

■ Controls S.r.L., 20063 Cernusco s/N. (Mi), Italia

La importancia del Compactador giratorio para la producción del hormigón "no - slump"

El hormigón fresco generalmente se considera "no-slump" si el valor de "slump" es inferior a 2 cm o si el tiempo de compactación "VeBe" es aproximadamente 5 seg. Por lo tanto, es una masa consistente que es compactada mediante una presión combinada con vibración o por rodillos o extrusión, operaciones que implican un

movimiento de corte que garantiza un buen contacto de interbloqueo entre los elementos del árido. El compactador giratorio reproduce adecuadamente en el laboratorio la compactación del hormigón fresco "no-slump" gracias a una presión vertical combinada con el movimiento giratorio.

Pietro Ferrari, Controls S.r.L. – Italia

Campo de aplicación de la máquina de ensayo

El campo de aplicación de la máquina de ensayo giratoria incluye tanto la fabricación de productos manufacturados como la construcción de carreteras y diques de hormigón.

En concreto, la característica peculiar del hormigón "no-slump" compactado utilizado para la fabricación de productos varios, como por ejemplo bloques para pavimentación, bloques huecos, placas, tejas y pavimentos de carreteras es la de carecer de efectos de contracción, responsables de grietas y variaciones de volumen, de mantener inalterada la forma después del desmoldeo y de garantizar un buen nivel estético.

En cuanto al hormigón para diques y para cimientos de carreteras, la caracterí-

stica principal es la densidad asociada a las propiedades mecánicas, dadas por los valores de resistencia a la compresión y a la tracción indirecta durante la maduración.

Pequeñas variaciones de los componentes producen variaciones notables en las prestaciones de la mezcla.

Por consiguiente es indispensable un atento proyecto de la mezcla con puesta a punto de la dosificación de los componentes y un frecuente control de la calidad. La máquina de ensayo giratoria es particularmente útil para este fin, dado que afronta el problema examinando las propiedades volumétricas del hormigón fresco "no-slump" durante la compactación. Para definir la mezcla de proyecto y realizar el control de la producción, es necesario remitirse a las propiedades volumétricas del hormigón fresco considerando todos sus componentes:

- áridos (arena, grava, aditivos minerales como cenizas volantes)
- cemento,
- agua y aditivos fluidificantes.

Esto sirve para controlar la evolución de la densidad de la mezcla durante la compactación y por ende, el grado de compactación y el porcentaje de los espacios vacíos, en función de la energía aplicada. Los parámetros volumétricos, basados principalmente en la densidad de la mezcla, toman como referencia la densidad máxima teórica de la mezcla; durante la compactación sus valores numéricos tienden a acercarse a los calculados para dicha densidad máxima teórica también

llamada "TMCD" (Theoretical Constituent Maximum Density).

$$TMCD = \frac{P_c + P_f + P_{ca} + P_{fa} + P_w}{\frac{P_c}{RD_c} + \frac{P_f}{RD_f} + \frac{P_{ca}}{RD_{ca}} + \frac{P_{fa}}{RD_{fa}} + \frac{P_w}{RD_w}}$$

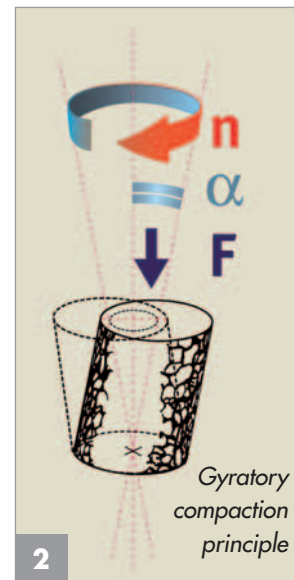
donde:

- P_i es el porcentaje en peso de los materiales utilizados en la mezcla;
- RD_i es la densidad aparente de cada componente en términos de kg/cm^3 e "i" se sustituye por los símbolos "c", "f", "ca", "fa" y "w" que representan respectivamente cemento, cenizas volantes, árido grueso, árido fino y agua;

- El parámetro volumétrico porcentual de los espacios vacíos se calcula a partir de la relación porcentual entre la diferencia entre la densidad teórica ("TMCD") y la densidad medida y la densidad teórica misma.



Gyratory Compactor from Controls S.r.L.



2

Gyratory compaction principle

$$VA\% = \frac{TMCD - d}{TMCD} \times 100$$

Principio del método

La muestra formada por hormigón fresco es compactada por una acción continua de corte y presión.

Como ya se ha mencionado, la compactación se produce esencialmente por la combinación de la presión vertical y el movimiento giratorio de corte horizontal.

