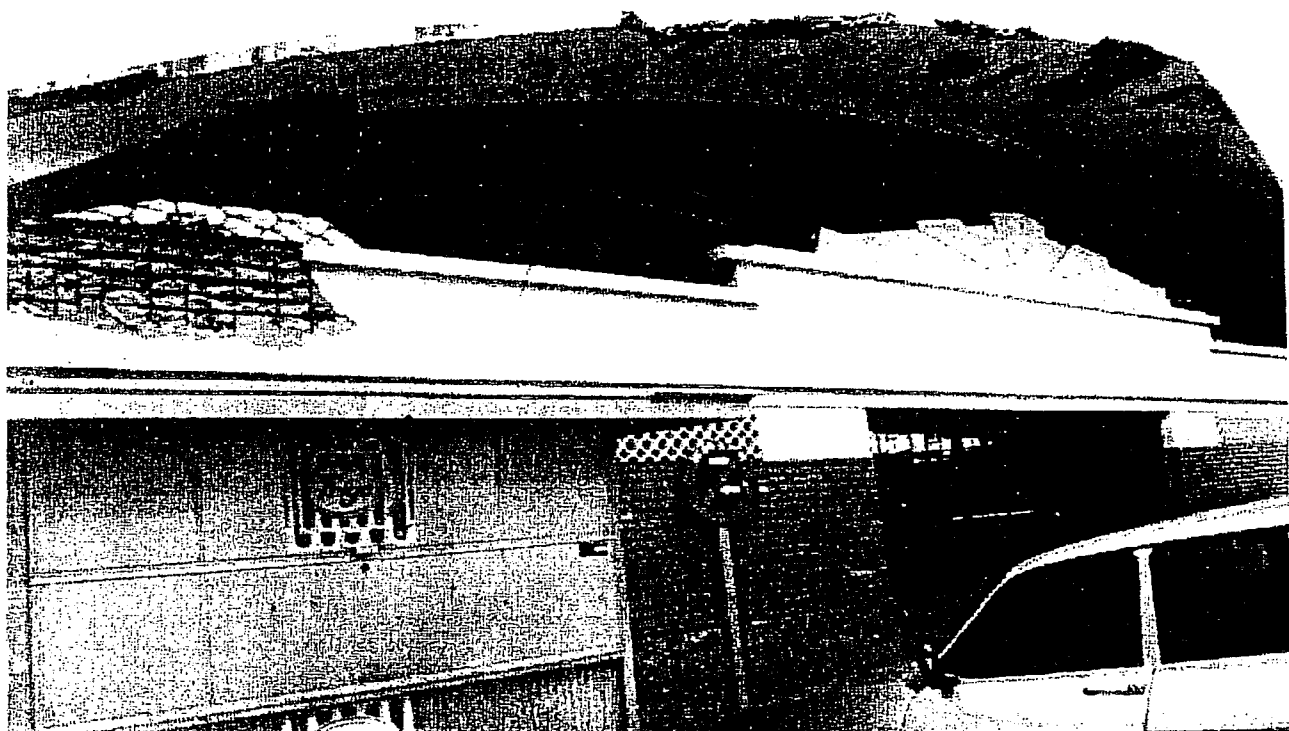


**REPARACION
DEL
GRAN MERCADO DE ALGECIRAS**



JOSE A. TORROJA, OFICINA TECNICA S.A.

**José Antonio Torroja Cavanillas
Jesús Luis Benito Olmeda**

1.- DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

El Mercado Municipal de Algeciras se construyó según proyecto del Arquitecto D. Manuel Sánchez Arcas y del Ingeniero D. Eduardo Torroja Miret. En diciembre de 1933 se presenta el proyecto definitivo, cuyos planos de detalles de ejecución se desarrollan en 1934. La obra debió terminarse a finales de 1934 o principios de 1935.

La estructura del Mercado está constituida por tres elementos fundamentales: una cúpula esférica con ocho bóvedas rigidizantes periféricas; el sistema de apoyo de la cúpula en ocho puntos, formado por ocho soportes y un anillo de tracción; y, finalmente, las zapatas de cimentación de los ocho soportes.

La cúpula está formada por un casquete esférico, de 47,76 m de diámetro exterior, con un radio de curvatura de 44,10 m, apoyada solamente en ocho puntos, utilizando unas bóvedas cilíndricas de eje radial como elementos rigidizantes. La cúpula está abierta en el centro mediante un lucernario de 10 m de diámetro. El espesor de la lámina es de 10 cm en toda la parte del casquete interior hasta su intersección con las bóvedas de borde. Las bóvedas cilíndricas de borde tienen un espesor de 10 cm, que aumenta hacia los apoyos, por su parte interior, y cuentan con un pequeño sobreespesor en forma de arco .

