

# COMPORTAMIENTO DE PANTALLAS CONTINUAS EN EL METRO DE SEVILLA<sup>(1)</sup>

CARLOS S. OTEO

Laboratorio de Geotecnia (CEDEX)

MANUEL SANTACRUZ

Dirección General de Infraestructura del M.T.T. y C.

JOSE F. MOYA

Laboratorio de Geotecnia (CEDEX)

**RESUMEN.** *Gran parte del tramo construido del Metro de Sevilla se ha realizado al abrigo de pantallas continuas armadas, excavadas con ayuda de fangos bentoníticos. En el presente artículo se describe la estratigrafía del Tramo II de la línea I, la solución empleada y el plan de instrumentación que se desarrolló para controlar el comportamiento de las pantallas continuas. Por último, se analizan los resultados obtenidos durante la fase de auscultación.*

## 1. INTRODUCCION

Para resolver los importantes problemas de transporte urbano que se presentan en la ciudad de Sevilla (España), se inició la construcción de una línea de Metro hacia 1974, de forma que uniera las zonas Este y Norte de la ciudad, atravesando su parte céntrica.

Dada la estratigrafía del terreno de Sevilla y la presencia de un importante acuífero, influido por el río Guadalquivir, se proyectó la construcción de dicha primera línea del Metro de acuerdo con lo siguiente:

- A. Una primera zona con excavación a cielo abierto, al abrigo de pantallas continuas de hormigón armado. Estas pantallas debían de llegar hasta el sustrato impermeable próximo, para impedir filtraciones. El sistema seguido sería similar al del Metro de Milán.
- B. Una segunda zona en que, como el sustrato impermeable se encontraba a unos 25 m de profundidad, las obras se ejecutarían subterráneamente, con dos túneles paralelos y estaciones de dos bóvedas.

Rein y Oteo (1984) han descrito con anterioridad la construcción de las estaciones del tramo subterráneo. En la presente comunicación se da cuenta de diversas observaciones realizadas en la zona en que el túnel —con doble vía de circulación— se ha excavado con ayuda de pantallas continuas.

## 2. ESTRATIGRAFIA DE SEVILLA

La parte de la Línea I del Metro de Sevilla excavada a cielo abierto comprende cuatro estaciones y un pozo de transición, para unir dicho tramo con el ejecutado subterráneamente. Los controles que se describen a continuación se refieren a la segunda mitad realizada a cielo abierto, desde la Estación de Gran Plaza a la zona de transición (Telescopio), incluyendo en su parte media la Estación de Nervión.

En la figura 1 puede verse una planta de la ciudad de Sevilla y la situación de la obra controlada.

Las pantallas han atravesado, durante su ejecución, terrenos que pueden considerarse típicos en la ciudad de Sevilla. La figura 2 muestra un perfil estratigráfico a lo largo de la traza del túnel, dibujado a través de la información conseguida con sondeos convencionales y de hasta 500 mm de

(1) Traducción de la Comunicación presentada al Simposio Internacional de Grandes Obras Subterráneas, Florencia, 1986.



FIGURA 1. Plano de la ciudad de Sevilla y situación de la línea I del Metro.

diámetro. En dicho perfil se han distinguido los siguiente tipos de materiales:

- A. Rellenos, de origen humano, destinados antiguamente a proteger la ciudad de inundaciones, con espesor de unos 2-3 m.
- B. Limos arcillosos cuaternarios, con algunas capas intercaladas de arena y de arcilla. Son de consistencia media a floja, aunque en algunas zonas se encuentran desecados y con cierta compacidad. Son, generalmente, bastante heterogéneos, como lo muestra la variación de humedad representada en la figura 3.
- C. Gravas cuaternarias, de unos 10 cm de diámetro máximo, con alguna capa de arena fina in-

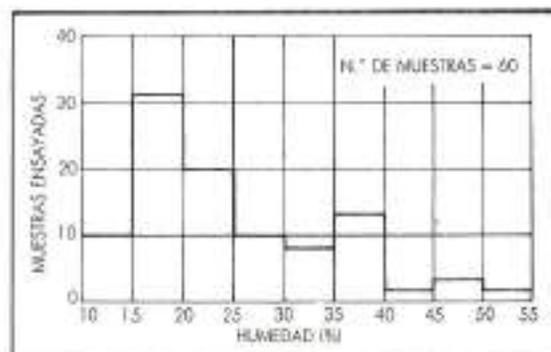


FIGURA 3. Distribución de la humedad en las leñas arcillosas.

tercaladas. Muy permeables. Espesor: 5-15 m.

- D. Gravas cementadas, que son lentejones con cemento cálcico que se cementaron, posiblemente, por desecación y precipitación de carbonatos. En el tramo en cuestión aparecen de forma prácticamente continua, en un lentejón de espesor 1-2 m.
- E. Las llamadas «margas azules» del Guadalquivir, miocenas, que constituyen el sustrato impermeable próximo. Espesor mayor de 50 m. Se trata, realmente, de arcillas plásticas verde-grisáceas rígidas, fisuradas, que tienen coloración azul y aspecto margoso en formaciones superficiales lejos de la ciudad de Sevilla. Son relativamente uniformes, con humedades

