

La pasadera, establecida a 35 m sobre el lecho del río y 10 m bajo las hormigoneras, se elevará hasta éstas cuando sea preciso, y más tarde otros 10 m para al-

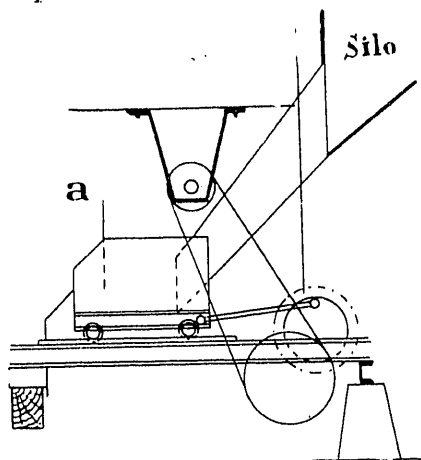


Fig. 9<sup>a</sup> Dosificador automático.

canzar la altura de la coronación, elevándose entonces el hormigón por medio de una torre.

La construcción se está llevando a cabo por la Empresa Umberto Girola, cuyos ingenieros nos han facilitado amablemente la mayor parte de los datos que aquí figuran.

\* \* \*

Viene la presa de Cignana a aumentar el número no escaso de las construídas con hormigón colado fábrica que con frecuencia ha sido mirada con recelo.

En realidad, dados los medios que existen para determinar *a priori* la resistencia de un hormigón, tal actitud como sistemática es infundada, y la cuestión se plantea en otros términos, no menos interesantes: los de la economía.

La proporción de agua influye sobre el hormigón, como muestra la figura 6.<sup>a</sup>. Así, para una resistencia dada, el hormigón más económico, ¿se obtendrá reduciendo la proporción de cemento, aun a costa de mayor complicación y gastos en los medios auxiliares? O, por el contrario, la simplificación de éstos, y, sobre todo, la rapidez que permite la colada, ¿son capaces de compensar el coste del aglomerante que sea necesario añadir?

La elección, en cada caso, estará influida por las circunstancias, y en particular por el volumen a construir, las características de los transportes, la inclinación de las márgenes y la calidad de los materiales; mas, como regla general, puede decirse que cuando las cargas de trabajo no rebasen 15 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa, con el coeficiente de seguridad 8, en tantos casos adoptado, resistencias reales de 120 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, para presas de gravedad de altura hasta 50 y aun 60 m, el hormigón colado aventajará con frecuencia a los otros sistemas de construcción, sin que la dosis de cemento rebase límites antieconómicos ni ejerza un influjo pernicioso en la retracción subsiguiente al fraguado.

Cuando, por el contrario, se trate de presas de gravedad de altura superior a 60 m, o de presas-bóvedas, en las cuales las cargas de seguridad previstas alcancen cifras más importantes, será difícil obtener resistencias suficientes si el agua excede del 8 al 10 por 100 del volumen total.

Con este tanto por ciento de agua es posible hacer circular el hormigón por canales, si la pendiente es suficiente y la calidad y dosis de arena y grava son favorables. Se está entonces (y así ha ocurrido en Montejaque) en un caso intermedio.

El hormigón es hormigón colado si se atiende al sistema de distribución; pero la proporción de agua no corresponde a lo que de ordinario se designa con ese nombre.

Enrique BECERRIL  
Ingeniero de Caminos.

## La botadura de grandes cajones de hormigón armado

### Comprobación de unas fórmulas

Con el título «El empleo de grandes monolitos en la construcción de diques rompeolas», han sido publicados en esta REVISTA <sup>1</sup>, por el ingeniero director del puerto de San Esteban de Pravia, mi buen amigo D. Gustavo Piñuela y Martínez, un par de artículos en los que, con prolijos cálculos, se estudiaba con todo detalle el proceso de la botadura de los citados cajones de hormigón armado construídos en gradas especiales y destinados después a formar el cuerpo de diques rompeolas.