- El movimiento de corte horizontal con presión vertical constante produce un acercamiento mutuo de los áridos con el consiguiente aumento de la densidad.
- La presión vertical constante, que ejerce la máquina, se obtiene por la compresión de la probeta en el molde cilíndrico por parte de las placas de presión superior e inferior. Durante el ensayo, el movimiento giratorio del cilindro produce la acción de corte necesaria en la masa de la muestra. Esta compactación puede representarse de la siguiente manera:
 - La geometría de la probeta está formada por un cilindro con los extremos ligeramente inclinados. Durante el ensayo, esta inclinación (α) gira alrededor del eje central del cilindro (fig. 2). Una rotación completa constituye un ciclo giratorio (n).
 - Una vez definido el ángulo giratorio " α ", con cada ciclo de ensayo se produce un movimiento de corte dentro de la muestra. La acción de corte se ilustra subdividiendo la probeta en elementos acabados donde el corte se produce por el deslizamiento recíproco de los elementos adyacentes. El esfuerzo relativo de deformación se puede cuantificar a partir de la medición del momento ejercitado sobre la placa de compresión del molde cilíndrico donde el eje del momento de reacción gira horizontalmente con el movimiento giratorio.

Modelos de las máquinas de ensayo

Se presentan dos versiones de máquinas de ensayo de compactación giratoria fabricadas por Controls S.r.l.:

- el modelo versión estándar 54 - C0252/C
- el modelo versión para investigación 54 - C0251/A

Ambos modelos son específicos para ensayos en hormigón fresco "no-slump" y cumplen con todas las normas del Nordtest Method NT BUILD 427. ▶



Pietro Ferrari (1934), Product Manager de CONTROLS SRL - Milán - Italia, compañía internacional líder en la producción de equipos y aparatos de ensayo para materiales de la industria de la construcción. Graduado en química en la Universidad de Pavía en 1959. Miembro de la Comisión UNI para los ensayos en conglomerados bituminosos y delegado UNI en el grupo de trabajo European Standards CEN/TC227/WG1 para los ensayos en materiales bituminosos.

pferrari@controls.it

Una limpieza sencilla supone una mayor efectividad. Este es el motivo por el cual Haarup ha desarrollado un propio sistema de lavado que garantiza un proceso de mezclado mejor y más rápido.



Efectividad y precisión

Si hoy día se quieren obtener beneficios se necesita un equipo efectivo, y las mezcladoras Haarup son las mezcladoras más efectiva del mercado. Ello se debe a la construcción sólida y precisa que caracteriza a los 11 tamaños diferentes de mezcladoras, que oscilan de 300 l a 4500 l.

Haarup fabrica las mezcladoras en su propia fábrica y este es, también, uno de los motivos por los que las cajas de engranajes de Haarup, de dimensiones adecuadas, se suministran con 5 años de garantía.



Haarup

Haarup Maskinfabrik a/s

Haarupvej 20
DK-8600 Silkeborg
Fax: +45 86 84 53 77
Tel.: +45 86 84 62 55
E-mail: haarup@haarup.dk
Web: www.haarup.dk

Modelo	54-C0252/C	54-C0251/A
Dimensiones de la probeta	100 mm diámetro x 90 ÷ 130 mm altura	
Ángulo giratorio (calibrado con ILS) *	40 mrad (2° 17") fijo	Regulable de 0 a 50 mrad (2° 86")
Número de ciclos	Regulable de 2 a 512	
Velocidad de rotación	Regulable de 30 a 120 ciclos /min	
Presión vertical	Regulable de 60 a 320 kPa	
Cilindros neumáticos	63 mm diámetro	gemelo de 50 mm diámetro
Presión aire máx.	8 bar	
Conexión a aire filtrado 5 µ	10 bar máx	
Manómetro presión vertical	Rango 0-10 bar	Dos manómetros 0-10 y 0-4 bar
Medición del esfuerzo de corte	No	Sí, mediante célula de carga instalada
Peso del instrumento	55 kg aprox.	95 kg aprox.
Dimensiones	35 x 48 x 93 cm	50 x 60 x 110 cm

* Internal Load Simulator

En la tabla que sigue se indican las características específicas de cada uno de los modelos de forma tal que se puedan distinguir las diferencias entre el modelo estándar y el de investigación:

Los dos modelos están controlados por ordenador (desk top o portátil) y tienen dos softwares instalados:

1. Programa ICT ("Intensive Compaction Testing") con WINDOWS® (fig. 3) con el cual se almacenan en tiempo real la compactación, en términos de altura de la probeta, y los valores de densidad de acuerdo con el número de los ciclos.
- Con el modelo de investigación 54 - C0251/A se miden y se almacenan en tiempo real con el número de los ciclos, también los valores de la resistencia al corte expresados en KN/m².
2. Macro en EXCEL® con la cual es posible poner en relación el número de ciclos con los parámetros siguientes:

- Altura de la probeta (mm),
- Densidad (kg/m³),
- Porcentaje de los vacíos de aire de la mezcla fresca compactada (AV),
- Porcentaje de los vacíos de la mezcla de los áridos (VMA),
- Porcentaje de los vacíos de la mezcla de los áridos llena con cemento (VFC).

