



LA TORRE CIVICA DE CITTA' DI CASTELLO

PERUGIA - Italia - 2007

EL EDIFICIO

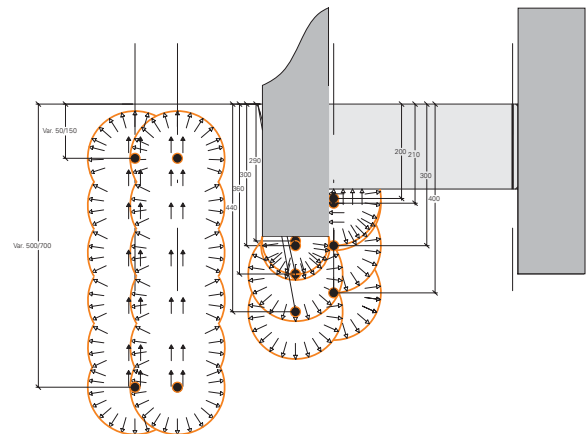
La torre medioeval de la ciudad umbra, construida en el siglo XIII con fines militares, tiene una forma rectangular de 6,10 m x 6,80 m. El aspecto actual de la torre es el resultado de varios colapsos y rehabilitaciones que se han producido a lo largo de los años como demuestran las diversas texturas de pared.

EL PROBLEMA

En marzo del 2007, a raíz de un terremoto que se registró en la zona, se produjo una subsidencia diferencial que ha aumentado mucho la inclinación ya detectada y controlada de la torre de la plaza, con un desplazamiento horizontal de fuera de plomo que aumentó de 72 cm a 78 cm, agravando así el estado deformativo que ya estaba cerca del límite.

LA SOLUCIÓN

Se ha intervenido con la tecnología Uretek Deep Injections® utilizando la resina Geoplus®, aproximadamente bajo la mitad de la superficie de apoyo de la torre, hasta una profundidad de 4,50 m desde la cota de cimentación. El incremento de la capacidad de carga del suelo ha sido del 30%. Un mes después del término de la obra, la monitorización ha evidenciado una evidente atenuación de la velocidad del hundimiento del edificio che, hasta hoy, resulta completamente estabilizado. La intervención ha durado 14 días.



LAS INYECCIONES SE HAN EFECTUADO EN DIVERSOS NIVELES DE PROFUNDIDAD, A VECES CON LA MODALIDAD COLUMNAR, SACANDO EL TUBO DE INYECCIÓN AL MISMO TIEMPO AL QUE SE INYECTABA LA RESINA.

FASES DE LA
INTERVENCIÓN



URETEK® DEEP INJECTIONS

para la estabilización de los suelos de cimentación

NUESTROS PUNTOS DE FUERZA:

- No invasivo: sin excavaciones ni obras de albañilería;
- Rápido e inmediatamente eficaz;
- NO ensucia y no produce residuos;
- Permite intervenciones parciales y localizadas;
- Con control láser en tiempo real.

La resina URETEK GEOPLUS®

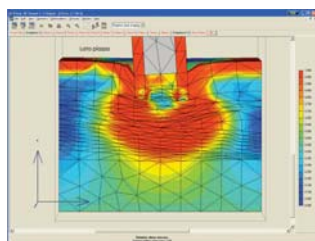
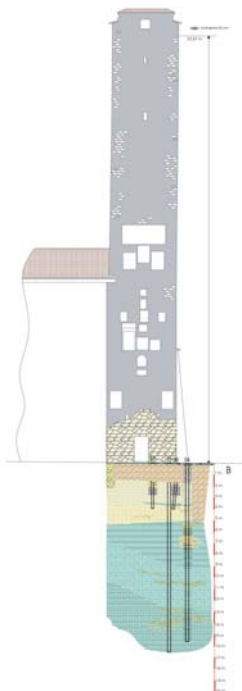
- Expande rápidamente y con alta presión;
- No se aleja de bulbo de presión;
- Estable en el tiempo;
- No contamina;
- Producida en exclusiva para Uretek.