Los elementos de sustentación de la cúpula se establecen en los ocho vértices que se generan por la intersección de las bóvedas cilíndricas con la propia cúpula. En dichos vértices, la cúpula transmite una fuerza vertical y otra horizontal radial. Para absorber aquellas dos fuerzas principales, el sistema de apoyo se resuelve mediante dos elementos: unos soportes verticales y un anillo octogonal de tracción. Los soportes verticales, en total ocho, son los encargados de transmitir las cargas verticales hasta la cimentación.

El anillo de tracción octogonal tiene como función resistir los empujes horizontales generados por la bóveda. La solución adoptada consistió en colocar las barras de acero del anillo, en número de 16 redondos de 30 mm, sin hormigonar, y con unos tensores de rosca, de forma que, con la cúpula todavía cimbrada se fueron tensando, acortándolas hasta producir unas fuerzas que, equilibrando los empujes de la cúpula, empezaron a acortarla y a levantarla, separándola de la cimbra. Una vez obtenida esta situación, se procedió al hormigonado de los tirantes.

2.- DESCRIPCION DE LOS DAÑOS EN LA ESTRUCTURA

Daños en la cubierta

En la parte interior de la cubierta no se aprecian desperfectos de consideración. Sólo se aprecian puntos aislados, poco frecuentes, con muestras de óxido de hierro por la cara interior de la cubierta. Sin embargo, los daños son más importantes en las zonas exteriores de las bóvedas perimetrales, especialmente en aquéllas orientadas hacia la costa (Foto n°1). Al igual que ocurre con la cubierta, los arcos de rigidez correspondientes a las bóvedas orientadas hacia el mar presentan zonas con el hormigón desprendido y armaduras expuestas con claros signos de corrosión.

Daños en el anillo perimetral de tracción

En algunos de los lados del octógono, y también en mayor medida en los orientados hacia el mar, se observan zonas en las que el hormigón de recubrimiento ha saltado por la cara exterior, dejando las armaduras del tirante expuestas a la intemperie, con un proceso de corrosión que, en determinadas zonas, llega a ser muy intenso (Foto n°2). No se aprecia un fenómeno similar por la cara interior del anillo.



Foto n° 1. Daños en la cubierta

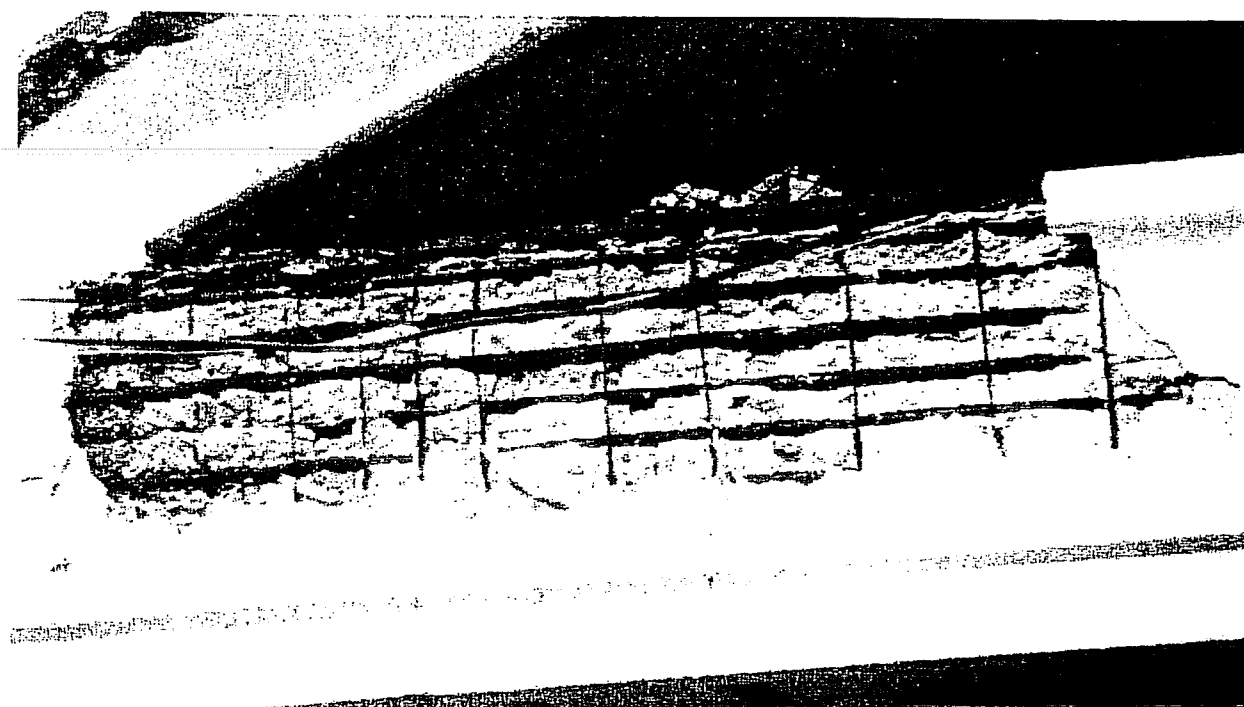


Foto nº 2. Daños en el anillo perimetral de tracción.