Es posible hacer varias consideraciones a partir de la curva de compactación trazada en tiempo real por el programa ICT WINDOWS®, como lo muestra el diagrama "densidad/número de ciclos" de la fig. 3 (línea verde):

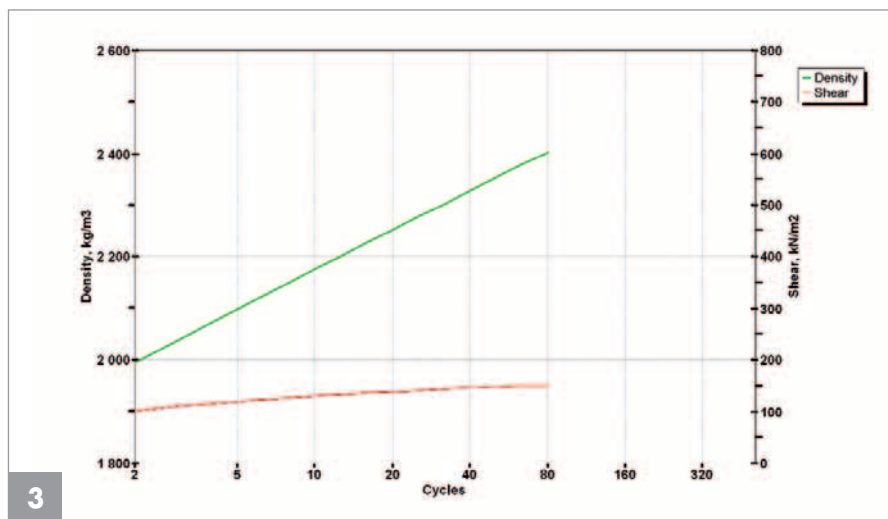
- La curva de compactación describe la inclinación al alcanzar el grado máximo de compactación posible y la densidad máxima de la mezcla con el aumento de la energía de compactación.
- Una elevada trabajabilidad aparece destacada por un aumento precoz de

la densidad para un determinado número de ciclos giratorios.

- Por el contrario, una baja trabajabilidad exige una energía de compactación más elevada, más ciclos giratorios y/o mayor presión vertical para alcanzar una determinada densidad.
- Las mezclas que muestran una curva de compactación muy inclinada presentan una alta compatibilidad. Su estructura, caracterizada por una especial dosificación de cemento, agua, aditivos y áridos con alta angularidad, exige una absorción elevada de energía de compactación. Esta característica generalmente se asocia a una estabilidad de dimensión notable en el estado de hormigón fresco compactado.

Al contrario, mezclas que muestran una curva de compactación poco inclinada, se caracterizan por una compatibilidad inferior y generalmente menor estabilidad de dimensión en el estado fresco compactado. Gracias a la elevada sensibilidad de la máquina de ensayo giratoria, es posible optimizar la composición y la angularidad del árido, la dosificación del cemento, del agua, de eventuales aditivos y superplastificantes. Sopesando adecuadamente estos comportamientos contrastantes, puestos perfectamente en evidencia por los programas instalados, el proyectista tiene la posibilidad de seleccionar la mezcla más apropiada para el tipo de elemento estructural, en función de sus requisitos específicos y de optimizar la característica de trabajabilidad.

En efecto, se pueden identificar por ejemplo algunos tipos de producción que exigen un diferente grado de trabajabilidad del hormigón "no slump": ▶



Example output of the "Intensive Compaction Testing" program

- Fabricación de tejas, que exige una mayor trabajabilidad en comparación con la fabricación de tubos, planchas y bloques para pavimentación.
- La fabricación de elementos huecos por extrusión exigen una trabajabilidad asociada con elevada energía de compactación con acción de corte.
- El hormigón fresco para la construcción de carreteras y diques (hormigón compactado por rodillos) se proyecta para recibir el mayor grado de energía de compactación.

La elevada compatibilidad generalmente se asocia a una buena resistencia a la

deformación del hormigón fresco compactado.

Medición del esfuerzo de corte

La medición del esfuerzo de corte, monitorizada continuamente en cada ciclo giratorio de la máquina para investigación modelo 54 - C0251/A, además de representar un parámetro opcional no estrechamente necesario en el procedimiento de investigación volumétrica, constituye un instrumento útil tanto para la atenta selección de la mezcla proyectada como para la comprobación del producto durante el control de la calidad.

Como antes mencionado, la muestra de material queda limitado entre las paredes verticales del molde cilíndrico y de las placas de presión superior e inferior del molde que están sometidas a la presión vertical ejercitada por la máquina. Por consiguiente, el esfuerzo de deformación es medido por el momento de reacción desarrollado por el roce entre los elementos del árido del material. La dirección del vector momento, normal para el eje de rotación, gira horizontalmente con el movimiento giratorio, mientras que la fuerza asociada actúa verticalmente contra las placas de la base del molde cilíndrico y es medida por una célula de carga, montada en la máquina.

