Materiales de Construcción Vol. 18, nº 130
Abril, mayo, junio de 1968

689-33

influencia de la revibración sobre las propiedades de la pasta de cemento endurecida y de los hormigones

Prof. Ing. C. AVRAM, Dr. Ing. N. VOINA, Dr. Ing. O. MIRSU
Instituto Politécnico de Timisoara - Rumania
Revue des Matériaux de Construction et de travaux publics, n.º 619, abril 1967, pág. 141
(Continuación)

5. estudio sobre morteros y hormigones

Sobre la base de los resultados obtenidos en pasta pura se han extendido las investigaciones sobre morteros y hormigones, a fin de mejorar las características físicas y mecánicas de los mismos. Se han realizado varias series de ensayos tratando de determinar:

— la influencia de los criterios de revibración (intervalo, número y duración de las revibraciones);

— la influencia de la composición del hormigón;

— la influencia de las características de la revibración (frecuencia, amplitud, aceleración).

5.1. *Influencia de los criterios de revibración*

La influencia de la duración, número e intervalo óptimo de la revibración se ha estudiado sobre tres series de probetas, dándose los resultados en las tablas 6, 7 y 8.

Las probetas se han revibrado en los intervalos: colocación-principio de fraguado (MP-DP); principio de fraguado-fin de fraguado (DP-FP); colocación-fin de fraguado (MP-FP).

Se ha comprobado que el intervalo óptimo de revibración para la mayoría de las probetas es el intervalo MP-FP. Los aumentos máximos de las resistencias mecánicas para este intervalo han variado en función de la composición del hormigón (naturaleza mineralógica y dosificación de cemento, relación A/C, áridos): 99 % (tabla 6); 41,1 % (tabla 7); aproximadamente, 39,8 % (tabla 8).

Resultados parecidos se han obtenido en el intervalo DP-FP, con un número más reducido de revibraciones: 86 % (tabla 6); 40,7 % (tabla 7), y 44,8 % (tabla 8).

Para una duración total de la revibración igual, la revibración efectuada en el período inmediatamente después de la colocación es menos eficaz que la revibración aplicada en el intervalo MP-FP o DP-FP (tabla 7).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

La revibración en el intervalo MP-DP da resultados menores que en el intervalo DP-FP, incluso con un número mayor de revibraciones (tabla 6), porque la retracción inicial se desarrolla poco en el primer período e intensivamente en el segundo.

El aumento del número de revibraciones en el intervalo DP-FP determina el aumento de las resistencias mecánicas (tablas 7 y 8). Se confirma que es la aplicación escalonada de la revibración durante el fraguado de cemento (DP-FP) y no la duración acumulada de vibración-revibración, la que determina el aumento sustancial de las resistencias.

En conclusión, los resultados obtenidos justifican la hipótesis según la cual el aumento de resistencias se debe en su mayor parte a la anulación de la retracción inicial y de las tensiones internas de la pasta de cemento y no al aumento de la compacidad del hormigón, que, para un mismo tiempo de vibración-revibración, tiene prácticamente el mismo valor.

TABLA 6

Influencia del intervalo de revibración sobre las resistencias a compresión del hormigón

(SERIE I)

RESISTENCIAS	V-2 min (testigo)	V-2 min 5RV - 1/2 min MP ... DP	V-2 min 4RV - 1/2 min DP ... FP	V-2 min 8RV - 1/2 min MP ... FP
R_b (kg/cm²)	150	240	280	298
ΔR_b (%)	—	60 %	86 %	99 %

Composición del hormigón:
- cemento: P 500-250 kg/m³
- relación A/C = 0,40
- áridos:
  - arena 0-3 mm, 25 %
  - piedras machacadas 3-7 mm, 25 %
  - piedras machacadas 7-15 mm, 50 %

Probetas: cubos de 20 cm de lado
Utillaje de vibración: mesa vibrante con f = 50 Hz y A = 0,60 mm
Régimen de conservación: ambiente húmedo
Edad de ensayo: 14 días.

