

($e = \frac{h}{t} > 15$; l , lado menor de la sección), o en los pilares sencillos mayor que 13 ($e = \frac{D}{h} > 13$; D , diámetro del núcleo zunchado), la carga máxima aceptable se obtendrá dividiendo por el coeficiente ω^1 de los cuadros siguientes la carga que resulta de las fórmulas anteriores.

Coeficiente de pandeo ω para pilares cuadrados y rectangular con armadura sencilla:

Esbeltez: $e = \frac{h}{t}$	Coeficiente de pandeo: $\omega = \frac{\sigma_h}{\sigma_h} \text{ pandeo}$	$\frac{\Delta\omega}{\Delta e}$
15	1,0	0,05
20	1,25	0,09
25	1,70	0,15
30	2,45	0,19
35	3,40	0,20
40	4,40	

Coeficiente de pandeo ω para pilares zunchados:

Esbeltez: $e = \frac{h}{D}$	Coeficiente de pandeo: $\omega = \frac{\sigma_h}{\sigma_h} \text{ pandeo}$	$\frac{\Delta\omega}{\Delta e}$
13	1,0	0,1
20	1,7	0,2
25	2,7	

Si las condiciones de la obra impiden el pandeo del pilar rectangular en el plano del momento de inercia menor, se pondrá en lugar de l el lado mayor de la sección.

Compresión excéntrica.—De ordinario se emplearán las fórmulas generales correspondientes a la flexión compuesta (sin pandeo).

¹ Puede verse: ARNÁIZ, "Cálculo de piezas comprimidas. El método ω ". *Memorial de Ingenieros*, 1932, pág. 276.

Pero si el momento flector no tuviera mucha importancia, se podrían emplear las fórmulas

$$\sigma_h = \frac{P}{S_v} \pm \frac{M}{R}$$

siempre que el valor hallado para la tracción en el hormigón no exceda de la cuarta parte de la compresión. En este caso se dispondrá una armadura capaz de absorber la totalidad de la tracción, y el pandeo se comprobará como anteriormente.

3. Precauciones especiales:

El Reglamento detalla varias precauciones especiales que se deben adoptar en la construcción de los pilares, tanto para el hormigonado como para la colocación y empalme de los hierros.

En los edificios de varios pisos, si la cuantía de la armadura longitudinal excede de 0,03, los estribos o el zunchado deben soldarse a los hierros longitudinales para formar un conjunto rígido.

Si se sueldan a tope barras que trabajan a compresión se puede considerar en el cálculo la totalidad de la sección (y no el 60 por 100 solamente).

PÓRTICOS Y CONSTRUCCIONES CONTINUAS

La Policía puede exigir en casos especiales —particularmente en obras de ingeniería— que los pilares unidos rigidamente a las vigas de pisos sean considerados como elementos de estructuras continuas múltiples.

En los edificios ordinarios bastará, generalmente, tener en cuenta la compresión en los pilares intermedios, y para hallar los momentos en los pilares extremos se mantienen las fórmulas aproximadas del Reglamento anterior.

* * *

En otro artículo reseñaremos lo relativo a cargas prácticas de trabajo e instrucciones para los ensayos, y haremos algún comentario sobre estos nuevos reglamentos alemanes.

Ramón RIOS
Ingeniero de Caminos

Ejemplo de ensayo de aglomerados y de sus componentes por medio de tubos

El artículo que titulé "Algo de teoría sobre el ensayo de los aglomerados de cemento y de los materiales integrantes de los mismos" ¹ dije ya que era el comienzo de un extracto de la reseña del ensayo hecho en el año 1930 en el puerto del Musel, y el presente es la segunda parte del mismo extracto.

