

(internos) o de pavimentos, vaciados, productos moldeados etc. (externos). A veces se usa también vibraciones de las formas. Los vibradores son más efectivos en las mezclas secas con trozos menores de 2", reducen la cantidad de arena a un 28 ó 25 % del agregado total, con mayor dureza. Producen compactación más rápidamente que a mano y mejoran la efectividad del concreto, sobre todo en formas intrincadas y secciones reforzadas. Los vibradores internos son de tres tipos: De varilla movida por un eje flexible conectado a un motor, de varilla de tipo rígido movida por una excéntrica y de motor interno en la unidad vibradora, comúnmente se emplea en combinación con flotadores vibratorios para emparejar la superficie. La mayor parte de los vibradores se mueven de 3,500 a 7,000 vibraciones por minuto, con un desplazamiento de 0.03 a 0.09". La frecuencia depende de la consistencia del concreto, siendo mayor para las mezclas más espesas. El tiempo de aplicación depende del concreto y del tipo de estructura, pero usualmente es alrededor de 3 m. por M² por capa.

El método de vibración de las formas se usa en consolidar concreto en unidades prevaciadas, como bloques, ladrillos y tubos. Cuando se va a depositar concreto bajo agua se pueden separar secciones cerradas, de las cuales se bombea el agua al exterior, pero a veces esto no es posible y se emplean varios métodos y aparatos, entre estos el "Tremie", tubo largo de madera o metal, de longitud ajustable, con un alimentador en la parte superior y con una válvula en la inferior, se coloca vertical con tirantes o una grúa, se llena de concreto y se abre la válvula, se eleva ligeramente y se mueve sobre el área a cubrir. Se pierde algo de cemento, también se emplean cubos de quijada de gran capacidad y sacos de todas clases de papal, tela abierta de yute, etc.

Para unir los vaciados viejos con nuevos, debe limpiarse bien la superficie y humedecerla, en paredes delgadas o impermeables la superficie limpia se cubre con una capa de mortero rico o cemento.

CURADO DEL CONCRETO.- Consiste en mantener el concreto (después de vaciado) suficientemente húmedo y caliente para evitar el rápido secado y permitir una lenta hidratación. Esto es de gran importancia, porque un secado demasiado rápido produce un concreto débil, causa de muchas fallas. El curado debe durar de una a dos semanas. Las mezclas ricas son menos afectadas que las pobres y requieren menos tiempo. El método usual consiste en el regado continuado, 2 ó 3 veces al día cuando no hay sol, o cubriendo con tierra, paja, aserrín, etc. En un principio, después del fraguado inicial puede cubrirse con costales húmedos y más tarde con tierra, arena o paja humedecida una vez al día. En las regiones áridas se ha hallado apropiado cubrir con dos capas de asfalto o alquitrán regresado, una hora después de determinado el vaciado, para retener el agua. También puede usarse silicato de sodio en solución de 38°Bé., de relación 1:3.3 (Na₂O. SiO₂), regándolo sobre la superficie, éste es sumamente efectivo porque forma una capa impermeable que al mismo tiempo se combina con el cemento cerrando todas las aberturas y endureciéndolo. Puede usarse también cera o parafina disueltas. Estas cubiertas generalmente se aplican en dos capas, antes de que se pierda la humedad, ocasiones sirve también una aplicación superficial de cloruro de calcio (1Kg./M²) el cual por su higroscopicidad y delicuescencia absorbe agua del aire, manteniendo la humedad suficiente. Antes de aplicarlo se cubre la superficie con mantas empapadas, por un período no menor de 12 Hrs. Se usa disuelto en el agua de hidratación (Curado Integral), en proporción de 1 Kg. por saco de cemento. Actúa como acelerador del endurecimiento, lleva al mínimo los

cambios de humedad, aumentando la resistencia al desgaste y la durabilidad. Permite el uso de menor cantidad de agua y disminuye el tiempo de curado del concreto. Se agrega en solución al 100% de $e = 1.31$ a $e = 1.36$, en proporción de dos o tres partes por saco, según la velocidad de fraguado buscada.

Para proteger el concreto de la congelación durante el endurecimiento, lo principal es mantenerlo caliente, lo cual puede efectuarse cubriéndolo con aserrín o viruta. Para edificios se pueden usar estufas o cubrir la superficie con papel algo separado y calentarla con tubos de vapor, sobre todo en las primeras 24 horas.

