

se tiene la seguridad de que la superior quedaría bien colocada, mientras que en el otro caso es preciso nivelar también la superior y disponerla de modo que se conserve en esta posición durante el hormigonado.) En el puente de La Puerta se ha utilizado un carril cuyo patín queda embébedo en el tabique de apoyo, y la cabeza queda en contacto con una placa de palastro unida al dintel.

Pero, aunque en ciertos casos pudieran utilizarse estos tipos particulares, adoptamos como definitivas las articulaciones deslizantes de hormigón armado mediante péndulos, que tendrán el ancho de la viga o el total de la losa, según los casos. El péndulo se obtiene duplicando una articulación fija (fig. 18, c); y así se disponen barras pasantes verticales que enlazan dintel con péndulo y éste con el apoyo, y una armadura intermedia formada por marcos y estribos que soportan las compresiones longitudinales y las tracciones transversales que en él se desarrollan.

En los dinteles cantilever, como para conseguir el isostatismo disponemos también de las articulaciones interiores, pueden combinarse distintos tipos de sustentación. Para los modelos de losa resulta más conveniente el mismo sistema de sustentación exterior que en los dinteles continuos (fig. 16) y articulaciones interiores fijas del mismo tipo que siempre, salvo que los bordes de losa se cortan a 45° y las barras pasantes tienen también esta inclinación. En los modelos de vigas disponemos una de las articulaciones interiores en apoyo deslizante sobre placas de bronce, y entonces pueden ser fijos los apoyos sobre pilas.

En los apoyos extremos, cuando la carga es relativamente reducida, disponemos los apoyos desli-

zantes mediante dos placas de plomo o de bronce cepillado, y cuando la carga se concentra recurrimos a los apoyos pendulares de hormigón armado.

Acompañamiento.

En las obras de acompañamiento se han proyectado las soluciones más convenientes, a base de muros de acompañamiento y aletas, que pueden ser de fábrica y de hormigón armado.

En la solución de muros de acompañamiento proyectamos para enlazar con el tramo el prolongar los estribos adelantándolos un poco con respecto al plano del muro, de modo que, al coronarlos por encima del nivel de las aceras, se obtengan sencillos pretiles que marquen entrada del puente.

En los modelos de pórticos sencillos proyectamos aletas de acompañamiento que pueden ser muy interesantes en los pasos de carretera o ferrocarril, pues ahorran muros de acompañamiento (cuerpo del muro y cimientos) y transmiten un esfuerzo favorable en la cimentación de los estribos, pues compensan, en parte, los momentos correspondientes a los esfuerzos transmitidos por el tramo.

Cimentaciones.

En todos los modelos proyectamos dos tipos de cimentación: sobre zapata de hormigón armado o sobre macizo de fábrica. En el primer caso suponemos que la presión admisible no llega a 1 kg./cm.² y en el segundo a 2,5 kg./cm.²

Carlos FERNÁNDEZ CASADO,
Ingeniero de Caminos.

(Continuará.)

Algunas consideraciones sobre hormigones¹

Ensayos realizados en la presa de Terradets (Lérida).

Efecto del vibrado.

Como es sabido, no solamente la resistencia es la característica principal que hemos de buscar en las fábricas en general, sino que la compacidad, consistencia y densidad son cualidades indispensables para toda obra de carácter hidráulico, máxime tratándose de presas de embalse.

Con objeto de emplear hormigones compactos y consistentes, se ha tratado en la presa de Terradets de confeccionarlos con la cantidad indispensable de agua para que su módulo agua : cemento sea el menor posible y así aumentar también su resistencia. Esto trae consigo la obtención de hormigones bastante secos, precisando un apisonado enérgico y especial para evitar la formación de oquedades. Desde luego, por el procedimiento general de apisonado, el hormigón hubiera sido de difícil y laboriosa colocación en obra, y lo más probable es que hubiéramos tenido bastantes irregularidades en el mismo. Esto se ha evitado, apisonando el hormigón con vibradores — pervibrado o vibrado superficial — que da lugar a un movimiento lento pero general en toda la masa y por los desplazamientos relativos de todos

sus elementos hace disminuir todo lo posible los huecos.

Con la finalidad de ver hasta qué límites pueden generalizarse las ventajas del vibrado mecánico, hemos hecho en el laboratorio de Terradets amplias pruebas sobre hormigones muy distintos de consistencia y con relaciones agua : cemento muy diferentes, y el resultado de ellas nos ha dado el convencimiento absoluto de las ventajas que aporta a la resistencia e impermeabilidad de los hormigones más corrientemente empleados.