Aplicaba después el Sr. Piñuela el resultado de sus cálculos al caso de los monolitos que actualmente se construyen en el vecino puerto del Musel (Gijón), y deducía, como consecuencia final, la distancia mínima desde el agua al frente del cajón, sin contar con

la cual existía el peligro de que el cajón se quedara en su camino detenido en la grada sin llegar a flotar, y estudiaba al mismo tiempo las velocidades adquiridas por el móvil en cada una de las tres posiciones siguientes: desde que empieza a deslizar hasta que entra en el agua; desde este momento hasta que flota, y luego hasta que se para.

El resultado numérico de estos cálculos tendría un gran valor si la experiencia los hubiese comprobado; pero, desgraciadamente, no se tenían datos suficientes que comprobaran los resultados de las fórmulas obtenidas por el Sr. Piñuela, razón ésta por la cual el que esto escribe decidió tomar con todo cuidado cuantos datos le fuera posible en la botadura de los cajones de hormigón armado que actualmente construye la Contrata de las Obras de Ampliación y Mejora del puerto de San Esteban de Pravia, cuyos trabajos tiene bajo su dirección desde el comienzo de las obras.

<sup>1</sup> Números de 15 sept. y 1.º de oct. 1927, páginas 345 y 376.

Al efecto, hicimos aplicación de las fórmulas del Sr. Piñuela partiendo de los siguientes datos, que

Con estos datos se siguió el estudio del Sr. Piñuela y después de corregidas las erratas, que eran bastan-

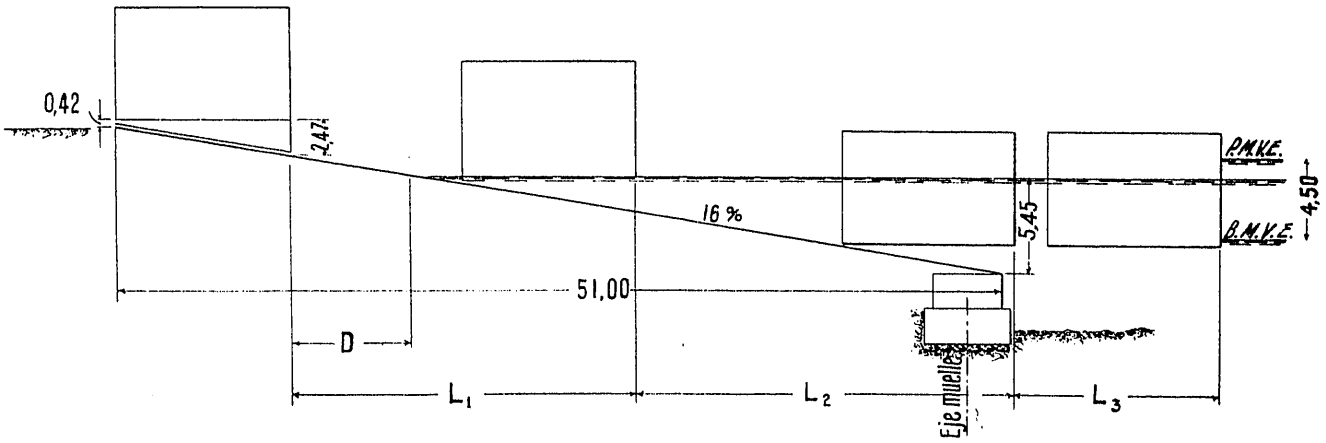


Fig. 1.ª

corresponden al cajón construido y a las características de la grada:

Peso del cajón.....	580	toneladas
Manga.....	10	metros
Eslora.....	15	—
Puntal.....	6,50	—
Altura del centro de gravedad.....	2,47	—
Calado.....	3,85	—
Longitud de la grada en horizontal.....	51	—
Pendiente de la grada.....	16	por 100

tes, se llegó a los siguientes resultados, excusando al lector del proceso de las transformaciones (fig. 1.ª).

