



# RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL DEL TEATRO MUNICIPAL EBE STIGNANI DE IMOLA (ITALIA)

Adaptar una estructura a la modernidad, desde el respeto a la tradición

Texto y fotos: Fundación del Patrimonio de Castilla y León

Texto: ANDREA BENEDETTI, Departamento DISTART, Universidad de Bologna, ALESSANDRO BETTINI, Arquitecto, Proyectista y Director Labor Arquitectónica, Coordinación general, ALESSANDRO BATTAGLIA, Director Técnico empresa restauradora Res.In.Tec. Italia Sr.l., KIMIA S.P.A., Fabricante del Sistema Kimisteel aplicado en la Intervención

Fotos: INCARCOS propiedad de Il comune de Imola.

## INTRODUCCIÓN Y ORÍGENES

El Teatro Ebe Stignani, situado en la ciudad italiana Imola, es un raro ejemplo de teatro de planta elíptica entre los existentes en Italia; además tiene la particularidad de estar enclavado en el interior de una iglesia gótica, la Iglesia Superior de San Francesco realizada en el s. XIV y requisada, junto a gran parte de los bienes eclesiásticos, durante la época napoleónica.

La intervención de la primera restauración, fue dirigida por el Arquitecto Ricciardelli, desde 1853 hasta 1856, junto al Ingeniero Antonio Cerchiari,

quien se ocupó de la reestructuración de las cubiertas y plafones. La decoración pictórica fue adjudicada al pintor imolés Francesco Galassi, y al figurista Paolo Sarti.

En 1965 y 66, el gremio civil inicia las primeras labores de recuperación, realizando el suelo del escenario hasta los muros de la platea, inicialmente hecho de estructura de madera.

Los trabajos concluyen en 1974. En la primavera de aquel año, el Teatro ya llamado como Ebe Stignani, estaría siempre lleno de público, con una actividad regu-

lar que lo calificaría entonces como uno de los más populares de la región.

## LA INTERVENCIÓN

El Proyecto actual 2007-2009 de intervención y conservación, así como de recuperación funcional del Teatro Municipal Ebe Stignani de Imola, ha estado precedido en el 2005-2006 por unas obras preliminares de saneamiento de las protecciones anti-incendio que contuvieran amianto, prescritas durante los años 60-70 por el Ministerio correspondiente, así como del resto de estructura y cubiertas.



En síntesis, el Proyecto de Intervención comprende las siguientes actuaciones:

- Consolidación y refuerzo estructural, línea de cubiertas y bóvedas mediante la utilización del Sistema Kimisteel (fibras de acero al carbono)
- Refuerzo estructural superior de los elementos abovedados de los palcos y pasillos de acceso
- Protección pasiva contra el fuego de los elementos estructurales, aplicando materiales aislantes y realizando compartimentaciones anti-incendio y vías de escape

- Nueva conexión entre el interior del Patio de la Biblioteca y el Teatro, con una fachada continua en acero y vidrio, en la longitud del muro existente

- Nueva conexión en el sótano, a 5 metros de la Vía Emilia, que verá recuperados los servicios y solicitaciones de mantenimiento técnico de la estructura.

- En el 2º nivel, se ejecutarán los servicios higiénicos dedicados a salvar barreras arquitectónicas

- Colocación de una sobria torre de ascensor de planta cuadrada, en el inte-

rior del cuerpo y la conexión de la estructura, que mantendrá accesibles los diferentes niveles

- Adecuación de los pasillos de la billettería y de los servicios de los camerinos del edificio que datan de los años 70

- Restauración científico-ambiental del edificio del Teatro

- Renovación de la maquinaria del escenario, adecuada a la estructura existente y respetando las características histórico-artísticas del edificio

El trabajo, iniciado en febrero de 2007, concluyó en diciembre de 2009.

1-Vista del medallón decorativo de la cúpula.

2-Vista de la cúpula desde el interior de la sala.

3-Vista General de la platea y el palco desde el escenario.

**LA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL**

En la situación anterior al refuerzo, la estructura mural del Teatro presenta una alta vulnerabilidad sísmica, corriendo el riesgo de que ante un acontecimiento sísmico, la bóveda realizada de mamposterías pierda su geometría y colapse por la anulación del efecto arco.

Ante tal problemática, se estudia dar respuesta proyectando un refuerzo basado en un tejido de filamentos metálicos unidireccionales de acero al carbono (Sistema Kimisteel), aplicado externamente en el extradós de la bóveda en compuesto con el ligante hidráulico Kimisteel LM (Fig.9).

