

Sistemas de excavación y arriostramiento de las pantallas continuas de hormigón armado para la ejecución de sótanos

CARMEN RODRIGUEZ LIÑAN, DRA. ARQUITECTO

Una solución para resolver los problemas que plantean las excavaciones profundas, la constituyen las pantallas de hormigón armado, moldeadas "in situ" o prefabricadas, cuya ejecución ha experimentado en los últimos años un importante desarrollo, porque permiten realizar la excavación de los sótanos sin utilizar taludes inclinados (cosa no siempre posible por la proximidad de edificios vecinos), con frecuencia sin necesidad de drenaje, con lo cual se acelera notablemente la construcción y porque pueden quedar formando parte de la obra permanentemente.

La seguridad frente a accidentes durante la ejecución es mucho mayor con este método que con los restantes, pues se ejecuta con medios mecánicos des-

de la superficie del terreno, se logra además un rápido progreso de los trabajos. Estas son algunas de las razones principales para que las pantallas se usen incluso en terrenos de buena calidad como son los de Madrid.

Por otra parte, las excavaciones de sótanos entre edificios medianeros o próximos, han de realizarse sin afectar las edificaciones colindantes y mediante sistemas que perturben lo menos posible las actividades de la ciudad. En este sentido, las pantallas continuas limitan notablemente las deformaciones, siempre que se cuide el proceso de excavación del intradós y los sistemas de sustentación tanto provisionales como definitivos de la pantalla.

TIPOS DE ARRIOSTRAMIENTOS

Después de la terminación de la obra, una pantalla de hormigón está con frecuencia arriostrada por los forjados de los pisos u otro tipo de losas o arriostramientos. Por ello, la fase más crítica desde el punto de vista tensional suele corresponder a la fase de la excavación del intradós. En dicha fase hay pantallas que pueden resistir en voladizo, pero cuando las alturas de excavación o las sobrecargas son importantes hay que proceder a su arriostramiento, debido a su pequeño espesor.

Los arriostramientos pueden ser provisionales o definitivos, pudiendo clasificarlos según este criterio en el esquema siguiente:

- Arriostramientos provisionales: banquetas, codales o puntales, anclajes activos o pasivos.
- Arriostramientos definitivos; anclajes protegidos contra la corrosión, losas o forjados de los pisos.

Pantallas en voladizo

Como ya hemos dicho, si la profundidad de excavación no es excesiva, la pantalla puede trabajar en voladizo. La máxima altura de voladizo depende, naturalmente, de la naturaleza del terreno. En las arenas de miga de Madrid se ha alcanzado, con la ayuda de una antezanja, profundidades de exca-

vación en las proximidades de la pantalla hasta de 13,90 m. (fig. 1). Para terrenos de mala calidad la máxima altura libre no suele exceder de 6 m. Naturalmente, en estos casos hay que empotrar la pantalla de modo suficiente por debajo del fondo de la excavación.

A fin de alcanzar alturas de excavación superiores, compatibles con el espesor de la pantalla, puede recurrirse a aumentar la inercia construyendo pantallas con forma de T en planta (fig. 2, a y b).

En tales casos las alturas de excavación alcanzadas pueden oscilar,

según la naturaleza del terreno, entre 10 y 15 m.

Los contrafuertes pueden colocarse en el interior de la excavación, como en la figura 2 a, o en su exterior como en la figura 2 b. En este último caso se produce, por efecto arco, una disminución notable de los empujes que actúan sobre la losa frontal, pero los contrafuertes, a diferencia de lo que sucede cuando son interiores, tienen que soportar algunas tracciones.

Para llegar a alturas de excavación superiores es necesario recurrir a arriostrar la pantalla por alguno de los sistemas siguientes.

Arriostramientos provisionales

Uno de ellos consiste en dejar una banqueta de tierras junto a la pantalla en el fondo de la excavación hasta que se construyan los forjados (fig. 1). Por este procedimiento se han alcanzado, en terrenos resistentes como son las arenas de miga de Madrid, profundidades de excavación hasta de 17,25 m. con ayuda de una antezanja (edificio en la calle Fuencarral, Madrid. Cimentaciones Especiales). El único inconveniente de este sistema es que hay que retirar las tierras de la banqueta a través de los arriostramientos ya terminados.

Cuando existe una losa de fondo lo que suele hacerse es ir excavando la berma por bataches en los que la losa de fondo se va uniendo a la pantalla.