El interés que para el técnico tiene, a mi parecer, el conocimiento del ensayo de que se trata está primeramente en haber sido éste un intento práctico, no muy en pequeño, de investigación de la resistencia de los materiales pétreos por medio de tubos forzados a rotura por presión hidráulica interior, conforme a la teoría que en el citado artículo se ha expuesto, si bien haya él adolecido de varias deficiencias, como suele ocurrir en todo orden de labor o procedimiento

en su etapa de balbuceo o aprendizaje; pero no dejan de ser, a la vez, interesantes (mucho, acaso) algunos de los resultados obtenidos. Creo, por ello, que habría quien se alegrara de leer completa la relación detallada del trabajo; mas temo que muchos, que de buena gana quieran también conocerlo, dispongan sólo de tiempo para una referencia a grandes rasgos, que es lo que por tal razón me he propuesto hacer. Es, sin embargo, imprescindible exponer algunos datos y pormenores previos, siquiera ocupen algún espacio más del que fuera mi deseo, para la buena comprensión de los dos o tres ejemplos que pueden dar idea aproximada de la parte principal de la prueba, y aun para la justa apreciación de los resultados y deducciones de la misma.

El objetivo propuesto fué investigar la resistencia efectiva, en su trabajo como parte integrante del hor-

¹ Véase el número anterior, página 516.

migón sometido a esfuerzo, de gravas obtenidas de las canteras locales o no muy distantes de Gijón, ya que el célebre *grijo* del río Sella había dado (en las pruebas del concurso municipal del año anterior para la traída del agua potable) indudables señales de fragilidad. Y se incluyó también en el plan el guijo natural que se recoge en la playa Providencia.

Las gravas a ensayar fueron y se las designó como sigue:

	Designación
Caliza gris plumiza de Peña Castillo.....	Peña Castillo.
Idem del Alto de Moncó.....	Moncó.
Cuarcita del Musel.....	Musel.
Guijo natural de Providencia.....	Providencia.
Caliza de la Coria, machacada a máquina.....	Coria-quina.
Idem de id., machacada a mano.....	Coria-no.

Y el tamaño se limitó con las siguientes cribas:
La menor: malla cuadrada, de 7 mm de lado.
La mayor: malla redonda, de 35 mm de diámetro.

Respecto a arena (material que en aquellos terrenos y playas no se halla natural con las condiciones más convenientes), se recurrió a una mezcla, cuya composición granulométrica es parecida a la que ofrece naturalmente la empleada por mí en multitud de ensayos anteriores, o sea la arena de la rambla del puerto de la Cadena (Murcia). Dicha mezcla se formó con: dos volúmenes de determinada arena de Oviedo, cuya muestra y nota de procedencia se conservan; dos volúmenes de arena de Aboño y un volumen de gravilla menuda (pasada por criba de malla de 7 milímetros) de Providencia, desecando perfectamente siempre las integrantes, antes de mezclarlas, para asegurar la constancia de composición del revuelto.

Cemento adoptado: el “Cangrejo” corriente, apartando, desde luego, de una misma remesa cantidad sobrada para todo el ensayo y guardándola preservada de acciones alterantes.

Datos previos necesarios

A fin de poder calcular exactamente la cantidad de *materia maciza* (o sin huecos) que de cada material (arena, grava, pasta de cemento) entra en cada probeta tubular (cosa necesaria para saber el área ocupada por cada uno en la sección diametral) precisa averiguar:

- Los huecos de la grava y de la arena seca.
- El aumento de volumen de la arena para determinado grado de humedad.
- El volumen de *arena gravillosa* (llamo así la mezcla de arena y grava) resultante de determinados volúmenes de los integrantes, o, mejor aún, *los volúmenes de arena seca y de grava contenidos en un volumen dado de arena gravillosa de determinada dosificación y grado de humedad*.
- El volumen de *pasta normal* resultante de un kilogramo de cemento seco. Entendiendo por “normal” la que tiene muy aproximadamente sólo el agua necesaria para el perfecto fraguado, uniformemente repartida en la masa, y carente de burbujas; que es como, a mi parecer, queda la pasta en el interior de los morteros y hormigones bien elaborados y bien apiñonados.
- Todos estos datos fueron averiguados estableciendo como grado de humedad de la arena (el mismo siempre) y el consiguiente de la arena gravillosa, de

este modo: la arena, humedecida siempre al máximo posible, o sea, con toda el agua que podía contener sin gotear al trasladarla en la paleta (estado en que la llamamos arena *borracha*); y norma de dosificación, también siempre la misma, para su mezcla con la grava: volúmenes iguales de una y otra. Y los números obtenidos fueron:

Peña Castillo.....	46	% de huecos.
Moncó	47	% "
Musel	47,5	% "
Providencia	43,4	% "
Coria-quina	45,7	% "
Coria-no	46,3	% "
Arena seca.....	36	% "

El aumento de volumen de la arena, de seca a *borracha*, era de 15 por 100.