TABLA 7

Influencia del intervalo de revibración sobre las resistencias a la compresión del hormigón

(SERIE II)

RESISTENCIAS	V-2 min (testigo)	V-2 min RV-5 min al DP	V-2 min RV-5 min al FP	V-2 min 6RV-1/2 min MP...30 min	V-2 min 6RV-1/2 min DP...FP	V-2 min 10RV-1/2 min MP...30 min	V-2 min 10RV-1/2 min MP...FP
R_b (kg/cm²) ...	285	324	340	341	401	340	402
ΔR_b (%)	—	13,7 %	19,3 %	19,6 %	40,7 %	19,3 %	41,1 %

Composición del hormigón:
- cemento: M 400-350 kg/m³
- relación A/C = 0,40
- áridos:
  - arena 0-7 mm, 40 %
  - gravilla 7-15 mm, 25 %
  - grava 15-30 mm, 35 %

Probetas: cubos de 20 cm de lado
Utillaje de vibración: mesa vibrante con f = 50 Hz y A = 0,60 mm
Régimen de conservación: ambiente normal
Edad de ensayo: 28 días.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

TABLA 8

Influencia del intervalo de revibración sobre las resistencias a compresión del hormigón para diferentes tipos de cemento y dosificaciones

(SERIE III)

COMPOSICION			V-2 min (testigo)		V-3,5 min		V-2 min RV-0,5 min (DP+FP)/2		V-2 min 3RV-0,5 min MP...FP		V-2 min 6RV-0,5 min MP...FP		V-2 min 6RV-0,5 min DP...FP		V-2 min 6RV-0,5 min Mp...DP	
Cemento	Dosificación (kg/m³)	A/C	R_b	ΔR_b	R_b	ΔR_b (%)	R_b	ΔR_b (%)	R_b	ΔR_b (%)	R_b	ΔR_b (%)	R_b	ΔR_b (%)	R_b	ΔR_b (%)
RIM 200	250	0,55	280	—	259	— 7,5	250	— 10,7	277	— 1,1	291	+ 3,9	269	— 3,9	183	— 34,6
	350	0,45	350	—	383	+ 7,9	415	+ 16,9	430	+ 21,1	434	+ 22,3	378	+ 6,5	310	— 12,7
P 500	250	0,55	212	—	205	— 3,3	257	+ 21,2	226	+ 6,6	220	+ 3,8	247	+ 16,5	202	— 4,7
	350	0,45	259	—	280	+ 8,1	344	+ 32,8	354	+ 36,7	362	+ 39,8	375	+ 44,8	398	— 53,7
M 400	250	0,55	167	—	164	— 1,3	169	+ 1,2	186	+ 11,4	200	+ 19,7	216	+ 29,3	204	+ 22,2
	350	0,45	226	—	224	— 0,9	282	+ 24,8	268	+ 15,7	285	+ 26,1	275	+ 21,6	218	— 3,5

Aridos:

— fracción 0-3 mm, 30 %

— fracción 3-7 mm, 25 %

— fracción 7-15 mm, 45 %

Amasado: 2 min en seco y 3 min en húmedo en hormigonera

Utillaje de vibración: mesa vibrante con f = 48 Hz y A = 1,0 mm

Régimen de conservación: ambiente normal

Edad de ensayo: 7 días.

5.2. *Influencia de la composición del hormigón*

Se ha estudiado la influencia de la composición mineralógica del cemento, de la dosificación de cemento, de la relación A/C y de la naturaleza de los áridos.

5.21. Influencia de la composición mineralógica del cemento

Se han ensayado hormigones de composición idéntica confeccionados con tres cementos diferentes (tabla 9). Como ha ocurrido en pasta pura, los mayores aumentos de resistencia se han conseguido en los hormigones del cemento P 500 y los menores sobre los hormigones del cemento M 400, en correlación con la retracción inicial del cemento.

