

Mezcla de concreto y deformabilidad de la estructura durante sismo

E. Vidaud

(Segunda parte)

Es necesario conocer algunas de las propiedades de una mezcla de concreto, así como la manera de obtener el módulo elástico deseado.

En la primera parte de este artículo se comentó acerca de la importancia que tiene el módulo elástico como una propiedad asociada a la habilidad que tiene el concreto de deformarse elásticamente en el desarrollo de la rigidez de las estructuras, y a su vez lo necesario que resulta el conocimiento previo de las características del concreto en la determinación de las especificaciones necesarias para el logro de los niveles de rigidez requeridos, con vistas a que una determinada estructura se desempeñe según lo deseado. En este número, nos referiremos de manera general, a algunas de las propiedades que se deben de conocer en una mezcla

de concreto, de primera instancia y de forma cualitativa, para obtener el módulo elástico deseado en una determinada mezcla de concreto.

La pregunta que nos hacemos es: ¿cuáles son los elementos a conocerse, en una determinada mezcla de concreto, que influyen en el desarrollo de los niveles deseados del módulo de elasticidad?

Las propiedades elásticas del concreto están muy relacionadas con las propiedades elásticas de sus materiales componentes, así como con las características de la zona de interface entre los agregados y la pasta de cemento que la rodea. De acuerdo a lo anterior, y debido a que los agregados gruesos constituyen la fracción más representativa en una mezcla de concreto, se puede asegurar que la rigidez de estos agregados tiene una influencia importante sobre los niveles de módulo elástico que puede llegar a desarrollar un determinado concreto.

En la Fig. 1, se muestra el comportamiento típico entre esfuerzos y deformaciones para el concreto, así como el mismo comportamiento presentado de forma independiente, tanto para el agregado, como para la pasta de cemento.

Del análisis de la figura se pue-

de interpretar que un buen agregado grueso, analizado de manera independientemente, posee un nivel de módulo de elasticidad (E)⁽¹⁾ mucho mayor al que tiene la pasta de cemento, situación que nos permite asegurar, que es precisamente este componente el que le proporciona la propiedad intrínseca a E , así que se verifica la hipótesis definida en la primera parte de este escrito, en donde se definía que la calidad del concreto en cuanto a rigidez y la calidad del agregado grueso están estrechamente relacionados.

Destaca en la Fig. 1, el hecho de que la tendencia de la curva esfuerzo-deformación tanto del agregado como de la pasta de cemento es prácticamente lineal. En el caso del agregado grueso dicha tendencia se mantiene hasta que se obtiene la falla de la muestra; en este momento ocurre una falla de tipo frágil. En lo que respecta a la pasta de cemento, la tendencia es similar a la del agregado, sólo que un instante antes a que se adquiera la carga última, existe una pequeña rama descendente con comportamiento no lineal, presumiblemente porque en ese momento tiene lugar un microagrietamiento en la matriz, que hace que los niveles de defor-

Nota: En la primera parte de este artículo, que apareció en el mes de junio, debe decir: f_c , (dice f), cada vez que se menciona.

En el número anterior por error se publicó una fórmula incorrecta, aquí mostramos la que debió ser.

$$\delta = \frac{D_{n+1} - D_1}{Hc}$$

⁽¹⁾ Matemáticamente el Módulo Elástico se puede estimar como la relación entre los esfuerzos aplicados y sus deformaciones asociadas, en el rango elástico de comportamiento del material.

Fig. 1

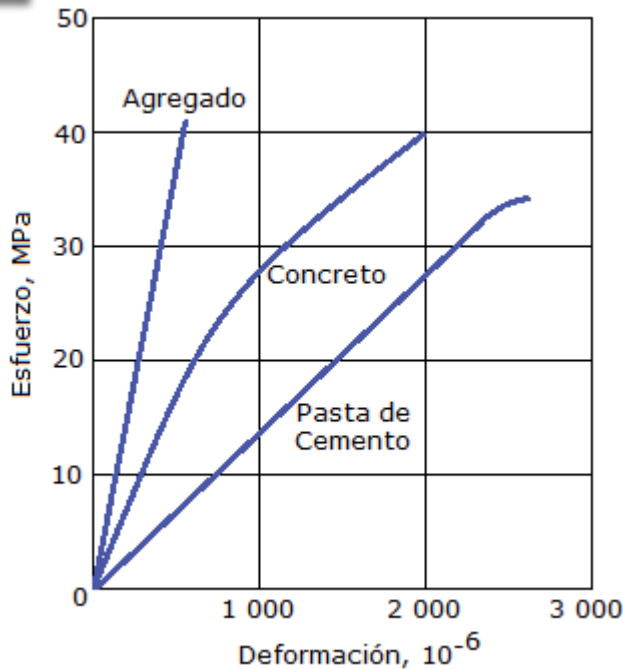


Diagrama esfuerzo-deformación típica para concreto, agregado y pasta de cemento.