3.- INCIDENCIA Y CONSECUENCIAS DE LOS DAÑOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO Y LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA

Puede afirmarse que la causa de los daños aparecidos en la estructura de la cubierta del Mercado es única: la corrosión de la armadura y el desprendimiento consiguiente de zonas de hormigón o del recubrimiento. Sin embargo, las consecuencias de estos desperfectos son muy diferentes según sea el elemento afectado:

- Los daños aparecidos en la propia cubierta, a pesar de ser muy llamativos no representan un peligro a corto plazo para la estabilidad de la construcción. La regeneración de las zonas dañadas puede efectuarse sustituyendo directamente, mediante las técnicas adecuadas, los materiales dañados y evitando que el proceso de corrosión continúe en el futuro.
- Por el contrario, la corrosión de las armaduras del anillo perimetral de tracción puede ocasionar el colapso de la estructura sin un aviso previo, proceso que

puede producirse a corto o medio plazo. Por otra parte, la regeneración de las zonas defectuosas no puede realizarse sustituyendo directamente el material dañado, siendo preciso añadir uno nuevo, que complemente la resistencia del anillo de tracción, evitando, al mismo tiempo, que progrese el proceso de corrosión actual del anillo.

4.- REPARACIONES PROPUESTAS

Actuaciones en la cubierta

Las operaciones de reparación que se proponen son las tradicionales para este tipo de deterioro, y consisten en el saneado de la zona dañada, limpieza de las armaduras en las zonas en que estén oxidadas, pasivación y, en su caso, colocación de nuevas armaduras en sustitución de las desaparecidas por corrosión; finalmente, regeneración del volumen de hormigón mediante morteros adecuados a este uso.

Actuaciones en el anillo perimetral de tracción

La necesidad de que el anillo de tracción perimetral esté activo para la seguridad de la estructura, impone las siguientes condiciones para la reparación:

- . No es posible -o resultaría extraordinariamente costoso- el sustituir provisionalmente el efecto del anillo por otro mecanismo externo, para colocar un nuevo anillo en obra eliminando el actual en mal estado.
- . No resulta aconsejable una solución para el refuerzo del anillo de tracción que requiera el mantenimiento del hormigón actual, con reparaciones superficiales pequeñas. El estado del zuncho actual es tal, que es necesario demolerlo para reconstituirlo de nuevo, limpiando y pasivando bien las armaduras del actual.
- . El elemento de refuerzo del anillo que se disponga para sustituir, o

complementar, al actual, debe transmitir su efecto en cabeza de pilares, a la mayor altura posible, situándose por fuera de las armaduras del zuncho actual.

- . Resulta conveniente, por seguridad de la obra, poder disponer del refuerzo como operación previa a toda otra actuación de reparación del anillo.
- . Las diferentes fases, o situaciones, por las que habrá de pasar la estructura, tanto durante la reparación como en servicio, no deberán representar movimientos radiales en cabeza de pilares superiores a ± 2 cm, con objeto de limitar los esfuerzos introducidos sobre la cúpula.

Finalmente, interesan soluciones de refuerzo que permitan realizar las operaciones de obra correspondientes desde fuera del recinto del Mercado, para permitir, dentro de lo posible, realizar estas operaciones, con las protecciones interiores necesarias, con la mínima distorsión en el funcionamiento del Mercado.

ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

De forma genérica, el refuerzo se ha planteado mediante el establecimiento de un nuevo elemento octogonal de tracción, que ha de ser físicamente continuo, y capaz de transmitir, en los ángulos del octógono, las fuerzas que actualmente absorbe el zuncho perimetral.

En principio, cabe pensar en dos tipos de materiales a utilizar: el acero, ya sea en chapas o en barras, y nuevos materiales, como laminados de fibras de carbono, u otros, que a su altísima resistencia unen características de durabilidad extraordinarias. A continuación se hacen unos comentarios respecto al posible uso de estos dos materiales.

- Refuerzos de acero

Si el refuerzo no se pretensa, la limitación de movimientos en cabeza de pilares a ± 2 cm en sentido radial, limita la tensión máxima en el acero aproximadamente a 1770 Kp/cm², para la hipótesis de rotura del anillo actual. Sería necesaria una sección de acero del orden de 68 cm².

