

NOVEDADES CONSTRUCTIVAS

Terminado mi viaje de ampliación de estudios en el Extranjero, creo interesante llevar a la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS algo de lo que he visto y tratado en la Memoria reglamentaria.

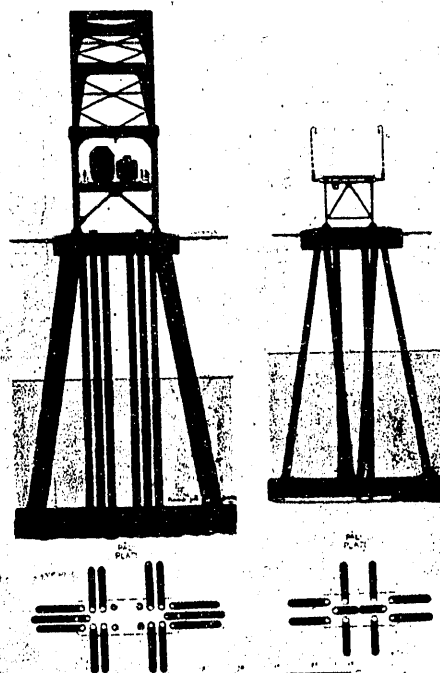
El tema señalado, además de uno concreto de enseñanza técnica, fué el estudio de nuevos sistemas de construcción en algunos países europeos, y en busca de obras características he recorrido, por desgracia rápidamente, Suiza, Francia, Bélgica, Holanda, el Norte de Alemania, algunos puertos daneses, Suecia e Inglaterra. Asistí también, entre un grupo de españoles, al Congreso de Organización Científica del Trabajo celebrado en Bruselas el mes de octubre.

No me parece interesante hacer una descripción detallada de las muchas obras de ferrocarriles, puentes, hidráulicas y urbanas visitadas porque existen folletos y artículos especiales que llenan este objeto.

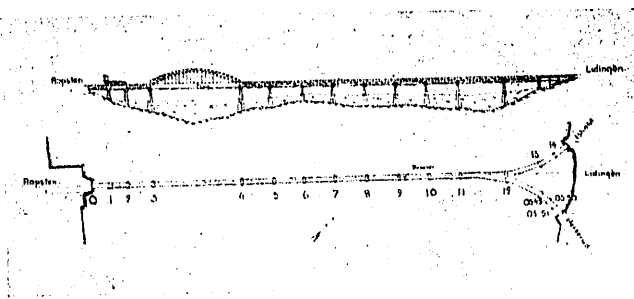
En cambio, me parece oportuno consignar las novedades que han herido mi sensibilidad técnica y de posible adaptación a nuestro país.

En las obras marítimas, que preferentemente estudié, es característica la profundidad casi ilimitada a que se llega para buscar el buen suelo. En las del corte de Kruisschaus, de Amberes, en la gran esclusa de Ijmuiden, en el puerto de Göteborg, existían de antiguo pilotajes profundos; pero donde esta circunstancia bate el *record* es en el puente de Lidingö, que en sustitución de un antiguo flotante se ha construído en el brazo de mar que separa la isla de Lidingö de la capital de Suecia. Se han publicado en revistas técnicas extranjeras descripciones de esta obra y hasta un pequeño libro editado en Alemania; pero baste decir para mi objeto que la roca se ha alcanzado a más de 36 m bajo el agua, por medio de tubos de hormigón armado de 1 m de diámetro y hasta de 45 m de largo, hincados con machina a través de acarreos y de arcillas, rellenados después con hormigón

superestructura, lo que hace esperar, ya que en Suecia se presentan circunstancias análogas, que no tar-



Arco de 140 m de luz. Tramo normal.
Secciones transversales y planta de las pilas del puente de Lidingö.



Alzado y planta del puente de Lidingö (Stockolmo).

pobre. Es en la actualidad el pilotaje más profundo, mucho más que el sustentador del último *pier* del puerto de Manila.

La estructura metálica tiene 825 m de longitud en los 18 tramos rectos (uno móvil Strauss), y un arco de 140 m de luz para cruzar el fondo de la vaguada. La opinión actual del ingeniero director de las obras, a quien desde aquí agradezco públicamente sus atenciones, es que hubiese sido más económico cimentar en ese punto bajo para continuar el mismo tipo de

tardará en realizarse otro caso de cimentación más profunda y difícil.