En efecto; se comprobó que todo hormigón sometido al vibrado mecánico gana en compacidad y resistencia siempre que su por ciento de agua no sea ni muy reducido ni excesivo. En el primer caso, el vibrado no es suficiente para desplazar los agregados del lugar donde en un principio cayeron, por lo que, en consecuencia, después de trabajada la masa, aun quedarán en ella espacios llenos de agua, que más tarde, al ser ésta absorbida, se convertirán en oquedades con perjuicio para la debida compacidad. En este caso, resulta más efectivo acompañar el vibrado de un enérgico apisonado a mano para comprimir la masa y expulsar el agua sobrante. Esto más bien se refiere a los vibradores laterales que actúan sobre los encofrados, ya que en los que actúan

¹ Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número 17, de 1936.

directamente sobre el hormigón — procedimiento adoptado en Terradets — se ejerce una presión de arriba abajo que, unida al movimiento producido por el vibrado, produce el doble efecto de apisonado y vibrado e impide la formación de oquedades. En el segundo caso, o sea con exceso de agua, tampoco se beneficia el hormigón con el vibrado; más bien lo contrario; se favorece la caída al fondo del elemento grueso al poner en agitación constante a toda la masa, quedando, por razón de su peso, abajo el material más grande, mientras que en la superficie flota el mortero. No obstante, esto solamente sucede cuando el factor agua : cemento es superior a 0,95 y el árido lleva un tanto por ciento reducido de material fino, inferior a 3 mm. Tampoco se ha de tener en cuenta esta apreciación en lo que respecta al hormigón armado, donde la abundancia de hierros y el prudente tamaño del árido, inferior generalmente a 30 mm., dificultan la separación de sus respectivos tamaños dentro del encofrado.

Está visto que el empleo simultáneo del pisón y vibrador es muy conveniente si se desea obtener un hormigón muy compacto y, por consiguiente, impermeable, teniendo presente que el factor resistencia depende tanto de la buena confección de la masa y elementos que la integran como de su colocación en obra.

Para concretar mejor lo dicho, hemos tratado de determinar la ley de mejora de un hormigón vibrado sobre otro análogo apisonado. Para esto, en la figura 1.^a hemos tomado en abscisas las resistencias medias de cada serie de bloques sometidos al apisonado corriente y en ordenadas las correspondientes a los gemelos de cada serie, pero vibrados. Así tenemos una serie de puntos en una zona que se agrupan a ambos lados de una curva que divide sensiblemente aquella por la mitad. Este lugar geométrico corresponde a una circunferencia cuya ecuación es:

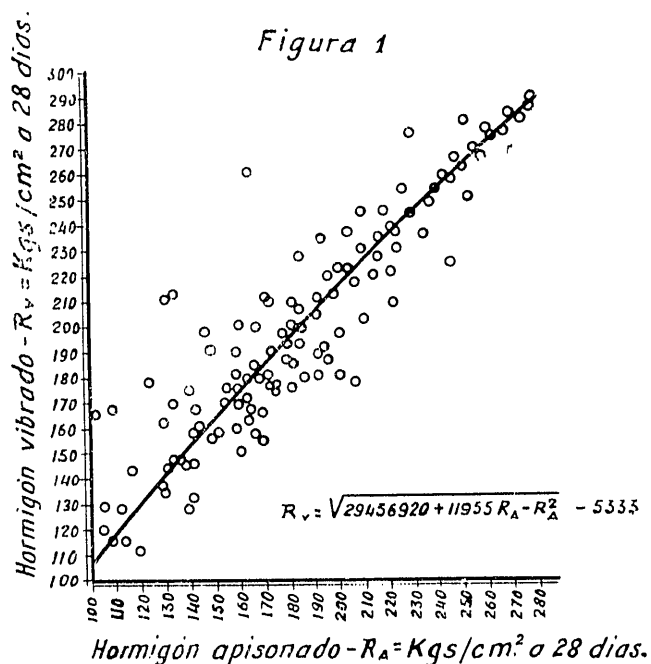
$$R_v = \sqrt{29456920 + 11755 R_A - R_A^2} - 5333$$

Esto, en lo referente a los hormigones elaborados en Terradets. En otra obra en que varíe la naturaleza de sus elementos integrantes del hormigón, dicha ley será distinta, aunque el aspecto general de la misma será igual.

