

Determinación de la absorción de energía en paneles de concreto lanzado reforzado con fibras, según Norma ASTM-C-1550.08.

Informe No. **11-73-SGM/M**

Área de Responsabilidad: K2541

México D.F., a 12 de Diciembre de 2011.

1. ANTECEDENTES

Atendiendo a la solicitud recibida en octubre del presente año, por parte del Ing. Jorge Esqueda Querol, Gerente de Especificaciones de BASF Mexicana, S.A. de C.V., para realizar los ensayos de paneles redondos, a fin de determinar la energía de absorción en paneles de concreto lanzado reforzado con fibras, según la norma ASTM-C-1550-08, el Departamento de Materiales realizó los trabajos que se describen a continuación, a través de los cuales obtuvo los resultados que se presentan en este informe.

El interés por parte de BASF Mexicana es el conocer el desempeño de diferentes tipos de fibras, en diferentes dosificaciones, para una mezcla de concreto similar.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVOS

Determinar la absorción de energía por flexión del concreto lanzado reforzado con fibras de acuerdo a la norma ASTM C 1550-08.

2.2 ALCANCES

Es responsabilidad de BASF Mexicana la elaboración de los paneles, curado durante las 24 horas posteriores a su elaboración, su identificación (incluyendo fecha de colado, condiciones de curado, dosificación de fibras y características de las fibras empleadas) y su traslado al Laboratorio de la SGM.

En el presente informe se reportan los siguientes datos y resultados obtenidos del ensayo de los paneles:

- Características de los paneles: dimensiones, edad, etc.
- Curvas carga-deflexión y resistencia a flexión al primer agrietamiento
- Absorción de energía.

3 TRABAJOS DE CAMPO

El martes 18 de octubre, en las instalaciones de BASF Mexicana, se llevó a cabo la fabricación, por medio de brazo mecánico para lanzado (robot), de nueve paneles redondos a base de mezclas de concreto reforzado con dos tipos de fibras de diferentes características (fibra metálica DRAMIX 45/50 y fibra sintética MAC MATRIX). Con base en los requerimientos solicitados por BASF, la empresa Concretos Cruz Azul, suministró el concreto con una resistencia de 250 kg/cm² a 28 días.

La empresa BASF proporcionó los siguientes datos de la dosificación empleada, incluyendo el tipo de fibra y consumo empleado:

Fecha de Muestreo	Identificación (panel)	Relación a/c	Tipo y Contenido de fibra especificada para el estudio (kg/m ³)	Tipos de aditivos empleados
18/10/2011	P01	0.548	Dramix 45/50 (40)	-Glenium 3150 SR Aditivo reductor de agua
	P02		Dramix 45/50 (40)	
	P03		Dramix 45/50 (40)	
	P04		Mac Matrix (6)	-Delvo Aditivo antideslave
	P05		Mac Matrix (6)	
	P06		Mac Matrix (6)	
	P07		Mac Matrix (7)	-Meyco SA 160 Aditivo acelerante de fraguado
	P08		Mac Matrix (7)	
	P09		Mac Matrix (7)	

En el Anexo B, fotos 1 a 16 se ilustra el proceso de fabricación de los paneles.

4 TRABAJOS DE LABORATORIO

Los nueve paneles fueron trasladados al laboratorio de la Subgerencia de Geotecnia y Materiales (SGM) en la ciudad de México (foto 17), en donde,

- Se desmoldaron y curaron en cuarto de curado hasta alcanzar la edad de ensaye.
- Se ensayaron a flexión con carga central según ASTM C 1550-08, a 28 días de edad.

4.1 Verificación de diámetro y espesor de los paneles

Previo a la ejecución de cada ensaye, se midieron los diámetros conforme lo indica la norma ASTM C 1550-08 y se verificó que se cumpliera con las dimensiones especificadas en dicha norma. Así mismo, posterior al ensaye se midieron los espesores conforme a la norma de referencia y se verificó el cumplimiento del mismo. (Fotos 18 a 21). Los resultados se muestran en la tabla 1 del Anexo A.