Este procedimiento mixto se ha utilizado en la construcción del Hotel Cristina en Las Palmas (Roca y al, 1969). En este caso las fases de ejecución fueron las siguientes: Construc-

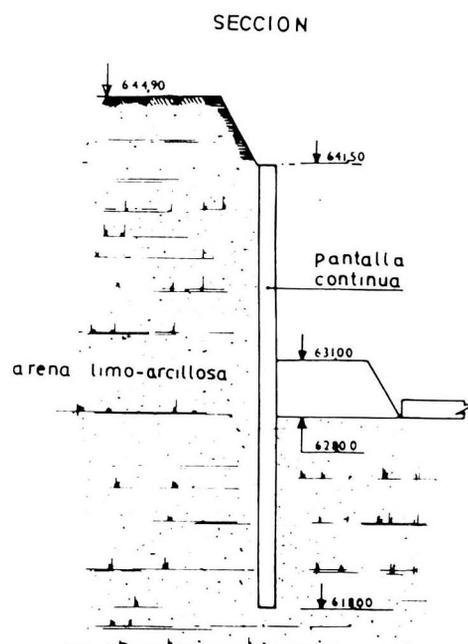


FIGURA 1. EXCAVACION MEDIANTE BANQUETA PERIMETRAL

Edificio en C/ Fuencarral, Madrid. (Rodio).

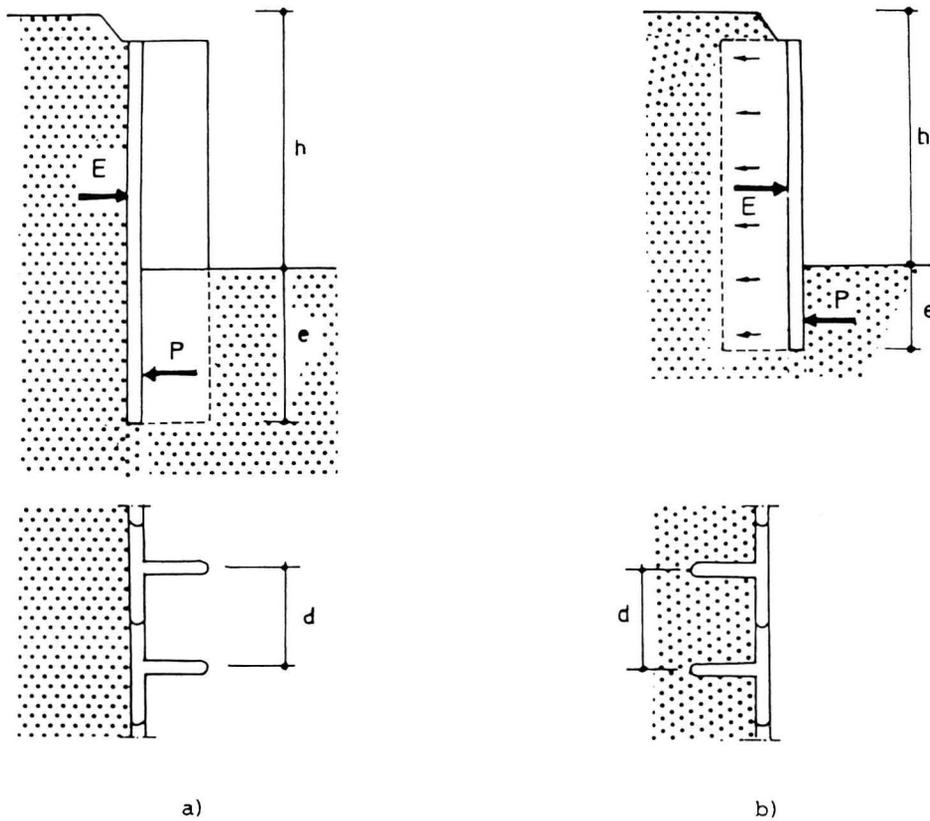


FIGURA 2. PANTALLA CON CONTRAFUERTE

A: interiores, B: exteriores.

ción de la pantalla y de los pilotes, excavación dejando una berma o banqueta adosada a la pantalla, hormigonado de la parte central de la losa del fondo, ejecución de los pilares y el forjado y por último se quitan las bermas y se termina la losa de fondo (fig. 3).

Otro sistema consiste en la utilización de puntales o codales. Los codales pueden ir de una pared a la opuesta. En tal caso hay que acudir con frecuencia, dada la gran luz, a vigas trianguladas. Para dejar más espacio libre y para disminuir la luz, se recurre con frecuencia a arriostrar una pared con la contigua en sentido diagonal.

En excavaciones extensas en planta, más que en profundidad, se recurre con frecuencia a apoyar los puntales en un montículo central que se deja sin excavar (fig. 4). De esta manera se pueden ejecutar las zapatas próximas a la pantalla, los pilares y los correspondientes trozos de forjado que permiten arriostrar la pantalla y excavar el montículo.