5.22. Influencia de la dosificación de cemento y de la relación A/C

En la tabla 10 se presenta la eficacia de la revibración en función de la dosificación de cemento; se encuentra que la eficacia máxima se logra para las dosificaciones extremas (magros o ricos).

La influencia de la relación A/C se ha estudiado sobre hormigones dosificados en cemento con 350 y 475 kg/m³, siendo dicha relación A/C de 0,45, 0,50 y 0,55 para la primera dosificación y 0,38, 0,40 y 0,45 para la segunda. Los áridos empleados y el régimen de vibración-revibración están de acuerdo con las indicaciones de la tabla 7 (MP-FP).

Los resultados obtenidos a la edad de 28 días se dan en la figura 15. El valor óptimo de la relación A/C está comprendido entre 0,40 y 0,45 para la dosificación de 475 kg/m³, y entre 0,45 y 0,50 para la dosificación de 350 kg/m³.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Para otras series de probetas se ha llegado a la misma conclusión, obteniendo aumentos máximos de resistencia por revibración para A/C = 0,40-0,45.

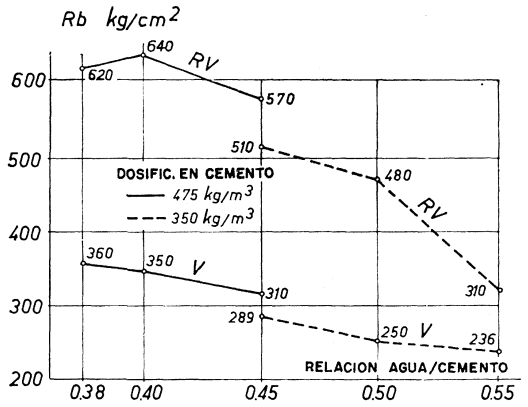

Fig. 15 a

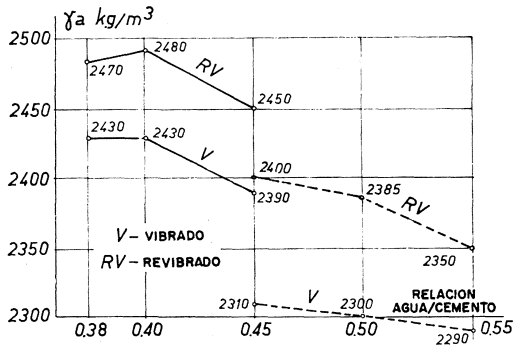

Fig. 15 b

El estudio de este parámetro ha demostrado que para obtener una buena eficacia de la revibración es necesario adaptar la relación A/C a la dosificación de cemento y a la granulometría de los áridos de tal manera que pueda asegurarse la trabajabilidad y la cohesión del hormigón hasta la última revibración. Respetando esta condición pueden obtenerse por revibración hormigones de alta resistencia con dosificaciones medias de cemento, lo que no es posible por simple vibración.

TABLA 9

Influencia de la composición mineralógica del cemento sobre las resistencias a la compresión de hormigones vibrados y revibrados

Cemento	Compactado	γ_a a 28 días (kg/m3)	$\Delta\ \gamma_a$ (%)	R_b a 28 días (kg/cm2)	$\Delta\ R_b$ (%)
RIM 200	V RV	2.320 2.380	— 3,6	410 720 (*)	— 75,6
P 500	V RV	2.300 2.380	— 3,5	304 600 (*)	— 98,0
M 400	V RV	2.280 2.340	— 2,6	256 416	— 62,6

(*) La rotura se ha producido por rotura de los áridos.

