kg/cm^2 y aquellas para las cuales se alcanzó la rotura en los ensayos, variaban entre 260 y 270 kg/cm^2.

Hormigón impregnado con polímeros.

En 1972, el Instituto antes citado publicó un trabajo titulado "Comportamiento de las vigas de hormigón armado fabricadas con hormigones parcialmente impregnados con polímeros" (*). En él se describen los ensayos realizados a lo largo de dos años. Las probetas se prepararon sometiendo a un secado normal vigas de hormigón armado, sumergiendo éstas después en un líquido monómero y polimerizándolas mediante aplicación de calor. Se ensayaron 28 vigas de hormigón armado y dos de hormigón en masa, tanto polimerizadas como sin polimerizar, y se compararon los resultados obtenidos. A continuación se recogen algunas de las conclusiones deducidas:

1. En las vigas tratadas con polímeros se observó un considerable aumento del valor de las cargas necesarias para producir la fisuración en flexión, fisuras inclinadas, y la rotura.
2. La relación entre la carga de rotura y la de fisuración era mucho más elevada en las vigas polimerizadas que en las normales.
3. Las vigas polimerizadas eran menos flexibles que las análogas sin polimerizar. Se subraya que el hormigón impregnado con polímeros es más frágil que el hormigón normal y que debe tenerse muy en cuenta esta pérdida de ductilidad.

(*) Bulletin FCB 72-2, Norwegian Institute of Technology, Trondheim.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

4. Para un valor dado de la deformación por compresión, en la zona sometida a flexión pura, la carga soportada por las vigas polimerizadas era unas 2,5 veces mayor que la correspondiente en las vigas sin tratamiento.

5. La resistencia de las vigas polimerizadas puede calcularse por los métodos normales utilizados para el cálculo de piezas de hormigón armado, pero modificando el diagrama tensión-deformación.

Otro dato de interés para los Grupos Miembros de la F.I.P., que fue conocido durante esta visita, se refiere a los trabajos de la Comisión de la F.I.P. sobre "Resistencia al fuego". Las "Directrices para el cálculo de elementos estructurales de hormigón armado y hormigón pretensado en relación con su resistencia al fuego", se han traducido al noruego y se espera que sean adoptadas como Normas oficiales con carácter nacional.

INVESTIGACION SOBRE AEROPUERTOS FLOTANTES

En el Informe Anual de 1972 del Centro de Investigaciones de la Edificación del Reino Unido, se describen las investigaciones realizadas referentes a aeropuertos flotantes.

El trabajo se ha basado en el concepto de un aeropuerto flotante, totalmente alejado de la costa, construido con hormigón armado y pretensado, en forma de losa celular rellena con poliestireno.

El éxito de este tipo de construcción depende del funcionamiento como membrana de la parte superior de la losa.

Puesto que los actuales métodos de cálculo no han dado buenos resultados para este tipo de estructuras, se han llevado a cabo ensayos con 60 placas de 2 × 2 metros, durante el pasado año, sometiéndolas, mediante el empleo de un marco especial de carga, a acciones análogas a las que producen las ruedas de los aviones. Se espera que el análisis de la información obtenida conducirá a una mejor comprensión de la influencia favorable, desde el punto de vista resistente, originada por la compresión producida por el efecto membrana en las placas sometidas a cargas concentradas.

COLOQUIO DEL R.I.L.E.M. SEPTIEMBRE 1974

La R.I.L.E.M. (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigaciones sobre Materiales de Construcción) y el C.I.S.M. (Centro Internacional de Ciencias Mecánicas, Udine) han organizado conjuntamente un coloquio referente a "Ensayos y Observaciones sobre Modelos y Estructuras, y su Comportamiento en función del Tiempo". Este coloquio se celebró en Udine (Italia) del 18 al 20 de septiembre de 1974.

NUEVO DIRECTOR DE LA S.T.U.B.