Y cada cajón o unidad de medida de arena gravillosa (0,36³ = 0,046656 m³) arrojaba:

	Arena seca	Grava
De la de Peña Castillo.....	24,341 litros.	27,994 litros.
" Moncó	23,981 "	27,580 "
" Musel	23,116 "	26,585 "
" Providencia	23,632 "	27,179 "
" Coria-quina	22,643 "	26,041 "
" Coria-no	23,678 "	27,232 "

El volumen de la pasta normal obtenida de 1 kg de cemento seco y 27 por 100 de agua, y bien manipulada para evitar la existencia de burbujas, fué de 0,584 litros. (Yo tengo por cierto, a reserva de que ensayos más perfectos y numerosos que los muy modestos míos puedan demostrar cosa diferente, que esta pasta es incompresible, o no admite más reducción de volumen por apisonamiento o compresión que la muy pequeña correspondiente a algún leve exceso de agua, con relación a la estrictamente necesaria para su buen fraguado.)

Mo'de o tipo de probeta

Se adoptó el tubo recto de 1 m de longitud, sección interior circular, de 44 cm de diámetro, y espesor uniforme de 7 cm.

Plan general del ensayo

El plan general fué: fabricar cada día dos tubos de hormigón, con arena gravillosa de una misma variedad de grava, y un tubo de mortero sólo con idéntica dosificación de cemento, en relación con la arena seca, que la empleada en cada uno de los dos tubos de hormigón, relativamente a la respectiva cantidad de arena seca. Y así se hicieron, en días sucesivos, varias parejas de tubos de hormigón de cada variedad de grava y de cada uno de tres tipos de mortero, a saber: mortero de 19,995 kg de cemento por cajón de arena *borracha*, o sea por 40,590 litros de arena seca (1 cemento : 3 arena seca, en peso), al cual llamamos “mínimo”; otro de 29 kg de cemento por cajón de arena (1 cemento : 2 arena), que llamamos “mediano”, y otro de 60,900 kg de cemento por cajón de arena (1 cemento : 1 arena), que se denominó “rico”; y se fueron haciendo al propio tiempo los dichos tubos de mortero sólo de cada uno de los mismos tres tipos. Y además se hicieron simultáneamente numerosas galletas de mortero en el laboratorio con idénticos materiales y los mismos tipos de dosificación, para comparar sus resultados con los de las probetas tubulares; pero haciendo varios grupos de cada tipo,

con diferente número de golpes de pisón cada grupo. Y se procuró conservar, tanto los tubos como las galletas, desde su fabricación hasta su rotura, en condiciones aproximadamente iguales, siendo efectuadas las roturas a tres edades distintas; pero siempre a igual edad que los tubos de hormigón de cada tipo de mortero algún tubo de mortero sólo del mismo tipo y galletas de igual mortero y de los varios grados de apisonamiento.

Designación distintiva de las probetas

Como en los ejemplos que voy a presentar he de referirme repetidamente a determinadas piezas de las fabricadas para el ensayo, conviene también indicar aquí el modo adoptado para señalarlas, el cual consistió en poner a cada probeta el número romano que distinguía el molde con que la pieza se había hecho y la fecha de la fabricación. El tubo hecho, pongo por caso, con el molde número IV, el día 6 de marzo, se marcó con la fórmula IV-6 marzo.