Composición:

- cemento: 350 kg/m3
- relación A/C = 0,45
- arena 0-3 mm, 25 %
- gravilla 3-7 mm, 25 %
- grava 7-15 mm, 50 %

Probetas: cubos de 20 cm de lado

Utillaje de vibración: mesa vibrante con f = 50 Hz y A = 0,6 mm

Régimen de vibración: V-2 min y RV-0,5 min con intervalo de media hora en el período MP-FP

Régimen de conservación: 7 días en ambiente húmedo. después en ambiente normal.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

TABLA 10

Influencia de la dosificación de cemento sobre la eficacia de la revibración del hormigón

Dosificación (kg/m3)	Compactación	R_b a 7 días (kg/cm2)	ΔR_b (%)	Eficacia (R_b/dosificación)
175	V RV	42 75	— 78	0,24 0,43
300	V RV	84 114	— 36	0,28 0,38
450	V RV	108 170	— 57	0,24 0,38

Composición:
- cemento P 500-175; 300; 450 kg/m3
- relación A/C = 0,48
- áridos 0-7 mm, 45 %
- áridos 7-15 mm, 25 %
- áridos 15-30 mm, 30 %

Probetas: cubos de 20 cm de lado

Utillaje de vibración: mesa vibrante con f = 50 Hz y A = 0,6 mm

Régimen de vibración: V-2 min y RV-0,5 min con intervalo de media hora en el período MP-FP

Régimen de conservación: ambiente húmedo.

5.23. Influencia de la naturaleza de los áridos

Se han ensayado dos tipos de hormigón, con áridos de diorita granular y escoria expandida, empleando el cemento portland P 500 y las composiciones dadas en la tabla 11. En la figura 16 se encuentran los valores de R_b (absolutos y en %) y de γ_a a las edades de 7, 28, 90 y 360 días. Se confirma que para las pequeñas edades los aumentos de resistencia en % son comparables para los dos hormigones, mientras que para edades más avanzadas se diferencian notoriamente. Los aumentos relativos de resistencia se conservan en el tiempo —en este caso hasta 360 días— a condición de que la resistencia de los áridos no imponga un techo a la resistencia del hormigón, lo que ocurre en los hormigones que emplean escoria expandida como árido. Para el hormigón con diorita granular, como árido, el aumento relativo R_b % permanece prácticamente constante con un valor medio de 75 %. Sobre probetas tomadas después de 3 años en las dos capas de un revestimiento de carretera de hormigón, KALABINSKI encontró aumentos de 22 y 52 % (6).

Para los hormigones, lo mismo que ocurre en la pasta de cemento, la revibración reduce la retracción y la fluencia (fig. 17). La reducción de la fluencia del hormigón revibrado con relación a la fluencia del hormigón vibrado representa una media del 40 % en el caso de la figura 17.

5.3. *Influencia de las características de revibración*

Los estudios experimentales se han dirigido tratando de buscar la influencia de la fre-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

TABLA 11

Influencia de la naturaleza de los áridos sobre la eficacia de la revibración del hormigón

Hormigón	Compactado	R_b (kg/cm2) a:				ΔR_b (%) a:				γ_a (kg/m3) a:			
		7 días	28 días	90 días	360 días	7 días	28 días	90 días	360 días	7 días	28 días	90 días	360 días
I	V	30	86	116	135	—	—	—	—	1.710	1.630	1.620	1.620
	RV	58	130	168	188	93,4	51,2	44,8	39,2	1.780	1.690	1.680	1.685
II	V	70	158	210	248	—	—	—	—	2.270	2.230	2.180	2.160
	RV	123	272	370	445	75,7	72,1	76,2	79,3	2.395	2.310	2.300	2.295

COMPOSICION:

Hormigón I.

Cemento P 500-250 kg/m3:
- relación A/C = 0,50
- arena 0-3 mm, 25 %
- diorita 3-7 mm, 25 %
- diorita 7-15 mm, 50 %

Hormigón II.