En su reunión del 25 de octubre de 1973, la Junta Directiva de la S.T.U.B. eligió a Mr. Jacques Donnedieu de Vabres Presidente del Consejo de Directores de la Empresa Campenon Bernard, como Director de la S.T.U.B. y Presidente de la Junta. En la misma sesión fue designado Vicepresidente Mr. Jean Chaudesaigues.

CIMENTACIONES EN HORMIGON PRETENSADO

Para la construcción de un edificio destinado a una nueva escuela, ubicada en el London Borough of Sutton, de Inglaterra, se han utilizado, en la cimentación, vigas de hormigón pretensado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Los constructores manifestaron que el empleo de vigas pretensadas en la cimentación resultaba más ventajoso que los sistemas tradicionales, ya que permitía acortar plazos y una más fácil ejecución. Al utilizarse vigas prefabricadas, los trabajos en obra se reducen y la desfavorable influencia del mal tiempo durante la construcción prácticamente desaparece. El sistema propuesto resulta más económico en todos aquellos casos en los que, la naturaleza del terreno exija cimentaciones ordinarias de espesores superior a los normales. Puede también utilizarse en zonas en pendiente.

ESTRUCTURA UTILIZADA CONJUNTAMENTE PARA EL PASO DE OLEODUCTOS Y VIAS DE COMUNICACIONES (I.P.T.)

El Profesor T. Y. Lin ha publicado un folleto muy documentado y profusamente ilustrado, para dar a conocer su proyecto de estructura para el paso conjunto de oleoductos y vías de comunicación (I.P.T.). En su introducción el Profesor Lin afirma:

"Alaska, con sus 42.000 Km de costa, constituye los dos tercios del total de la plataforma continental de los Estados Unidos que, como se sabe, es rica en petróleo. Se estima que el potencial de reservas en petróleo de Alaska llega a ser de cien billones de barriles, y que contiene como mínimo unos tres trillones de metros cúbicos de gas natural. Se espera descubrir nuevos yacimientos en las proximidades con Siberia y en los Territorios del Noroeste del Canadá.

Para transportar el petróleo desde la costa Norte, la industria del petróleo ha planificado la construcción de un oleoducto convencional de 1.220 mm de diámetro y un recorrido de 1.270 Km, desde la Bahía de Prudhoe, en el Artico, hasta Valdez, en las templadas aguas del Golfo de Alaska, conocido por el "Trans-Alaska Pipeline System" (T.A.P.S.).

El citado proyecto T.A.P.S. está pendiente de aprobación desde 1969, debido a los pleitos contra él presentados ante los Tribunales de Justicia, por los grupos conservadores, por las siguientes razones: primero, por no haberse tenido en cuenta las condiciones ambientales y después, por no haber cumplido las limitaciones del Congreso sobre la amplitud de las servidumbres de paso sobre las tierras Federales, amén de otras objeciones. La industria del petróleo todavía insiste en que su propuesta será pronto aprobada y, por consiguiente, duda incluso en considerar otro proyecto, por temor a que esto pueda provocar posteriores retrasos, con lo cual saldrían favorecidos sus adversarios.

El hecho lamentable es que si esta propuesta, pasada de moda, se aprueba y realiza, las futuras ampliaciones de otros oleoductos encontrarán, seguramente, mayor oposición pública y pueden llegar a ser completamente irrealizables como resultado de los escapes de petróleo y otros daños para el ambiente, originados por este primer oleoducto. Es decir, que aunque la industria del petróleo ganase esta batalla ahora, al final acabaría por perderla.

El oleoducto T.A.P.S. transportará un máximo de dos millones de barriles diarios. Téngase en cuenta que el consumo por día en los Estados Unidos, actualmente, es de 20 millones de barriles, y que en 1985 será de 30 millones de barriles.

