

3.13. Hormigones especiales

| | |
|-----------------------|--|
| Temas tratados | 3.13. 1. Hormigones livianos |
| | 3.13. 2. Hormigones pesados |
| | 3.13. 3. Hormigón bombeado |
| | 3.13. 4. Hormigón proyectado |
| | 3.13. 5. Hormigón compactado con rodillo |
| | 3.13. 6. Hormigón de alto desempeño |
| | 3.13. 7. Hormigón bajo agua |
| | 3.13. 8. Hormigón preempacado |
| | 3.13. 9. Hormigón con fibras |
| | 3.13.10. Hormigón al vacío |

3.13.1. HORMIGONES LIVIANOS

Con bajo peso propio son menores las cargas que se transmiten y se facilitan las operaciones de manejo, transporte y colocación; por otra parte se obtiene buena aislación térmica. La misma porosidad también está relacionada con baja resistencia y es necesario encontrar un balance entre densidad, aislación y resistencia. En general, el hormigón liviano tiene una densidad inferior a 1.800 kg/m^3 .

Hormigones livianos de áridos livianos

Los áridos livianos pueden ser naturales o artificiales. Dentro de los primeros está la piedra pómez, abundante en Chile pero de difícil acceso, lo que ha impedido su desarrollo. En el mismo grupo se pueden considerar los desechos de madera, estabilizada con cal, empleada en la fabricación de paneles. Un árido intermedio es el ladrillo machacado, usado desde el tiempo del imperio romano.

El poliestireno expandido es el árido liviano artificial más difundido. Combinándolo con diferentes proporciones de arena y dosis de cemento de 300 a 350 kg/m^3 se logran resistencias de 5 a 60 kgf/cm^2 y densidades entre 600 y 1.200 kg/m^3 . Se emplea en paneles no soportantes y en sobrelosas; para éstas debe cuidarse que la resistencia, o densidad, esté de acuerdo al recubrimiento: mayor mientras más rígida sea la carpeta (cerámica, madera, alfombra u otra).

Para uso estructural se emplea arcilla expandida, no disponible en el mercado nacional.

Hormigones celulares

En realidad se trata de un mortero fino y burbujas de aire obtenidas mediante agentes incorporados de aire o formadores de espuma. En general se emplea en elementos prefabricados y dependiendo del tratamiento a que sean sometidos se obtienen densidades de 200 a 1.700 kg/m^3 y resistencias de 2 a 200 kgf/cm^2 .

El agente incorporador de aire más conocido es el polvo de aluminio; el buen control de la aplicación y de los productos hace aconsejable el empleo de curado a vapor.

En el mercado hay varios agentes espumantes. La espuma se produce aparte y es inyectada en el mortero fino o pasta de cemento; el volumen de espuma incorporada controlará la densidad del hormigón. Los espumantes son de más fácil aplicación que los aireantes.



3.13.2. HORMIGONES PESADOS

Convencionalmente se definen como aquellos con densidad superior a 3.000 kg/m^3 . Se emplean principalmente como escudo protector contra radiaciones (rayos X y gamma) en plantas nucleares y centros médicos con equipos de alta energía. En su confección se emplean minerales pesados (de hierro o de bario) o desechos metálicos, alcanzándose densidades entre 4.000 y 4.800 kg/m^3 . También se mezclan áridos pesados con áridos normales bajando los costos y la densidad, pero aumenta la tendencia a la segregación. Las resistencias de estos hormigones son algo superiores a las de hormigones tradicionales de igual razón agua-cemento.

El mayor peso es una exigencia adicional para la betonera y los moldajes y aumenta las dificultades en el transporte, colocación y compactación.

3.13.3. HORMIGÓN BOMBEADO

Es un hormigón transportado a presión, a través de tubería rígida o flexible, y que se descarga directamente en el área deseada. Es especialmente útil en lugares de difícil acceso y, en edificios, resulta más económico que la combinación capacho-grúa.

