

un día. Si consideramos que las tarifas medias son 1,20 marcos/kilómetro para pasajeros y 1,60 marcos por tonelada/kilómetro para mercancías, cuando el costo efectivo del transporte de las unidades antedichas oscila en ambos casos alrededor de 4,80 marcos, comprenderemos por qué ha llegado a rebasar la cifra de 20 millones de marcos la subvención anual del Estado alemán a la citada Empresa.

Y no se esgrima este argumento contra la aviación comercial, porque también el ferrocarril, en todos los países del mundo, necesitó fuertes subvenciones durante sus primeros decenios, y en estos momentos, cuando la vida del ferrocarril ha alcanzado su clímax, sigue el déficit amenazando a las Empresas ferroviarias. Y respecto a las Compañías de navegación, acabamos de conocer, flagrante, el caso de la Transatlántica. Las comunicaciones aéreas obedecen, en su aspecto financiero, a las mismas leyes que los restantes métodos de transporte. Todos se desenvuelven al calor de las subvenciones, directas o indirectas.

Por último, citaremos, como tercer elemento fundamental de un aeropuerto, a la policía, puesto que

las funciones que ejerce no se ciñen al rito del orden público, ni a la revisión de pasaportes, ni al auxilio de las autoridades aduaneras, aunque todo ello sea muy meritorio. La misión policiaca adquiere elevado rango desde el momento que administra directamente los reglamentos oficiales, promulgados con solemnidad de leyes para el régimen interno de los aeropuertos, por encima del criterio de toda clase de Empresas y Compañías. La policía es quien tiene las llaves de un aeropuerto, y todo aparato, antes de aterrizar, necesita recibir la autorización policiaca, que le transmite un gendarme desde su atalaya, situada en lugar eminente, mientras otro policía, con una señal, marca el punto del campo adonde el piloto debe conducir el aparato cuando aterrice; y para el despegue se cumplen requisitos análogos.

Los restantes servicios instalados en el aeropuerto son subordinados a alguno de los tres capítulos citados, o bien poseen un carácter oficial, como intervención del Estado, para rodear de múltiples garantías un tráfico que de otro modo sería sumamente peligroso.

A su debido tiempo trataremos estos aspectos.

FEDERICO ALICART
Ingeniero de Caminos

Importancia de los ensayos del hormigón

Si echamos la vista atrás y comparamos lo que hoy se sabe del arte de construir con nuestros conocimientos de hace no muchos años, nos sorprende el mucho camino que hemos andado en poco tiempo.

Era casi ayer cuando del cemento sólo se tenía una vaga idea. Casi podíamos repetir las palabras de Vitruvio a propósito de las puzolanas: "Hay un polvo que causa sorpresa, porque, amasado con cal, se endurece debajo del agua..." También nos causaba sorpresa el fraguado del cemento, y buscábamos su explicación asemejándolo al del yeso, aunque también éste nos era casi desconocido.

Progresó rápidamente la fabricación. El cemento fué cada vez mejor, y los ingenieros nos aprovechamos de esas buenas cualidades para hacer obras que pongan a prueba su gran dureza y su tenacidad. Se siguió más adelante, y tras del cemento vino el supercemento, que señala el grado más alto de la fabricación. Vale la pena de detenernos un momento y decir algo de este nuevo material. Muchas veces no es más que un cemento esmeradamente fabricado, en el que se ha puesto el mayor cuidado en lo referente a dosificación y cochura, en el que se ha quitado todo lo mal cocido, y con el que se ha llevado a cabo un molido muy perfecto. El mejorar la dosificación y la cochura está siempre bien; pero, en lo referente al molido, hay que andar con cuidado, porque el exceso del bien puede traer el mal consigo.

Un molido muy fino exalta las cualidades del cemento, y ahí están la ventaja y el inconveniente. Es natural que las propiedades del cemento se aviven y despierten. Un grano de Portland, aunque sea muy fino, es un conglomerado de partículas de cuerpos diferentes; hay unos elementos que quedan encerrados dentro de otros sin poder ejercer ninguna acción. El tiempo, o la acción del agua, o el efecto de otros di-

solventes rompen esas aglutinaciones y sale afuera lo que estaba aislado dentro de la masa. Mientras más finamente se muele el cemento, menos será lo que quede encerrado dentro de cada grano, y habrá menos moléculas aisladas de esas que de nada sirven hasta que salen fuera de su encierro.