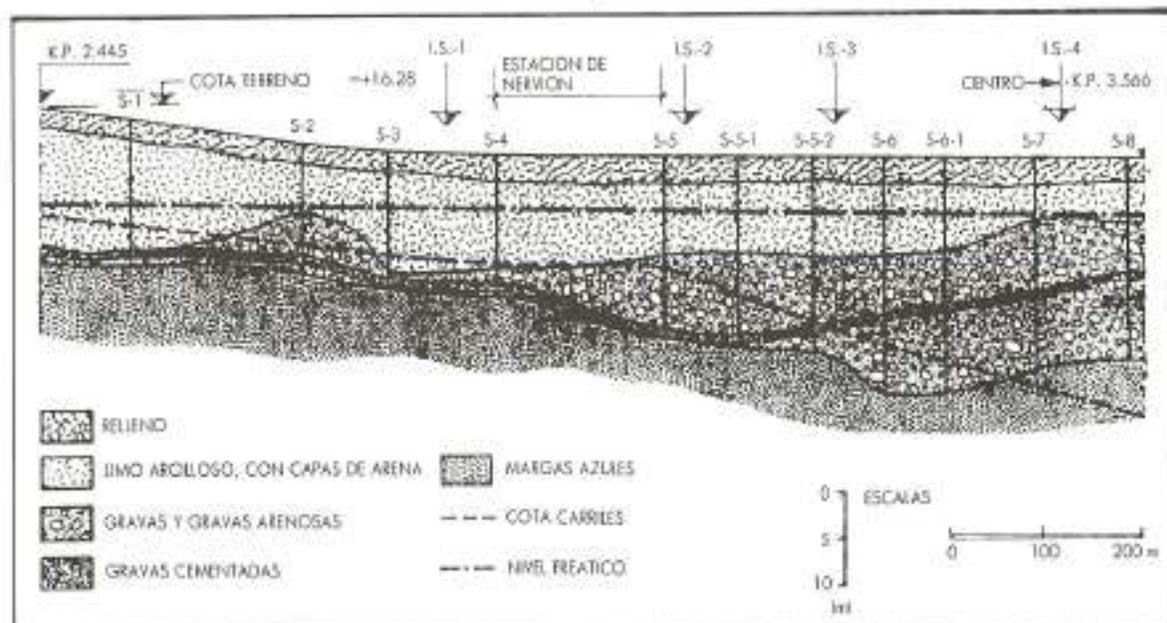


FIGURA 2. Perfil estratigráfico a lo largo del túnel.

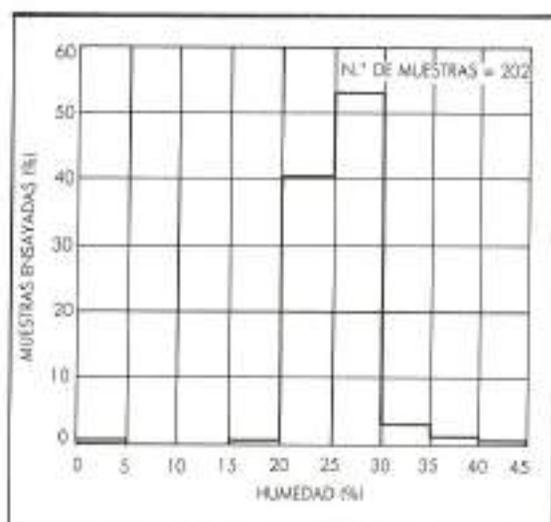


FIGURA 4. Distribución de la humedad en las margas azules.

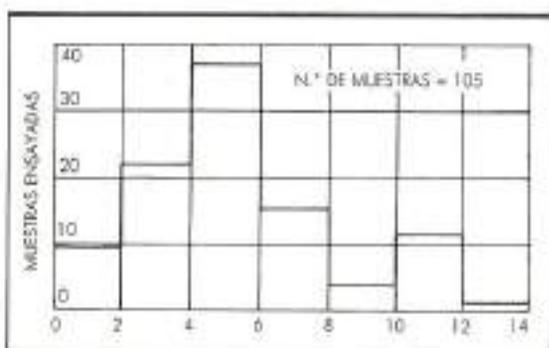


FIGURA 5. Distribución de la resistencia o compresión simple en las margas azules.

del orden del 25 % (figura 4) y resistencia a compresión simple del orden de 0,5 a 1,2 MN/m<sup>2</sup> (figura 5).

Las granulometrías de estos materiales pueden verse en la figura 6. Más detalles han sido dados por Uriel y Oteo (1976 y 1977).

A efectos de cálculos de empujes de tierra, en el proyecto de las pantallas se consideró que los terrenos limo-arcillosos superiores tenían una cohesión de 0 a 10 KN/m<sup>2</sup>, y un rozamiento interno,  $\phi'$ , de 25°. Para las gravas se consideró  $c' = 0$  y  $\phi' = 35-37^\circ$  y para las «margas azules»  $c' = 30$  KN/m<sup>2</sup> y  $\phi' = 28-30^\circ$ . La posición del nivel freático se consideró prácticamente constante a lo largo del año y con la cota que aparece en la figura 2.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El tramo controlado y descrito aquí tiene una longitud total de 1.121 m. En toda su longitud, las

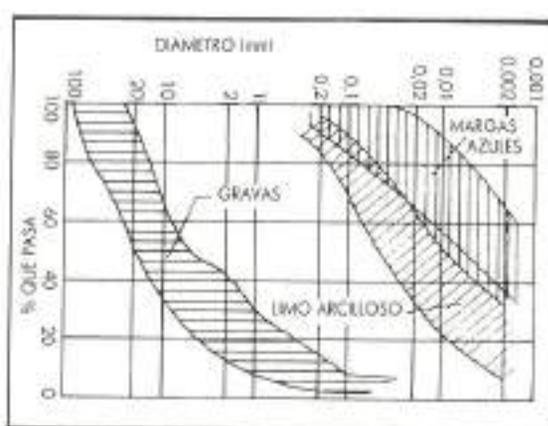


FIGURA 6. Granulometría de los suelos de la zona.

pantallas continuas se han ejecutado de forma que penetraran al menos 3 m en el estrato de margas azules, considerado como impermeable.