PROPIEDADES.- Varían notablemente con el tipo de materias primas utilizadas, con la proporción de las mismas, tamaño del agregado, condiciones de trabajo, obtención, etc. y sobre todo en la relación agua-cemento, la cual fija la resistencia a la compresión, que varía generalmente de 70 a 126 kgs./cm² en 3 días a 200 a 300 kgs./cm² en 28 días, para mezclas 1:2.4:3.6 en peso, con 25 lbs. de agua por bolsa. La resistencia a la tensión varía de una forma semejante siendo de 7 a 10 % de la resistencia a la compresión, no es de importancia, de ella depende también la flexión. La resistencia al corte es de gran importancia, varía de 1/2 a 0.8 de la resistencia a la compresión de mezclas ricas a pobres. El concreto no es perfectamente elástico para cualquier grado de carga, no teniendo prácticamente límite elástico definido, ya que disminuye cuando la carga aumenta. Sus propiedades elásticas varían con la riqueza de la mezcla, con la intensidad del esfuerzo, y con la edad. Cuando se sujeta el concreto a flexión, exhibe fatiga. La adhesión al acero es importante en el diseño del concreto reforzado, depende de la riqueza de la mezcla y el carácter de la superficie del acero, cuando se requiere alta resistencia se asegura la ligazón con barras deformadas o alambrado. También la adhesión entre la superficie de diferentes vaciados es muy pobre, por lo que es necesario humedecer antes la superficie y a veces picándola para facilitarla, lo mismo debe hacerse para el acabado o enjarrado del concreto. Está sujeto el concreto a cambios de volumen (contracción o expansión) debido al proceso químico de fraguado y endurecimiento, a la variación de la humedad y temperatura, etc. Estos cambios dependen de la riqueza de la mezcla. Su coeficiente de expansión es semejante al del acero. El peso específico del concreto es de gran importancia, dependiendo del carácter del agregado, si éste está bien graduado, para disminuir el espacio de vacíos alcanza 2.46 kgs/cm³, pero usualmente es de 2.15 Kgs/cm³, en el concreto con aire atrapado es menor.

El concreto es especialmente resistente al fuego, teniendo en este sentido superioridad sobre otros materiales, es incombustible, tiene un coeficiente de dilatación igual al del acero y tiene baja conductividad calorífica.

CONCRETOS ESPECIALES.

CONCRETO SOMETIDO AL VACIO.- Sometiendo el concreto recién vaciado a un vacío parcial (20 a 25") por 4 ó 30 m. se elimina gran cantidad de agua en exceso, dejando espacios vacíos llenos de aire al consolidarse por la acción simultánea de la presión atmosférica, sujetándose al concreto a una compresión de 1,550 lbs/pie² para 22" de vacío, debido a esto aumenta la densidad del concreto, reduciendo los vacíos. El concreto se endurece rápidamente y las formas especiales usadas pueden retirarse después del tratamiento. Este proceso se ha empleado en construcciones, pavimentos, pisos, techos,

etc.

CONCRETO CON AIRE ATRAPADO.- Se está empleando modernamente un concreto especial para puentes y pavimentos, en el cual parte de la arena se está sustituyendo por aire atrapado, mediante el uso de sustancias especiales (véase Cemento Portland especial, Pág. 130). El aire atrapado produce aumento en la resistencia a la congelación y al deterioro superficial por el uso del cloruro de calcio o de sodio, para remover el hielo. Mejora la resistencia al sulfato. Reduce la resistencia pero se compensa con el aumento en durabilidad, para mezclas de 4 a 5 % de aire en volumen y por el mejoramiento en propiedades de trabajo y menor densidad. Sin embargo, el contenido de aire no debe pasar de 6 %, cuando el volumen del mortero es de 1/2 a 3/5 del volumen total.

El contenido de aire puede lograrse con el uso de cementos que contengan el agente apropiado (Portland o naturales) o con la adición directa de las sustancias al concreto, durante el mezclado, por ej. Resinas naturales, hidrocarburos sulfonados, grasas, etc. saponificados cuando son insolubles en agua. La A. S. T.M. como ya se dijo permite el uso del Vinsol, el Darex, N-Tair y Airalón. Los cementos naturales por su extremada fineza, requieren la adición de grasas y otras sustancias que facilitan el molido y que causan que el aire sea atrapado, pudiendo usarse con cemento Portland en relación de 1:5 a 1:6 en volumen de 1:3 en peso. Los agregados usados para este tipo de cemento deben ser de la mejor calidad, llenar las especificaciones del departamento de caminos correspondiente. El uso de material quebrado aumenta en 1 % el contenido de aire posible, por el aumento en cantidad de arena (aumenta el aire atrapado). El aire atrapado aumenta con la pobreza de la mezcla, con la humedad, con el aumento del tamaño agregado grueso (slo a hasta 7")-- con el mezclado a máquina y con el tiempo de mezclado. Al calcular la mezcla adecuada para éste tipo de mortero usando cemento especial, se deben hacer las pruebas convenientes y rediseñar la mezcla, generalmente se reduce el contenido de arena en un 3 % del peso total del agregado, a veces se reduce algo del agregado grueso. Si el contenido del aire no queda dentro de los límites (3-6 %) se hacen ajustes en algunos de los factores mencionados (materiales, métodos de mezcla, diseños de ésta, etc.). Cuando se usan mezclas se determina por pruebas la proporción de materiales para un contenido especificado.