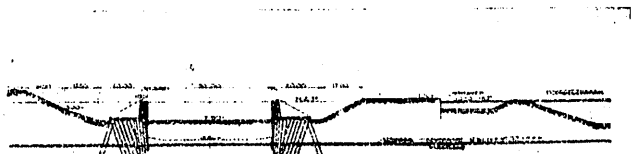
En España existen problemas parecidos. Así, el puerto de Bilbao tiene que hallar una solución satisfactoria a la cimentación del muelle de la Benedicta, en Portugalete, en una capa de fango flúido sobre roca situada a 30 m bajo la bajamar; mas para que esta solución se tenga en cuenta es necesario que los contratistas aprendan a hincar pilotes inclinados, para lo que deben disponer de machinas especiales. La resistencia de los pilotes inclinados a esfuerzos horizontales es sólo calculable de un modo somero, por la escasa experiencia que sobre el particular se tiene; pero parece indudable que aumentan mucho la estabilidad, por lo que convendrá proyectarlos, en cuanto haya ocasión, para que los constructores se preparen a hincarlos.

* * *

Ahora que los latinos parece que vamos aceptando la doctrina que sobre hormigones viene del Instituto

Lewis y del *Bureau of Standards* americanos, es interesante también conocer el punto de vista holandés.

Creer los holandeses que todas las consecuencias de los experimentos de Abrams son de un origen más



Sección transversal de la Gran Esclusa de IJmuiden.

o menos artificial, y que en la obra no puede emplearse un hormigón sin huecos, sin caer en el peligro de tenerlos muy grandes—los nidos o poros de prácticos y capataces—por la formación de lechos de grava.

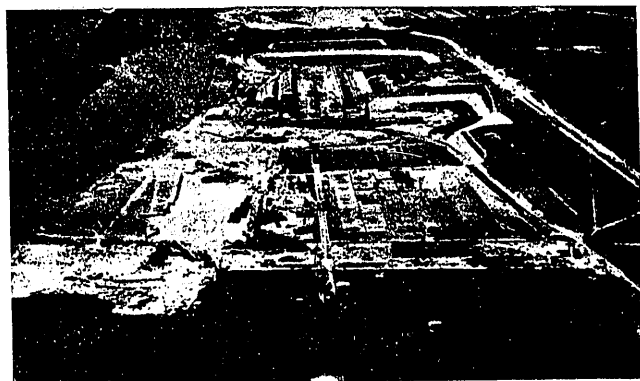
Marcándose en esto también la diferencia racial entre flamencos y walones, se aceptan en las obras del corte de Kruisschaus los resultados holandeses, mientras que de Brabante hacia el Sur se usa la dosificación francesa de la Instrucción de 1906 o se hacen experimentos especiales con áridos, siguiendo los métodos americanos.

Este criterio holandés se marca claramente en los hormigones que se están empleando en la construcción de la Gran Esclusa de IJmuiden, en la entrada del

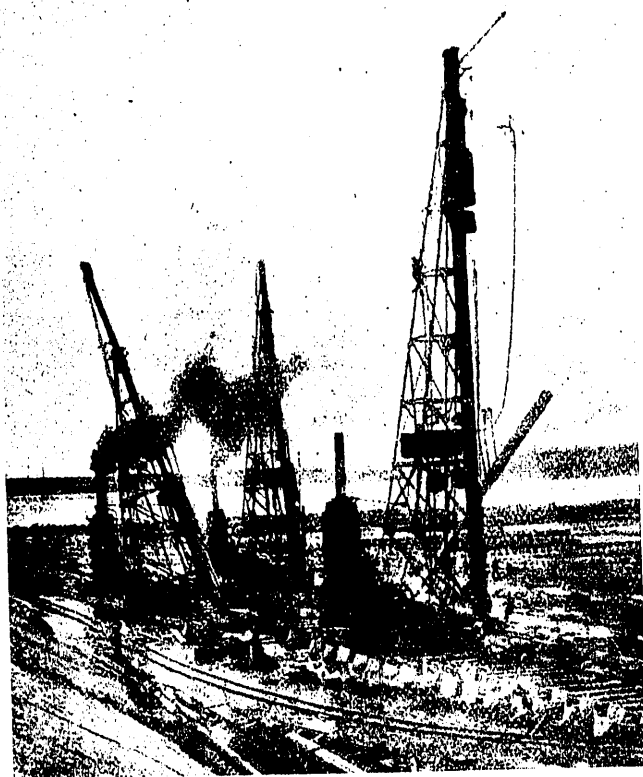
venían del carácter arenoso del terreno de cimentación y de la necesidad de no perturbar el equilibrio de las capas acuíferas subyacentes, que alimentan a varias aglomeraciones próximas. Obligaba esto a disminuir la profundidad de las excavaciones, y para conseguirlo se cimentaron altos los muros de cajeros, adoptando un tipo de muro con zapata sobre pilotaje y con tablestacado machihembrado impermeable en el frente, todo de hormigón armado, y la excavación de las cabezas se está haciendo en pozos aislados de las capas acuíferas por un recinto tablestacado metálico, que alcanza una capa de arcillas impermeables a 26 m de profundidad.