Cemento P 500-250 kg/m3:
- relación A/C = 0,58
- arena 0-3 mm, 25 %
- escoria exp. 3-7 mm, 25 %
- escoria exp. 7-15 mm, 50 %

Probetas: cubos de 20 cm de lado

Utillaje de revibración: mesa vibrante con f = 50 Hz

Régimen de vibración: V-2 min y RV-1/2 min con intervalo de media hora en el período MP-FP

Régimen de conservación: 7 días en ambiente húmedo, y el resto en ambiente normal.

cuencia, f, y de la amplitud, A, de la revibración sobre el aumento de resistencias mecánicas obtenido por revibración, admitiendo que la variación de estos parámetros tiene lugar en el cuadro de una aceleración máxima constante ($a = 4\ \pi^2\ f^2\ A$), es decir, en el cuadro de una misma fuerza (energía) de vibración.

En la tabla 12 se dan los resultados obtenidos sobre morteros con dos aceleraciones ($a = 5$ g y $a = 10$ g) y en la tabla 13 sobre hormigones confeccionados con dos cementos americanos: tipo I y tipo IA (con agente aireante) (10). En el caso de los morteros, con un mismo tipo de probeta, la frecuencia y la amplitud se han mantenido constantes. En el caso de los hormigones, la vibración se ha realizado con una frecuencia base (f = 50 Hz) y las revibraciones con frecuencias más altas (f = 100 y 200 Hz); se ha tratado de comprobar de esta manera la hipótesis según la cual los aumentos de resistencia se deben en primer término a la anulación de la retracción inicial y de las contracciones internas de la pasta de cemento (la primera vibración realiza la compacidad del hormigón, la revibración de alta frecuencia se dirige principalmente al cemento).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

TABLA 12

Influencia de las características de la vibración-revibración sobre las resistencias a la compresión de los morteros (para una misma aceleración: $a = 4\ \pi^2\ f^2\ A$)

f^2A	Características		R_b a 7 días (kg/cm2)		ΔR_b (%)
	f (Hz)	A (mm)	V	RV	
1.250 ($a = 5$ g)	50	0,500	305	351	+ 15,1
	100	0,125	393	381	— 3,1
	150	0,055	485	458	— 5,6
2.500 ($a = 10$ g)	50	1,000	302	364	+ 20,5
	100	0,250	410	429	+ 4,6
	150	0,110	383	351	— 5,5

Cemento RIM 200 (C_3S = 57,9 %)
Dosificación ponderal cemento/arena normal = 1/2
Relación A/C = 0,3 (agua de consistencia normal + 2 %)

Probetas: cilindros de 8 cm de diámetro y de 8 cm de altura
Régimen de vibración: V-2 min y RV-4 veces en 0,25 min en el período DP-FP
Régimen de conservación: t^o = 18°C; θ % = 100 %.