$$D = L_1 - 12,90$$

$$V_1 = \sqrt{2,138 L_1}$$

$$L_2 = 24,00$$

$$V_2 = \sqrt{0,21 V_1^2} - 8,10$$

$$L_3 = \frac{\log V_2}{0,075}$$

y se tomó como coeficiente de rozamiento el valor  $j = 0,05$ , que creímos que convenía a las circunstan-

El problema del lanzamiento exigía, por un lado, una altura de agua en el extremo de la grada tal que el monolito flotase antes de abandonarla, dado que por la construcción especial de esta grada termina de un modo rápido a los 51 metros de su longitud sobre los últimos bloques del muelle de la dársena,

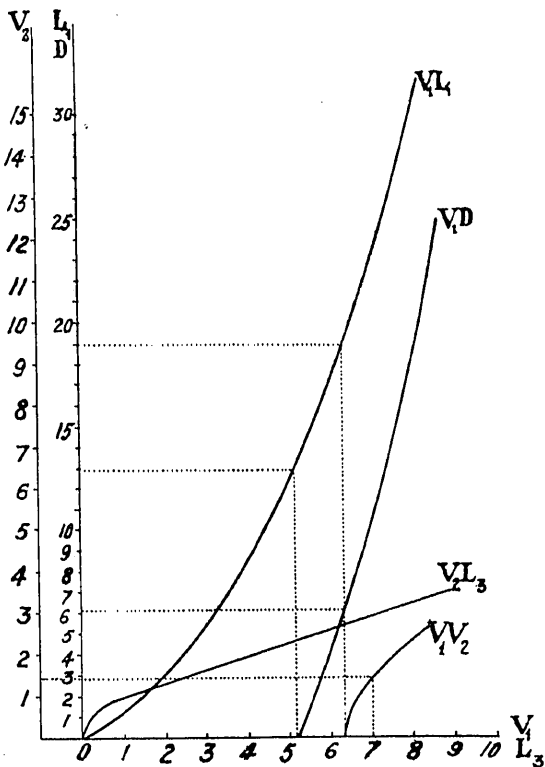


Fig. 2.ª

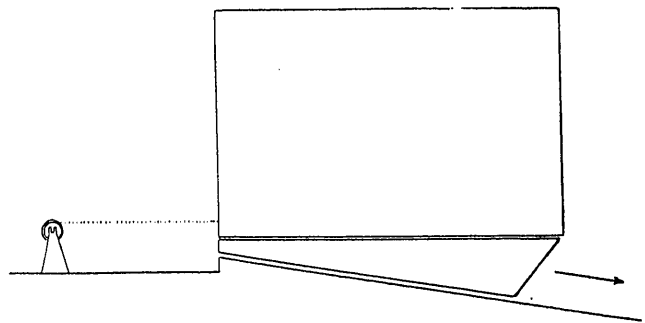


Fig. 3.ª

del cual, y para la construcción, habíamos quitado tres filas de bloques en unos 30 metros, y esto era tanto más necesario cuanto de no ser así el monolito podía caer en el vacío (por decirlo más gráficamente) de un modo rápido, con peligro de que el agua le entrara por la borda, y, por otro lado, teníamos que contar con una distancia  $D$  suficiente para que en ningún caso el monolito se detuviera en la grada antes de flotar.