También se puede proceder al contrario: excavar en la zona central y dejar bermas perimetrales. Los puntales se pueden apoyar en alguna parte de la construcción ejecutada en dicha zona central (fig. 5), o sencillamente contra la losa de fondo parcialmente ejecutada; el primer procedimiento se ha utilizado como parte de la sustentación en el complejo Meliá de Sevilla. Si

el apoyo es suficientemente masivo se pueden pretensar los codales con lo cual se controlan mejor los movimientos de la pantalla. Este método exige una buena cooperación entre proyectistas y constructor en la etapa de proyecto.

Si la excavación es muy profunda y la extensión en planta considerable, hay que apoyar los codales, adquiriendo en casos extremos la estructura provisional de sostén una gran complicación. Un caso de este tipo es el del Centro Carlton de Johannesburgo de 156 x 127 m. de dimensiones en planta y cuya profundidad oscilaba entre 24 y 30 m. El solar estaba rodeado por calles de tráfico intenso. Se construyeron pilotes interiores para sostener el emparrillado de arriostramiento, consistentes en una estructura de hormigón pretensado a un solo nivel. Para limitar los movimientos alrededor de la excavación se precargó el empuje de tierras anticipado sobre la estructura de arriostramiento por medio de gatos antes de continuar la excavación. Se empleó una combinación de 250 gatos Freyssinet y 10 gatos hidráulicos de 400 toneladas. Una vez terminada la estructura del sótano se retiró la de arriostramiento (Butter, 1970).

En otros casos más sencillos, la estructura de arriostramiento se compone de un emparrillado de codales metálicos que se cruzan en los encajados de una serie de pilotes exentos en

la longitud correspondiente a la altura de excavación, y que se apoyan en la pantalla sobre "carreras" también metálicas.

Otro sistema de arriostramiento provisional lo constituye la utilización de anclajes provisionales.

Las fases de construcción de una pantalla anclada son las siguientes:

1. Se hace la excavación correspondiente a primera planta de sótano.
2. En el lugar donde va a ir el anclaje se hace un orificio con la sonda que se entuba.
3. Se introducen los cables de acero de pretensado que terminan de forma especial.
4. Se pone un tapón y se inyecta lechada para formar un bulbo en el extremo del anclaje.
5. Con gatos de pretensado se da tensión a los cables y luego se inyecta el conducto para evitar la corrosión del cable.
6. Se prosigue la excavación hasta la cota de la siguiente planta de sótano, y en caso de que exista más de un anclaje, se repite la operación desde la segunda fase.

Los anclajes se ponen fuera de servicio cuando se ha terminado la construcción de los forjados, cortando los cables.

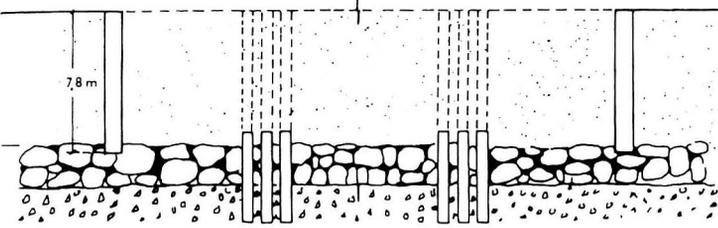
Los anclajes de arriostramientos provisional pueden ser pasivos o activos, según exijan o no una deformación de la cabeza para entrar en funcionamiento.

Arriostramientos definitivos

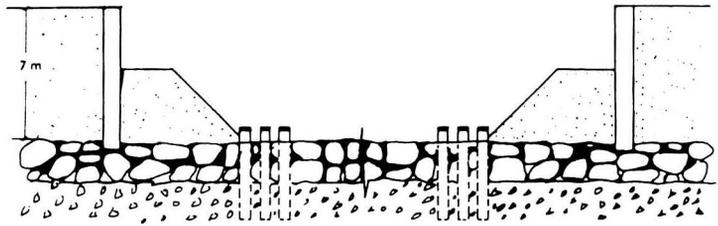
Una manera de conseguir arriostrar definitivamente una pantalla consiste en la utilización de anclajes definitivos protegidos contra la corrosión. El problema de este sistema de anclajes definitivos es que requieren un control continuado durante toda la vida de la obra, ya que los anclajes pueden perder tensión a lo largo del tiempo. Se utilizan sólo en casos especiales en los que la entidad propietaria de la obra se compromete a realizar estos controles. Como ejemplo podemos citar la pantalla del Museo Arqueológico de Fourrière en Lyon (J.P. Geffriaud y M. Rouget). La altura de excavación varía de 15 a 20 m., estando sostenida por 4 filas de anclajes pretensados definitivos, en este caso se ha previsto una galería técnica adosada a la pantalla para controlar los aparatos de medida situados en la cabeza de los anclajes (fig. 6).