Observando esta ley de variación se nota que, a partir de la rama inferior de la curva y a lo largo de la misma, el coeficiente angular de su tangente va disminuyendo. Este coeficiente angular es la relación entre las coordenadas del punto de tangencia, o sea, la relación entre R_v y R_A , y, por consiguiente, $R_v : R_A$ disminuye desde la zona de bajas resistencias u hormigones pobres a la zona de altas resistencias u hormigones ricos. Consecuencia práctica que se deduce de ello, es que el efecto del vibrado mejora la bondad de los hormigones pobres desde un cierto valor máximo sobre sus análogos apisonados hasta hacer que sean sensiblemente iguales ambos efectos de apisonado en hormigones ricos o de alta resistencia. Parece natural que así suceda, pues dependiendo la bondad de una mezcla no solamente de las cualidades de sus elementos, sino también de la forma en que se trabaje y colocación en obra, resultará que estas últimas causas serán muy preponderantes en

cuanto a resistencia y compacidad en aquellos hormigones pobres, y en cambio en los ricos no tendrán tanta importancia comparadas con las propias de una excelente dosificación.

Como es lógico, la aplicación de tal curva es en los casos corrientes de la práctica, o sea, entre los límites que se señalan en el dibujo.



Para tener conocimiento de la debida uniformidad en la confección del hormigón se ha medido la consistencia del mismo, pues dependiendo ésta de la cantidad de agua (a igualdad de los otros elementos), siempre que ésta sea constante, aquella también lo será, e inversamente; por esta prueba entramos en conocimiento de si no ha habido descuido en la dosificación de agua y si hay uniformidad en la confección de la mezcla. Tal prueba se mide por el aplastamiento o asiento — Slump test — de una mezcla reciente, llenando un molde tronco-cónico (o cono de Abrams) de 30 cm. de altura y 20 y 10 cm. de diámetro de sus bases y vaciándolo en seguida. Cuanto menor sea el asiento, menor será su plasticidad o mayor su consistencia. La consistencia máxima está limitada por la trabajabilidad, pero como vimos antes, nos podemos aproximar a ella con los procedimientos modernos de apisonado, o sea, uniendo a éste un enérgico vibrado del hormigón. Desde luego, como norma general conviene huir de una excesiva consistencia ante el posible peligro de una falta de cuidado en la colocación del hormigón en obra, pues siendo la mezcla muy seca y poco trabajable está expuesta a formación de huecos. Un hormigón (a igualdad de los demás elementos) que nos dé un slump de 1 a 2,5 cm. tendrá una resistencia que se aproxima a la máxima. Añadiendo un 10 por 100 más de agua, su consistencia disminuye (slump de 5 a 10 cm.), y su resistencia se reduce al 90 por 100 de la máxima. Aumentando el agua, su resistencia disminuye considerablemente.

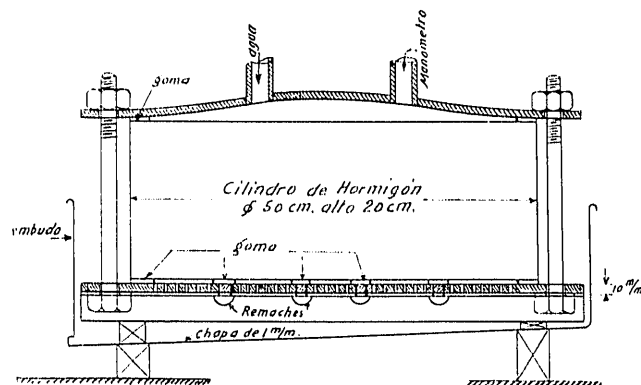
En nuestro caso, la consistencia es la máxima compatible con la trabajabilidad con un slump de 15 a 35 milímetros.

Permeabilidad y agua libre.

Para cerciorarnos de la porosidad del hormigón empleado, hemos tratado de comprobarla, sometiendo directamente varias probetas de hormigón de veintiocho días de edad y conservación húmeda. Para ello se hicieron probetas cilíndricas de 50 cm. de diámetro y 20 cm. de altura con hormigón idéntico al empleado en obra, inyectando agua a presión variable y después de un cierto número de horas medir el residuo filtrado. En la figura 2.^a ponemos de manifiesto el procedimiento seguido, análogo al utilizado en la presa de Grimsel (Suiza), pero con resultado ne-