Fichas de datos y resultados

Todos los datos y resultados particulares de las varias probetas se consignaron en tres series distintas de hojas sueltas o fichas, a saber: una ficha de "fabricación" correspondiente a cada día, con apunte suficientemente detallado de las cantidades y variedades de ingredientes puestas en cada tubo, tiempo invertido en las operaciones de cada uno, horas transcurridas hasta su desencofrado y cualquier otro detalle u observación interesante relativos al mismo; una ficha de "rotura", también para cada día, con apunte de la carga de rotura de cada tubo sometido y las observaciones particulares correspondientes, como muy especialmente las relativas a la forma y pormenores interesantes de su fractura, etc.; y una ficha de "estudio mecánico" para cada tubo, consignando en ella primero (hecho a base de los datos de la ficha de fabricación) el cálculo de las áreas que en la sección plana diametral, o sea la de máximo trabajo cuando se somete la probeta a la presión hidráulica interior, correspondían al aglutinante y al árido, o bien la relación simplificada entre dichas áreas, que basta para todo el estudio, y a continuación todo lo referente a la rotura, sin omitir la fecha de ésta, y todas las observaciones y raciocinios de estudio referentes a la misma pieza, anotados sucesivamente según los hechos del curso general de la prueba los iban sugiriendo. Y todas estas fichas, cada una de las dos primeras series con su fecha, y las de "estudio mecánico" correlativamente numeradas, forman tres pequeñas colecciones separadas, que ofrecen la mayor facilidad y comodidad posibles (aprovecho la ocasión para certificar lo muy práctico del sistema, aunque se trate de un mero pormenor de forma de procedimiento) para el estudio y revisión, total o parcial y en todo momento, de cualquier complejo ensayo análogo al presente.

Y es llegado ya el momento de entrar en la parte principal del trabajo con los anunciados ejemplos del detalle del estudio, y a ello paso.

Ejemplo del cálculo de s_e y s_a en cada tubo ¹

Sea primero un tubo de mortero sólo, y elijamos

el primero fabricado de esta especie, o sea el III-4 marzo.

Según la ficha de fabricación de ese día, se preparó masa para este tubo con 139,968 litros de arena borracha y 87 kg de cemento seco; pero sobraron 18,5 litros de masa hecha. Mas con esta dosificación el volumen de la masa hecha es el mismo de la arena borracha puesta en ella, pues una vez absorbida el agua de ésta por el cemento (y la demás que suele ser necesario añadir al batir la mezcla para que ésta tome el punto de humedad más conveniente, o sea para que, además del agua absorbida por los granos de la arena y de la grava, sólo haya muy aproximadamente la precisa para el buen fraguado del cemento), formándose la pasta normal de éste, el volumen de la misma pasta normal no es mayor que el de huecos de la arena seca contenida en la borracha, más la diferencia entre el volumen de la arena seca y el de la borracha.

En efecto:

En un litro de arena borracha hay 0,870 litros de arena seca, puesto que el aumento de ésta al emborracharla es el 15 por 100. Los huecos de 0,870 litros de arena seca son $0,860 + 0,36 = 0,313$ litros, que sumados con los 0,130 litros que hay de diferencia entre seca y borracha, hacen 0,443 litros. Pero el volumen de la pasta normal correspondiente a los 0,622 kilogramos de cemento puestos a cada litro de arena borracha es $0,622 \times 0,584 = 0,364$ litros. Se embebe, pues, toda la pasta de cemento dentro del volumen de la arena borracha puesta en la masa, y ésta, por consiguiente, antes de apisonada, ofrece este mismo volumen. Luego la arena consumida en el tubo han sido $139,968 - 18,500 = 121,468$ litros, y la arena seca correspondiente son $121,468 \times 0,87 = 105,657$ litros, cuya materia neta de huecos, o *volumen macizo*, mide $105,677 - 105,677 \times 0,36 = 105,677 \times 0,64 = 67,633$ litros; y el cemento invertido han sido $87,000 - 18,500 \times 0,622 = 75,493$ kg, siendo el volumen de la pasta normal correspondiente $75,493 \times 0,584 = 44,088$ litros. Y se ve que la masa apisonada es compacta, si se observa que la suma del macizo de arena y de la pasta normal no es menor que el volumen de la pared del tubo. Y es evidente, siendo tras una buena elaboración perfectamente uniforme la mezcla del árido y el cemento en toda la masa apisonada, que la relación en que están s_e y s_a en cualquier sección diametral es la misma en que están los calculados respectivos volúmenes 44,088 litros y 67,633 litros, o sea la relación de 5 a 7,66. Se puede, pues, dar por cierto que en cada $12,66 \text{ cm}^2$ de sección diametral de la pared del tubo, 5 cm^2 corresponderán a la parte de cemento y $7,66 \text{ cm}^2$ al árido; dato simplificado que basta para el estudio mecánico interno de la masa sólida de la pieza, por la uniformidad con que en toda la extensión de la sección se reparte, sin duda, la tensión debida a la presión hidráulica producida en la cavidad cilindrocircular del tubo cuando éste se prueba. Y los valores de s_e y s_a totales de la semisección diametral del tubo se hallan dividiendo ésta, o sea 700 cm^2 , proporcionalmente a 5 y 7,66, resultando: $s_e = 276,46 \text{ cm}^2$ y $s_a = 423,54 \text{ cm}^2$.

