

obtenidos de experimentos sobre la compacidad de la arena, que, según se ha visto, depende de su composición granulométrica, es decir, de las proporciones relativas de granos gruesos, medianos y finos que contenga.

Después, Mr. Féret ha examinado la influencia de este elemento sobre el mortero, y ha llegado á consecuencias que expone en el *Bulletin de la Société d'encouragement*, de Diciembre de 1897.

He aquí cómo enuncia dos leyes que dan más precisión á hechos ya observados por Mr. Candlot (*Ciments et chaux hydrauliques*, 1891):

Los morteros plásticos contienen el máximo de materias sólidas (aglomerante y arena), cuando, no habiendo granos medianos, los granos gruesos tienen un volumen sensiblemente doble del volumen total de los granos finos y del aglomerante, y cuando mayor diferencia hay entre las dimensiones de las dos categorías de granos.

Esta condición se aproxima mucho á la que da el máximo de compacidad de la arena sola.

Las arenas naturales tienen composiciones granulométricas muy variables; así, pues, no es de extrañar que la compacidad de morteros de igual riqueza, pero de arenas diferentes, sea muy variable, y por lo tanto que varíe también la resistencia.

Desde luego, las arenas en bruto, que presentan más desigualdades que las arenas tamizadas, dan mejores resultados; pero, además, la experiencia hace resaltar notables diferencias entre las arenas en bruto.

No debe el Ingeniero dejarse guiar por la consideración única de la baratura de una arena determinada; debe proceder por la vía experimental, hacer amasar mortero con las diversas muestras de arena, medir las resistencias ó las capacidades, que son el elemento más importante y escoger, entre todas las que reúnan las condiciones requeridas, la más barata. En los *Annales des ponts et chaussées* (Agosto de 1896), ha dado Mr. Féret un ejemplo de la marcha que debe seguirse.

Los pliegos de condiciones para el suministro de cementos, estipulan, generalmente, una resistencia mínima á la rotura por tracción de las probetas hechas, bien con cemento puro, bien con mortero de arena normal. La cifra que así se obtiene, evidentemente no da ninguna indicación sobre la energía real del cemento, puesto que las condiciones de la prueba son muy diferentes de las de su empleo en la construcción.

¿No existe una constante más adecuada para representar esta energía, más independiente de las condiciones del ensayo?

Cuando se prueban, por compresión, morteros que tienen el mismo aglomerante, pero en los cuales se hace variar la naturaleza y la composición granulométrica de la arena, hállase que esta resistencia, al cabo de un tiempo determinado, es función únicamente de la relación $\frac{c}{c+v}$, en la que c , v representan respectivamente las proporciones en volumen del aglomerante, del agua y de los huecos, referidas al volumen 1.

Esta función P puede representarse bastante exactamente por

$$K \left(\frac{\frac{c}{c+v}}{1 + \frac{c}{c+v}} \right)^2$$

en la que K sólo depende del tiempo.

Observando que $c + s + v + e = 1$, (siendo s la proporción de arena), se puede escribir

$$P = K \left(\frac{c}{1-s} \right)^2$$

Este coeficiente K , que es fácil de determinar experimentalmente, caracteriza muy bien un cemento. Cuando se le conoce para una edad determinada, se deduce de él inmediatamente la resistencia á la compresión, al cabo del mismo tiempo, de un mortero que, amasado hasta la consistencia plástica, contenga para un volumen 1 los volúmenes c de cemento y s de arena.

Cuando el mortero contiene una mezcla de arenas inertes, s, s_1, s_2, \dots , resulta de la propiedad que sirve de base á la definición de K que se tiene

$$P = K \left(\frac{c}{1-s-s_1-\dots} \right)^2,$$

siendo K el coeficiente relativo al aglomerante c .

Si, por el contrario, se hace un mortero con varios aglomerantes diferentes c, c_1, c_2, \dots , cuyos coeficientes respectivos son K, K_1, K_2, \dots , la experiencia demuestra que el coeficiente de la mezcla es

$$K' = \frac{cK + c_1 K_1 + \dots}{c + c_1 + \dots},$$

y se tendrá

$$P' = K' \left(\frac{c + c_1 + \dots}{1-s} \right)^2.$$

Puede presentarse un tercer caso, aquél en que el elemento adicional, sin obrar por sí mismo como aglomerante, modifica sin embargo la reacción que da lugar al endurecimiento del mortero. Entonces la experiencia asigna á K un valor diferente del que corresponde al aglomerado empleado sólo.