USOS.- Se usa principalmente en pavimentos, en aeropuertos, carreteras y calles desde 1938, modernamente se emplea cada vez mas, en puentes, edificios, presas, y otras estructuras, en las que una pequeña disminución en resistencia no afecta, debido al alto coeficiente de seguridad.

CONCRETOS IMPERMEABLES.- La permeabilidad del concreto depende de muchos factores, entre los cuales tiene importancia decisiva el curado y la preparación de las mezclas, también depende de la porosidad, sobre todo de la continuidad y tamaño de los poros, de su número y distribución y de la clase de agregado. La permeabilidad puede disminuirse con el uso de los compuestos a prueba de agua, los cuales pueden formar parte del concreto (integrales) o simplemente recubrirlo.

a.- Los primeros se llaman también materiales de relleno y pueden ser inertes o activos: 1o. Los inertes no tienen acción química sobre el cemento y pueden ser: Arena fina, arcilla, tierra de infusorios, cal hidratada, sirven para rellenar los vacíos, se añaden durante la mezcla en un 10 a 20 % del cemento, reduciendo la

permeabilidad, tienen poco efecto en la resistencia en mezclas ricas. 2o. Los activos forman compuestos insolubles con ciertos componentes del cemento en presencia del agua. Se mezclan con el cemento en un 2 %, reducen la permeabilidad en menor grado y la resistencia de las mezclas ricas.

b.- Cubiertas exteriores.- Comprenden varias clases, desde soluciones acuosas de sales inorgánicas, como silicato de sodio, sulfato de zinc, etc. hasta emulsiones de Asfalto, además de sustancias aplicadas en combinación por aplicaciones exclusivas, entre ellas; Sulfato de sodio, Cloruro de bario, jabón, alumbre, etc. También pueden usarse capas de papel o tela en cubierta de alquitrán o asfalto. El silicato es descompuesto por la acción del ácido carbónico, depositando sílice gelatinosa en los poros, tiene la desventaja de no penetrar lo suficiente, también son usados los fluosilicatos o silico fluoruros de zinc, magnesio o aluminio.

Entre los materiales de tratamiento superficial se usan también las pinturas de aceite, barnices, hidrocarburos líquidos, el jabón, etc. pero son de poco valor. Para aplicar pinturas se trata primero con solución de sulfato de zinc, el cual reacciona con la cal, eliminando su acción sobre el aceite, algunas veces se usa una pintura de caseína, también, dejando secar por varios meses, se pueden emplear pinturas ricas en pigmentos dispersos en aceite Tung, tratando la superficie como antes se indicó. Para proteger el concreto contra la corrosión, sobre todo del agua de mar, se hace tan compacto e impermeable como sea posible o se cubre de una capa de mortero rico, con agua con cloruro de Bario, que forma sulfatos insolubles con el agua de mar, cerrando los poros.

PRODUCTOS DE CONCRETO.- En aquellos productos fabricados por vaciado de concreto en moldes, con o sin presión, tales como bloques, tubos de albañal, arbotantes, etc. Las mezclas empleadas varían de unos productos a otros, de acuerdo con la resistencia. En general, se usa la relación 1:2:4 para productos de gran dureza y durabilidad y la 1:2 1/2 :4 para bloques y la 1:2:3 para postes. Para productos de paredes delgadas se usa solamente material fino, menor de 1/4", en relación 1:2 1/2 y 1:3 aumentando la proporción y tamaño del agregado grueso con el tamaño del producto. No deben contener mucha humedad, se vacían en moldes y se consolidan por medio de máquinas hidráulicas bajo fuertes presiones, a veces se mezclan con agua de cal para hacerlos mas densos e impermeables, comúnmente no se colorean, pero a veces se añaden colorantes.