Calando el cajón 3,85 metros, y siendo la altura, desde el fondo hasta la cama, en el punto medio, de 1,60, la altura mínima de agua en el extremo de la grada había de ser de

$$3,85 + 1,60 = 5,45 \text{ metros}$$

cias de un buen engrase de sebo blanco para madera de eucalipto sobre roble, y cuyo valor había que comprobar.

altura que corresponde a un valor de  $D$  igual a 6,90 metros. Por otro lado, el valor de  $D$  mínimo corresponde al valor nulo de  $L_3$ , es decir, al caso en que el cajón flota en el mismo momento que se para. Este

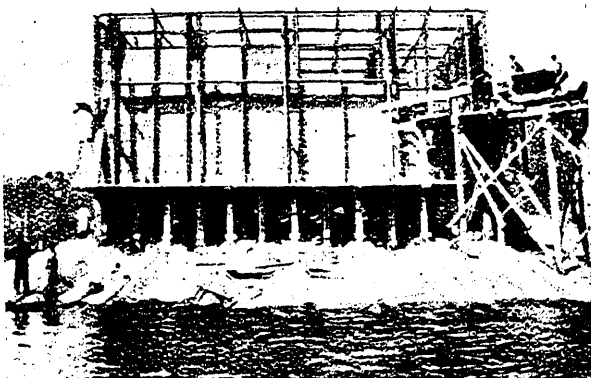


Fig. 4. El cajón durante la construcción.

valor de  $D$  resulta ser de 6,10 y corresponde al valor de  $L_1$  igual a 19 metros.

Por tanto, matemáticamente, la posibilidad del lanzamiento, según las fórmulas, estaba materialmente comprimida entre las longitudes o distancias desde el frente del cajón al agua, que variaban desde 6,90 a 6,10 metros.

Sin embargo, y sobre que aparte de la mayor o menor exactitud de las fórmulas y de la inseguridad en el coeficiente de rozamiento que se había tomado, influyen en el lanzamiento otras múltiples circunstancias, como son las debidas al viento y la arrancada del cajón, que unos hacen de un modo decidido con gran violencia, y otros, en cambio, dudan antes de marchar, era muy conveniente darse cuenta de la mayor o menor influencia de la distancia  $D$  de lanzamiento en el desarrollo del proceso del deslizamiento, por lo que se hizo un gráfico (figura 2.<sup>a</sup>) en el que se relacionan los distintos valores de  $V_1$   $D$ ;  $V_1 L_1$ ;  $V_1 V_2$ ;  $V_2 L_3$ .

Para obtener este gráfico se partió del valor  $V_1 = 6,35$ , que corresponde al valor  $V_2 = 0$ , dado que para valores de  $V_1$  inferiores se obtienen para  $V_2$  valores imaginarios, como debía suceder, puesto que en este caso el cajón no llega a flotar, e interpolando para valores de  $V_1$  que varían de medio en medio metro, se obtiene:

$D$	$L_1$	$V_1$	$L_2$	$V_2$	$L_3$	$L_T$
6,10	19	6,35	24	0	0	43
6,90	19,80	6,50	24	0,88	0,63	44,43
10,10	23	7	24	1,48	2,26	49,26
13,50	26,40	7,50	24	1,92	3,78	54,18
17	30	8,00	24	2,30	5,17	59,17

\* \* \*

Para la comprobación de las fórmulas que se discuten no tenía más medios que medir la distancia  $D$  de lanzamiento y comprobar después si el recorrido total del cajón correspondía a la cifra correspondiente, indicada en la última columna del cuadro anterior. Para ello se dispuso (fig. 3.<sup>a</sup>) un tambor de madera

de 25 cm de diámetro por 60 de largo, en el que se enrolló una cuerda cuyo extremo se fijó al cajón. Se dispuso, además, un freno, al objeto de que al parar el cajón se pudiera medir exactamente la longitud recorrida sin que el tambor siguiera girando. Al mismo tiempo se dispuso el personal necesario para que una vez parado el monolito pudieran referir su cara anterior a enfilaciones previstas, con lo cual se tenía otra comprobación del camino recorrido.

\* \* \*

La operación de lanzar el cajón se efectuó en la marea del día 6 de agosto, sobre las siete de la tarde. Se contaba para ello con ocho gatos hidráulicos cargados con una mezcla de agua y glicerina y capaz cada uno para 100 toneladas, con los cuales se levantó el cajón por su parte de tierra hasta 21 cm, y después de engrasada la cama con sebo blanco derretido y caliente, se soltaron los gatos rápidamente, en cuyo momento, y antes de apoyarse por completo en la grada, se deslizó majestuosamente hasta flotar en el agua sin contratiempo de ninguna clase.