En los tubos de hormigón se ha considerado como aglutinante el mortero y como árido la grava, y no creo necesario detallar también aquí un ejemplo de los cálculos hechos en ellos para determinar las áreas reducidas s_e (del mortero) y s_a (de la grava) en cada

¹ Véase el artículo anteriormente citado, en el núm. 2609 de la REVISTA.

uno, análogas a los 5 cm² y 7,66 cm² del ejemplo que precede. Sólo he de advertir que, como varias gravas han presentado dos categorías de elementos (en cuanto a resistencia), s_a se ha considerado dividida en las dos partes $s_{a'}$ y $s_{a''}$ para los oportunos cálculos y raciocinios.

Para las galletas de laboratorio, que sólo se han hecho de mortero, no ha sido necesario calcular las áreas s_e y s_a de la sección de rotura, por cuanto la relación entre las partes ocupadas por el cemento y por el árido, respectivamente, en cualquier sección plana del mortero de la galleta, tiene que ser la misma halla-

da en los tubos de igual tipo de mortero. Así es que en las galletas de mortero 1 : 2 se cuenta con la relación 5 (cemento) : 7,66 (arena), y para las de mortero del tipo 1 : 1, con la de 5 (cemento) : 3,65 (arena).

* * *

La extensión que ha alcanzado ya este artículo y la que requieren los ejemplos de *estudio mecánico* y los resúmenes parciales y total de resultados que aún he de presentar, aconsejan dejar para otro número de la REVISTA la terminación.

Angel BLANC
Ingeniero de C., C. y P.

Revista de revistas

La decapitación del Cuerpo de Caminos

Bajo el título que antecede ha publicado la revista Madrid Científico un artículo, firmado por "Un ingeniero viejo". Nos complacemos en reproducirle íntegramente, por considerarle de gran interés en la actualidad, y felicitamos a su autor por la nobleza con que ha sabido expresar sentimientos que todos compartimos.

"Tomad un Escalafón cualquiera del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, abridlo por sus primeras páginas, y advertiréis que en el primer puesto aparece el presidente del Consejo de Obras públicas, y consecutivamente, en orden jerárquico de antigüedad, cinco presidentes de Sección de ese alto Cuerpo consultivo; ésta es la cabeza del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

Los ingenieros de Caminos, al salir de su Escuela, llevan, con su título profesional, el de presidentes del Consejo, o, por lo menos, de Sección de éste, a la manera como un recluta francés lleva en su mochila el bastón de mariscal; y digo llevan, cuando en puridad debiera decir llevaban, porque desde el 16 de agosto último, en que se creó el Consejo de Obras hidráulicas, ese derecho ha sido mermado, puesto que ya no son cinco, sino solamente cuatro, las presidencias de Sección del Consejo de Obras públicas en las que hoy pueden cifrar sus esperanzas.