Con esta versión de máquina el certificado de ensayo proporciona una tabla con los valores del esfuerzo de corte con los otros parámetros volumétricos.

Por lo general, el esfuerzo de corte aumenta al comienzo del ensayo hasta un valor máximo y luego generalmente disminuye; puede alcanzarse hacia fines del ensayo o antes; depende de las características de ductilidad de la mezcla como se ilustra más adelante.

Normativa existente y literatura

“Nordtest Scandinavian Institution” ha desarrollado y definido el procedimiento de ensayo y el criterio de evaluación según el cual la energía de compactación, suministrada por una máquina de ensayo giratoria, se aplica a una mezcla de hormigón “no - slump” (“Nordtest Method. NT BUILD 427” - Figura 4)

El documento establece las especificaciones de ensayo siguientes:

- Diámetro del molde cilíndrico: 100 mm
- Volumen de la probeta: 0,78 - 0,86 dm³ con altura de la probeta de 100 - 110 mm
- Presión neumática aplicada al cilindro de compresión vertical: 4 bar (160 kPa de presión vertical en la probeta).
- Velocidad giratoria definida en 60 rpm
- Ángulo giratorio: 40 mrad (2° 17")
- Dimensión máxima del árido: 20 mm

Para mezclas con requisitos particulares pueden aplicarse otras condiciones de ensayo.

nordtest method

NT BUILD 427
 Approved 1994-11

1(4)
UDC 691.32

CONCRETE, FRESH:
COMPACTIBILITY WITH IC-TESTER
(INTENSIVE COMPACTION TESTER)

Key words: Concrete, fresh concrete, compactability, IC-tester

1. SCOPE

The IC-tester compacts the mass sample (ca. 0.8 dm³) using a continuous, kneading action. Pressure and cyclic shearing is applied to the mass. At the end of the test an ICT-index is obtained which describes the amount of work needed to compact the sample to a specified density. The compaction takes place in a test cylinder with oscillating end plates in such a way that the concrete mass is subjected to cyclic shearing. The concrete cylinder which is obtained after the compaction may be subjected to compressive or splitting strength tests at different ages.

This method can be employed in quality control of concrete as well as in research and product development.

2. FIELD OF APPLICATION

This test method is applicable to fresh concrete with a slump less than ca. 2 cm and VB-times longer than ca. 5 sec. The maximum particle size of aggregate is 20 % of the diameter of the working cylinder.

Stiff concrete masses are used in the manufacture of concrete elements, pavements, roofing tiles, pipes and in road building. The masses are compacted by means of pressure and vibration, extrusion or rolling.

3. REFERENCES

ISO 4012 Concrete - Determination of compressive strength of test specimens. 1978.

ISO 4108 Concrete - Determination of splitting strength of test specimens. 1980.

ISO 1920 Concrete tests - Dimensions, tolerances and applicability of test specimens. 1976.

Operating Instructions, Intensive Compaction Tester. Invelop Co., Savonlinna. 1991.

4. DEFINITIONS

In this test the ICT-cycle (working cycle) is specified as one revolution of the eccentric axis of the apparatus. In the course of the cycle a continuous alteration of the angle between the wall of the cylinder and the end plates can be seen, and towards the end of the cycle the original value of the angle is restored.

Slurry is defined as a suspension (of binding matter, the finest fraction of the aggregate, water and possible admixtures) which may be extruded from the sample at the end of the test.

Slurry limit is defined as the number of ICT-cycles needed for separation of slurry from the sample. The slurry limit has been reached when the first drop of slurry is seen to penetrate through the lower part of the working cylinder (visual observation). When the slurry limit is exceeded, compaction is considered to be adequate.

The time after addition of water is defined as the time elapsed from the addition of mixing water to the dry constituents of the concrete mass.

Amplitude is defined as the maximum difference from perpendicular between the wall of the cylinder and the end plate.

The ICT-index is defined as the pressure multiplied by the number of ICT-cycles (the formula is presented in Chapter 6.7).

The fresh strength is defined as the splitting strength determined immediately after running the ICT-test but is determined using a procedure different from that for the splitting strength at older ages. It is not necessary to determine an accurate strength value of the fresh concrete. Instead, an approximate value (in kPa) is obtained, which describes the splitting strength without delay after the preparation of the specimen.

5. SAMPLING

Samples are taken from the mixer or from another relevant site. Three parallel samples are taken from the concrete mix for

Published by NORDTEST P.O. Box 116 FIN-02151 ESPOO FINLAND Phone + 358 0 455 4600 Fax + 358 0 455 4272
 ISSN 0283-7153 Proj. 1005-91

4

60

PHI - Planta de Hormigón Internacional - n° 5 - Octubre 2006

www.cpi-worldwide.com

De conformidad con el "Nordtest Method" se han establecido tres criterios con los cuales se puede definir el límite de la duración del ensayo de compactación giratoria:

1. Límite determinado por la lechada cementicia ("slurry limit").
2. Límite para un número predeterminado de ciclos de la máquina giratoria.
3. Límite determinado en función de la densidad de la probeta alcanzada.