Una vez ejecutadas las dos pantallas paralelas, separadas 7,8 m entre ejes, se excavaba su interior hasta llegar a construir la bóveda del túnel, a veces con ayuda de uno o varios puntales metálicos entre pantallas. Construida la bóveda se rellenaba hasta la superficie del terreno y se seguía excavando subterráneamente hasta ejecutar la contrabóveda (figura 7). Las pantallas se hormigonaban desde 2 m de profundidad.

En la primera mitad del tramo, entre las estaciones de Gran Plaza y Nervión (figura 2), la profundidad de excavación fue muy uniforme y no se recurrió a puntales provisionales, excavándose

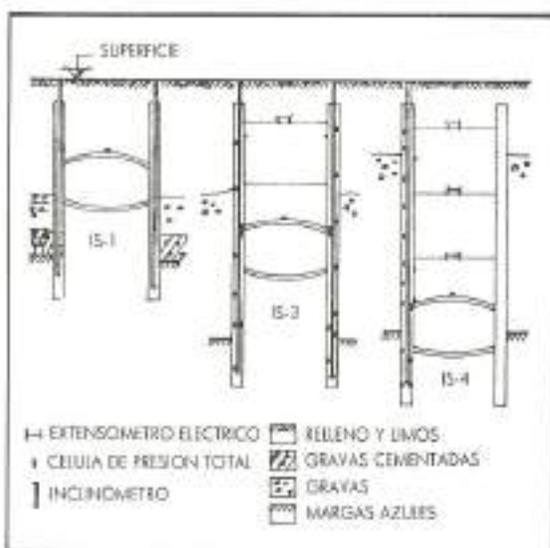


FIGURA 7. Esquema de los diferentes tipos de pantallas y su instrumentación.

9 m en voladizo antes de construir la bóveda. La presencia de gravas cementadas, de alguna costra desecada en los limos arcillosos y la posición baja del nivel freático hizo posible estas operaciones.

A partir de la estación de Nervión la solera bajaba con mayor inclinación, debido al descenso de las margas azules, para llegar, al final del tramo, a una profundidad de unos 30 m.

En la figura 7 aparecen tres secciones características de la obra (denominadas IS-1, IS-3 e IS-4), cuya posición queda definida en la figura 2. En la sección IS-1 no hizo falta ningún puntal provisional. En la IS-3 se previó colocar dos, pero una serie de problemas de obra, llevó a colocar sólo uno, con resultados satisfactorios. Y en la IS-4 se colocaron hasta 3 puntales provisionales, habiéndose excavado en esa sección 21,3 m antes de construir la bóveda.

Los problemas más importantes de obra estuvieron relacionados con: a) Numerosos servicios y conducciones, típicas de áreas urbanas. b) El tráfico. c) La presencia de las capas desecadas y cementadas, que obligaron al empleo de trépano para la excavación.

#### 4. INSTRUMENTACION

Se instrumentaron cuatro secciones (IS-1 a IS-4), situadas en la figura 2.

En la IS-1 (figura 7) se colocaron dos inclinómetros en las pantallas y se midieron asentos y desplazamientos horizontales en la superficie del terreno próximo, mediante nivel topográfico y cinta de convergencia. También se midieron presiones del terreno sobre la bóveda del túnel.

En la sección IS-2 se midieron movimientos del terreno superficial y presiones sobre la bóveda.

En la sección IS-3 (figura 7) se colocaron dos inclinómetros y células de medida de presión total para medir empujes del terreno, tipo Gloëtzl, de 20 x 30 cm, en las pantallas. Estos aparatos se introdujeron con la armadura de la pantalla. Las células iban en el interior de unos marcos metálicos flexibles, forrados de corcho, para asegurar que la presión sobre el trasdós de la pantalla llegara a las células (Escario y Sagaseta, 1973; Uriel y Oteo, 1977). También se controló la carga en el puntal, mediante dos extensómetros de tipo eléctrico, y la presión sobre la bóveda, así como los movimientos superficiales del terreno.

Análogas medidas se hicieron en la sección IS-4 (figura 7).

#### 5. RESULTADOS DE LA INSTRUMENTACION

El objeto de la instrumentación era múltiple:

1. Comprobar la seguridad de la obra.
2. Comprobar si las hipótesis de proyecto eran razonables en cuanto a empujes sobre las pantallas y cargas en puntales.
3. Conocer realmente la magnitud de los movimientos de las pantallas, por su posible incidencia en instalaciones próximas.

Por estos motivos, la instrumentación se ha centrado especialmente en la medida de la deformabilidad de las pantallas y en la de los empujes que el terreno les transmite.