Una posible solución sería la de un anillo octogonal formado por una chapa de acero de 10 mm de espesor con la altura del zuncho actual. Una solución con barras, en lugar de chapa, es también posible. La transmisión de la carga de las barras a la cabeza de los pilares en las esquinas del octógono puede realizarse, a través de una chapa de reparto (Fotos nº3 y 4): con esta disposición serían necesarias seis barras de acero de 40 mm de diámetro, que dejarían espacio entre ellas para demoler el hormigón del zuncho desde el exterior del Mercado.

Sin embargo, y aunque el acero admite soluciones de refuerzo no pretensado, la solución que se propone es similar a la última descrita, pero con las barras pretensadas.

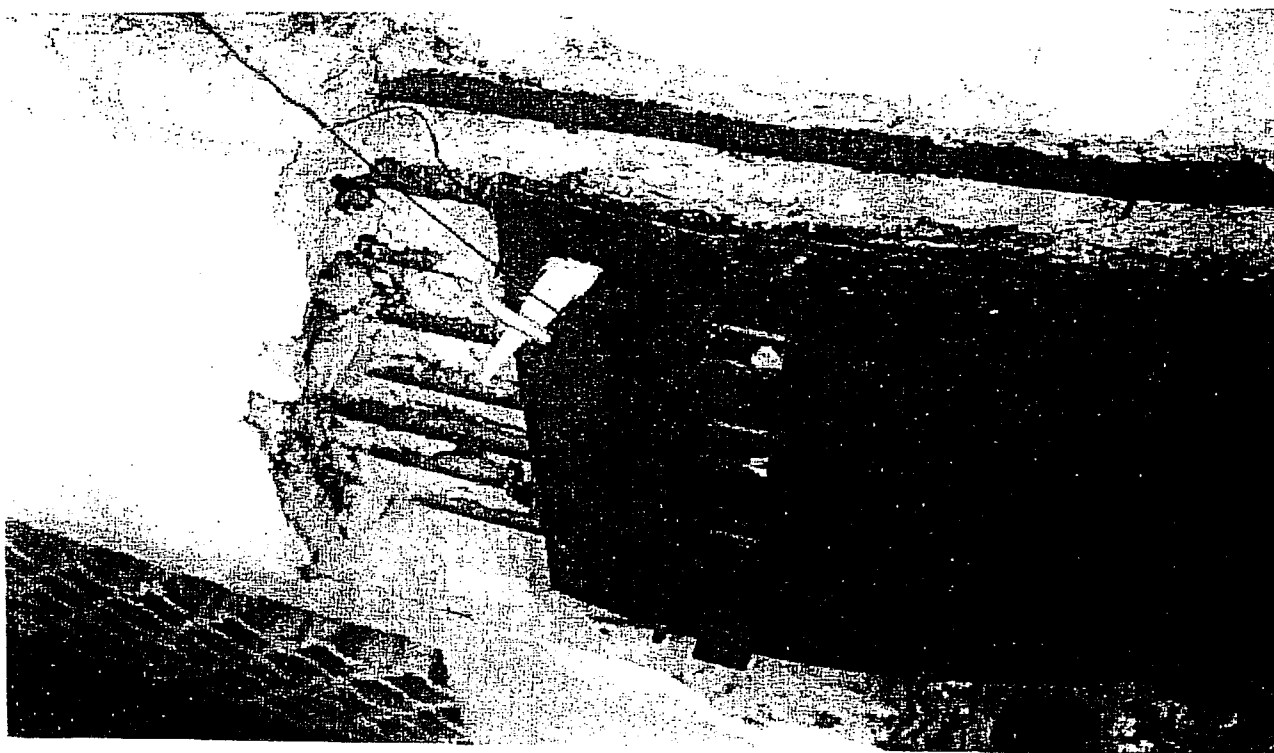


Foto nº 3. Chapa de reparto en cabeza de pilares.

lo largo de un arco de 45°, apoyando sobre el hormigón de cabeza de los pilares a través de una chapa de reparto de acero (Fotos nº3 y 4). Las barras se empalman, en cada lado del octógono, a través de dos manguitos: uno de empalme normal, necesario solamente para conseguir la longitud total de armaduras, y otro que, además de empalme sirve para tensar la barra hasta una carga de unos 15.000 Kg.

Esta solución es relativamente tradicional y económica, y no utiliza elementos, materiales o tecnologías no contrastadas, y permite colocar el refuerzo antes de actuar sobre el propio anillo actual y sobre su hormigón, dejando al mismo tiempo espacios libres para demoler el hormigón del zuncho desde el exterior. Estas son las razones para haber seleccionado esta propuesta, mucho menos interesante tecnológicamente que otra posible con materiales a base de fibras de carbono, pero que permite asegurar un coste y un plazo de ejecución difíciles de prever en el otro caso.



Foto nº 3.
Chapa de reparto en
cabeza de pilares.