Para que los recursos del Artico lleguen a constituir una importante contribución, necesitaremos varios oleoductos y gaseoductos. También precisaremos medios de transporte para personal y mercancías, comunicaciones y líneas de energía. ¡Por consiguiente es una falta de visión hablar de un único oleoducto!

Si se construvese en Alaska el I.P.T., podría servir para transportar gas natural y petróleo desde la Siberia Oriental, a través del Estrecho de Bering, hasta el Canadá y los Estados Unidos. Esto, realmente, transformaría los dos hemisferios en uno sólo y fomentaría la paz así como el comercio entre todas las naciones".

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

El Profesor Lin, seguidamente, pasa a ocuparse detalladamente de la protección ambiental, de la aplicación del sistema I.P.T. en Alaska, del proyecto, de la fabricación en serie de los elementos utilizados, de los métodos de construcción, de los costos y de los medios de financiación.

Con objeto de obtener la máxima protección y para que requiera la mínima conservación, la tubería sería construida a base de segmentos prefabricados de hormigón, unidos mediante armaduras postesas, acoplados en elementos sustentados sobre pilas distanciados a intervalos de unos 9 metros.

La sección transversal de la estructura propuesta por Mr. Lin, en su versión de "máximo aprovechamiento" podría albergar seis oleoductos, cada uno de más de 1 m de diámetro. También incluiría cuatro carriles de tránsito rápido, situándose dos carriles en el exterior, en la parte superior de la estructura tubular, y los otros dos en su interior. Los carriles que van dentro de la estructura tubular serían utilizables para el transporte cualesquiera que fuesen las condiciones meteorológicas, con luz natural y visibilidad y ventilación, a través de ventanas dispuestas lateralmente a todo lo largo de dicha estructura tubular.

Esta versión de "máximo aprovechamiento" sería suficiente para cubrir las necesidades durante un plazo de varias décadas. Sin embargo, requeriría una fuerte inversión inicial, posiblemente no rentable en los momentos actuales. Los grupos conservadores creen también que un proyecto de tal envergadura puede estimular excesivamente el desarrollo potencial de la región. En consecuencia, se ha sugerido una solución de tipo de "aprovechamiento medio" como más idónea.

Esta versión "media", no obstante, tiene todavía capacidad para albergar seis tuberías para transportar petróleo, gas, líneas de energía y comunicación, etc. Sin embargo, sólo se ha previsto para dos carriles de tránsito rápido sobre la parte superior de la estructura tubular de hormigón, no existiendo ninguna en la parte interior. En esta solución habría que disponer dispositivos y equipos para mantener la pista, que está a la intemperie, libre de hielo y nieve.

En un principio estos dos carriles se utilizarían como autopista de transporte. Eventualmente podrían transformarse en carriles de tránsito rápido con objeto de reducir al mínimo la contaminación del aire y proporcionar una mayor capacidad de transporte.

JOURNAL OF THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

En el Journal of the American Concrete Institute del mes de noviembre de 1973 aparecen dos artículos relacionados con el pretensado. A continuación se facilitan los resúmenes de ambos.

Cálculo de vigas de hormigón pretensado sometidas a torsión.

Se propone un método para el cálculo de vigas de hormigón pretensado sometidas a torsión, flexión y esfuerzo cortante. Este método se basa en las actuales recomendaciones del A.C.I. para hormigón armado. Los resultados de los ensayos realizados sobre cuatro vigas que se calcularon utilizando el método propuesto, demuestran que dicho método es satisfactoriamente conservador y predice correctamente el tipo de rotura. Los resultados de estos cuatro ensayos también se compararon con los obtenidos utilizando la teoría de las bielas y se observó que esta teoría es más conservadora y no predice adecuadamente la rotura por compresión. Finalmente, las resistencias obtenidas experimentalmente sobre

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

379 vigas pretensadas, y de las cuales se da cuenta en la bibliografía correspondiente, se comparan con las resistencias a rotura calcu'adas por el método propuesto en el artículo. Se comprueba que este método resulta conservador, particu'armente para las piezas de sección en I y en T.