4.2 Verificación de contenido de fibra

Con la finalidad de corroborar el contenido de fibra, tanto metálica como sintética, se extrajo una pastilla, con equipo para extracción de núcleos, de cada panel ensayado. Se midió espesor y diámetro, y se pesó cada pastilla. Posteriormente se trituró el concreto y se separaron las fibras y el concreto, pesándose por separado.

Conocido el volumen de la pastilla, se calculó el contenido de fibra en kg/m³ de concreto.

Este dato es muy importante para verificar el contenido “teórico” de fibra. Los resultados se muestran en la tabla 1, y a continuación se resumen. Como puede observarse, al promediarse resultados de los tres paneles de cada grupo de mezcla de concreto con fibra puede estimarse el contenido de fibra promedio de las tres mezclas estudiadas.

Espécimen	Contenido medido (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	Contenido esperado (kg/m ³)	% del esperado
P01	23.0	25.5	40.0	63.8
P02	24.0			
P03	29.5			
P04	5.2	5.5	6.0	91.4
P05	5.5			
P06	5.8			
P07	7.4	7.0	7.0	100.4
P08	7.0			
P09	6.7			

4.3 Resistencia a flexión

La prueba de desempeño a flexión consiste en evaluar la energía de deformación en paneles redondos de concreto lanzado reforzado con fibras, para determinar el comportamiento posterior al primer agrietamiento del concreto.

El ensaye se realiza por deflexión controlada. El avance del pistón debe ser constante, según la norma ASTM 1550-08, a 4.0 ± 1.0 mm/min. (Ver fotos 19 y 20).

5 RESULTADOS

Con relación al contenido de fibra, puede comentarse que los resultados del contenido de la fibra metálica son del orden del 64 % del contenido esperado. Habría que sobredosificar y evaluar el material que se pierde por rebote en caso de que se requiera evaluar la absorción de energía para un contenido de fibra metálica de 40 kg/m³. Para el caso de la fibra sintética, los contenidos encontrados son muy cercanos a los esperados.

En cuanto a los resultados de los ensayos a flexión, se presentan en el Anexo A, en las tablas 2 a 10, y en la tabla 11 se presenta un resumen, mismo que se muestra a continuación.

Se reporta la absorción de energía a las deflexiones de 5, 10, 20 y 40 mm según indica la norma de referencia. En la foto 23 se presenta un panel con el agrietamiento clásico.

ABSORCIÓN DE ENERGÍA AL 1ER AGRIETAMIENTO						
PANEL		CARGA (N)	DEFLEXIÓN (mm)	ABS. DE ENERGÍA CORREGIDA (J)	ÍNDICE DE TENACIDAD	RESISTENCIA RESIDUAL (%)
DRAMIX 45/50	M-24-11/P01	27525	0.82	12.40	1	100
	M-24-11/P02	25240	1.19	14.21	1	100
	M-24-11/P03	27648	1.19	13.72	1	100
MAC MATRIX 6	M-24-11/P04	27022	1.27	14.09	1	100
	M-24-11/P05	26604	1.27	12.97	1	100
	M-24-11/P06	25151	2.48	24.29	1	100
MAC MATRIX 7	M-24-11/P07	26191	1.13	16.69	1	100
	M-24-11/P08	26215	1.30	13.66	1	100
	M-24-11/P09	24317	1.15	11.08	1	100