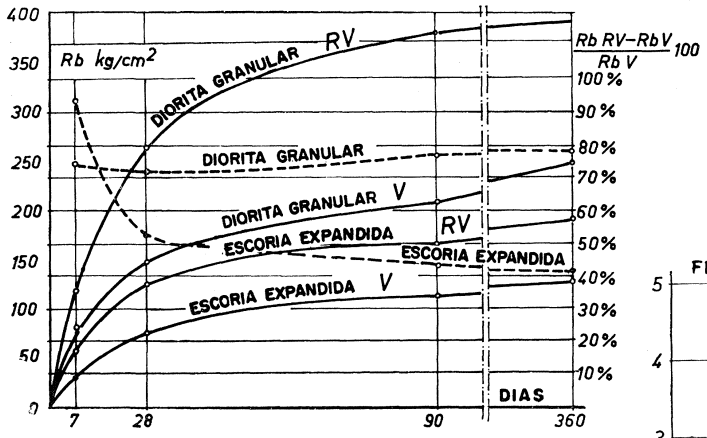

Fig. 16 a

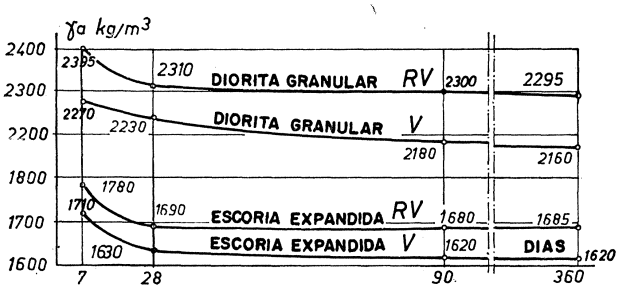

Fig. 16 b

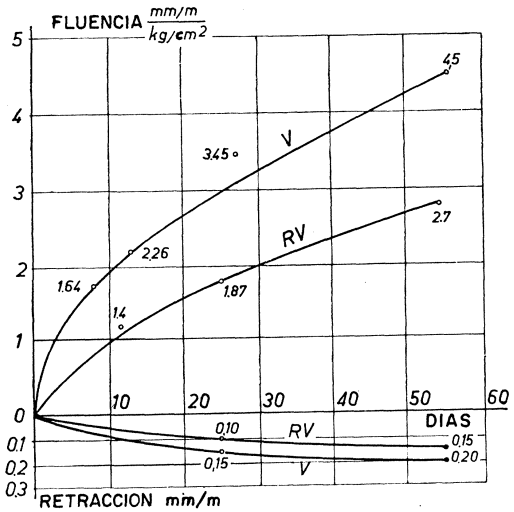

Fig. 17

Analizando las tablas 12 y 13 se comprueba que en el dominio de las resistencias relativamente elevadas, los aumentos máximos se han conseguido en la zona de frecuencias ba-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

TABLA 13

Influencia de las características de la vibración-revibración sobre las resistencias a la compresión a 28 días y sobre la durabilidad (100 ciclos de hielo-deshielo) de los hormigones (para una misma aceleración: $f^2 A = 2.500$; $a = 10$ g)

CARACTERISTICAS		Portland tipo I (Allentown)				Portland tipo IA (Allentown)				Δ R_b (%) por revibración	
		γ_a (kg/m³)	R_b (kg/cm²)	Durabilidad Disminución γ_a %	Durabilidad Disminución R_b %	γ_a (kg/m³)	R_b (kg/cm²)	Durabilidad Disminución γ_a %	Durabilidad Disminución R_b %	Tipo I	Tipo IA
V	V-2 min con R_1	2.384	514	— 0,17	+ 1,4	2.329	429	— 0,24	— 4,0	—	—
	V-2 min con R_2	2.361	512	—	—	2.358	444	— 0,28	— 6,7	—	—
	V-2 min con R_3	2.350	503	—	—	2.344	498	— 0,18	+ 0,3	—	—
V Tiempo acumulado	V-2 min/R_1+3 min/R_1	2.361	503	— 0,24	+ 6,4	—	—	—	—	—	—
	V-2 min/R_1+3 min/R_2	2.376	574	— 0,24	+ 5,0	—	—	—	—	—	—
	V-2 min/R_1+3 min/R_3	2.347	455	— 0,38	+ 15,5	—	—	—	—	—	—
RV	V-2 min/R_1+6RV/R_1	2.385	587	— 0,23	+ 10,5	2.352	489	— 0,23	+ 4,2	+ 14,2	+ 14,0
	V-2 min/R_1+6RV/R_2	2.395	542	— 0,46	— 0,5	2.360	475	— 0,29	— 7,5	+ 5,9	+ 7,1
	V-2 min/R_1+6RV/R_3	2.371	526	— 0,31	+ 8,3	2.356	488	— 0,28	+ 0,4	+ 4,6	— 2,0
	V-2 min/R_1+6RV/$R_{1,2,3}$	2.377	562	— 0,42	+ 21,6	—	—	—	—	+ 10,2	—

Dosificación de cemento: 300 kg/m³. Relación A/C = 0,50
Dosificación ponderal cemento/arena/grava = 1/3,25/3,25.
Régimen de vibración:

1) R_1 con f_1 = 50 Hz y A_1 = 1,00 mm;
2) R_2 con f_2 = 100 Hz y A_2 = 0,25 mm;
3) R_3 con f_3 = 200 Hz y A_3 = 0,06 mm.