Rápida y exacta evaluac'ón de las pérdidas de pretensado.

Las dificultades para estimar con exactitud las pérdidas debidas a la fluencia, retracc'ón y relajación de los aceros se refieren a: (a) la predicción de los coeficientes relacionados con la calidad del hormigón, del acero y de las cond'ciones ambientales en los que se encontrará la estructura durante el período en que se producen estas pérdidas; (b) la dependencia mutua entre las magnitudes de las pérdidas de pretensado producidas por las tres causas citadas. En la práctica, el proyect'sta puede recurrir a resu'tados experimenta'es o a los valores prácticos recomendados para la fluencia, retracción y re'ajación. Una vez establecidos estos valores pueden eliminarse los errores que resultan a consecuencia de las causas citadas en el apartado (b). Con esta finalidad se ha escrito el presente artículo. Utilizando un procedim'ento de "etapas sucesivas", que tiene en cuenta las recuperaciones por elastic'dad y fluencia del hormigón y el efecto en la variación de la tensión por la relajacón del acero, se han podido preparar unos ábacos, para su utilización en la práctica, que permiten proyectar económicamente, mediante una exacta estimación de las pérd'das de pretensado, sin necesidad de realizar los cálculos del procedimiento por etapas sucesivas".

PUBLICACION DEL A.C.I. SP-17 (73). MANUAL DE CALCULO

La Comisión 340 del A.C.I. acaba de lanzar la Segunda Edición del Volumen I del Manual de Cálculo, basado en los métodos propuestos en la Norma A.C.I. 318-71.

Se ha designado "Publicación SP-17 (73) del Instituto Americano del Hormigón (A.C.I.)".

El Manual consta realmente de dos volúmenes. El Volumen 1 contiene los datos necesarios para el cálculo de vigas, losas, zapatas y otros elementos. El Volumen 2 se ocupa exc'usivamente de los soportes. Ambos volúmenes intentan simplificar los cálculos de los elementos estructurales de hormigón armado, empleando para ello el método de cálculo de tensiones, de las Normas de Edificación del A.C.I.

El Volumen 1 se imprimió por primera vez en 1967 y la segunda edición es de agosto de 1973.

Aun cuando el cálculo de soportes fue expresamente exclu'do, en la primera edición del Volumen 1, la segunda edición contiene un nuevo capítulo sobre soportes. No se han intentado sustituir con él al Volumen 2, sino que fue preparado para facilitar al proyectista una colección de tablas, de fácil utilización, que le permiten resolver los problemas corrientes en el caso de soportes normales.

Se incluyen numerosos ejemplos y cada etapa de cálculo va acompañada de la correspondiente explicación.

(A.C.I. Publication SP-17 (73), P.O. Box 4754, Detroit, Michigan, 48219, U.S.A. 403 páginas, gráficos y tablas.)

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

PUBLICACION DEL A.C.I. SP-40 "LOS POLIMEROS EN EL HORMIGON"

En marzo de 1971 se formó la Comisión 548 del A.C.I. "Los polímeros en el hormigón", con el objeto de reunir, ordenar y evaluar la información relativa a los efectos de los polímeros utilizados en el hormigón, sobre las propiedades de éste. También se le encargó preparar una guía sobre sus aplicaciones.

El primer trabajo que emprendió la Comisión fue organizar un simposio sobre "Polímeros en el hormigón", con objeto de atraer sobre este tema la atención de la industria de la construcción, haciéndole patente la gran cantidad de obras realizadas con estos materiales.

Algunas de las ponencias de este simposio se presentaron también después en dos diferentes reuniones: en la del A.C.I., de otoño de 1972 y en la Reunión Anual del A.C.I. de 1973. Hubo otras ponencias que no se presentaron en estas reuniones.