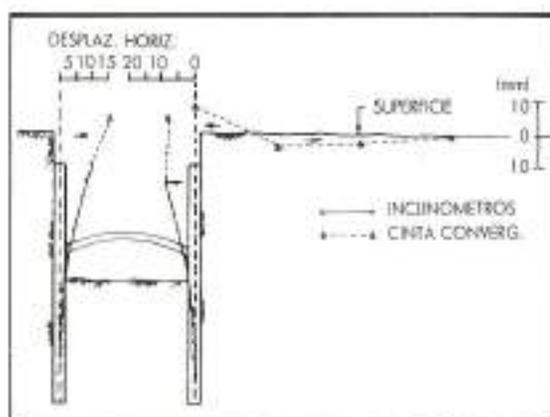


FIGURA 8. Movimientos horizontales en el terreno y en la pantalla IS-1.

En la figura 8 pueden verse los movimientos de las pantallas de la sección instrumental IS-1. Las medidas corresponden a la fase pésima, en que se han excavado 9 m y se empieza a construir la bóveda, sin que ésta actúe todavía. Es decir la pantalla está en voladizo, con una longitud enterrada análoga a la libre. El desplazamiento en la cabeza de la pantalla (situada a unos 2 m de profundidad), fue en los dos casos medidos de unos 10 mm, magnitud que corresponde a unas condiciones de empotramiento muy eficaces (terreno de gran calidad en la parte inferior).

En la superficie del terreno próximo los movimientos horizontales se amortiguaron rápidamente, desapareciendo la influencia de la excavación a una distancia de la pantalla del orden de la profundidad excavada. En esta zona los asentos superficiales también fueron del orden de unos pocos milímetros.

En la sección IS-2 se midieron movimientos superficiales (verticales y horizontales), obteniéndose desplazamientos de algunos milímetros, seguramente muy afectados por las variaciones ambientales (fuerte sequía, cambios térmicos importantes, etc.).

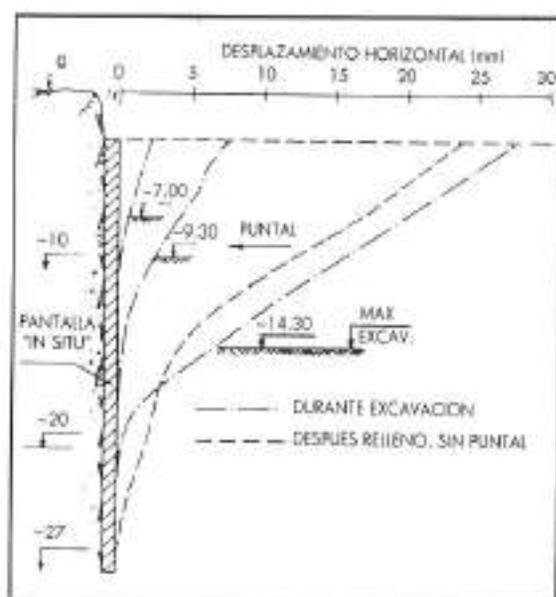


FIGURA 9. I.S. N.º 3. Deformación de la pantalla según el inclinómetro N.º 1.

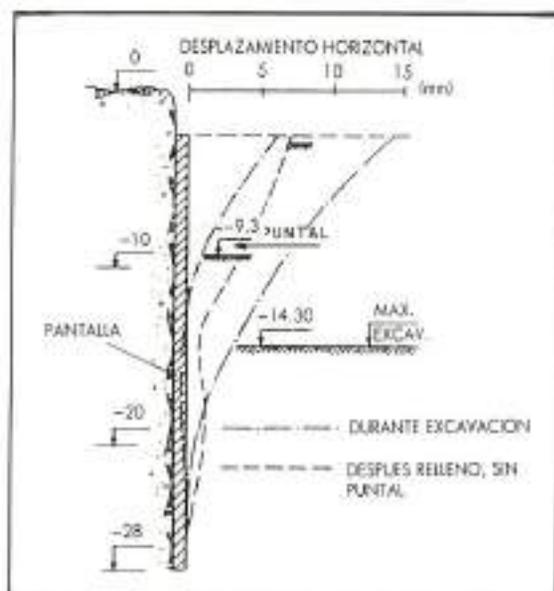


FIGURA 10. I.S. N.º 3. Deformación de la pantalla según el inclinómetro N.º 2.

Los movimientos de los dos módulos de pantalla de la sección IS-3 se han representado en las figuras 9 y 10 y en ellas puede verse la evolución de movimientos: Al excavar hasta 7 m la pantalla se deforma con curvatura constante y poco movimiento, como corresponde a pantallas muy empotradas. Al excavar hasta 9,30 m sucede lo mismo, alcanzándose un desplazamiento en cabeza de 6 a

8 mm, algo inferior al caso de la sección SI-1, quizás por el hecho de que en la IS-3 la pantalla tenía 20 cm más de anchura. Al llegar a esa profundidad de excavación se colocó un puntal y se continuó la excavación hasta 14,30 m. Como se aprecia en las figuras 9 y 10, la efectividad de dicho puntal puede calificarse de pequeña, ya que no introdujo cambios en la curvatura de la pantalla permitiendo que ésta llegara a moverse casi 3 cm en cabeza. El punto de la pantalla en que se situó el puntal se movió 6 mm en una pantalla y 13 mm en la otra (situada frente a la primera). Si ese movimiento hubiera sido de acortamiento del puntal los esfuerzos en éste hubieran sido de varios cientos de Tm (sólo se midió del orden de 30-40 Tm).