ABSORCIÓN DE ENERGÍA A LOS 5 mm DE DEFLEXIÓN AL CENTRO DEL PANEL						
PANEL		CARGA (N)	DEFLEXIÓN (mm)	ABS. DE ENERGÍA CORREGIDA (J)	ÍNDICE DE TENACIDAD	RESISTENCIA RESIDUAL (%)
DRAMIX 45/50	M-24-11/P01	17718	5	80	6.4	64
	M-24-11/P02	15719		68	4.8	62
	M-24-11/P03	18956		80	5.8	69
MAC MATRIX 6	M-24-11/P04	14898	5	68	4.8	55
	M-24-11/P05	17893		69	5.3	67
	M-24-11/P06	14121		57	2.3	56
MAC MATRIX 7	M-24-11/P07	20309	5	86	5.1	78
	M-24-11/P08	16380		64	4.7	62
	M-24-11/P09	16239		65	5.8	67

ABSORCIÓN DE ENERGÍA A LOS 10 mm DE DEFLEXIÓN AL CENTRO DEL PANEL						
PANEL		CARGA (N)	DEFLEXIÓN (mm)	ABS. DE ENERGÍA CORREGIDA (J)	ÍNDICE DE TENACIDAD	RESISTENCIA RESIDUAL (%)
DRAMIX 45/50	M-24-11/P01	15681	10	156	12.6	57
	M-24-11/P02	13175		131	9.2	52
	M-24-11/P03	16873		159	11.6	61
MAC MATRIX 6	M-24-11/P04	12627	10	135	9.6	47
	M-24-11/P05	17005		147	11.4	64
	M-24-11/P06	13591		121	5.0	54
MAC MATRIX 7	M-24-11/P07	18475	10	180	10.8	71
	M-24-11/P08	14647		131	9.6	56
	M-24-11/P09	14551		135	12.2	60

ABSORCIÓN DE ENERGÍA A LOS 20 mm DE DEFLEXIÓN AL CENTRO DEL PANEL						
PANEL		CARGA (N)	DEFLEXIÓN (mm)	ABS. DE ENERGÍA CORREGIDA (J)	ÍNDICE DE TENACIDAD	RESISTENCIA RESIDUAL (%)
DRAMIX 45/50	M-24-11/P01	11382	20	280	22.5	41
	M-24-11/P02	10415		236	16.6	41
	M-24-11/P03	12952		291	21.2	47
MAC MATRIX 6	M-24-11/P04	9225	20	243	17.2	34
	M-24-11/P05	12732		281	21.6	48
	M-24-11/P06	10281		232	9.5	41
MAC MATRIX 7	M-24-11/P07	13328	20	333	19.9	51
	M-24-11/P08	11162		244	17.8	43
	M-24-11/P09	11114		250	22.6	46

ABSORCIÓN DE ENERGÍA A LOS 40 mm DE DEFLEXIÓN AL CENTRO DEL PANEL						
PANEL		CARGA (N)	DEFLEXIÓN (mm)	ABS. DE ENERGÍA CORREGIDA (J)	ÍNDICE DE TENACIDAD	RESISTENCIA RESIDUAL (%)
DRAMIX 45/50	M-24-11/P01	6697	40	446	35.9	24
	M-24-11/P02	6453		387	27.2	26
	M-24-11/P03	7643		478	34.8	28
MAC MATRIX 6	M-24-11/P04	5787	40	389	27.6	21
	M-24-11/P05	7334		459	35.4	28
	M-24-11/P06	6022		384	15.8	24
MAC MATRIX 7	M-24-11/P07	8217	40	540	32.3	31
	M-24-11/P08	6790		404	29.6	26
	M-24-11/P09	6795		414	37.4	28

Cabe señalar que la interpretación final de los resultados es responsabilidad del cliente. Pero la información de los contenidos de fibra es de utilidad para evaluar si la mezcla requiere ajustes en cuanto a dosificación de fibra, o bien ajustes en el proporcionamiento para reducir el “rebote”.

Realizaron:

Ing. Pablo Roberto Velasco Venegas
Encargado de Laboratorio de Materiales

Ing. Amanda Garduño Gallo
Jefe de Oficina de Concretos

Revisó:

Ing. Mario A. Montero Catalán
Jefe del Departamento de Materiales

ANEXO A

RESULTADOS

ANEXO B

ANEXO FOTOGRÁFICO