Estudiando una vez una puzolana pude ver esto comprobado. Hice un molido muy fino, hasta obtener un polvo verdaderamente impalpable, cuya finura no puedo determinar con una cifra; sólo sé que era mucho más fino que lo que pasa por el cedazo de diez mil mallas; pero yo no tenía criba para pasar de ahí y medir la extremada finura a la que había llegado. Tomando como término de comparación la actividad con la cal se veía, sin lugar a duda, que la actividad era mucho mayor cuanto más fino era el molido, y que el polvo finísimo reaccionaba de un modo muy enérgico y perfecto. Esta viveza de la actividad química es lo que se consigue con el exceso de molido; pero, al lado de esta ventaja, hay algunos inconvenientes que esa misma ventaja lleva consigo. Muchos cementos, cuando se muelen con exceso, tienen tendencia a convertirse en cementos rápidos, sobre todo si tienen mucha alúmina; tienen también el defecto, según Spindel, de conservarse mal; supongo que es porque aumenta la superficie de los granos expuesta a la acción del aire húmedo. Dejando a un lado estas consideraciones de orden secundario, llegamos a la conclusión de que se puede convertir el cemento corriente en supercemento, sin más que cuidar los procesos de la fabricación.

Este es el medio físico de conseguir las grandes resistencias. También se puede llegar al mismo resultado de un modo químico. Hay que tener en cuenta, para conseguirlo, unos cuantos hechos conocidos: que los cementos siliciosos fraguan con lentitud, pero

alcanzan después excelentes resistencias definitivas; que los cementos aluminosos, pobres en cal, tienen tendencia a las altas resistencias iniciales, y que el exceso de cal da, en general, una gran resistencia a la compresión, aunque muchas veces es a costa de lo que a la tracción puede el cemento resistir.

Si se fabrica un cemento con mucha sílice y mucha cal, se le cuece bien y se le pulveriza finamente, se obtiene un supercemento. La técnica de esta fabricación no es cosa sencilla, aunque al describirla parezca cosa fácil y hacedera; pero hay muchas veces grandes dificultades que vencer: el exceso de sílice y de cal da productos difíciles de fundir sin emplear fundentes que hay que manejar con mucha prudencia. Pero no cambia por eso el hecho fundamental de la química de la fabricación.

También se puede fabricar un supercemento añadiendo al cemento o al clinker sustancias especiales llamadas excitadoras, que aviven el proceso del endurecimiento. El cloruro cálcico juega un gran papel en muchos casos. No debemos olvidar, al decir esto, que los pliegos de condiciones suelen considerar como fraude la adición al cemento de cualquier sustancia que no entre en muy pequeña cantidad, como ocurre con el yeso, siempre añadido al Portland para regular el fraguado. Pero esto, que roza el aspecto jurídico de la fabricación, nada tiene que ver con la química del supercemento.

Nada podemos afirmar con seguridad, porque todavía desconocemos mucho de lo que influye en la velocidad del endurecimiento. Pero, aunque sea con algunas reservas, vemos todo lo que se ha conseguido y confiamos en lo que se ha de sacar de los estudios que hoy se están llevando a cabo.

Es un hecho que vamos lanzados por el camino de las grandes resistencias. Pero, como ya otra vez decía, acaso haya llegado el momento de hacer un alto en esa carrera. Estamos en un punto en el que el aumento de las resistencias no trae como consecuencia una disminución de los espesores. Es, además, inútil mejorar el cemento, mientras tengamos descuidado todo lo demás. No hay duda de lo mucho que se ha conseguido con la fabricación moderna de los aglomerantes; pero hay que decir también que no se ha progresado lo mismo en el estudio del hormigón; todo se le quiere dejar al cemento, para que él sea el que lo salve todo y el que supla las faltas de los demás. Se pretende que, a fuerza de ser bueno el cemento, puedan descuidarse la arena, el agua, el amasado y la compresión. Y tanto es así, que, cuando sobreviene una avería, preguntamos cuál era el cemento empleado, y no preguntamos nada del árido ni de la mano de obra.

No es que esto no se sepa. Ya se sabe bastante acerca de la importancia de la arena y de la que tiene la cantidad de agua del amasado; pero todo esto no ha llegado todavía a la práctica corriente de los constructores; fuera de contados casos en que a ello se le da todo el interés que se merece, es cosa que está en los libros y en los laboratorios, pero no en las obras.

Es natural que ocurra así. Al pie de obra faltan casi siempre medios y tiempo para esa clase de estudios. Las dosificaciones se hacen un poco a ojo, y olvidamos que hay muchas obras en las que no puede uno fiarse de las dosificaciones de un manual o de un formulario, por bueno que éste sea. Nos pre-

ocupa mucho el afinar el cálculo para ahorrarnos pequeños volúmenes, y pasamos por alto docenas de kilos de resistencia de las mezclas.