Al adoptar estos muros fué necesario concentrar los acueductos junto a una de las cabezas, y como eran de temer los efectos de una masa tan grande de agua sobre el buque esclusado, se hicieron unos experimentos en el Laboratorio Hidráulico Prusiano sobre modelos reducidos de esclusa y de buque, que han dado como resultado la adopción de una nueva sección de acueducto.

Los 200 000 metros cúbicos de hormigón que han de emplearse en la obra exigían también una prepara-



Las obras de IJmuiden. La Gran Esclusa, al fondo. Más cerca, el taller de pilotes, y en primer término, el pequeño puerto de las obras. A la izquierda, la esclusa del canal de Amsterdam.



Línea de pilotes y tablestacas en IJmuiden.

Canal de Amsterdam al mar del Norte. Esta esclusa, la mayor del mundo, de 400 x 500 m, ha sido proyectada después de una serie completa de trabajos de campo y de laboratorio.

Las principales dificultades de construcción pro-

cción experimental de importancia, y en ella se acentuó el criterio que ha aconsejado esas dosificaciones de hormigones. En esencia se reduce a que si se aumenta la cantidad de arena a expensas de la de grava, sin variar la cantidad total del árido, se tiene la seguridad de que cada piedra queda envuelta por el mortero, y como ventajas accesorias de importancia, que por el mejor aspecto de los paramentos pueden suprimirse los enlucidos, que a la larga caen casi siempre, y que en el caso de existir armadura cabe contar además con una adherencia de fier entre hierro y hormigón.

Como ejemplo, en la Esclusa de IJmuiden se han empleado las siguientes dosificaciones con los resultados de Laboratorio anotados.

Con cementos de las siguientes resistencias en mortero 1 : 3.

CEMENTO						ALTOS HORNOS	
A		B		C		Tracción	Compresión
Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión		
22-34	259-404	35	393-419	22-30	231-324	22-35	294-318
29-38	511-555	»	586	»	426-514	»	»

Hormigón para pilotes y tablestacas:

1 cemento: $\frac{1}{4}$ trass; $1\frac{3}{4}$ arena; 2 grava; para A. H. (1): $\frac{1}{4}$; $1\frac{3}{4}$; 2. y para A. H. (2): $1\frac{1}{8}$; $1\frac{3}{4}$; 2:

CEMENTO	A	A	A	A	A	A. H. (1)	A. H. (2)
28 días	»	»	»	202	»	»	148
45 »	234	252	277	216	181	333	188

Hormigón para forjado del muro:

1 cemento: 0,25 trass; 0,80 arena de duna; 1,6 arena de río; 2,6 grava.

CEMENTO	A	A	B
28 días	164	192	81
45 »	»	»	»

Para el macizo del muro:

1 cemento: $\frac{1}{8}$; 0,9; 1,8; 3; y para A. H.: $1\frac{1}{8}$; 0,9; 1,8; 3.

A	A	A. H.	A. H.
113	»	136	»
»	162	»	173

y con otros cementos se han usado las siguientes dosificaciones para pilotes y tablestacas de las cabezas de la esclusa: dentro de los pozos tablestacados, 1 : 1 675 : 1,95 (440 kgs/m³), sin trass, y fuera de los recintos, 1 : 0,275 : 1,90 : 2,20 (375 kgs/cm³). Estas dosificaciones son bastante típicas y corresponden a 440 kgs : 737 l arena: 858 l grava y 375 kgs 103 l trass: 712 l arena y 825 l grava.