- El "Slurry limit" se define como el número de ciclos a partir del cual comienza la separación de la lechada cementicia que sale del molde.
- En efecto, dado que la lechada cementicia es una suspensión en agua de componentes del cemento hidratado, áridos finos y eventuales agregados, su separación del molde define el límite más allá del cual no es posible obtener otra compactación, generalmente cercana al 100%, sin que se altere la homogeneidad y la calidad de la mezcla.
- El límite determinado por un número preestablecido de los ciclos más allá del cual la máquina giratoria se detiene automáticamente, está asociado al concepto de "ICT index" (Intensive Compaction Test Index). El "ICT index" se define como el valor de la presión vertical de la máquina giratoria multiplicado por el número de ciclos en el cual se produce la salida de la lechada cementicia. Por ejemplo, para un "Slurry limit" detectado a 80 ciclos con una presión vertical de 1,6 Bar, el "ICT index" es $1,6 \text{ Bar} * 80 \text{ ciclos} = 128$. Este índice puede considerarse como una variable que determina la energía de compactación.
- El hecho que el ensayo termine al alcanzar una determinada densidad de la muestra indica que la máquina prepara la probeta a un nivel requerido de compactación, para clasificar la mezcla con otros ensayos como los de resistencia mecánica en el hormigón endurecido o para comprobar el aspecto estético y la maduración para una cuidadosa puesta a punto del producto y de la planta de producción.

En Estados Unidos se ha despertado recientemente el interés por la máquina giratoria para ensayos en hormigón fresco "no-slump". En la comunicación Improved Management of RCC Pavement Technology publicada por la Universidad de Alabama, se expone una discusión exhaustiva sobre la fabricación y características del hormigón compactado por rodillos para diques (RCC, "Roller compacted concrete"). En este documento se examinan algunos métodos de preparación de las muestras de hormigón fresco para identificar el que incorpora mejor las prestaciones de la probeta preparada en laboratorio con las detectadas in situ. Esta investigación ha demostrado que los resultados de densidad y de resistencia mecánica en las probetas preparadas en laboratorio con la máquina de ensayo giratoria eran coherentes con los obtenidos en muestras de hormigón compactado por rodillos. En el informe especial Research Report 105.1, "Summary of Concrete Workability Test Methods", de Eric P. Kohler y David W. Fowler publicado por la Universidad de Austin, Texas, se toman en consideración métodos de ensayo adecuados para hormigones frescos de consistencia elevada. Entre estos, se considera seguramente como más idóneo el método de ensayo con prensa giratoria como definido en la norma "Nordtest - Build 427, ISSN 0823 - 7153". Además, se ha comprobado la eleva-



Central para La producción
y La distribución de hormigón

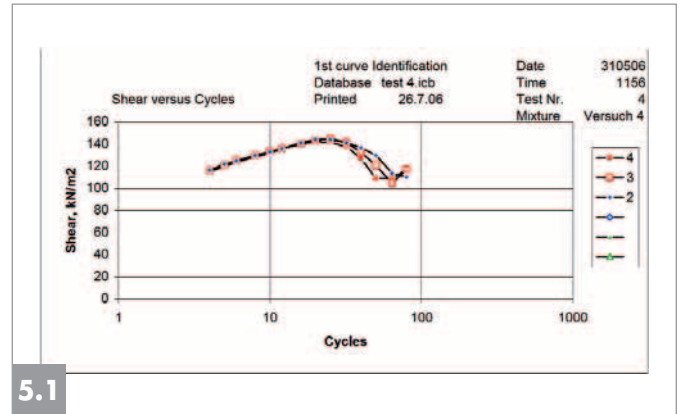
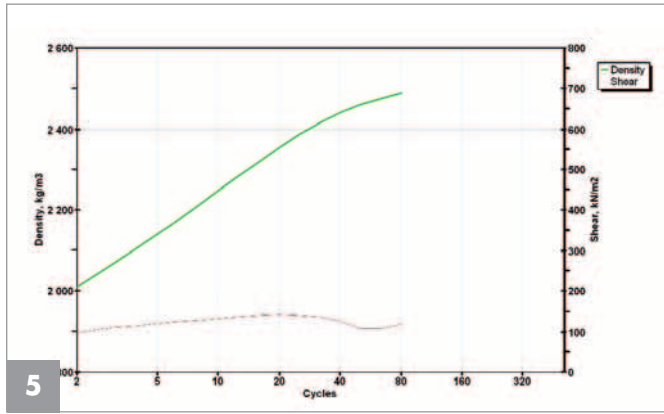