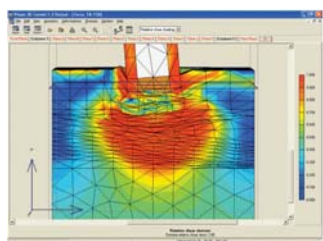
EL PROYECTO EN EL DETALLE

LA INTERVENCIÓN

La rotación de la torre se debió, tanto a la heterogeneidad local de la estratigrafía (empeorada por las capas de la antigua urbanización) como a los diferentes niveles en los que se encuentran las cotas de cimentación: mas altos hacia la plaza Gabriotti y el callejón S. Stefano (-2,3 m) y mas profundos el los otros lados que limitan con el Obispado (-3,6 m). A niveles de cota mas superficiales correspondían capas de terreno mas deformables que provocaban un mayor hundimiento. De hecho, la dirección de la inclinación resultaba ser hacia la plaza y el callejón. El estado tensional en la interfaz cimentación/suelo, había alcanzado su máximo valor bajo esa parte de la cimentación del lado de la plaza, donde mayor era el asentamiento. El nivel freático, encontrado a 10 m bajo tierra, no afectaba el hundimiento de la torre, pero se habían observado, en varios puntos, fugas de agua de las conducciones subterráneas.



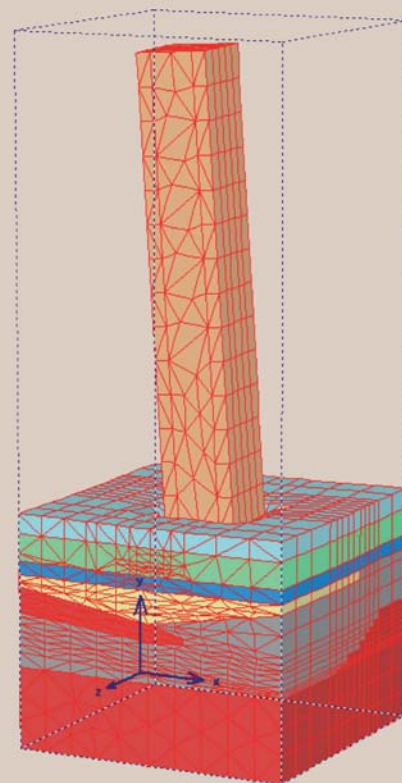
ANTES DE LA INTERVENCIÓN



DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN

La análisis tensional de los elementos finitos (MEF), evidenciada por las figuras superiores, había evidenciado que el estado tensional tangencial, donde los asentamientos eran mayores, estaba próximo al del criterio de ruptura de Mohr-Coulomb, instaurándose las condiciones de equilibrio plástico.

El proyecto para la ejecución de la intervención ha sido objeto de varias modificaciones relacionadas con el comportamiento de la torre durante las varias fases de las inyecciones. El análisis MEF había previsto un refluo lateral del terreno y un incremento de tensión eficaz, imputables a la expansión volumétrica de la resina en la zona tratada.



ANÁLISIS MEF 3D:
creado por el Estudio Montaldo & Associati, Génova, Italia



Ambos los efectos se han producido durante la obra con una buena correspondencia respecto a las previsiones teóricas.

La monitorización de tres puntos de la torre mediante un nivel láser de precisión ha empezado el día 25 de Marzo del 2007, y ha evidenciado los asentamientos antes, durante y después de la intervención. Se han instalado tres inclinómetros con un grado de precisión de 10^{-3} grados y dos fisurómetros electrónicos de precisión junto a un termómetro, para evaluar como influye la temperatura sobre la abertura y cierre de algunas fisuras.



Softwares utilizados para la modelación

- código de calculo a los elemnetos finitos en 3D
- software de calculo URETEK S.I.M.S. 1.0