Al rellenar la pantalla, quitando el puntal, se recuperó una parte del movimiento, del orden de 4 a 7 mm, sin que la pantalla volviera a su posición inicial.

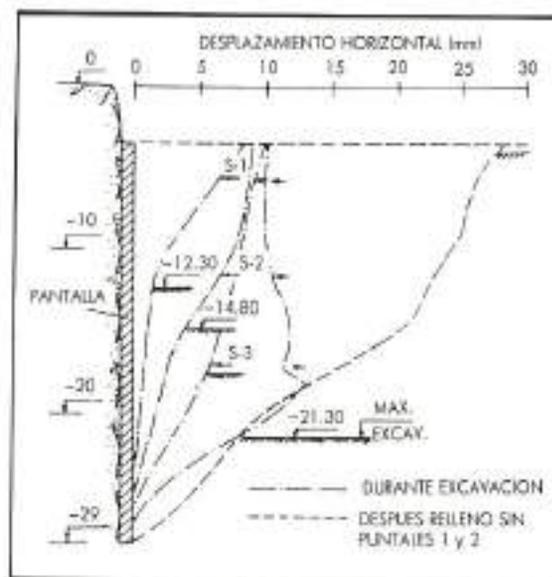


FIGURA 11. I.S. N.º 4. Deformación de la pantalla.

Las deformaciones de la pantalla de la sección IS-4 pueden verse en la figura 11. Al excavar hasta 12,3 m en voladizo, la deformada fue de curvatura de un solo signo y con movimiento en cabeza de unos 8 mm. A continuación se colocó el puntal S-1 y se siguió excavando. Dicho puntal empezó a tomar carga y su punto de apoyo en la pantalla sólo se envió algún milímetro durante el resto de la excavación. Ello dio lugar a un cambio de signo en la curvatura en la pantalla, que se fue acentuando a medida que se colocaban los puntales S-2 (cuando la excavación era de 14,8 m) y S-3 (cuando

do era de 18,5 m). De esa forma, el desplazamiento de la pantalla quedó limitado a unos 10 mm, llegando a 12,5 mm junto al fondo de la excavación. Puede apreciarse con ello la eficacia de los puntales, aunque quizás el más inferior permitió ciertos movimientos sin tomar mucha carga. Al rellenar la pantalla, quitando los dos puntales superiores, aumentaron claramente los movimientos hasta unos 3 cm (igual que en IS-3), ya que el empuje del relleno no pudo compensar la reacción de los puntales.

En cuanto a las presiones totales sobre la pantalla, la figura 12 muestra un ejemplo de las medidas realizadas en la sección IS-4. Dado que las células fueron instaladas en la armadura, pudo medirse los empujes debidos a los fangos bentoníticos que rellenaban la zanja, durante la construcción de la pantalla. Como se ve en la figura 12 las medidas coinciden con el empuje teórico de tipo hidrostático debidos a los fangos. Al hormigonar la zanja las presiones aumentan momentáneamente (recuérdese que, inicialmente, el hormigón es un semilíquido), para disminuir al terminar la operación (figura 12). Este fenómeno ya fue comprobado por Uriel y Oteo (1977).

En la misma figura 12 aparecen las presiones totales medidas después de excavar 21,4 m. A modo de comparación, se han dibujado también los empujes teóricos debidos sólo al agua. Puede comprobarse como a unos 20 m de profundidad los



FIGURA 12. Empujes medidos en IS-4 durante las operaciones constructivas.

empujes son claramente superiores a los del agua, pero en la zona inferior son prácticamente de la misma magnitud (incluso menor en el punto más bajo). Recuérdese que los terrenos cuaternarios (limos y gravas) estaban en esa sección por encima