El hacer un buen hormigón no es cosa sencilla. No es difícil contar con una buena piedra, pero una buena arena no es tan fácil de encontrar; los granos de la arena artificial suelen tener forma de laminillas o de agujas, que dan escasa tenacidad a los morteros; la arena natural, sobre todo la de muchas playas, es a veces muy fina y tiene un volumen de huecos con el que es difícil hacer un buen mortero. Después de elegida la piedra y la arena es cuando se puede determinar la cantidad de cemento que hay que emplear, que no es cosa para resuelta con un formulario a la vista. Los ingleses determinan esta cantidad en volumen, porque realmente lo que hace falta es llenar los huecos del árido. Pero no basta con llenar esos huecos estrictamente. Supongamos una piedra con un 35 por 100 de huecos y una arena con un 40; teóricamente bastaría con llenar un volumen de $0,35 \times 0,40$, o sea de 140 litros por metro cúbico de hormigón. Pero, si así lo hiciéramos, quedarían unos granos junto a otros sin la interposición de ninguna capa de cemento. Si el hormigón trabaja a la compresión, no hay inconveniente en que los granos se aprieten unos contra otros y resistan así el empuje a que se les somete. Pero cuando los esfuerzos son de tracción, esos granos en contacto no tienen adherencia ninguna y serán causa de la debilidad del mortero. Hace falta más cemento. Si suponemos que entre grano y grano conviene que haya una capa de cemento de medio milímetro de espesor, y que los granos de arena tienen un diámetro de dos milímetros y los de piedra de 50, habrá que aumentar el cemento en una décima parte, aproximadamente, del volumen total; los 140 litros de antes se convierten en 240; y si multiplicamos esta cifra por la densidad y deducimos el agua necesaria para el fraguado, llegamos a la cantidad de 300 kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón. Si la arena es más gruesa se necesitará menos cemento; hará falta más, por el contrario, si creemos necesario aumentar el espesor de la capa de cemento entre grano y grano.

Si de la cantidad necesaria de cemento pasamos a averiguar el agua que hace falta, vemos en seguida la importancia grande que ella tiene; las resistencias varían mucho con ella. Un hormigón que podría ser bueno se convierte en malo porque el agua sobre o porque falte. Una parte de ella es absorbida por el árido, más o menos, según que él sea más o menos poroso; otra parte se la lleva el cemento para las reacciones del fraguado; el resto es un obstáculo para el endurecimiento, y al evaporarse deja una masa porosa de menor resistencia que si fuese compacta.

Todo esto, tan elemental y sencillo, necesita un estudio largo y minucioso; el laboratorio tiene que comprobar o rectificar los cálculos de la dosificación. Se me dirá que la gran mayoría de las obras salen bien con la sencilla regla de los prudentes términos medios, y será cierto. Pero hoy se hacen muchas obras de tales luces y alturas, y a las que tales resistencias se les piden, que hace falta un estudio formal del hormigón. Voy a citar un caso que prueba lo que se puede conseguir con un buen estudio del árido.

El ingeniero Blanc ha hecho unos estudios sobre hormigones y ha publicado acerca de ese tema algunos trabajos que no han sido conocidos y divulgados

como se merecen. Una vez necesitó hacer un estudio en grande de unos tubos de hormigón para una tubería de agua; hizo un detenido estudio del árido, y se hicieron los ensayos de romper los tubos con la prensa hidráulica. Se predecía con exactitud la carga a que los tubos habían de romper; las diferencias entre el cálculo y la realidad eran insignificantes. Quéde bien convencido de que con aquel estudio previo, muy minucioso, se pueden hacer obras de hormigón en masa con una precisión y una seguridad imposibles de tener cuando no se ha puesto toda la atención y el cuidado necesarios en las dosificaciones y en el estudio de los materiales.

Los granos de arena y los trozos de piedra están

envueltos por el cemento. En las compresiones hay una parte que el cemento resiste y otra aguantada por la arena y la piedra. En las tracciones intervienen otros elementos: la resistencia a la rotura de cada grano, la del cemento y la adherencia de los granos del árido con el aglomerante. Puede romperse la probeta porque se rompan los granos, o porque se rompa el cemento, o porque los granos se despeguen de su alvéolo.