La distancia  $D$  de lanzamiento fué de 6,30 metros y el recorrido medido por el tambor, de 42 metros exactamente.

Como la distancia  $L_1$  es de 19,10 metros, la  $L_2$  constantemente igual a 24, y la  $L_3$ , según el gráfico de la figura 2.<sup>a</sup>, resulta de 0,25, se deduce que el recorrido total del cajón debió ser de 43,35 metros, con lo que la diferencia con la verdad del recorrido fué de 1,35, lo que representa un error del 3,21 por 100 en menos.

No es de extrañar que aunque al flotar el cajón debía de haber recorrido una distancia mínima de 43 metros no llegara a alcanzar esta cifra, y, sin embargo, flotara, pues lo que ocurrió fué que perdió la anguila antes de alcanzar ese punto y pudo, por tanto, flotar donde en otro caso no tenía calado suficiente.

En el supuesto de la exactitud de las fórmulas del Sr. Piñuela, o, mejor dicho, en el supuesto de que todos los coeficientes estuvieran acertadamente elegidos, cabe suponer que la pequeña diferencia ob-

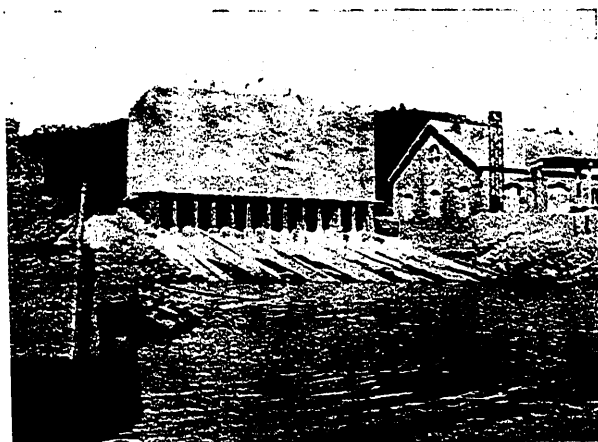


Fig. 5. El cajón preparado para la botadura.

tenida corresponde a haber elegido para coeficiente de rozamiento uno que debe ser algo mayor que el que realmente corresponde, dado que, en definitiva, el cajón anduvo menos de lo calculado.

Tratemos de calcular cuál es el verdadero valor del coeficiente de rozamiento.

Para ello tengamos en cuenta que como el camino recorrido por el cajón fué de 42 metros, el valor de  $L_2$  es solamente de

$$42 - 19,10 = 22,90 \text{ m}$$

La velocidad del móvil al final de este recorrido fué cero, por lo que la correspondiente a  $V_1$  en vez de ser de 6,38 m por segundo, como correspondería, es solamente de 6,22, como se obtiene haciendo  $V_2$ , igual a cero, en la fórmula núm. 4 de las anteriormente descritas.

En la expresión del valor de  $V_1$  en función de  $n$  (coeficiente de rozamiento) y que vale

$$V_1 = \sqrt{2 \times L_1 \times \frac{P}{M} (\text{seno } a - n \text{ cos } a)}$$

donde  $P$  es el peso del cajón,  $M$  la masa y  $a$  la inclinación de la grada, podemos hacer  $V_1 = 6,22$ , y entonces deducir el valor de  $n$ , que resulta en definitiva.

$$n = 0,0477$$

Este es, por tanto, el verdadero valor del coeficiente de rozamiento, a lo menos en las circunstan-

cias en que se realizó por la Contrata del puerto de San Esteban

Conocido este valor, y para condiciones análogas a las nuestras, se pueden aplicar las fórmulas del Sr. Piñuela en la seguridad de que en todo momento se sabrá *a priori* el proceso del lanzamiento de cualquier clase de cajones con indiferencia de peso y dimensiones.