La estructura del pasillo comprende una bóveda de cerca de 30 mm. de espesor, con un recocado posterior de aprox. 10 mm. ligado a un pavimento colocado a la veneciana. La necesidad de mantener los elementos existentes ha limitado el espacio para la intervención a 10 mm. de espesor por la parte superior de la bóveda sobre los muros.

Por este motivo, se opta por la aplicación de extradós en la bóveda del compuesto SRG Kimisteel, que consiste en conseguir una sobrecarga útil neta de 600 kg/m<sup>2</sup>, respetando las condiciones de resistencia al fuego R90 para estructuras portantes (Fig.10). Esta solución viene a resolver

La intervención se realizó por el extradós de cada bóveda y el diagrama de momento flector se trasladó hacia arriba para la plastificación de la sección central

los problemas de resistencia al fuego que presentan los Sistemas FRP con los que originalmente se había contado.

El tejido unidireccional Kimisteel realizado en acero, tiene un ancho de 10 mm. y un área específica de 0,19 mm<sup>2</sup>/mm; una resistencia a tensión final de valores cercanos a los 2800Mpa, y como es usual, aplicándola como armadura externa por encolado, la tensión crítica resulta exceder a la de delaminación.

El sistema SRG otorga entonces una notable mejora con respecto a las soluciones FRP, dando la posibilidad de ser anclado sin ocasionar daño a las fibras del tejido.

**DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA**

El modelo de referencia para la descripción del movimiento sísmico en un punto de la superficie del suelo, está constituido por un espectro de respuesta elástica. El espectro de referencia indicado en la Norma D.M.14/09/2005.

También, el movimiento horizontal se considera compuesto por dos elementos horizontales independientes, y caracterizado por la extensión del espectro de respuesta.

**PROYECTO DE REFUERZO**

La longitud óptima de anclaje se valora considerando:

$$l_e = \sqrt{\frac{E_t \cdot t_f}{2 \cdot f_{tm}}} = \sqrt{\frac{260000 \cdot 0,19}{2 \cdot 1,50}} = 129 \text{ mm}$$

$E_t$  es el módulo de elasticidad de la fibra en la dirección de la fuerza.

$f_{tm}$  es la resistencia media a tracción de la muratura.

La energía específica de fractura del enlace de adherencia refuerzo-muro se define como:

$$\Gamma_{Rk} = 0,01 \cdot f_{cm} = 0,01 \cdot 15,0 = 0,15 \text{ MPa}$$

De la que es la resistencia media a compresión del muro.

El valor de proyecto de la máxima fuerza, transmisible de un refuerzo de longitud igual o superior a la de óptimo anclaje, depende de la característica geométrica y mecánica del refuerzo extendido y de las características de la interfaz de acuerdo a la relación:

$$F_{max,d} = \frac{k_m \cdot b_f \cdot \sqrt{2 \cdot E_t \cdot t_f \cdot \Gamma_{Rk}}}{\gamma_{R,d}} = \frac{0,83}{1,2} \cdot 100 \cdot \sqrt{2 \cdot 260000 \cdot 0,19 \cdot 0,15} = 8420 \text{ N}$$

Donde:

$\gamma_{R,d}$  es el coeficiente parcial de seguridad del modelo de resistencia (adherencia)

$k_m$  es un coeficiente correctivo de naturaleza experimental

Al que le corresponde la siguiente tensión

$$f_{td} = \frac{F_{max,d}}{b_f \cdot t_f} = \frac{8420}{100 \cdot 0,19} = 443 \text{ MPa}$$

A propósito de prevenir el mecanismo

4-Detalle pictórico del palco.

5-Vista inferior de la bóveda del palco.

6-Vista superior de la bóveda central de madera y yeso.

7 y 8- Vista superior de la bóveda de los palcos antes del refuerzo.

9, 10 y 11- Vista superior de la bóveda del palco después de los refuerzos KIMISTEEL.

12 y 13- Detalle del anclaje a muros de los refuerzos.

14- Ista de la extensión del tejido.





15- Vista general del palco.

16- Detalle pictórico de la bóveda.

## Se proyectó un refuerzo mediante un tejido de filamentos metálicos unidireccionales de acero al carbono aplicado por el extradós

de delaminación, ha sido posible recurrir a un procedimiento simplificado que consiste en verificar que a SLU la tensión del compuesto fibroreforzado no excede un valor máximo  $f_{adm,1}$ , formado por la siguiente relación:

$$f_{adm,1} = k_{\sigma} \cdot f_{sm} = 3,0 \cdot 443 = 1329 \text{ MPa}$$

Como precedente dentro de la descripción del modelo, las vigas de la bóveda tipo barril del pasillo y del pabellón del palco, han sido modeladas con la "beam", dispuestas en arco para obtener las características de la sollicitación de elementos horizontales confinados entre dos arcos consecutivos. Cada arco ha sido aproximado con una poligonal de sus lados.