El ministro de Obras públicas ha dado a entender, bien explícitamente, que ese Consejo de Obras hidráulicas había de ser el molde en el que han de vaciarse las restantes, es decir, el Consejo de Obras marítimas, el de Obras ferroviarias y el de Obras de carreteras; cuando este programa llegue a su fin, como la Sección de Asuntos generales se nutre de las restantes, habrá automáticamente desaparecido el Consejo de Obras públicas, y con él su presidente, de igual manera que en una Cofradía desaparece el prior con el último cofrade sobre el que ejerciera su priorato.

Al Consejo de Obras públicas le aguarda, pues, igual porvenir que el que se auguraba hace unos años a la forma poética: está llamado a desaparecer, y con él, claro es, su presidencia y las cinco de Sección, y como ésta es la cabeza del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos está llamado a ser decapitado, según el referido plan ministerial; quedarán, es verdad, los inspectores generales; pero quedarán mediatizados, diluidos en un océano de especialidades, entre varones insignes, de procedencias varias, con los que han de articularse esos organismos de nuevo cuño, llamados a enfilar por rumbos nuevos el carro del progreso, en cuanto a Obras públicas concierne.

Seguramente será ese el camino que más conviene

a la riqueza pública, y, firme en esta presunción, no he de regatear los respetos y las máximas loas que las sabias determinaciones de la Superioridad merecen; pero es inevitable la tristeza provocada por la desventurada condición de un Cuerpo cuyo descabezamiento es requisito previo para que el barco de la pública prosperidad pueda desplegar sus velas a los regeneradores vientos del progreso.

No era de presumir tan triste condición, a la vista de una historia del Cuerpo de Caminos, que se confunde, desde sus orígenes, con los de las obras públicas que han transformado a España, de pueblo medieval, en país puesto a tono con los más progresivos de la vieja Europa occidental; no son precisos testimonios de lo que afirmo: lo testifica todo el suelo patrio, cuajado de obras debidas a la secular labor del Cuerpo amenazado de fatal decapitación. Serán siempre modelos ejemplares, entre las obras de su primera época, ese audaz puente colgado de Lascellas, y el admirable paso de "Las Cabrillas", puesto como perenne muestra de impecable trazado de carretera; no menos ejemplar es, en ferrocarriles, la subida al Puerto de Pajares; allá, por el litoral Mediterráneo, continúa siendo asombro de los navegantes ese singularísimo faro de Buda, y en el bravo mar Cantábrico será siempre admiración de propios y extraños esa magnífica ría bilbaína, fundamental clave de la bóveda que corona la monumental arquitectura de la industria vasca; bien pocos años hace que el sifón de Albelda era modelo único en el mundo de las obras hidráulicas, y al Cuerpo que de tal modo va a ser capitadismunido se debe, por espontáneo impulso, la formación de la base del actual plan de obras hidráulicas, cuando, dejando al resto del país entre estériles lamentos de unas pérdidas coloniales que a tiempo no supo evitar, se lanzó aquel Cuerpo, con desinteresado empuje, por valles y riscos, en busca de inexplorados veneros de riqueza, bien ajeno a pensar que el pleno desarrollo de éstas había de producir su decapitación.

Si las obras serán testimonio perenne de lo que por la riqueza patria supo hacer un Cuerpo benemérito, no son menores los que da, en el campo de la Historia, el recuerdo de algunos ingenieros que de aquél formaron o forman parte. Fresca en la mente de todos está la singular proeza de un pueblo que, en un momento de cívico ardor, supo dar al traste con un régimen quince veces secular, colocando en su lugar una República inmaculada. ¿Cuál fué la herramienta que utilizó en tan magna empresa? Una sola: el sufragio universal. ¿Quién puso en sus manos tan eficazísima palanca? Un ingeniero de Caminos: D. Práxedes Mateo Sagasta. Ingeniero de Caminos fué el que con una misma pluma escribió *El Gran Galeoto* y el decreto instaurador del más formidable instrumento de crédito que posee la economía