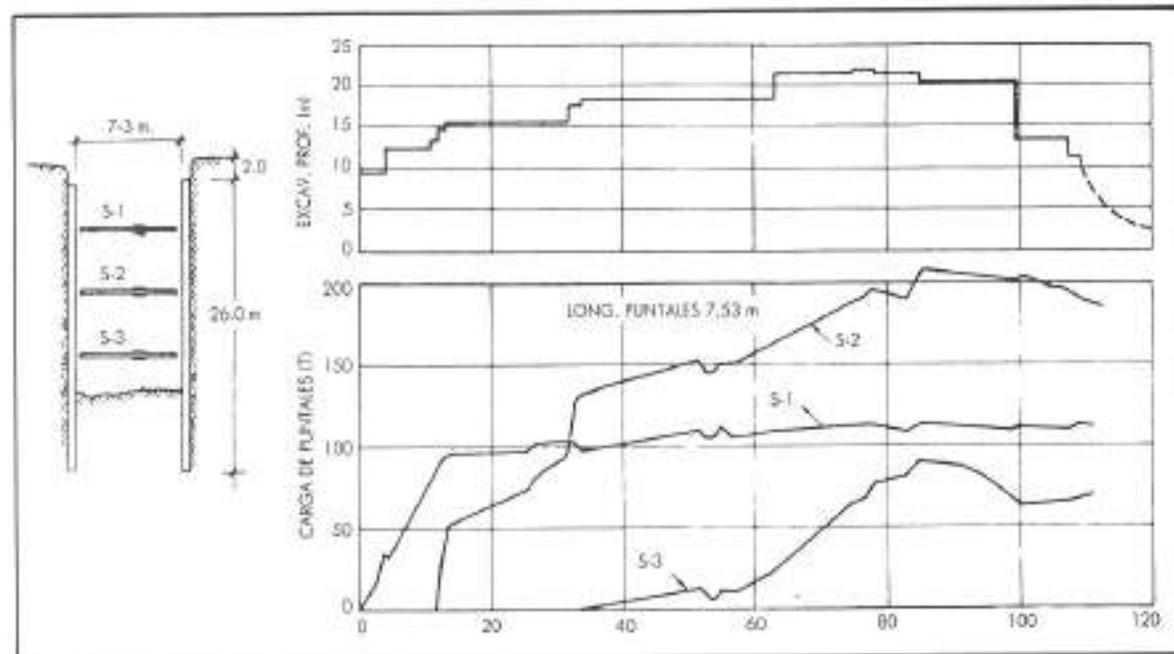


FIGURA 13. Carga de los puntales IS. N.º 3).

de los 20 m de profundidad y que las margas presentan apreciable cohesión y rozamiento, incluso a largo plazo.

Las cargas medidas en los puntales de la sección IS-4, que pudieron ser controladas adecuadamente, se han representado en la figura 13. Como puede verse, el primer puntal (S-1) alcanza prácticamente su máxima carga antes de colocar el segundo puntal (S-2), sin embargo éste siguió aumentando su carga incluso después de colocar el tercer puntal (S-3). Este fue tomando carga mucho más lentamente que los anteriores, alcanzando un esfuerzo máximo inferior al del S-1 y S-2. En S-1 se midió una carga máxima de 107 Tm, en S-2 de 210 Tm y en S-3 de unas 90 Tm.

En cuanto a las presiones del relleno entre pantallas sobre la bóveda, en algún caso se midió una presión algo mayor (50-60 KN/m<sup>2</sup>) que la de la sobrecarga de tierras. Ello se atribuyó a una posible influencia de la maquinaria de compactación. En las últimas secciones, en que por diversos motivos (ausencia de edificios, plazos de ejecución, etc.) la compactación de la zona baja del relleno fue muy escasa o nula, se midieron presiones totales claramente inferiores a la sobrecarga de tierras, lo que se atribuyó a efectos arco, rozamiento con las pantallas, etc.

## 6. INTERPRETACION GENERAL

De todo lo expuesto anteriormente se ha llevado a cabo un análisis detallado, recurriendo al método de los elementos finitos (FEM) para su interpretación teórica. Dado el poco espacio disponible, se resumen, a continuación, los puntos más destacables de esa interpretación:

- Las pantallas fueron calculadas con métodos clásicos, suponiendo que los empujes venían dados por la teoría de Rankine. A este efecto se consideraron empujes activos en trados y pasivos en intrados. Estas hipótesis resultan razonables, como se ha podido deducir de la figura 12. En las figuras 14 y 15 se han representado los empujes totales medidos en las IS-4 e IS-3, representando las líneas teóricas de empuje, suponiendo un terreno uniforme, con  $c' = 0$  y  $\varphi' = 30^\circ$  y  $37^\circ$ . Puede verse que los empujes medidos en la zona de limos se ajustan bien a la línea de  $\varphi' = 30^\circ$  mientras que en la zona de gravas se parecen más a las de  $\varphi' = 37^\circ$ , por lo que lo supuesto en estos dos terrenos resulta razonable. En la zona de margas puede decirse que los empujes totales son ligeramente superiores o iguales a los del agua, lo cual se puede

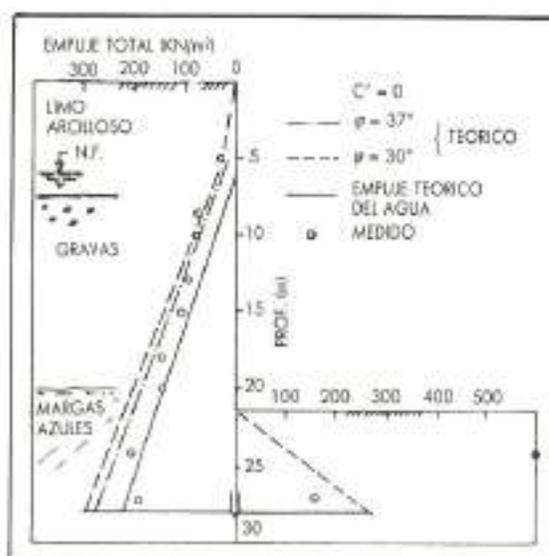


FIGURA 14. Comparación entre los empujes teóricos y medidos.

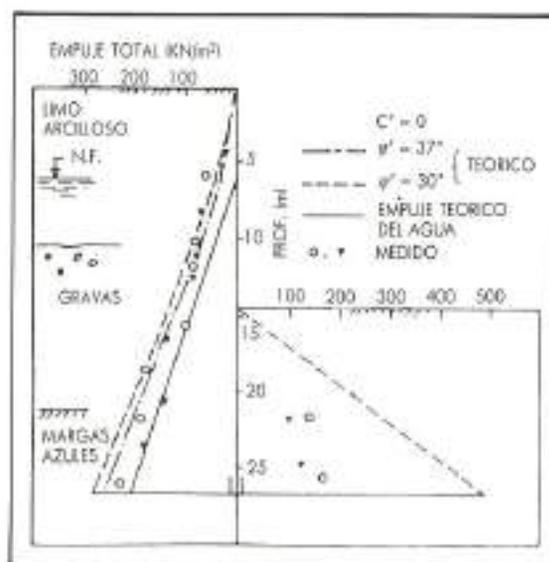


FIGURA 15. Comparación entre los empujes teóricos y medidos.

explicar por su mejor calidad (a largo plazo las margas presentan  $c' = 30$  KN/m<sup>2</sup> y  $\varphi' = 28-30^\circ$ ).