Todo esto es lo que hay que conocer. Y, si nada sabemos, iremos a tientas y tendremos que buscar en otras estructuras y por otros caminos, más complicados y costosos, lo que buenamente nos daría un vulgar hormigón en masa, estudiado sin vulgaridad.

Eduardo DE CASTRO
Ingeniero de Caminos

Problemas ferroviarios¹

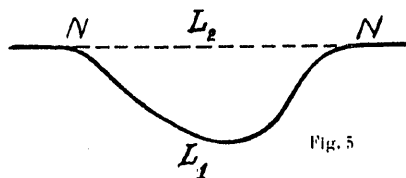
II

Problema núm. 2.—Línea de acortamiento

A) Cuando no exista tráfico local en el ramal de acortamiento.

a) No está hecho ningún trozo del ramal de acortamiento. Sean:

$T = d \cdot L_1$ = tráfico de tránsito en NL_1N que va



a pasar por el acortamiento, y que en éste, por estar en la relación de las longitudes, será $T_2 = d \cdot L_2 T_1$ = tráfico local en NL_2N , y todos los demás elementos designados con las letras establecidas al principio, con el subíndice uno los correspondientes al trozo que se corta, y con el dos los del acortamiento.

El coste del transporte en el trozo NL_1N por la línea existente es:

$$G_1 = \left(\frac{C_1}{n} + m_1\right) \cdot L_1 + \left(\frac{M_1}{n} + b_1 + \frac{H}{r}\right) \cdot T_1 + \frac{H}{r} \cdot T_1$$

El coste del mismo transporte, una vez establecido el acortamiento, sería:

$$G = \left(\frac{C_1}{n} + m_1\right) \cdot L_1 + \left(\frac{M_1}{n} + b_1 + \frac{H}{r}\right) \cdot T_1 + \left(\frac{C_2}{n} + m_2\right) \cdot L_2 + \left(\frac{M_2}{n} + b_2\right) T_2$$

Para que sea conveniente el acortamiento es preciso que $G_1 - G > 0$; o sea,

$$\left(\frac{M_1}{n} + b_1\right) d \cdot L_1 - \left(\frac{C_2}{n} + m_2\right) \cdot L_2 - \left(\frac{M_2}{n} + b_2\right) \cdot d \cdot L_2 > 0$$

$$\left[\left(\frac{M_1}{n} + b_1\right) \cdot \frac{L_1}{L_2} - \left(\frac{M_2}{n} + b_2\right)\right] \cdot d > \frac{C_2}{n} + m_2$$

$$d > \frac{\frac{C_2}{n} + m_2}{\left(\frac{M_1}{n} + b_1\right) \cdot \frac{L_1}{L_2} - \left(\frac{M_2}{n} + b_2\right)}$$

y si se puede suponer que $M_1 = M_2 = M$, y $b_1 = b_2 = b$,

$$d > \frac{\frac{C_2}{n} + m_2}{\left(\frac{M}{n} + b\right) \left(\frac{L_1}{L_2} - 1\right)}$$

Observemos que esta densidad, si bien alcanza un valor muy elevado, es siempre real y positiva; es decir, que es posible que, dentro de las condiciones de este caso, convenga a la economía social construir un ramal de acortamiento. Veamos cuáles tienen que cumplirse para que conviniera construirlo a la Compañía que explota la línea. Sería preciso, para ello, que la disminución de gastos, menos de la disminución de ingresos que experimenta, y que es igual a $p \cdot d(L_1 - L_2)$, siendo p la tarifa, fuese mayor que cero, o sea:

$$\left(\frac{M}{n} + b\right) \left(\frac{L_1}{L_2} - 1\right) \cdot d \cdot L_2 - \left(\frac{C_2}{n} + m_2\right) -$$

$$- p \left(\frac{L_1}{L_2} - 1\right) \cdot d \cdot L_2 > 0$$

$$\left(\frac{L_1}{L_2} - 1\right) \left(\frac{M}{n} + b - p\right) \cdot d - \left(\frac{C_2}{n} + m_2\right) > 0$$

Ahora bien: p es siempre mayor que $\frac{M}{n} + b$, gastos variables por unidad de tráfico, y, por lo tanto, la expresión anterior no puede cumplirse para valores positivos de d , puesto que su primer término es siempre negativo. Esto nos dice que, en las condiciones de este caso, nunca le convendrá a una Compañía construir un ramal de acortamiento en sus líneas.

Aplicación.—Supongamos:

$$C_2 = 887\,000 \text{ ptas./km} \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{363}{282} = 1,29$$

y los demás con los valores fijados en la aplicación del primer caso.

¹ Véase el número anterior, página 409.