Fuente: Adaptado de Neville, A. (1999).

mación se incrementen sin un incremento importante de los esfuerzos.

¿Por qué, a pesar de que las tendencias de la curva que relaciona esfuerzos y deformaciones independientes, en el agregado y en la pasta de cemento son lineales, en el concreto el comportamiento es completamente no lineal? Trataremos de responder esta interrogante.

Se sabe que el concreto sufre procesos de microagrietamiento en la transición agregado-pasta, desde las primeras edades, incluso cuando no se ha sometido a carga, debido entre otras cosas, al comportamiento diferencial entre el agregado y la matriz de la pasta. La magnitud de este microagrietamiento depende entre otras cosas,

de las características del sangrado, del nivel de resistencia en la transición y de la historia del curado del elemento de concreto; precisamente este microagrietamiento es el que induce al comportamiento elastoplástico de referencia.

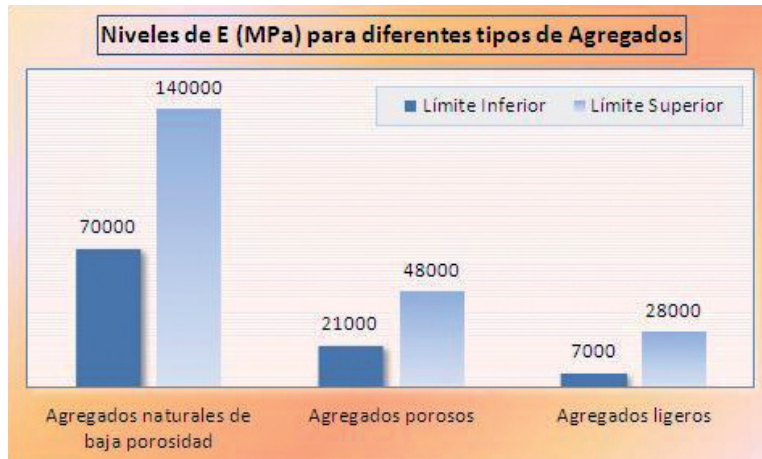
El microagrietamiento referido es también la causa de que la influencia de la calidad del agregado grueso, sea mínima respecto a la magnitud de la resistencia a la compresión (es práctica común garantizar los niveles de resistencia a la compresión por medio de la modificación de la relación agua-cemento) en concretos con niveles de resistencias medias o bajas. En general, estas microgrietas se desarrollan e interconectan entre sí, desde las primeras edades y

hasta la carga útil, trayendo como consecuencia que la estructura interna del material quede completamente discontinua, por lo que en realidad, visto de manera independiente, existe un desperdicio potencial de parte de la resistencia a la compresión del agregado grueso (independiente).

Algo diferente ocurre en el caso de los concretos de alta resistencia, en donde la literatura especializada establece una relación importante entre la calidad del agregado grueso y los niveles de resistencia a la compresión en el concreto. Por ejemplo, en la Universidad de Tongji en Shanghai, China, se desarrolló en el año 2001 un estudio en donde fue evaluada la influencia del tipo de agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia, encontrando que al mejorarse en estos concretos, la transición entre la matriz de la pasta de cemento y del agregado, se induce a un trabajo conjunto de ambos componentes, que al final a su vez induce al aumento consecuente de los niveles de resistencia a la compresión. En este caso, el microagrietamiento no ocurre en la transición como en el caso de los concretos con bajos o medios niveles de resistencias a la compresión, sino que puede ocurrir de manera indistinta en cualquier parte del conjunto (transición pasta-agregado, pasta o agregado). De acuerdo a lo anterior, la resistencia a la compresión potencial del agregado grueso, si se puede considerar completamente. Esta es la razón por la que, en el caso de concretos de alta resistencia, la calidad del agregado grueso juega un importante rol, no solo en el desarrollo de elevados niveles de E, sino también de resistencia a la compresión.

De acuerdo a lo anterior, del análisis de la Fig. 1, es fácil darse

Fig. 2



Niveles aproximados en el módulo elástico de diferentes tipos de agregados.