Magnetti Larco Building

Producción de hormigón: 130 m³/h

- No. 4 Mezcladores para hormigón
- No. 14 + 5 Tolvas para inertes
- No. 4 Silos para cemento
- No. 4 Silos para filler-cenizas-pólvoras
- No. 8 Dosificadores de aditivos
- No. 4 Dosificadores de colores
- No. 1 Dosificador de fibras
- No. 5 Vagonetas aéreas para hormigón
- no. 5 Cubetos de distribución de hormigón
- No. 1 Grupo para utilizar de nuevo Las aguas

MARCANTONINI S.R.L.
BETTONA (PG) - ITALY
tel. 075988551 - fax 0759885533
internet: www.marcantonini.com
e-mail: mail@marcantonini.com



First group of tests without superplasticizer

da capacidad del método para medir cuidadosamente cambios de los parámetros de ensayo también para pequeñas variaciones de las proporciones de la mezcla.

Conclusiones

El estudio de las mezclas del hormigón no-slump tiene varios objetivos, destacando la variedad de importancia de las características de la mezcla en función del tipo de elaboración, por ejemplo:

- buena estabilidad antes de fraguado,
- optimización de los costos de producción industrial de los elementos manufacturados,
- elevada resistencia y densidad relativa para las estructuras de hormigón compactado mediante rodillos (para diques).

Los países escandinavos y algunas industrias europeas llevan a cabo, desde hace muchos años y con éxito, el proyecto de las mezclas y su control de calidad basándose en el ensayo de compactación giratoria que utiliza las propiedades volumétricas de la mezcla.

El resultado práctico que se obtiene gracias al uso de este método de ensayo es evidente:

- Optimización de la energía de compactación según los requisitos del elemento estructural a realizar.
- Calibración de la energía de compactación de la planta de producción, en función de los datos de densidad (propiedades volumétricas).
- Posibilidad de controlar inmediatamente la eficiencia de compactación de la planta de producción.
- Atento proyecto de la mezcla que se puede duplicar fácilmente en la planta de producción.

- Racionalización de la dosificación de cemento, de la relación agua/cemento, del superplastificante y de eventuales agregados de minerales.
- Optimización de los costos de producción. La puesta a punto de la energía de compactación puede llevar a una reducción racional del cemento y a una dosificación correcta de los aditivos.
- Posibilidad de un control continuo de la producción, con atenta monitorización de variaciones en la producción de la mezcla.

Comprobación de la sensibilidad de la máquina de ensayo giratoria con pequeñas variaciones en la mezcla

Se han realizado algunos ensayos con el modelo de investigación 54 - C0251/A, para comprobar la sensibilidad de la máquina con pequeñas variaciones de dosificación de agua y de superplastificante.

La comprobación se ha realizado en dos grupos de mezcla donde la cantidad de cemento y de agregados, de 0 a 4mm de tamaño, se ha mantenido constante.

El primer grupo incluye ensayos realizados en mezclas sin superplastificantes y con diferente dosificación de agua:

Grupo	Ensayo	Contenido de agua	Relación Agua/Cemento
1	1	7.09%	0,28
1	2	6.58%	0,26

El segundo grupo incluye ensayos realizados en mezclas con diferente dosificación de superplastificante y con dosificación de agua constante:

Grupo	Ensayo	Superplastificante	Relación Agua/Cemento
2	1	0,50%	0,26
2	2	0,63%	0,26
2	3	0,75%	0,26
2	4	1,00%	0,26

Primer grupo de ensayos sin superplastificante

Pérdida lechada	Corte máximo	N ciclos con corte máximo	Densidad inicial a N4	Densidad final a N80
5,3 g	145 kN/m²	22	2096 kg/m³	2474 kg/m³

Subgrupo de ensayos con relación A/C 0,28 (7,09 % agua); resultados promedio.

Pérdida lechada	Corte máximo	N ciclos con corte máximo	Densidad inicial a N4	Densidad final a N80
0 g	151 kN/m²	65	2059 kg/m³	2387 kg/m³

Subgrupo de ensayos con relación A/C 0,26 (6,58 % agua); resultados promedio.

Todos los ensayos terminaron después de 80 ciclos.

Comentarios:

- Pérdida de lechada. Se detecta con la mezcla con A/C 0,28. Debido a la cantidad de agua, el porcentaje de los vacíos de aire, AV%, casi desaparece con valores cercanos a la condición de saturación (0,9%; 1,3%; 2,2%). Durante los últimos ciclos a causa del desarrollo de la presión intersticial se produjo la salida de la lechada cementicia. Además, se observó que el esfuerzo de corte presentaba un aumento al mismo tiempo de la salida de la lechada en los ensayos que mostraban 1,0 y 1,4% de vacíos. Evidentemente, la pérdida de efecto lubricante debido a la salida de la lechada cementicia aumentaba el roce entre los elementos del árido y, por consiguiente, el esfuerzo de corte.
- Número de ciclos con corte máximo. Con la relación A/C 0,28% el valor máximo de la resistencia al corte se alcanza a N22 ciclos, durante la primera parte del ensayo, mientras que con 0,26 A/C, el valor máximo de la resistencia al corte se alcanza a N65 ciclos, durante la parte final del ensayo. El efecto de la acción lubricante suministrada por el cemento hidratado se hace evidente con realmente diferentes niveles de la energía de compactación.
- Densidad inicial a N4 ciclos y densidad final a N80 ciclos. Ambas densidades, inicial y final son superiores