La publicación del A.C.I., SP-40 contiene 17 ponencias, la mayoría de las cuales están dedicadas al P.C.I. Respecto a las otras, dos fueron preparadas sobre el tema del P.C. y tres sobre el P.C.C. Los temas del simposio fueron:

a) Procedimientos tecnológicos para la preparación del hormigón que contenga polímeros.

b) Propiedades de los materiales.

c) Estudios fundamentales.

d) Trabajos realizados para el perfeccionamiento de las aplicaciones.

(A.C.I. Publication SP-40. 362 páginas. American Concrete Institute, Detroit.)

OBRAS INTERESANTES

ESTADIO CUBIERTO EN VIENA

La insuficiente capacidad de los Centros Deportivos existentes en Viena ha motivado la decisión de erigir un nuevo Centro Polideportivo, con las necesarias instalaciones para los espectadores. Entre las instalaciones existentes en este nuevo Estadio están: una pista de 250 m para bicicletas, otra de carreras, de 200 m y otras para la práctica de toda clase de especialidades atléticas.

La forma del nuevo Estadio es el de una construcción circular de 110 m de diámetro. La estructura es muy interesante desde el punto de vista técnico. Un importante aspecto es el del empleo de piezas prefabricadas de hormigón en la estructura circular, la cual está constituida por 36 soportes de 25 m de altura, colocados a una distancia entre ejes de 10 m y dos series de elementos horizontales situadas, una a media altura y otra en la parte superior de los soportes. Las bases de los soportes penetran en cajeados adecuados previamente dispuestos en la cimentación, que fue hormigonada in situ.

Construcción.

Por razones tanto de fabricación como de montaje los soportes se hicieron en dos partes que se ensamblaron en obra. Las partes superior e inferior de estos soportes pesan 37 y 28 t respectivamente. Las juntas, de 4 cm de ancho, se rellenaron con un material sintético a base de resina epoxy. No existen armaduras pasantes en las juntas, pero se pretensaron utilizando el sistema Dywydag, con cables de 32 mm.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

A medida que se levantaban los soportes se fueron colocando y conectando los elementos horizontales o vigas, para rigidizar lateralmente la estructura. Después de insertar los cables de 32 mm, y 16 m de longitud, y rellenar las juntas de las vigas, se tesaron los cables y se inyectaron. Una vez terminada la colocación de los soportes, y comprobada su correcta posición, se montaron las vigas superiores sobre las cabezas de los mismos, con una tolerancia máxima de 1 mm. El anillo así formado a este nivel se cerró soldando las armaduras y hormigonando las juntas.

TORRE DE 210 METROS DE ALTURA PROYECTADA EN AUSTRALIA Y ESTABILIZADA MEDIANTE CABLES PRETENSADOS

Este interesantísimo proyecto, para la zona comercial de Sydney, Australia, comprende unos almacenes comerciales de 15 plantas y un edificio de oficinas, todo ello dominado por una torre metálica de 210 metros de altura. Esta torre, proyectada con fines turísticos y de telecomunicación, lleva en la parte superior un edificio de cinco plantas.

La solución propuesta por los ingenieros proyectistas consiste en construir una torre metálica con un núcleo central de 6,4 m de diámetro, rodeada exteriormente por cables rectos de pretensado, dispuestos oblicuamente para formar un hiperboloide de revolución cuyo diámetro en la base es de 37 m y en la coronación de 15,3 m. La oblicuidad de los cables hace que sean tangenciales al núcleo metálico a la altura de 140 m a partir de la base.

Para aumentar la estabilidad frente a los esfuerzos de torsión, los cables están dispuestos oblicuamente, unos hacia la derecha y otros hacia la izquierda formándose así a modo de una red. En total se emplearon 72 cables, formando un ángulo de 82° 50 con la horizontal.

Para determinar sus posibilidades de realización se construyó un modelo a escala 1 : : 100, es decir, de 2,1 metros de altura, prescindiendo del bloque de cinco plantas de la coronación. Los ensayos se realizaron en un túnel aerodinámico, con una velocidad máxima de viento de 43 metros por segundo.