Revibraciones: 6 RV en 0,5 min en el período (MP + + 1 h) ... FP

Probetas: cilindros de 7,5 cm diámetro y 7,5 cm altura.

jas. Aunque los ensayos sobre morteros se han repetido en gran número de probetas, se considera que es necesario continuar las comprobaciones.

En el esquema de trabajo (10) se han hecho también algunas investigaciones sobre la durabilidad de los hormigones vibrados y revibrados (resistencia a los ciclos de hielo-deshielo). Las probetas revibradas han mostrado un comportamiento satisfactorio, comparable al de las probetas-testigo en hormigón vibrado (tabla 13); los mejores resultados se han obtenido con el cemento con agente aireante (tipo IA), lo cual es normal. Esta conclusión es extremadamente importante, especialmente para los hormigones no protegidos puestos en obra en capas sucesivas (presas, revestimientos de carreteras, etc.), para los cuales la revibración interviene fortuitamente en razón del proceso tecnológico mismo. La duda de que la durabilidad de estos hormigones sería disminuida por la revibración no parece fundada.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

6. conclusiones

La revibración, en relación con la vibración usual, puede conferir a los hormigones aumentos importantes de resistencias mecánicas y reducciones correspondientes en las deformaciones elásticas y diferidas (retracción, fluencia); aumenta también la durabilidad de los hormigones por aumento de la compacidad y eliminación de las microfisuras debidas a la retracción inicial.

La eficacia de la revibración puede aumentarse por el empleo simultáneo de diferentes aditivos (plastificantes, aditivos-retardadores, aditivos electrolíticos, etc.).

Por revibración pueden obtenerse hormigones de calidad superior a igual dosificación de cemento, o economías de cemento a igual calidad de hormigón.

La eficacia de la revibración depende de un gran número de parámetros, a menudo contradictorios y cuya influencia no está siempre completamente clara: la composición mineralógica del cemento, la dosificación de cemento, la finura de molienda del mismo, la relación A/C, los áridos, los aditivos, la mezcla de los componentes del hormigón, los criterios de revibración (intervalo, número y duración de las revibraciones), las características de la revibración (frecuencia, amplitud, aceleración).

Los parámetros más importantes son: composición mineralógica del cemento, propiedades reológicas del hormigón fresco, los criterios de revibración y las características de la revibración. Para cada aplicación práctica es recomendable efectuar ensayos preliminares, para establecer el mejor programa de revibración en las condiciones específicas dadas; en general basta una o dos revibraciones en el intervalo principio de fraguado-fin de fraguado (DP-FP).

La revibración puede aplicarse fácilmente y con gran eficacia en la ejecución de revestimientos de carreteras y pistas de aviones, trabajos que llevan simultáneamente condiciones de resistencia mecánica y de durabilidad; puede también aplicarse fácilmente a la ejecución en serie de elementos prefabricados (traviesas de ferrocarril, postes para líneas aéreas, placas, pilotes, etc.) con la condición de que la tecnología de la ejecución permita mantener el hormigón en los moldes al menos hasta acabar el fraguado del cemento (por ejemplo, elementos de hormigón pretensado con hilos adherentes).

Siendo extremadamente complejo el problema de la revibración del hormigón, consideramos necesarias investigaciones sistemáticas efectuadas en diversos laboratorios, con o sin empleo de aditivos o intervención de técnicas complementarias a fin de aclarar los aspectos todavía mal conocidos y extender el campo de empleo de la revibración.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

bibliografía

(1) C. AVRAM, N. VOINA, M. PAUNESCU, A. MIHAESCU, A. GRUIA: *Résultats concernant la revibration des bétons (en roumain).* Bul. St. Techn. Inst. Polit. Timisoara. Tomo 8 (22), Fasc. I, 1963, p. 169.