Sin embargo, el principal inconveniente de este sistema es que los anclajes suelen caer en terrenos de otras pertenencias y, por ello, es imposible confiar en su uso definitivo.

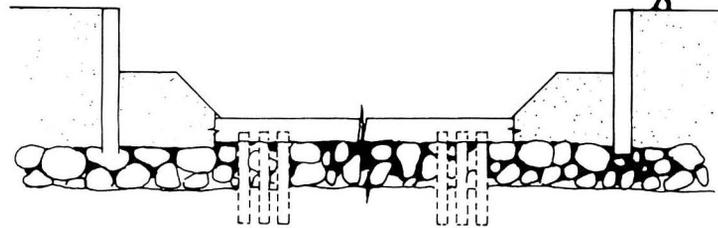
1ª FASE EJECUCION DE LA PANTALLA Y PILOTES



2ª FASE EXCAVACION SALVO TACON PERIMETRAL



3ª FASE HORMIGONADO LOSA CENTRAL



4ª FASE ARRIOSTRADO DE LA PANTALLA Y COSIDO DE LA LOSA

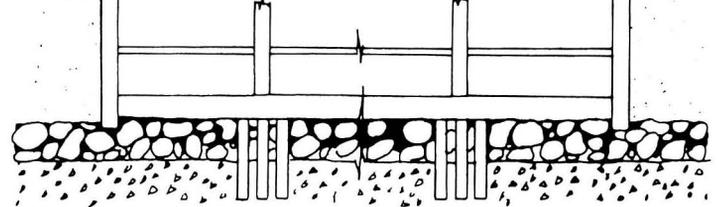


FIGURA 3. EXCAVACION CON AYUDA DE BANQUETAS
Hotel Cristina en Gran Canarias. (Roca et al., 1969).