- Los empujes pasivos medidos en la parte baja de la pantalla (salvo en un punto en que se midió un empuje muy elevado, quizás por influencias locales) son del orden del 33-50 % de los máximos teóricos, lo que está en consonancia con las recomendaciones habituales en el cálculo de pantallas.
- Puede decirse, por tanto, que las hipótesis he-

chas sobre empujes totales son razonables. En los limos los empujes fueron algo inferiores a lo supuesto, quizás por tener mayor rozamiento del previsto. En la zona de margas azules también son conservadoras.

- La efectividad de los puntales puede ser dudosa, si no se acuan debidamente, pudiendo influir en su ajuste inicial las importantes variaciones térmicas que se dan en la zona. En la pantalla de la IS-3 el puntal tomó claramente mucho menor carga de la teórica y permitió un movimiento de la pantalla muy importante, seguramente por defectos iniciales de instalación.
- En la sección IS-4 los dos puntales superiores parecen que fueron mejor instalados, tomando carga desde el momento de su instalación. No ocurrió lo mismo con el puntal inferior (S-3), que permitió un mayor movimiento en la pantalla, entrando en carga con más lentitud. De esa forma la diferencia entre las cargas en los puntales, de proyecto y medidas, no son grandes (del orden del 30 %) en los dos puntales superiores, quizás debido a lo comentado sobre el rozamiento interno del terreno cuaternario, aunque sí son muy importantes en el S-3 (60 %). Esto último, aunque debe recordarse que los empujes del terreno sean inferiores a los teóricos en la zona inferior de la pantalla, lo atribuimos principalmente a defectos de instalación del puntal.
- En los menores empujes en la zona inferior de la pantalla han debido de jugar también un importante papel las capas de gravas comentadas. En la sección IS-1, en que la pantalla trabajaba en voladizo, sin puntales, se pudo ajustar muy bien los resultados de un cálculo por el FEM, después de suponer una importante rigidez a la capa de gravas cementadas. Esta capa influyó claramente en el grado de empotramiento de la pantalla. El análisis teórico efectuado fue de tipo elástico, que se mostró más aplicable al caso que el elasto-plástico. En las gravas cementadas hubo que suponer un módulo de deformación de  $8.000 \text{ MN/m}^2$  para que el ajuste fuera bueno, lo cual está en consonancia con la naturaleza de dicho material. La influencia de esta capa en otras secciones fue claramente menor, al excavar por debajo de ella.
- El análisis con el FEM en los casos de pantallas con puntales resultó muy difícil, por las dificultades de simulación de la deformabilidad de los puntales. Como ya se ha comentado los defec-

tos de instalación pueden permitir movimientos importantes en las pantallas, sin que ello pueda introducirse de una forma clara en el cálculo. Con diversas hipótesis sobre la deformabilidad aparente de estos puntales y reproduciendo el proceso constructivo, pudo obtenerse una deformada de la pantalla IS-4 similar a la medida (figura 16), aunque con unos desplazamientos totales del orden del 60-65 % de los medidos. En ese caso las cargas teóricas de los puntales fueron análogas a las medidas (diferencias de un 10 %). Ello refuerza lo comentado sobre los problemas de colocación y ajuste de los puntales, ya que pueden permitir importantes movimientos en la pantalla sin entrar en carga.



FIGURA 16. Comparación entre los desplazamientos horizontales de la pantalla calculados y medidos.

- El conjunto de medidas resulta coherente, en cuanto que se han comprobado empujes del terreno algo menores que lo supuesto (aunque las diferencias no son importantes, al predominar el empuje del agua, sobre todo en la parte baja de la pantalla) y los problemas que presenta la colocación de puntales y su entrada en carga. Cuando la efectividad de éstos es muy baja los movimientos máximos de la pantalla pueden ser de hasta un 0,15 % de la altura de excavación, lo que está en consonancia con lo recomendado por diversos autores para pantallas de hormigón.

## 7. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes que se han obtenido son:

- Los empujes supuestos en proyectos son algo conservadores. Los limos arcillosos presentan un poco más de rozamiento interno y las margas azules dan empujes muy pequeños.
- Las capas de gravas cementadas presentan problemas de excavación. Sin embargo, ofrecen una elevada resistencia e influyen claramente en el comportamiento de las pantallas (disminuyen empujes activos y desplazamientos).
- La efectividad de los puntales puede verse muy disminuida e, incluso, anulada, por defectos de instalación, cambios térmicos con respecto al momento de colocación, etc.
- Los movimientos horizontales de la cabeza de la pantalla pueden llegar a ser hasta un 0,15 % de la profundidad excavada y lo que está de acuerdo con diversas recomendaciones prácticas para pantallas de hormigón.