Fuente: Figura elaborada con datos extraídos de Metha, P. K y Monteiro, P. (1998).

cuenta que existe una marcada relación entre la calidad del agregado grueso y la magnitud del módulo de elasticidad a obtener en un concreto cuya mezcla fue adecuadamente diseñada; de manera general, la tendencia es que si se tiene un agregado grueso de buena calidad, entonces se tendrá posiblemente, un concreto con un elevado módulo elástico. Otra conclusión parcial sería que esta relación es más marcada a medida que se incrementan los niveles de resistencia a la compresión.

La característica del agregado grueso que influye de manera más importante en la magnitud del módulo elástico del concreto es la porosidad, debido a que es precisamente esta propiedad, la que determina la rigidez del agregado, controlando además la capacidad de éste para restringir las deformaciones de la matriz de cemento. Por lo tanto, los agregados con densidades altas,

también tendrán elevados niveles de módulo de elasticidad. Por ejemplo, ensayos desarrollados a muestras extraídas en rocas, han demostrado que los agregados gruesos de baja porosidad, tales como el granito y el basalto tienen mayores niveles de E, que los que tienen los agregados porosos, como las calizas y las areniscas. A su vez, estos dos tipos de agregados poseen mayores niveles de E, que los agregados ligeros. En la gráfica que se presenta en la Fig. 2 se muestra una comparativa de los niveles máximos y mínimos de los módulos de elasticidad que se obtienen en agregados de baja porosidad, porosos y ligeros.

De cualquier manera, además de la porosidad de los agregados, también propiedades como el tamaño máximo, la forma, la textura superficial, la granulometría y la composición mineralógica, influyen en la magnitud del módulo elástico; su nivel de

influencia, variará de acuerdo al efecto de estas propiedades en el microagrietamiento en la zona de transición matriz de pasta de cemento-agregado. Por ejemplo, en un adecuado diseño de mezclas, con el uso de agregados gruesos relativamente grandes, con formas y superficies irregulares (agregados triturados), con buena distribución de tamaños y aceptable granulometría; provenientes de rocas de buena composición mineralógica, se podrán obtener niveles en el módulo de elasticidad más altos, que en un concreto similar, elaborado con agregados de propiedades contrarias a las definidas.

Además de los agregados, otros aspectos que influyen sobre la magnitud del módulo elástico del concreto, son las características de la matriz de la pasta de cemento y de la zona de transición (matriz-agregado); aunque también tienen influencia los parámetros de prueba y las características asociadas a la forma de la interrelación entre los esfuerzos y deformaciones en el rango elástico, en lo que respecta a la tendencia y a la magnitud, cuando el comportamiento deja de ser lineal.

En general, también la porosidad, tanto en el caso de la matriz, como de la transición, es el elemento preponderante a la hora de establecer la interrelación entre estas y el E de una mezcla de concreto. En el caso de la matriz, la porosidad dependerá entre otras cosas de la relación agua-cemento, del contenido de aire en la mezcla (atrapado y/o incluido), del grado de hidratación, del tipo y la calidad del proceso de curado, del uso o no de adiciones minerales. Estas mismas propiedades influyen en la transición, aunque en este caso también son importantes,

Hablando de impermeabilizantes de larga duración...



Aquí aplicamos Sika y ya son más de 10 años sin goteras.

Sikalastic®-560 Impermeabilizante de larga duración.

Sika ofrece un amplio portafolio de productos para la impermeabilización con altos estándares de calidad, soporte técnico, asesoría en obra y el mejor costo-beneficio para cualquier etapa del proyecto; muestra de ello es Sikalastic-560 impermeabilizante con la nueva tecnología CET (Co Elastic Technology), tecnología única en el mercado que combina el alto desempeño del poliuretano con las propiedades del acrílico y que brinda grandes ventajas como :

- Duración de hasta 15 años.
- Cubre fisuras y es autonivelante (deja la superficie pareja y estética).
- Cuenta con alta elasticidad y resiste los rayos UV (no cambia de color con el tiempo).
- Fácil de aplicar (con brocha, rodillo o por aspersión) y seca rápido.
- Adhiere sobre una gran variedad de superficies, aun sobre residuos de impermeabilizantes asfálticos.
- Es amigable con el medio ambiente por su bajo contenido de sustancias químicas volátiles, además no requiere de solventes para hacer el "Primer".
- Cuenta con el Certificado NON-018-ENER-1977 "Aislamiento térmico"; reduce la temperatura interior de las construcciones, ayudando a bajar el consumo eléctrico por aire acondicionado y ventiladores*.