Las bombas usuales pueden transportar más de 120 m en vertical y más de 450 m en horizontal; en general, 1 m de transporte vertical hace disminuir la capacidad de horizontal en 3 a 4 m. Dependiendo del equipo y la instalación se pueden alcanzar rendimientos de hasta $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Los cambios de sección y de dirección se traducen en pérdidas de presión y, por tanto, de capacidad de transporte.

Es conveniente usar asentamiento del orden de 8 a 10 cm, limitar el tamaño máximo a $1/3$ del diámetro de la tubería, y tener especial cuidado con la cantidad de finos: usar arenas en las que el 15 a 20 % pase por el tamiz de 0,3 mm (N°50) y el 5 a 10 % pase por el tamiz de 0,075 mm (N°100); en general se recomienda que, incluido el cemento, hayan 410 kg de material inferior a 0,25 mm si el tamaño máximo es 40 mm y 480 kg para 20 mm. Al inicio de la faena, las tuberías deben lubricarse, normalmente con mortero y posteriormente, al término de la jornada, deben limpiarse. En lo posible hay que asegurar un abastecimiento continuo y una buena comunicación entre el operador de la bomba y la cuadrilla de colocación.

3.13.4. HORMIGÓN PROYECTADO

Este procedimiento consiste en colocar el hormigón, o mortero, proyectándolo sobre la superficie mediante medios neumáticos. Con esto se logra una alta compacidad cualquiera que sea la inclinación de la superficie; esto hace que el procedimiento sea muy adecuado en el recubrimiento de túneles y en la estabilización de taludes.

Se requiere de un equipo especial que consta de una cámara sometida a presión por aire comprimido; de ella sale un chorro continuo de hormigón a presión, a través de una manguera con boquilla especial. El agua puede ser parte del hormigón «método húmedo» o agregarse directamente en la boquilla, caso del «método seco».

Alrededor del 10 a 30% del material, especialmente el árido grueso, no se adhiere y rebota. Esto, unido a la necesidad de fácil desplazamiento en la manguera, hace recomendable tamaños máximos de 20 ó 10 mm.

Todo el procedimiento se basa en la adherencia en estado fresco con la superficie, por lo que deben extremarse las medidas de limpieza y eliminación de elementos sueltos. Cuando existe escurrimiento generalizado de agua superficial es imprescindible el empleo de aceleradores ultra rápidos, especialmente diseñados. Debe eliminarse el material de rechazo que se vaya produciendo para evitar que pueda quedar incorporado al hormigón proyectado.

3.13.5. HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO

Es un hormigón de muy baja trabajabilidad, compactado mediante rodillos vibratorios. Por sus características especiales combina la tecnología del hormigón con los métodos usuales del movimiento de tierras en cuanto a transporte, colocación, compactación y control.

Esta combinación hormigón-suelo hace que se pueda alcanzar muy altos rendimientos de construcción en los rubros donde es aplicable: principalmente pavimentos y presas gravitacionales. Para esto se requiere un ritmo de abastecimiento de hormigón muy alto.

El hormigón normalmente se fabrica con equipos de fabricación continua y se transporta en camiones tolva, traillas o cintas; en terreno se esparce con bull-dozer, se compacta con rodillos vibratorios de, al menos, 10 toneladas de peso estático y se termina, si corresponde, con rodillos neumáticos. En general, el control consiste en determinar, mediante densímetro nuclear, la densidad de terreno y compararla con las determinaciones de laboratorio.

3.13.6. HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO

Es un hormigón que estando constituido por materiales de uso habitual tiene un comportamiento superior al de los hormigones tradicionales. Normalmente el alto desempeño se asocia sólo a alta resistencia a compresión, pero también involucra mayor resistencia a ataques químicos, al desgaste, mayor impermeabilidad y otros.

Se debe emplear la mínima razón agua-cemento y la mínima cantidad de agua lo que hace necesario el empleo de cementos de alta resistencia y aditivos superplastificantes y, a veces, adiciones como sílica fume.

Los áridos deben ser rigurosamente seleccionados y controlados. El tamaño máximo óptimo está entre 10 y 20 mm, los áridos deben ser chancados, de superficie rugosa y limpia, de forma cúbica. La arena debe ser gruesa.