BLOQUES.- Son generalmente de caras rectangulares, de dimensiones variables y con gran número de huecos, los mas comunes tienen 36X20 X45, con tres huecos uniformemente distribuidos, otros tienen la mitad de grueso (10 cms.) y se emplean para tabiques o paredes delgadas. A veces se emplean formas especiales que se llaman bloques de dos piezas, de T. en L. y en U. y se emplean para tabiques aislantes; también se fabrican bloques para exteriores con alguna forma o grabado definido.

TUBOS.- No deben ser muy porosos, porque pueden destruirse por congelación, o cristalización de sales disueltas, por lo cual debe escogerse bien el agregado para evitar el mayor número de poros; el tamaño máximo del agregado varía con el diámetro del tubo, de 1/4" en adelante. La proporción de cemento a arena deben ser 1:5 en volumen. Pueden fabricarse a mano o mecánicamente, en el 1er caso se usan moldes dobles. En el 2o. el molde interior se sustituye por un émbolo giratorio que se mueve a lo largo del molde. Modernamente se emplea también el proceso centrífugo o sea la rotación

del molde gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiere a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerzan con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.

POSTES.- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera fijos de diversas formas, cuadrados, lisos, circulares, - estirados, etc. pero en gran escala se emplea el método centrífugo. Generalmente son de tipo cónico, disminuyendo 2cms. por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, de número menor hacia la punta.

MADERAS DE CONSTRUCCION.-

GENERALIDADES.- La madera ha sido desde tiempos primitivos uno de los materiales mas usados en construcción, por ser menos costosa, mas ligera y manejable y fácil de cortar en la forma deseada, sin embargo, durante mucho tiempo su combustibilidad y putrefacción limitaron su empleo, pero modernamente ha vuelto a aumentar gracias a los métodos de preservación y de protección empleados y a las nuevas sustancias protectoras descubiertas, así como también a nuevos adhesivos que permiten el empleo de los desperdicios de madera y la fabricación de madera contrachapada o entrechapada.

DEFINICION.- Se da el nombre de madera a la parte infracortical del tronco y ramas de los árboles y a veces de las raíces. Está formada por un tejido mas o menos compacto (tejido leñoso), constituido por fibras de celulosa cementada con lignina. La madera de aplicación en Ingeniería es producida por árboles, de aquí que para conocer su formación, estructura etc. sea necesario hablar de estos.

TIPOS DE ARBOLES.- ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO.- Según su crecimiento los árboles pueden clasificarse en dos grupos. Endógenos y Exógenos pertenecientes ambos a las Espermatofitas (plantas vasculares de semilla).

ENDOGENOS.- Pertenecen a la familia de las Monocotiledoneas (Angiospermas) (semillas de un solo cotiledón), se caracterizan porque su crecimiento se desarrolla por la formación de nuevos anillos entre los ya existentes, predominando el crecimiento longitudinal, es decir en altura, no producen madera del tipo normal cuando se les asierra. Los vasos se encuentran arreglados en manojos dispersos en el tejido total. Pertenecen a este tipo árboles de poca importancia, entre los cuales se encuentran las palmeras, el bambú y la yuca, comunes en regiones tropicales.

EXOGENOS.- Se caracterizan porque su crecimiento se efectúa por formación de nuevos anillos entre los ya existentes y la corteza, es decir, crecen hacia fuera y su crecimiento es tanto en altura como en diámetro, los vasos se encuentran repartidos en estos anillos. Producen la verdadera madera, de aquí que el estudio que sigue se refiere a este tipo. Comprenden dos variedades principales:

A.- Arboles del subtipo de las Gimnospermas, comprenden unas 500 especies, en comparación con unas 100,000 de las Angiospermas, de hojas en forma de punta, generalmente perenne (siempre verde) y madera comúnmente suave, a ésta pertenece principalmente las coníferas (Pinos, Abetos, Cipreses, etc.), cubren grandes áreas con relativamente pocas especies, siendo menos difíciles de explotar. Se desarrollan sobre todo en zonas templadas. Se caracterizan por la presencia de pocas ramas, ya que tienen por lo común un tronco continuo.

B.- Arboles de la familia de las Dicotiledóneas, (Angiospermas), de hoja ancha generalmente caduca, y madera comúnmente dura (Roble, Olmo, Hoyal, Ebano, Castaño, etc.), son las especies dominantes.

CONSTITUCION.- Están formados del centro a la periferia por una médula central, alrededor de la cual se forma una serie de anillos que constituyen el leño, "Duramen" o madera propiamente dicha y la "albura" casco o albúmen, mas clara y mas ligera y de mayor -