En cuanto al balance, se comprobó igualmente que el ángulo de inclinación apenas llegó a  $6^\circ$ , si bien no hemos estudiado el que corresponde por las fórmulas por estimarlo menos interesante. Nos bastó la seguridad de que no llegaría a  $8^\circ$ , y que para esta inclinación los radios metacéntricos eran positivos.

Llegar a las conclusiones anteriores era lo que nos proponíamos, por lo que damos por terminado este artículo en la confianza de que nuestro estudio no dejará de ser útil alguna vez a los compañeros que tengan iguales problemas.

Esperamos que si tenemos espacio en la REVISTA, y es de agrado de los lectores, podremos describir las interesantísimas instalaciones efectuadas por esta Contrata, cuyo adjudicatario, el conocido financiero D. Ildefonso G. Fierro; no le ha regateado medios, invirtiendo mucho más de 10 millones de pesetas en material, que hemos traído de América, Francia, Bélgica, Holanda y Alemania.

José OCHOA Y BENJUMEA,  
ingeniero de Caminos,  
director de la Contrata del puerto de San Esteban  
de Pravia.

## Nuevo tramo metálico sobre el río Aar, en Olten (Suiza)

Considero altamente interesante y digno de que sea conocido por los habituales lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS un notable trabajo realizado en Suiza, al sustituir los tramos existentes en una obra situada en la línea de Olten a Biel, sobre el río Aar, por las circunstancias especialísimas que concurren, no solamente en el proyecto de los nuevos tramos, sino también en su construcción y montaje.

Se trata de una obra inmediata a la expresada ciudad de Olten, cuya circunstancia ha incrementado notablemente las dificultades de montaje, por no poderse desarrollar los trabajos debidamente, al ser obstáculo para ello las casas, calles y paseos de la expresada población.

En la figura 1.<sup>a</sup> se representa en planta la posición de la expresada obra, supuestos ya instalados los tramos nuevos.

Estos están llamados, como ya se ha indicado, a sustituir a los existentes, débiles para el paso de las sobrecargas modernas, y este trabajo se ha efectuado dentro de la campaña general de mejora de tramos metálicos que en Suiza, como en todas las naciones, se realiza en la actualidad.

### Descripción

La obra constaba de tres tramos independientes con luz teórica de 32 m, y, como corresponde a un trazado de vía en curva de 305 m de radio, dichos

tramos estaban colocados sobre los estribos y pilas correspondientes poligonalmente, con objeto de conseguir para aquéllos la mínima separación de sus vigas principales para inscribir dentro de los parale-

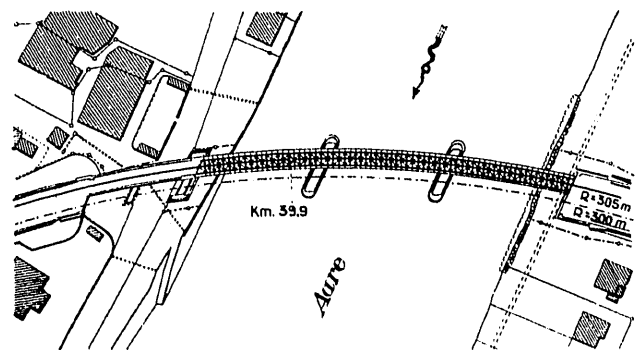


Fig. 1.<sup>a</sup>

1 gramos de sus plantas la expresada curva, con el menor desperdicio de materiales.

Dichos tramos eran de vigas principales semiparabólicas tipo Pratt y de hierro; la vía estaba sentada sobre traviesas colocadas sobre largueros unidos a su vez a las viguetas normales a las vigas principales, correspondiendo, por tanto, a posiciones de los largueros variables, ajustándose lo más posible en planta a la disposición de la vía.