Segundo grupo de ensayos con relación A/C 0,26% y superplastificante, valores promedio

LOGOTYPE		Compaaction 1 test at 100 mm Concrete Mixes		ict		Filed by: TestControl 10 Printed: 20.7.2008	
1 Mixture				2 Identification			
Proportion	Weight	Volume	Specific density	Date	Time	316658	1434
Aggregate 0/4	1000	551.0	2760	Test No.	Station	10	Test Control 10
Component CEM II	347	192.8	3100	3 Test parameters			
Water	157	157.0	1000	Cycles	80	Sample size	5 min
Total	796	143.0		Sample weight	1990 g	Weight after test	1990 g
Theoretical air flow density	2530 kg/m³			Concrete weight	40.00 read	Pre-set sample pressure	160 kPa
Water-cement ratio W/C	0.28			Compression temperature	20 °C		
Remarks:							
4 Test results							
IC1	Height	Density	AV	VMA	VFC	Shear	
Cycles	mm	kg/m³	%	%	%	mm	
4	112.0	2142	13.3	46.7	37.0	117	
5	111.5	2171	14.2	46.0	38.1	120	
6	110.7	2198	13.7	45.4	39.0	123	
8	106.4	2232	11.8	44.5	40.5	128	
10	107.0	2261	10.6	43.8	41.7	130	
12	106.0	2260	9.8	42.2	42.7	136	
18	104.3	2319	8.5	42.3	44.2	140	
20	103.7	2346	7.5	41.7	45.4	143	
25	102.1	2371	6.3	41.0	46.6	145	
37	101.0	2386	5.3	40.4	47.0	147	
40	100.2	2416	4.5	39.9	48.0	139	
50	98.8	2450	3.9	38.5	48.7	152	
64	98.0	2447	3.5	39.1	50.0	150	
80	96.3	2459	2.6	38.9	51.1	114	
test: 80	98.3	2460	7.8	38.0	51.1	114	
Cement content in compacted specimen: 615.3 kg/m³							
6							
Height	Height of the sample cylinder		VMA	Voids in Mineral Aggregate			
Density	Density of the sample		VFC	Voids Filled with Cement			
AV	Air Voids in sample		SI	shear dump comparison			

Dosificación superplastificante (% en el cemento)	0,5%	0,63%	0,75%	1%
Densidad inicial a N4 ciclos (kg/m³)	2112	2126	2143	2160
Densidad final a N80 ciclos (kg/m³)	2431	2445	2459	2458
N ciclos con corte máximo	32	25	25	16
Valor máximo resistencia al corte (kN/m²)	148	148	146	143

con las mezclas con relación 0,28% A/C. Un mayor contenido de agua facilita una compactación inicial mutua entre los áridos.

Comentarios:

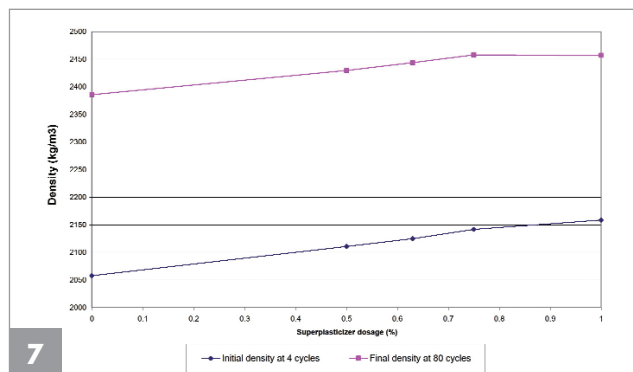
Comparamos los datos de densidad inicial y final de las mezclas, del número de ciclos correspondiente al corte máximo y del valor máximo de la resistencia al corte, considerando el comportamiento de las mezclas con la misma relación A/C y con dosificación de superplastificante variable de 0% a 1%.

- Como esperado, la densidad inicial y final de las mezclas con superplastificante muestran un aumento considerable respecto a las sin superplastificante. Las densidades inicial y final con 0,5% son 2112 kg/ m³ y 2431 kg/ m³ contra 2059 kg/ m³ y 2387 kg/ m³ con un aumento del 2,6% y 1,8% respectivamente.
- Comparando los mismos parámetros entre las mezclas con superplastificante, se observa una variación más reducida; las densidades inicial y final de la mezcla con 1% de superplastificante difieren de la con 0,5% del 2,3% y 1,1% respectivamente. Además, se puede notar que la densidad final agota el aumento al 0,75% de dosificación y luego se mantiene constante (2459 kg/m³ con 0,75% y 2458 kg/m³ con 1% de superplastificante). Esto puede servir como indicación para elegir la dosificación.