#### **8. AGRADECIMIENTOS**

Los autores quieren expresar su profunda gratitud a la Dirección General de Infraestructura del Transporte (MTT y C), por su permiso para publi-

car parte de esta información y por el apoyo y financiación de los trabajos aquí descritos. También quieren agradecer la cooperación del Contratista (Cubiertas y MZOV), Compañía General de Construcciones (E. Pérez Galdós, Javier Pérez Villamil y Jorge Royo) y la de los técnicos del entonces Laboratorio de Carreteras y Geotecnia (J. Perelli, B. Delgado y J. Plaza), encargados de la instrumentación.

#### **REFERENCIAS**

- REIN, J. A. y OTEO, C. (1984). «La construcción de Estaciones Subterráneas en el Metro de Sevilla (España)», Proc. 1st Congreso Latinoamericano de Trabajos Subterráneos de Metro. Caracas.
- SAGASETA, C. y ESCARIO, V. (1974). «Influence of construction procedures on ground pressures around tunnels.» Proc. 3rd Congress of the Int. Soc. of Rock Mech., Denver.
- URIEL, S. y OTEO, S. (1976). «Propiedades geotécnicas de las margas azules de Sevilla.» Simp. Nacional sobre Rocas Blandas. Madrid. Vol. I.
- URIEL, S. y OTEO, S. (1977). «Stress and strain besides a circular trench wall.» Proc. IX Int. Conf. on Soil Mech. and F. E., Tokyo, Vol. 1.


 PEDIDOS: Contra reembolso  — Cheque adjunto 
**RELIABILITY AND OPTIMIZATION OF STRUCTURAL SYSTEMS. (PP)**

 Thoft, P. —4073—  
 1987 ed. 470 págs. 10.494 pts.

CONTENIDO: On the application of a nonlinear finite element formulation in structural systems reliability. Fatigue life estimation under random overloads. Application to marine structures of asymptotic vector process methods. Reliability analysis of discrete dynamic systems under non-stationary random excitations. Reliability of partly damaged structures. Uncorrelated unreliable process with explicit or implicit breakdowns and mixed executive times. Etc...

**RELIABILITY BASED DESIGN IN CIVIL ENGINEERING.**

 Harr, M.E. —5745—  
 1987 ed. 290 págs. 11.438 pts.

CONTENIDO: Elements of probability. Further concepts. System reliability. Reliability analysis. Gaining information.

**REGLEMENTATION FRANCAISE ET ETRANGERE EN GEOTECHNIQUE. (PP)**

 Magnan, J.P. —7039—  
 1987 ed. 141 págs. 4.350 pts.

**BUILDING STRUCTURAL DESIGN HANDBOOK**

 White, R.N. —2226—  
 1987 ed. 1.197 págs. 18.550 pts.

CONTENIDO: Introduction to the Handbook. Loads. Design philosophies. Mechanical and electrical systems. Vertical transportation structural aspects. Welding. Related considerations in building design. Structural walls and diaphragms. How they function. Structural form. Preliminary design of low-rise buildings. Tall buildings load effects and special design considerations. Preliminary design of high-rise buildings. Preliminary design of single-story open-space buildings. Preliminary design of shells and folded plates. Etc...

**QUALITE DES SOLS METHODES D'ANALYSE. (PP)**

 As. Fr. Normalisation —20465—  
 1987 ed. 135 págs. 7.208 pts.

CONTENIDO: Definitions. Sampling - Test samples. Physico-chemical tests. Analysis methods.

**SIXTEENTH CONGRESS ON LARGE DAMS 4 Vols.**

 Cigb/ICOLD. —8489—  
 1988 ed. 5.400 págs. 63.070 pts.

VOLUME 1: Questions discussed at preceding congress. Questions for the 16th congress. recap table of papers per countries submitted to the 16th congress. Global comparison of papers submitted to the last nine congress. Etc...

VOLUME 2: Wording of question 61. Table of contents of papers on question 61. Papers on question 61. General report question 61.

VOLUME 3: Wording of question 62. Table of contents of papers on question 62. Papers on question 62. General report question 62. Table of contents of communications. Communications.

VOLUME 4: Wording of question 63. Table of contents of papers on question 63. Papers on question 63. General report on question 63.

**SOIL-STRUCTURE INTERACTION. Vol. 43**

 Calmak, A.S. —5809—  
 1987 ed. 373 págs. 19.928 pts.

CONTENIDO: Effects on an irregular soil profile on site amplification. Earthquake response of nonlinear building-foundation systems. Dam-foundation interaction under spatially correlated random ground motion. Recursive evaluation of interaction forces of unbounded soil in frequency domain. Etc.

**SPACE STRUCTURES FOR SPORTS BUILDINGS.**

 Lan, T.T. —9037—  
 1987 ed. 662 págs. 17.278 pts.

CONTENIDO: General. Continuous shells. Space trusses. Reticulated shells. Cable structures. Membrane structures.

**STOCHASTIC METHODS IN STRUCTURAL DYNAMICS.**

 Schueller, G.I. —7054—  
 1987 ed. 218 págs. 12.296 pts.

CONTENIDO: Basic principles of probability, stochastic processes and reliability methods. Stochastic dynamic analysis of linear systems. Stochastic fields and their digital simulation. Application of markov process theory to nonlinear random vibration problems. Approximate methods in non-linear stochastic dynamics. Seismic damage analysis of reinforced concrete buildings.