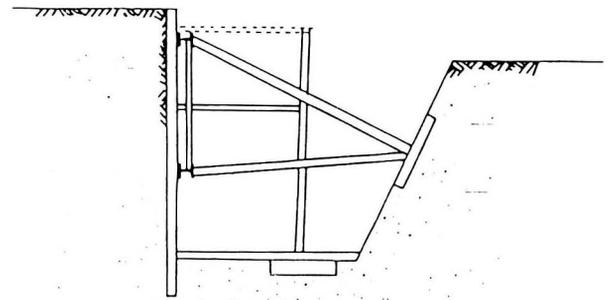


FIGURA 4. EXCAVACION CON APUNTALAMIENTO MEDIANTE CODALES CONTRA MONTICULO CENTRAL

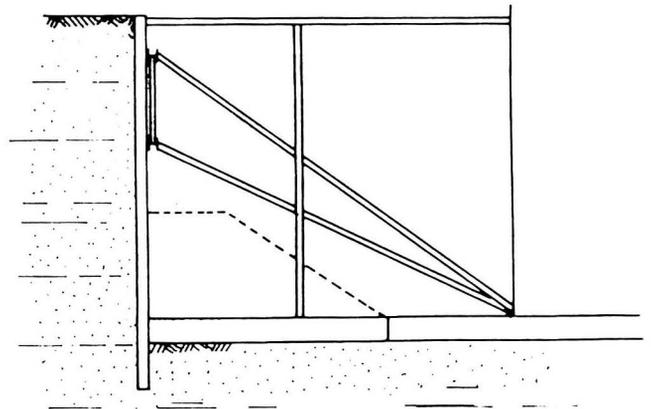


FIGURA 5. EXCAVACION CON APUNTALAMIENTO MEDIANTE CODALES CONTRA LA LOSA DE FONDO Y BANQUETA PERIMETRAL

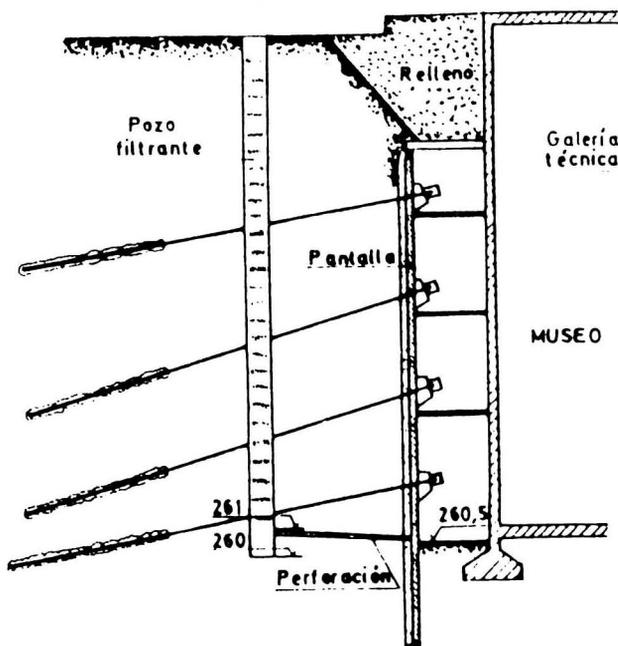


FIGURA 6. PANTALLA CON ANCLAJES DEFINITIVOS
(Museo de Lyon).

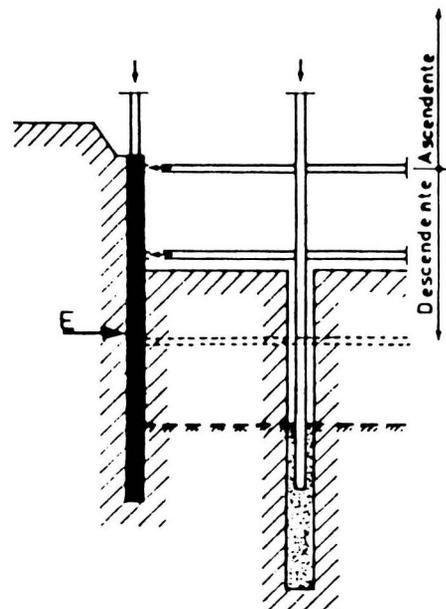


FIGURA 7. SISTEMA DE EXCAVACION ASCENDENTE-DESCENDENTE

Otro sistema de arriostramiento definitivo es la construcción simultánea ascendente-descendente. Este sistema es muy adecuado cuando se requieren profundidades de excavación grandes o cuando el terreno es de mala calidad y se desea controlar mejor los movimientos del terreno exterior a la excavación.

El proceso constructivo del sistema ascendente-descendente es el siguiente (fig.7):

1. Se ejecuta la pantalla perimetral y las perforaciones de los pilotes.
2. Se colocan los pilares metálicos en el interior de la perforación de los pilotes y se hormigonan en su parte inferior.
3. Se rellena con gravas la perforación no hormigonada, para evitar el pandeo de los pilares.
4. Se hace la losa o forjado de la planta baja, con lo cual, se arriostra la pantalla teniendo en cuenta que hay que dejar grandes huecos en el forjado para excavar la planta siguiente. A partir de este momento podemos proceder a la construcción simultánea hacia arriba y hacia abajo del edificio (excavación).

5. Cuando se haya terminado la excavación correspondiente a la siguiente planta, se construye el correspondiente forjado y así es como se procede hasta ejecutar la losa de la última planta de sótano.

6. Antes de ejecutar la losa de fondo y una vez alcanzada la cota máxima de excavación, se refuerza la unión de los pilares con los pilotes mediante una base metálica que queda embebida en la losa de fondo.

La principal ventaja de esta manera de arriostrar la pantalla es que todas las obras que se ejecutan son definitivas, con la consiguiente economía en el presupuesto y en el plazo de ejecución, al suprimir las obras provisionales. Por otro lado, la construcción de la estructura puede proceder hacia arriba y hacia abajo simultáneamente. Otra ventaja de este tipo de arriostramiento es que la pantalla sufre muy pequeños movimientos.

El inconveniente principal es que la excavación se ve bastante entorpecida, como ya se ha señalado, y que necesita mucha cooperación entre el proyectista y el constructor para evitar problemas en la obras.

Con ese sistema de excavación se han alcanzado profundidades de excavación de 25,80 m. en un edificio en Barcelona en las calles Diagonal/Entenza, siendo mínimos los movimientos de la pantalla hacia la excavación y como consecuencia no se han visto afectados los edificios colindantes.

BIBLIOGRAFIA

BUTLER, F.G. 1970. "The design and construction of deep basements". British Geotech. Soc. Londres.

GEOFRAND, J.P., ROUGET, M. 1972. "Contrôle de la tension des tirants precontraints. Tirants définitifs d'ancrages de la paroi moulée du M. Archéologique de Forrière a Lyon". Travaux.

Rodio 1974. "Pantallas continuas".

Roca et al. 1969. "Pantalla continua para la ejecución de los sótanos del Hotel Cristina en el istmo de Las Palmas". Revista O.P. n.º 39.