(2) C. AVRAM, M. PAUNESCU, N. VOINA: *Necotorie voprosi povtornovo vibrovanie betona.* Moscú, Beton i jelezobeton I, 1964, p. 43.

(3) C. AVRAM, N. VOINA, R. MARINOV: *L'étude du durcissement de la pierre de ciment vibrée et revibrée à l'aide des ultrasons (en roumain). Metode ultrasonice de masurare si control.* Vol. III. Bucarest, I.D.T., 1965, p. 17.

(4) C. AVRAM, A. MIHAESCU, R. FRIEDRICH: *L'étude du durcissement des bétons vibrés et revibrés à l'aide des ultrasons (en roumain). Metode ultrasonice de masurare si control.* Vol. III. Bucarest, I.D.T., 1965, p. 35.

(5) C. AVRAM, N. VOINA, R. FRIEDRICH: *Untersuchung der Verfestigung von einfach und wiederholt gerütteltem Zementstein und Beton mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren. Wissenschaftliche Tagung "Zerstörungsfreie Prüfung von Beton in der Baupraxis".* 20-22 abril 1966, Hochschule für Bauwesen, Leipzig.

(6) M. DURIEZ: *Etudes et recherches sur le retard de prise des ciments, la plastification des bétons et la revibration.* Schweizer Archiv, 6, 1961, p. 237.

(7) M. DURIEZ, J. ARRANBIDE: *Nouveau traité de matériaux de construction.* Tome I. París, Dunod, 1961, p. 1170.

(8) R. L'HERMITE: *Idées actuelles sur la technologie du béton.* París, Eyrolles, 1955.

(9) R. L'HERMITE: *Récentes recherches sur la vibration du béton frais.* París, Cahiers du C.S.T.B., 7, 77.

(10) O. MIRSU, C. BEST: *Some Observations on the Revibration of Concrete at Different Frequencies.* Special Report Number 45, Kansas State University Bulletin, Vol. 48, junio 1964, Núm. 6.

(11) P. REBUT: *Guide pratique de la vibration des bétons.* París, Eyrolles, 1962.

(12) O. VALENTA, E. WEINER: *The Effect of Prolonged Vibration on the Strength of Concrete and Bond of Reinforcement. Conférence sur la technique de compactage par vibration.* Budapest, 1963, p. 189.

(13) L. VIRONNAUD: *Le premier âge du béton.* A.I.T.B.T.P., Núm. 154, octubre 1960.

(14) N. VOINA, M. PAUNESCU: *L'amélioration de la qualité des bétons par revibration (en roumain).* Bucarest, Rev. Mat. Constr., 9, 1962, p. 478.

(15) N. VOINA: *Procédé pour la réduction du retrait et des déformations élastiques - visqueuses - plastiques des bétons (en roumain).* Bul. St. Techn. Ins. Polit. Timisoara, Tomo 8 (22), Fasc. 2, 1963, p. 503.

(16) N. VOINA: *Nouveaux aspects de la formation de la structure de la pâte de ciment de différentes compositions minéralogiques en fonction du mode de mise en place (en roumain).* St. Cerc. St. Chi.-Baza Acad. R.P.R. Timisoara, Tomo X, Fasc. 2, 1963, p. 227.

(17) C. A. VOLLICK: *Effects of Revibrating Concrete.* J.A.C.I., Vol. 29, Núm. 9, 1958.

(18) E. F. WETTERN: *La vibration, Rapport général. IIIe Congrès International du Béton Manufacturé.* Estocolmo, 1960, Rev. Mat.-Cim. et Bét., febrero 1961, Núm. 545, p. 55.

(19) *XXX Conférence sur la technique de compactage par vibration.* Budapest, ETI Rotaprint, 1963.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es