De esta manera, ha sido posible obtener el largo del desarrollo de cada arco y el valor del esfuerzo axial y el momento flector.

No obstante, en el caso de la carga sísmica descrita, la sollicitación de los elementos

horizontales es apenas inferior a aquella obtenida con las combinaciones SLU.

Considerando que la intervención se ha realizado por el extradós de cada bóveda, no pudiendo reforzar por el momento positivo sino solamente por el negativo de la extremidad, el diagrama de momento flector ha sido oportunamente trasladado hacia arriba para considerar la plastificación de la sección central.

A través del esquema adoptado, se deduce una notable conexión entre el sistema de la bóveda y la pared perimetral, impidiendo de hecho la fractura tanto de la pared como la pérdida de apoyo de la bóveda.

### CONCLUSIONES

En este artículo se describe la intervención de protección sísmica realizada recientemente en el Teatro Municipal Ebe Stignani de Imola (Italia).

Actualmente, el grave problema sísmico y los problemas de seguridad pública han obligado a una adecuación estructural del Teatro, pero siempre respetando el vínculo arquitectónico y tecnológico, hecho por el cual no podía resolverse haciendo uso de los tradicionales materiales compuestos.

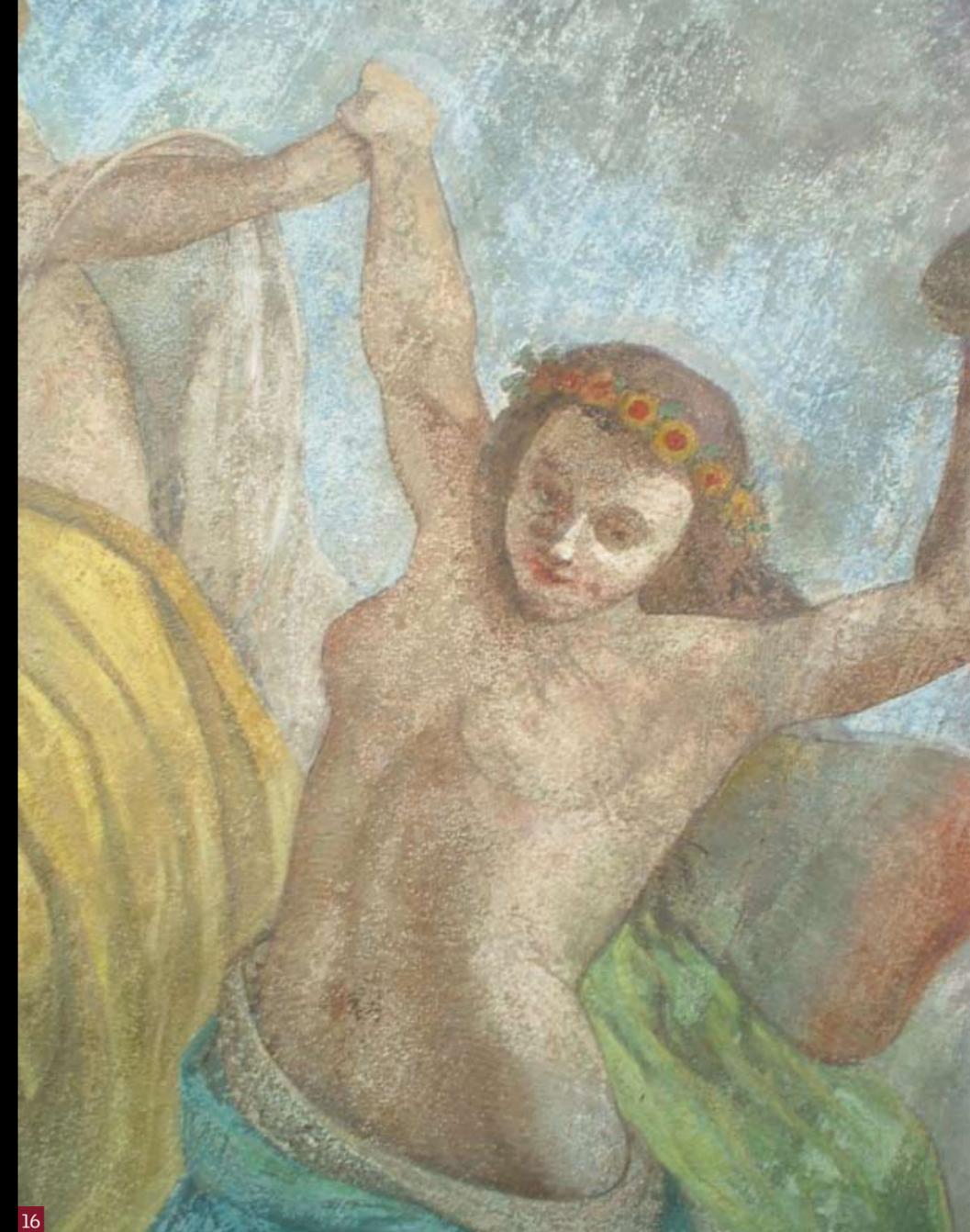
Los tejidos Kimisteel han demostrado una notable versatilidad en una intervención geoméricamente compleja, donde la resistencia al fuego era un requisito prioritario. La utilización de estos tejidos ha sido necesaria para garantizar la seguridad estructural en caso de seísmo, y se ha desarrollado mediante técnicas tradicionales, introduciendo conceptos de consolidación apropiados a la técnica utilizada.