Figura 2

Sección Transversal



gativo, pues pasadas las 10 atmósferas de presión, saltaba la junta de goma del tape superior del molde y había que desechar la prueba. Por otro lado, aun sometidas las probetas durante un cierto número de horas a presión superior a 10 atmósferas, pero inferior a la de rotura de la junta, el residuo filtrado era tan exiguo que sólo aparecía como ligera exudación en las superficies, haciendo imposible su medición. Desde luego, aun no pudiendo hallar el grado de porosidad, esta prueba nos ha indicado la gran bondad del hormigón empleado, aun tratándose de hormigones jóvenes. Con el tiempo la permeabilidad disminuye, y en obras hidráulicas como la presente, en que está sometido a presiones de agua, los poros microscópicos se obstruyen rápidamente, y después de un corto espacio de tiempo el hormigón se hace prácticamente impermeable. Así, tratándose de presas de embalse, la cantidad de agua que puede filtrarse a través del macizo después del tiempo indicado para cura del hormigón es tal, que la exudación que puede formarse en el paramento de aguas abajo es inferior a la evaporada, aun en invierno, y, por lo tanto, no puede notarse.

Los ensayos sobre permeabilidad del hormigón son bastante escasos, y en los que se ha hecho la permeabilidad comprobada es muy pequeña.

Hemos tratado en Terradets de encauzar este problema por otros conductos para ver de sacar más amplias consecuencias sobre la presunta porosidad de los hormigones empleados. Para ello recurrimos a buscar el tanto por ciento de agua de amasado combinada durante el proceso del fraguado y entrar así en conocimiento del agua sobrante o libre que, permaneciendo dentro del hormigón, ocupa un cierto espacio. Partimos de la consideración de que el ex-

ceso de agua no empleada en la hidratación del cemento (agua combinada) sirve para llenar los poros o huecos expeliendo el aire, y después del fraguado, este exceso de agua (agua libre) continúa en el hormigón como humedad y, al desaparecer durante la desecación, deja los poros correspondientes. Estos poros son los que producen la permeabilidad en el hormigón. Aumentando la cantidad de agua libre aumentan los poros y, por consiguiente, la permeabilidad con una disminución notable en la resistencia. Desde luego sabíamos que la cantidad de agua combinada varía con varios factores; principalmente la bondad del cemento y en éste su grado de finura, pues sabido es, que solamente las partículas de cemento de tamaño inferior a 0,02 mm. se hidratan y se consideran como elemento activo; las mayores a ese tamaño se hidratan superficialmente y el núcleo de clinker queda sin alteración. Estas partículas obran como elemento inerte y, por consiguiente, el grado de finura del cemento influirá sobre la cantidad de agua libre. Factores importantes son también la edad del hormigón y su forma de conservación. Aquella varía en razón directa con la cantidad de agua combinada y los hormigones conservados en ambiente húmedo hacen disminuir notablemente el agua libre.

Siendo un asunto éste tan complejo, nuestro deseo era comprobar aproximadamente la bondad del hormigón partiendo como datos del problema de la edad de las probetas de veintiocho días, conservadas en agua, a temperatura constante de 20° C. y un día al aire. Con el fin de quitar el agua libre, sometimos las probetas (previamente pesadas) a un caldeo continuo a temperatura fija durante un cierto número de horas tal que perdieran todo el peso posible. Por diferencia entre la primera y última pesada conoceríamos la cantidad de agua libre evaporada. Resultado de estos ensayos es que la cantidad de agua combinada aumenta con la cantidad de agua de batido y con la duración de la conservación en agua de la probeta. Al aumentar la temperatura de desecación disminuye la proporción de agua combinada. El agua libre aumenta con la relación agua : cemento, y para una relación 0,6 e igual conservación de veintiocho días en el agua y un día al aire, el por ciento de agua combinada con relación al peso de cemento disminuye desde el 19 por 100 a 50° de temperatura de desecación al 14 por 100 a 100°. Comparando varias mezclas de distinta riqueza de pasta, el agua libre varía desde el 35 por 100 en volumen de la pasta más rica al 60 por 100 en la mezcla pobre. Desde luego vemos aquí la razón de la diferencia tan grande que hay en la permeabilidad entre un hormigón de excelente dosificación a uno pobre; disminuyendo la cantidad de cemento para tener la debida plasticidad tiene que aumentar, naturalmente, la cantidad de agua y, por consiguiente, el módulo agua : cemento y el volumen de los poros.

Para hacer más extensivos estos ensayos, después de la desecación de las probetas, rompimos éstas a compresión para anotar sus resistencias. Comparando estos resultados con los de otras probetas gemelas, no sometidas previamente al ensayo del agua libre, se comprobó que las primeras acusaban una disminución de resistencia que variaba entre el 15 por 100 y el 23 por 100. Esto nos induce a creer que el agua libre (entre los límites corrientes en hormigones bien fabricados) no es tan perjudicial como

parece a primera vista al considerarla como causa presunta de porosidad, sino que desempeña un papel bastante activo en la vida y características del hormigón e influyendo en sus buenas cualidades. Desde luego, no queremos decir con esto que toda el agua libre influye favorablemente, pero sí una parte de ella.