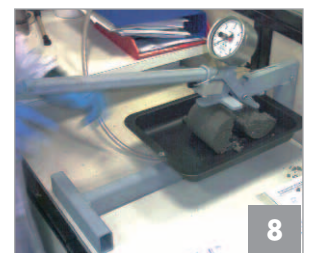
- El valor máximo de la resistencia al corte no sufre grandes variaciones para mezclas con o sin superplastificante: 147 kN/m², para dosificaciones de 0,5% a 0,63%, contra 150 kN/m², para 0%. Sin embargo se observa una pequeña disminución de resistencia para mezclas con 0,75% y 1%: 146 kN/m² y 144 kN/m².
- De singular interés es la ubicación del valor de máxima resistencia al corte durante el ensayo de compactación giratoria en función de la presencia de superplastificante. Mientras que con 0% la mezcla alcanza el máximo al N65 ciclos, las mezclas con 0,5%, 0,63%, 0,75% y 1% llevan el valor máximo a N32, N25, N25, N16 ciclos respectivamente. También se observa que la mezcla con 1% hace anticipar la ubicación del valor máximo del corte a N16 ciclos, con notable variación de la anticipación. Observación, que asociada a la de la marcha de la densidad final, es de indudable ayuda para la selección de la mejor dosificación del superplastificante.

Equipo complementario para el proyecto y control de la mezcla

Como complemento de la máquina de ensayo giratoria para optimizar el comportamiento del hormigón "no-slump", se recomiendan dos pequeños aparatos de ensayo:



6/7: Second group of tests with 0,26% W/C ratio and superplasticizer



Special Split Tester



9

Blood pressure tester

- "Aparato para ensayo de tracción indirecta en hormigón fresco" dotado de célula hidráulica con manómetro calibre 600 N para la determinación de la cohesión del hormigón fresco conforme al método "Nordtest Method NT Build 427". La probeta de hormigón, compactada fresca por la máquina de ensayo giratoria, una vez expulsada del molde se somete al ensayo de tracción indirecta. La utilidad práctica del ensayo es poder comparar varias mezclas de forma tal que se pueda elegir y comprobar las que son más estables después de la extracción del molde. Además, es conveniente tener en cuenta que la cohesión de la mezcla fresca influye en la adherencia a los aceros de las estructuras.
- Aparato "Blood pressure tester" para evaluar el tiempo de fraguado del hormigón fresco compactado. La probeta, apenas compactada por la máquina de ensayo giratoria y expulsada del molde es rodeada inmediatamente por una banda de presión conectada a un instrumento de accionamiento (análogo a los utilizados para medir la presión arterial) y ubicada en un instrumento de medición de las variaciones longitudinales equipado con un comparador digital cuyo vástago toca la base superior de la probeta. Un transductor de presión, montado en la banda y el comparador digital están conectados a un ordenador. El programa instalado hace comenzar el ensayo, inflando la banda de presión con intervalos preesta-

Bibliografía

- [1] Concrete, Fresh: Compactibility With IC – Tester – Method NT BUILD 427, Nordtest Scandinavian Institution
- [2] Improved Management of RCC Pavement Technology, Research Paper 01231 – January 2003, University of Alabama
- [3] Eric P. Kohler, David W. Fowler; "Summary of Concrete Workability Test Methods", research report 105.1, from ICAR 105, University of Austin, Texas, August 2003
- [4] Erik Nordenswan, "Method for fresh concrete stability", Nordic Concrete Research (Annual Meeting in Helsingor, Denmark), 2004

blecidos, y mide las deformaciones verticales de la probeta. Se miden las deformaciones verticales en función del tiempo y se elabora un diagrama que muestra el desarrollo del fraguado.

El objetivo del ensayo, ilustrado y expuesto en el "Method for fresh Concrete stability" de Eric Nordenswan (véase la bibliografía), es brindar información sobre la primera fase de maduración de la mezcla tales como: comprobación y determinación de la deformación elastoplástica precoz; indicación de la estabilidad en la primera fase inicial del elemento estructural, apenas fuera del encofrado, en función de la amplitud de la deformación que se puede recuperar en términos de dimensión respecto al tiempo y velocidad de la primera fase de maduración.

Además, es posible vislumbrar un criterio para evaluar la posibilidad de desplazar una estructura en estado fresco sin que sufra variaciones perceptibles de dimensión permanentes.

Más información:



Controls S.R.L.
 6, Via Aosta
 20063 Cernusco s/N (Mi), ITALIA
 T +39 02 921841
 F +39 02 92103333
controls@controls.it
www.controls.it

best quality
 since 1977
 best service



Reciclado de Hormigón
 Acondicionamiento del agua
 Filtros prensa

www.geco.biz