El Sistema SRG Kimisteel, ha evidenciado la posibilidad de satisfacer contemporáneamente las exigencias sísmicas con exigencias de resistencia a altas temperaturas, a pesar de que hasta ahora no existe un método fiable de cálculo para la resistencia al fuego asociado.

**Agradecemos a RES.IN.TEC Italia S.r.l. por facilitarnos documentación y material fotográfico . R**

### BIBLIOGRAFÍA

1. CNR (2005), *Guidelines for Design, Execution and Control of Strengthening Interventions by Means of Fibre-reinforced Composites*, Bulletin DT200/2004, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italy
2. Benedetti A. (2003), *Composite Innovative Materials in Structural Repairing*, CDS 2 – *The Conceptual Design of Structures*, CI Premiere Ltd. Singapore
3. Benedetti A., Mangoni E., Montesi M. Steli E., *Verifiche di sicurezza ed interventi di consolidamento della chiesa di S. Martino in Casola*, INARCOS, LXII(680), Bologna
4. Aprile A., Benedetti A., Cosentino N., *Seismic Reliability of Masonry Structures Strengthened with FRP Materials*, 100th Anniversary Earthquake Conference, San Francisco, April 18-22, 2006
5. Benedetti A., Steli E., *Analytical Solution of the Shear-Displacement Curve for Reinforced Masonry Panels*, The Tenth North American Masonry Conference, St. Louis, Missouri – June 3-6, 2007
6. Benedetti A., Camata G., Mangoni E. and Pugi F., *Out of Plane Seismic Resistance of Walls: Collapse Mechanisms and Retrofit Techniques*, The Tenth North American Masonry Conference, St. Louis, Missouri – June 3-6, 2007
7. Poggi C., Fava G., (2008), *Il controllo di accettazione dei materiali fibrorinforzati per il rinforzo strutturale / Quaderni Tecnici di Assocompositi*, 1, Milano



16

### RESTORATION OF THE THEATRE EBE STIGNANI AT IMOLA (ITALY)

The theatre Ebe Stignani de Imola (Italy) is a rare example of theatre with elliptical base site inside the Gothic church of San Francesco. In 1810 a group of rich inhabitants of Imola decided to change this church into a romantic theatre full of gold and velvet with the help of Giuseppe Magistretti.

In 1852 the theatre was closed to be completely restored. The project of restoration (1853-1856) was headed by Ricciardelli with Antonio Cerchiarri as engineer and paintings by Francesco Galassi and Paolo Sarti.

It keeps on working until 1931 when it was closed again because of the new security

measures. In 1965 the civilian population started works of recovering without affecting the main structure and in 1974 it opens again with a new name: Ebe Stignani,

The intervention project 2007-2009 is especially relevant since we cannot forget we talk about the majesty of a 19th century theatre sited in a ecclesiastic environment of the 14th century. The actions included in this project are: 1) Consolidation and reinforcement of structures of roofs and vaults; 2) Rooms conditioning; 3) Reinforcement of the structure of vaulted elements; 4) Fire protection of structural elements; 5) New

connections in the library, the theatre and the cellar; 6) Installation of a lift; 7) Conditioning of corridors and dressing rooms; 8) Scientific and environmental restoration of the building; 9) Renovation of the stage machinery; 10) Restoration of pictorial and decorative elements.

The application of the SRG system showed to be quite versatile since this was a really complex intervention where resistance against fire was a priority. This system would also guarantee the structural security in case of an earthquake by means of traditional techniques and introducing new concepts according to the technique in use.