Observando después de la rotura los bloques de hormigón sometidos al citado caldeo, podría apreciarse claramente el aspecto desastroso del mismo como piedra calcinada muy cargada antes de humedad. Hay que manifestar que la temperatura de caldeo fué normalmente de 60° a 80° C., o sea, que no se trata de temperaturas elevadas que puedan influir sobre los resultantes de la reacción química del fraguado. Más bien en nuestro concepto este fenómeno es puramente físico, ya que al aumentar de volumen

los intersticios capilares llenos de agua (agua libre), por efecto de la temperatura, las pequeñas burbujas de vapor por un lado y por otro la dilatación de los restantes elementos, producen tensiones internas que modifican el estado molecular del hormigón, disminuyendo la cohesión de sus elementos. En una palabra, el agua libre, una vez fraguado el cemento, es el elemento ligante que a través de la red capilar que la contiene establece la debida cohesión entre los agregados y sirve de medio ambiente favorable a la vida y endurecimiento de los resultantes del fraguado, pues es sabido que los hormigones ganan resistencia y compacidad con el tiempo, disminuyendo a su vez la cantidad de agua libre y aumentando la combinada.

Ramón ESCARTÍN BESCÓS,
Ingeniero militar y Ayudante
de Obras públicas.

Rasgos característicos del sistema de electrificación de la U. R. S. S.¹

III. — LA EFICACIA DEL DESARROLLO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CENTRALIZADO DESDE EL PUNTO DE VISTA NACIONAL.

El desarrollo de la electrificación centralizada ha creado un notable progreso de orden técnico y económico en la industria eléctrica del país. La generalización de dichos factores técnicos y económicos demuestra claramente el valor que, desde el punto de vista nacional, tiene el establecimiento de una industria electro-energética centralizada. Citemos los más importantes de estos factores.

1. La concentración de las potencias generadoras

¹ Memoria presentada a la Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas. Traducción de Eulogio Mellado, Ingeniero de Caminos. Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número 19, de 1936.

de las centrales y de los grupos generadores. — El desarrollo de la electrificación centralizada en la U. R. S. S. se encuentra estrechamente ligado a un notable progreso en la *concentración*, sobre una base técnica muy elevada, de las potencias generadoras de las centrales y de los grupos, lo que a su vez produce una reducción del precio por unidad de la instalación, un aumento del rendimiento, una disminución de los gastos de explotación, etc. El cuadro VII muestra los resultados de los cálculos de la dinámica de concentración de las potencias generadoras de las centrales eléctricas de la U. R. S. S. en comparación con Alemania y Francia.

Estos datos demuestran que el nivel relativo de concentración de las potencias de las centrales en la U. R. S. S. ha sido ya en 1932 mayor que en Alemania y en Francia. La industria eléctrica de la U. R. S. S. comprendía, en 1934, 13 centrales de más

CUADRO VII. — DINÁMICA DE LA CONCENTRACIÓN DE POTENCIAS DE LAS CENTRALES DE UTILIDAD PÚBLICA EN LA U. R. S. S., EN ALEMANIA Y EN FRANCIA.

GRUPOS DE CENTRALES SEGÚN LA POTENCIA (EN MW.)	U. R. S. S.				ALEMANIA ¹				FRANCIA ²
	1928		1932		1928		1932		1930
	Potencia.	Producción.	Potencia.	Producción.	Potencia.	Producción.	Potencia.	Producción.	Potencia.
EN TANTO POR CIENTO DEL TOTAL CORRESPONDIENTE									
Hasta 10	33,3	4,3	9,6	2,0	14,9	12,3	12,0	14,1	9,8
11-50.	24,8	37,6	19,1	18,1	63,6	56,2	29,2	26,1	35,1
51-100	41,9	58,1	22,6	28,3	—	—	25,1	15,7	23,2
Más de 100	—	—	48,7	51,6	21,5	31,5	33,7	44,1	31,9
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Statistisches Jahrbuch für das Deutsches Reich, 1930, pág. 1935. Wirtschaft und Statistik, 1934, número 1.

² Elektrizitätsverwertung, 1933, abril. (Artículo de L. Chelmev: "La distribution d'énergie électrique en France pendant l'année 1930.")