Se ensayaron dos tipos de cables, representativos de los cables reales, cuyas áreas eran de 2.500 y 7.000 mm^2, sometiéndolos a tres tensiones de pretensado distintas, equivalentes a 560, 1.000 y 2.000 Kg/cm^2.

Los resultados obtenidos sobre modelo, no sólo sirvieron para probar el proyecto original, sino también como guía de sus posibilidades de realización. La estructura, después de un cierto número de sencillos cambios, acreditó ser suficientemente resistente para una torre de estas características.

LA UNIVERSIDAD DE LETHBRIDGE, ALBERTA (CANADA)

Combinando elementos prefabricados con la técnica del pretensado, se ha realizado la construcción de un moderno edificio de impresionante aspecto. Forma parte de la Universidad de Lethbridge, en Canadá.

Cerca de 1.700 vigas de sección en doble T, de hormigón pretensado, han sido utilizadas en los forjados de pisos y cubiertas. En los muros, la cantidad de piezas prefabricadas empleadas ha sido de 1.000. Mediante chorro de arena se obtuvo un agradable acabado a base de árido visto.

El edificio fue galardonado con uno de los premios del concurso celebrado, en 1972, por el Instituto Americano del Hormigón Pretensado (P.C.I.).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

GIGANTESCA CUBIERTA LAMINAR PRETENSADA, EN FORMA DE PARABOLOIDE HIPERBOLICO, PARA EL "COLISEO PONCE"

Recientemente ha sido concluida una cubierta laminar, en forma de paraboloide hiperbólico, para el "Coliseo Ponce", en Puerto Rico.

La cubierta vuela 42 m, medidos a lo largo de las vigas de borde. Se afirma que es la cubierta laminar en voladizo, en forma de paraboloide hiperbólico, mayor del mundo.

Tanto en la cubierta como en las vigas de borde se emplearon armaduras postesas para regular las deformaciones y las tensiones. Además, las pilas situadas en los arranques de las láminas, se unieron entre sí también mediante armaduras postesas, por debajo del nivel del suelo, para resistir los empujes horizontales.

Para analizar el comportamiento de la estructura y calcular los momentos, tensiones y deformaciones en la lámina y en las vigas de borde, se utilizó el método de elementos finitos.

Intervinieron en este proyecto el Profesor T. Y. Lin y la Empresa T. Y. Lin International.

Traducido por:
C. SÁNCHEZ CASTRO

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024

Miembros protectores
de la Asociación Técnica Española del Pretensado

Dentro de nuestra Asociación existe una categoría, la de **"Miembro Protector"**, a la que pueden acogerse, previo pago de la cuota especial al efecto establecida, todos los Miembros que voluntariamente lo soliciten. Hasta la fecha de cierre del presente número de la Revista, figuran inscritos en esta categoría de **"Miembro Protector"** los que a continuación se indican, citados por orden alfabético:

AGRUPACION DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA.—Eduardo Dato, 17. Madrid-10.
AGUSTI, S. A.—Carretera de Barcelona, 36. Gerona.
ALVI, S. A. (PREFABRICADOS ALBAJAR).—Marina Moreno, 31. Zaragoza.
CAMARA, S. A.—Paseo San Vicente, 4. Valladolid.
CAMINOS Y PUERTOS, S. A.—J. Lázaro Galdiano, 4. Madrid-16.
CANTERAS Y AGLOMERADOS, S. A. (CYASA-PPB).—Pintor Fortuny, 3. Barcelona-1.
CARLOS FERNANDEZ CASADO, S. A.—Grijalba, 9. Madrid-6.
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION DE O. P.—Alfonso XII, 3. Madrid-7.
CENTRO DE TRABAJOS TECNICOS, S. L.—Consejo de Ciento, 304. Barcelona-7.
COMPAÑIA AUXILIAR DE LA EDIFICACION, S. A.—Monte Esquinza, 30. Madrid-4.
DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A.—Alameda de Osuna, 50. Madrid-22.
ELABORADOS METALICOS, S. A. (EMESA).—Apartado 553. La Coruña.
EUROPEA DE INYECCIONES, S. A. (EURISA).—López de Hoyos, 13. Madrid-6.
FOMENTO DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES, S. A.—Balmes, 36. Barcelona-7.
FORJADOS DOMO.—Hermosilla, 64. Madrid-1.
HEREDIA Y MORENO, S. A.—Princesa, 3, plantas 8 y 9. Madrid-8.
HIDROELECTRICA DE CATALUÑA, S. A.—Archs, 10. Barcelona-2.
HIFORCEM.—Apartado 41. Sevilla.
IBERING, S. A.—Plaza Gala Placidia, 5-7. Barcelona-6.
INDUSTRIAS GALYCAS, S. A.—Portal de Gamarra, 46. Vitoria.
INGENIERO JEFE DE LA SECCION DE ESTRUCTURAS Y TUNELES.— Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Carreteras. Madrid-3.
INTECSA.—Avda. de América, 24. Madrid-2.
INTEMAC, S. A.—Monte Esquinza, 30. Madrid-4.
JOSE ANTONIO TORROJA, OFICINA TECNICA.—Zurbano, 41, 2.º izqda. Madrid-10.
LABORATORIO CENTRAL DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION.— Alfonso XII, 3. Madrid-7.
MEDITERRANEA DE PREFABRICADOS, S. A.—Apartado 34. Benicarló (Castellón).
NUEVA MONTAÑA QUIJANO, S. A.—Paseo de Pereda, 32. Santander.
PACADAR, S. A.—Castelló, 48. Madrid-1.
PRELOAD SISTEMAS, S. A.—Avenida del Generalísimo, 30. Madrid-16.
PROCEDIMIENTOS BARREDO.—Raimundo Fernández Villaverde, 45. Madrid-3.
PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL.—General Perón, 20. Madrid-20.
S. A. E. BBR.—Rosellón, 229. Barcelona-8.
S. A. ECHEVARRIA.—Apartado 46. Bilbao-8.
SICOP, S. A.—Princesa, 24. Madrid-8.
SOCIEDAD GENERAL DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES, S. A.—Velázquez, 150, 4.ª, Madrid-2.
TRENZAS Y CABLES DE ACERO, S. A.—Monturiol, 5. Santa María de Barbará (Barcelona).

La Asociación Técnica Española del Pretensado se complace en expresar públicamente su agradecimiento a las Empresas citadas, por la valiosa ayuda que le prestan, con su especial aportación económica, para el desenvolvimiento de los fines que tiene encomendados.

Son Instituciones Miembros Correspondientes del
Instituto Eduardo Torroja
de la Construcción y del Cemento

La Pontificia Universidad Católica de Chile (Santiago de Chile).

La Facultad de Arquitectura de la Universidad del Valle de Cali (Colombia).

El Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (República Argentina).

La Facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima).

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (Caracas).

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba (República Argentina).

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile (Santiago de Chile).

El Instituto de la Construcción de Edificios de la Facultad de Arquitectura. Montevideo (Uruguay).

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires (República Argentina).

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia (Medellín).

La Universidad Autónoma - Guadalajara, Jalisco (México).

El Departamento Técnico y Laboratorios de Aprovence, Caracas (Venezuela).

El Instituto de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura de la Universidad de la República del Uruguay (Montevideo).

El Centro Impulsor de la Habitación, A.C., de México.

El Departamento de Investigación de la Dirección General de Tecnología del Ministerio del Bienestar Social de la República Argentina (Buenos Aires).

El Departamento de Obras Civiles de la Universidad de Chile (Santiago de Chile).

El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. - YMCIC (México).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/04/2024