Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx, pp-pp, (Mes, 200x)

ANÁLISIS, DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZANDO HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO (HAD) Y COMPARACIÓN CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES DISEÑADOS CON HORMIGONES CONVENCIONALES PARA SOPORTAR LAS MISMAS CONDICIONES DE CARGA

Cecilia I. Velasco Ochoa
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
cvelasco@espol.edu.ec

Carlos F. Peña Ochoa
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
cpena@espol.edu.ec

Mario D. Cantos Salazar
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mcantos@espol.edu.ec

Resumen

El objetivo de este trabajo es aplicar los conocimientos adquiridos, para realizar el análisis, diseño de elementos estructurales utilizando Hormigón de Alto Desempeño (HAD) y compararlos con elementos estructurales diseñados con Hormigones Convencionales para soportar las mismas condiciones de carga. El Hormigón de Alto Desempeño (HAD) es un material innovador, que promete importantes aplicaciones en la industria de estructuras especiales de grandes luces (como en el caso de Puentes) y en el de Hormigones Arquitectónicos. Este nuevo material ha mostrado contar con resistencias a la compresión y a la tracción, así como ha exhibido excepcionales características de durabilidad, limitada porosidad, virtualmente impermeable, prácticamente sin retracción, limitado flujo plástico y alta resistencia ante la corrosión.

Para el desarrollo de este trabajo se diseñará dos elementos estructurales que representan los más críticos de dos edificios de seis pisos, sujetos a las mismas condiciones de carga, el primer edificio está diseñado con un hormigón con resistencia a la compresión de 30 MPa y el segundo con un hormigón con resistencia a la compresión de 73,5 MPa. Se realizarán dosificaciones para cada tipo de hormigón, al igual que se harán los cálculos necesarios para la selección de las secciones de los elementos más óptimos, analizando costos y alternativas posibles.

Palabras Claves: *hormigones, alto desempeño, elementos estructurales.*

Abstract

The objective of this topic is to apply the acquired knowledge, to realize the analysis, design of structural elements using High Performance Concrete (HPC) and to compare them with structural elements designed with Conventional Concretes to support the same conditions of load. The High Performance Concrete (HPC) is an innovative material, that promises important applications in the industry of special structures of great spans (as it is on Bridges) and also on Architectonic Concretes. This new material has developed compressive and tensile strenghts, as well as it has exhibited exceptional characteristics of durability, limited porosity, virtually *impermeable, very low retraction, limited plastic flow and high resistance to corrosion. For the development of this work it will be design two structural elements, which are the most critical of two buildings of six floors, subjected to the same conditions of load, the first building is designed with a concrete that has a compressive strenght of 30 MPa and the second with a concrete that has a compressive strength of 73.5 MPa. Dosifications for each type of concrete will be realized, and with it, the necessary calculations for the selection of the most optimal elements sections, analyzing possible costs and alternatives.*

Keywords: *Concrete, high performance, structural elements.*

1. Introducción

El Hormigón de Alto Desempeño (HAD) es un material innovador, que promete importantes aplicaciones en la industria de estructuras especiales de grandes luces (como en el caso de Puentes) y en el de Hormigones Arquitectónicos. Este nuevo material ha mostrado contar con resistencias a la compresión y a la tracción, así como ha exhibido excepcionales características de durabilidad, limitada porosidad, virtualmente impermeable, prácticamente sin retracción, limitado flujo plástico y alta resistencia ante la corrosión.

En nuestro país, por ubicarse en una zona de alto riesgo símico, se hace necesario el estudio de nuevos materiales y nuevas metodologías constructivas para el diseño y construcción de estructuras sismo-resistentes que brinden aplicabilidad, funcionabilidad y economía.

El principal propósito de este trabajo es aplicar el diseño de elementos estructurales empleando Hormigón de Alto Desempeño (HAD) conformado con materiales locales, comparar la respuesta estructural entre elementos diseñados con HAD y elementos diseñados con hormigón convencional de las mismas características geométricas y de carga.