Mr. Féret, que ha hecho este estudio para diferentes materias puzolánicas, ha comprobado la superioridad manifiesta del *laitier* granulado sobre la mayor parte de las puzolanas naturales, por lo menos desde el punto de vista de la resistencia á la rotura; por supuesto, es necesario hacer algunas reservas sobre su duración.

La ventaja de la adición de puzolanas al mortero no consiste solamente en el inmediato aumento de resistencia. Se neutraliza de este modo la cal libre, cuya acción es tan funesta por la expansión tardía que origina.

Los resultados enunciados han sido obtenidos por medio de ensayos por compresión. Mr. Féret los da la preferencia sobre los ensayos por tracción, porque denuncian más claramente la influencia de los cambios de composición del mortero. Tienen, en cambio, el inconveniente de exigir máquinas de ensayo más poderosas.

Tranvías eléctricos de Quebec (Canadá).

El *Street Railway Journal* del mes de Agosto contiene un artículo sobre los tranvías eléctricos de Quebec.

Son de notar en estos tranvías tres puntos característicos, que son: las pendientes fuertes, que son recorridas sin recurrir al empleo de cremalleras; la gran cantidad de nieve con que hay que luchar en el invierno, y la utilización, para producción de la fuerza motriz, de un salto de agua situado á 11 kilómetros.

Quebec está de tal modo construida que entre la ciudad alta y la baja hay una diferencia de nivel de 100 m. Estas dos partes fueron enlazadas por dos líneas de tranvías; una de ellas por una calle cuya pendiente llega á ser de 14,15 por 100 y que termina, en la parte más alta, con una curva de 12,20 m. de radio, la mitad de la cual está en la pendiente; y la otra, no pudiendo seguir por las calles, se estableció en viaducto con una pendiente de 7 por 100; en la parte alta del viaducto hay un pequeño tramo horizontal, y continúa después con pendiente de 11 por 100 en una longitud de 100 metros, y de 4 por 100 hasta llegar á la parte más alta de la ciudad.

A pesar de estas fuertes pendientes, los coches van provistos solamente de frenos á mano, sin que en los dos años que llevan funcionando hayan ocurrido accidentes por esta causa. La velocidad en las bajadas se limita á 6,4 km. por hora.

Los coches son de 8,50 m. de largo, con capacidad para 30 asientos y plataformas cerradas, y pesan unas 8 toneladas con carga completa. Cada coche lleva dos motores de 30 caballos; para el ascenso en la rampa de 14,15 por 100 son precisos en verano 65 amperios á 520 voltios, y en la curva de la cumbre se llega á 130 amperios; en invierno las intensidades son de 100 y 195 amperios respectivamente. El consumo medio de fuerza medido en la central, es en verano de 8,3 kv. por coche y hora, y el consumo medio durante todo el año 9,5 kv. por coche y hora. El promedio de recorrido de cada coche en cada día, es de 174 kilómetros. Las ruedas son de hierro colado de 0,84 metros de diámetro, y el término medio de su duración 31.400 kilómetros.

Las nevadas en Quebec son tan considerables que durante el invierno último la nieve caída sumó un espesor de 3,05 metros, del cual corresponde al mes de Marzo un espesor de 1,30 metros. Sin embargo, el servicio de tranvías no quedó interrumpido; la Compañía dispone de seis máquinas quitanieves, provistas cada una de dos motores de 30 caballos para su traslación, y de otro motor de la misma fuerza para mover las escobas. Se emplean, además, trineos y arados tirados por caballerías. Estas máquinas llegan á consumir 230 amperios.

La fuerza motriz se toma de un salto de agua de 60 metros de altura situado á 11 kilómetros de la ciudad. Hay instaladas cuatro turbinas de 1.000 caballos cada una de las cuales mueve un alternador trifásico de 600 kilovatios á 66 ciclos por segundo. La corriente se transmite á la estación secundaria con una tensión de 5.000 voltios, y allí se transforma en corriente continua á 550 voltios.

La compañía posee 29 kilómetros de vía, toda con carril Vignole. Se está estudiando el proyecto para aplicar la tracción eléctrica á una línea de 35 kilómetros que actualmente se explota con tracción de vapor.