Las altas resistencias del hormigón obligan a mejores procedimientos de colocación y compactación. Las condiciones y equipos de control también deben ser las óptimas.

3.13.7. HORMIGONADO BAJO AGUA

Los principales problemas de operación son la falta de visibilidad, el efecto de lavado del agua y las dificultades de compactación y control.

El hormigón debe tener una dosis de cemento mínima de 400 kg/m³, o un 25% superior a la necesaria para obtener la resistencia requerida. El tamaño máximo es, a lo sumo, 40 mm y debe considerarse una consistencia cohesiva, con un alto contenido de arena. Son recomendables asentamientos superiores a 15 cm. Es conveniente el empleo de aditivos plastificantes y otros que disminuyan el lavado.



Para colocarlo se puede emplear un sistema de tubo con tapón que se llena de hormigón; después se va levantando el tubo, siempre lleno y siempre embebido en el hormigón ya colocado. Otro sistema de colocación consiste en colocar el hormigón en sacos, de arpillera o yute, y depositarlos en el lugar de colocación; se pueden llenar sacos hasta la mitad con hormigón sin el agua de amasado, o llenar los sacos hasta los dos tercios con hormigón fresco. Otro sistema empleado es el preempacado.

3.13.8. HORMIGÓN PREEMPACADO

Es un hormigón en que primero se coloca el agregado grueso, se compacta, y luego los vacíos son rellenados con inyección de mortero. Se utiliza en elementos en que la compactación es difícil, como hormigones bajo el agua.

El árido grueso debe estar lavado, sin partículas finas, superficialmente húmedos. Hay que usar el mayor tamaño máximo posible, sin producir segregación.

Los vacíos del grueso son del orden de 38 a 45 % que se rellenan con mortero cemento: arena de proporciones 1:1 ó 1:2. Se utilizan arenas finas con módulo de finura entre 1,2 y 2,0. Es común el empleo de aditivos fluidificantes, expansores o incorporadores de aire. La inyección puede ser horizontal, a través de los moldes, o vertical. Se van llenando capas de hasta 1,5 m de espesor. Es necesario contemplar tubos de ventilación para evitar que quede aire atrapado.

3.13.9. HORMIGÓN CON FIBRAS

Hay básicamente 2 tipos de fibras, las de acero y las plásticas. Las más adecuadas para el hormigón son las fibras de acero ya que le confieren alta deformación en las sollicitaciones de flexión y mejores resistencias al impacto; su mayor uso se ha dado en shotcrete, losas de aeropuertos y elementos prefabricados. Las hay de acero desnudo o inoxidable, ambas de elevadas resistencias; se usan en dosis de 40 a 70 kg/m³.

Las fibras plásticas, mayoritariamente de polipropileno, son adecuadas en morteros y capas delgadas ya que disminuyen significativamente la tendencia a la fisuración.

Los dos tipos de fibras no contribuyen a la resistencia a la compresión y no reemplazan a la armadura tradicional. En la operación, al agregar las fibras hay una notoria pérdida de trabajabilidad.

3.13.10. HORMIGÓN AL VACÍO

Es un hormigón al que, una vez colocado y compactado, se le extrae parte del agua mediante bombas. Con esto se pretende utilizar las ventajas de un hormigón blando (fácil colocación y compactación) y eliminar las desventajas, bajando la razón agua cemento del hormigón, aumentando las resistencias, disminuyendo la retracción y la tendencia a la fisuración. Se aplica principalmente a pavimentos y losas.

Con la succión se arrastran finos a la superficie, incluyendo cemento, con lo que queda una capa superficial más rica. Con esto se sella la superficie y no se obtiene mayores beneficios si se sigue succionando; en general se utilizan 2 minutos por cada 15 cm de espesor.

El sistema más común consiste en, una vez compactado el hormigón, extender un filtro tipo geotextil, sobre él una malla plástica y finalmente una manta que tiene las boquillas que se conectan a la bomba. La terminación es muy irregular lo que obliga a acabado mecánico.