2. Diseño de elementos estructurales utilizando hormigones convencionales

Se diseñará un edificio de hormigón reforzado de seis pisos simétricos con seis vanos a cada lado de 10metros cada uno, el cual va a ser construido en la parte norte de la ciudad de Guayaquil en donde el tipo de suelo tiene una resistencia al corte Su= 2500 PSF. (120 KPa.), el edificio va a ser utilizado en su totalidad como Oficinas y se va utilizar para el diseño estructural el código IBC 2003, la resistencia a la compresión del hormigón para todos los elementos estructurales f´c=300 Kg./cm.² (30 MPa.) y del acero estructural fy=4200 Kg./cm.² (420 MPa.).

El sistema estructural a utilizar es el de Pórticos de Hormigón Resistentes a Momentos (PRCM), se diseñara la viga y la columna del primer piso que esté sometida a las mayores fuerzas internas.

El sistema de piso consistirá en una losa nervada en una dirección con cajonetas, apoyada en una viga secundaria, se asumirá que el centro de masas CM del edificio coincide con su centro de gravedad, se asume que cada piso es infinitamente rígido, es decir, todos los nudos de un mismo piso se desplazan la misma cantidad, finalmente las columnas a colocarse en los pisos serán de sección cuadrada.

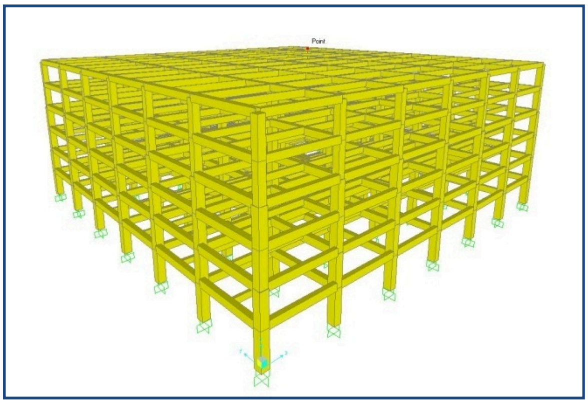

Fig. 1 Vista 3-D de la estructura

Para el cual se obtuvo los siguientes resultados:

- Hormigón f´c = 300 Kg/cm^2

	m^3	Kg/m^3
Cemento	0,103	325,45
Agua	0,195	195,45
Agregado Grueso	0,361	939,25
Arena	0,325	828,70
Aire Atrapado	0,015	1,50%
TOTAL	1,000	2288,87

- Vigas Principales

Viga	Sección b (m)	h (m)	d (m)	Localización	Refuerzo
H 1-2	0,7	0,95	0,885	Apoyo exterior neg.	8 ϕ 28
				Apoyo exterior pos.	5 ϕ 25
				Positivo	7 ϕ 25
				Apoyo interior neg.	8 ϕ 28
				Apoyo interior pos.	5 ϕ 25

- Columnas

Columna	Sección b (m)	h (m)	d (m)	As	Refuerzo	Distribución
H 1-2	1,05	1,05	0,982	11025	24 ϕ 25	Perimetralmente

3. Diseño de elementos estructurales utilizando hormigón de alto desempeño

Se diseñará un edificio de hormigón reforzado de seis pisos simétricos con seis vanos a cada lado de 10metros cada uno, el cual va a ser construido en la parte norte de la ciudad de Guayaquil en donde el tipo de suelo tiene una resistencia al corte Su= 2500 PSF. (120 KPa.), el edificio va a ser utilizado en su totalidad como Oficinas y se va utilizar para el diseño estructural el código IBC 2003, la resistencia a la compresión del hormigón para todos los elementos estructurales f´c=735 Kg./cm.² (73,5 MPa.) y del acero estructural fy=4200 Kg./cm.² (420 MPa.).

El sistema estructural a utilizar es el de Pórticos de Hormigón Resistentes a Momentos (PRCM), se diseñara la viga y la columna del primer piso que esté sometida a las mayores fuerzas internas.

El sistema de piso consistirá en una losa nervada en una dirección con cajonetas, apoyada en una viga secundaria, se asumirá que el centro de masas CM del edificio coincide con su centro de gravedad, se asume que cada piso es infinitamente rígido, es decir, todos los nudos de un mismo piso se desplazan la misma cantidad, finalmente las columnas a colocarse en los pisos serán de sección cuadrada.