Estos cementos daban en mortero 1 : 3 en kg/cm²:

CEMENTO	C		D		E	
	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión
7 días	40-44	502-608	37-42	425-470	35	407
28 »	»	691-754	»	574-625	43	569

y los hormigones:

CEMENTO	Hormigón con trass			Hormigón sin trass		
	D	C	C	E	D	D
7 días	»	264	224	89	»	»
28 »	337	386	328	216	286	212

La mezcla de arena de duna y arena de río se hizo conforme a los resultados de ensayos de permeabilidad del hormigón llevados a cabo por medio de presión neumática. Como observación general hay que tener presente que la arena de duna ocupa parte de los huecos de la arena de río, y que el trass de Andernach retarda el fraguado y disminuye la resistencia mecánica inicial más que nuestra puzolana de Canarias.

De los últimos estudios parece deducirse que, entre ciertos límites, la permeabilidad del hormigón depende mucho de la relación cemento-agua y poco de la dosificación de los áridos, y como con la misma cantidad de agua de amasado estos hormigones arenosos son más fluidos que los ordinarios, puede apli-

carse el hormigón colado, como lo hacen los holandeses, sin un aumento apreciable de la permeabilidad; y en cuanto a la resistencia mecánica del macizo, la gran homogeneidad que se obtiene permite adoptar cargas de trabajo deducidas de las de rotura con un coeficiente de seguridad conocido y previsto.

Al trass que figura en esas dosificaciones se le asigna un papel mecánico más que químico, el aumento del número de partículas finas, y por eso la proporción en que entra en las mezclas es mucho menor que la recomendada por consideraciones de orden químico en nuestra Instrucción para el empleo de puzolanas en los hormigones; y la consecuencia deducida de los experimentos llevados a cabo en Ijmuiden desde hace varios años es que la disminución de la resistencia mecánica inicial, determinada por el trass, no se suprime nunca por completo, y en cambio son, por ahora, muy satisfactorios los resultados obtenidos con el cemento de Altos Hornos (el Hochofenzement alemán) en las mezclas sin adición de trass, en las que funciona como cemento puzolánico.

Se han empleado diferentes cementos suministrados por el Estado al contratista, y respecto a su influencia en la resistencia a la descomposición química, se deduce que han resultado mejores los cementos ricos en sílice.

La observación de los cuadros permite deducir que la resistencia de estos hormigones no está disminuida apreciablemente por el aumento de la arena, y en cuanto a la defensa de la armadura, aseguran los holandeses que con dosis de cemento análogas a las de estos hormigones, y aun en obras marítimas e hidráulicas, se obtiene seguridad con protecciones de 30 mm aproximadamente, y sin llegar nunca a los grandes espesores de hasta 75 mm (3") recomendados en el último pliego de condiciones americano, criterio que, según Mr. Ringers, director de esta obra, consignado en una Memoria presentada al Congreso de Navegación de Londres, nace de que los hormigones americanos son, en general, pobres.

El aceptar la tendencia americana hacia el aumento de las protecciones de los hierros determinaría un enorme aumento del cubo de hormigón en las construcciones en claraboya; quizá esto acelerase la marcha del hormigón armado hacia los tipos de construcciones con esfuerzos concentrados en piezas de gran sección, que pueden, además, repararse en caso de que la protección haya resultado insuficiente y se hayan presentado las desconchaduras o la herrumbre; pero es posible también que, sin pecar de anticientíficos, y como lo mejor es enemigo de lo bueno, nos convenga mantener las dimensiones actuales, dejar por un momento de lado el módulo de finura, el método de inundación, etc., etc., y buscar nuestra solución de hormigones, ensayando en el litoral español, menos húmedo, pero más salino que el de Ijmuiden, estos hormigones holandeses.

Quizá sea interesante reanudar esta relación de viaje ingenieril, para volver en otro artículo sobre algunas particularidades de los ferrocarriles suecos, sobre diferencias entre los últimos modelos de puentes de pesca—Lorient, Cuxhaven—y sobre las aplicaciones belgas del *index number* a las revisiones de precios.