Sikalastic-560 es ideal para techos y cubiertas con tuberías y sin tráfico peatonal de edificios, centros

comerciales, hoteles, corporativos, vivienda de tipo residencial. Por su precio, calidad y duración Sikalastic-560 tiene el mejor costo-beneficio, sin problemas.

Pasos de aplicación:

1. Prepare la superficie, debe estar limpia, seca, sana y libre de polvo. Aplique Sikaflex-1a en grietas rellenándolas totalmente.
2. Prepare un "Primer" de Sikalastic-560 diluido con un 10 % de agua y aplíquelo en toda la superficie, dejándolo secar de 2 a 4 horas.
3. Aplique una capa de Sikalastic-560 sin diluir, en toda la superficie y déjelo secar de 4 a 6 hrs.
4. Recomendamos reforzar las áreas críticas como: bajadas de agua, bordes de domos y chaflanes, colocando SikaTela Reforzada mientras esté fresca la primera capa.
5. Aplique la segunda capa de Sikalastic-560 sin diluir en toda la superficie.
Espere de 6 a 12 horas para un secado total.

Para mayor información de nuestros productos:

www.sika.com.mx 01 800 123 74 52

*La mejora en la eficiencia energética del edificio puede variar en cada caso dependiendo de las condiciones de insolación, aislamiento térmico, superficie de cubierta y volumen del edificio. Sikalastic-560 Cumple con los requerimientos de ahorro de energía gracias a sus características de reflectividad solar (0.81) y emisión térmica (0.93). Sikalastic-560 es un recubrimiento de bajo espesor y su aporte por aislamiento térmico es bajo, sin embargo, suma a la envolvente térmica de la edificación.

las características del sangrado (granulometría y tamaño máximo del agregado), la calidad del proceso de colocación del concreto y la interacción química entre el agregado y la pasta.

Es cierto que la relación del ingeniero estructurista y el tipo de mezcla a usarse, se limita por lo general, exclusivamente a la especificación en el plano de proyecto, de los niveles de resistencia a la compresión y de módulo elástico; por otro lado, sabemos que no son los estructuristas lo que solicitan y compran el concreto a emplearse, pero también conocemos, lo hemos comentado que es sumamente importante el cumplimiento de

los niveles de rigidez de proyecto, sólo así podremos garantizar, que lo que se obtiene en gabinete con el desarrollo y estudio de sofisticados modelos estructurales se corresponda con el desempeño real de las estructuras; es cierto que exigir a un estructurista, que además del análisis convencional que debe llevar a cabo, se ocupe también de conocer, estudiar y hasta especificar la mezcla, en un verdadero absurdo; pero eso sí, debe de velar, que se garantice que lo que antes fueron hipótesis durante el proceso de su análisis, luego cuando la estructura esté en operación, sea una realidad; de acuerdo a lo anterior, creemos que no cuesta ningún trabajo

que se especifique el muestreo del concreto, no sólo para estimar la resistencia a la compresión, sino también del módulo elástico; y que adicionalmente, de conjunto con el proveedor del concreto, se especifique (y verifique posteriormente a de su empleo) la calidad del agregado grueso a utilizarse. **C**

Referencias bibliografía

- Metha, P. K. y Monteiro, P., "Concreto. Estructuras, propiedades y materiales, IMCYC, 368 pp, 1998.
 Neville, A., "Tecnología del concreto", IMCYC, 368 pp, 1999.
 Ke-Ru Wu, Bing Chen, Wu Yao, Dong Zhang, "Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of high-performance concrete", en *Cement and Concrete Research*, 31, 1421-1425 pp, 2001.

¡Suscríbese!



"Un mundo de soluciones en concreto"



CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO®

Es la revista especializada en construcción con cemento y concreto.

\$450 M.N. por 12 ediciones

Más gastos de envío.

www.imcyc.com



CONTACTO:

Michael López Villanueva
 Tel.: 01 (55) 5322 5740

Ext. 210

Fax: 01 (55) 5322 5745

E-mail: mlopez@mail.imcyc.com



Línea
Sanitaria

Para que tu inversión no tenga fugas, elige Tuboplus.



Parque Interlomas.

- Fácil y rápido de instalar por su sistema de sellado a presión.
- Capa protectora con filtro UV, la cual permite realizar instalaciones a la intemperie.
- Alta resistencia a impactos al momento de ser trasladado e instalado en la obra.



Descarga GRATIS nuestra librería para Autocad en:
www.rotoplas.com

Atención a Clientes 01 800 506 3000
Año 2012

Tuboplus Rotoplas.