Para el cual se obtuvo los siguientes resultados:

- Hormigón f´c = 735 Kg/cm^2

	Básica	Compañeras (m3)			
		#1	#2	#3	#4
Cemento	0,220	0,214	0,208	0,204	0,198
Humo de Sílice	0,000	0,008	0,014	0,020	0,026
Arena, húmeda	0,218	0,219	0,217	0,216	0,215
Agregado grueso, húmedo	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368
Agua, incluye aditivo retardante	0,168	0,167	0,167	0,167	0,167
Aire	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Volumen Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Básica	Compañeras (Kg/m3)			
		#1	#2	#3	#4
Cemento	693,431	672,628	655,292	641,423	624,088
Humo de Sílice	0,000	20,803	38,139	52,007	69,343
Arena, húmeda	565,706	566,405	563,249	560,725	557,569
Agregado grueso, húmedo	1016,713	1016,713	1016,713	1016,713	1016,713
Agua, incluye aditivo retardante	168,070	166,524	166,679	166,803	166,959
Aire	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Peso Total	2443,944	2443,098	2440,098	2437,697	2434,697

- Hormigón f´c = 350 Kg/cm^2

-

	Kg/m^3	m^3
Cemento	372,92	0,118
Agua	194,15	0,194
Agregado Grueso	939,25	0,361
Arena	793,60	0,311
Aire Atrapado	1,50%	0,015
TOTAL	2299,93	1,000

- Vigas Principales

Viga	Sección b (m)	h (m)	d (m)	Localización	Refuerzo
H 1-2	0,65	0,9	0,83	Apoyo exterior neg.	9 ϕ 28
				Apoyo exterior pos.	6 ϕ 25
				Positivo	7 ϕ 25
				Apoyo interior neg.	9 ϕ 28
				Apoyo interior pos.	4 ϕ 25

- Columnas

Columna	Sección b (m)	h (m)	d (m)	As	Refuerzo	Distribución
H 1-2	0,8	0,8	0,734	6400	14 ϕ 25	Perimetralmente

4. CONCLUSIONES

- La utilización de hormigones con mayores resistencias que los hormigones convencionales, nos permite disminuir las secciones de los elementos a construirse, a pesar de estar sometidos a las mismas condiciones de carga.
- A pesar de aumentar la resistencia del hormigón en más del 100%, se pudo reducir la sección de las vigas en 25% aproximadamente, debido a que para las secciones transversales menores se necesita mayor rigidización de los elementos.
- Una de las ventajas que se tiene al emplear hormigones de alto desempeño en columnas es la reducción del peso propio de la estructura debido a que se necesitará menos volumen de hormigón y por ende, la transferencia de cargas de la estructura al suelo por medio de la cimentación será menor.
- La vinculación existente entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión, ya identificada en hormigones convencionales, resulta válida para los HAD.
- Para mantener la relación agua-cemento necesaria para el desarrollo de alta resistencia se debe realizar determinaciones lo más precisas posibles de la humedad de los agregados.
- Los beneficios de utilizar hormigones de alto desempeño apenas se están haciendo presentes. Con el incremento en la utilización de este hormigón en proyectos de ingeniería se alcanzarán más y mayores beneficios en el orden económico.
- De cualquier forma, los proyectos ya realizados han demostrado las ventajas en su utilización. Por ahora, este hormigón le permite a la ingeniería diseñar con más eficiencia en cuanto a costos y a la utilización del espacio.

5. RECOMENDACIONES

- Las vigas de hormigón reforzado pueden ser diseñadas con hormigones de alto desempeño, pero no se obtienen resultados muy óptimos, puesto que gran parte de su diseño está fundamentado en el peralte de la misma.
- Al rigidizar los elementos y probar su efectividad por derivas, es recomendable hacerlo de 5 en 5

cm., rigidizando columnas, luego vigas y así sucesivamente.

- Se deben tomar muy en cuenta todas las características de los agregados, tales como MF, angularidad, etc., ya que la variación de estas consideraciones alterarán las proporciones de los materiales.
- La cantidad de materiales que intervienen en una mezcla de hormigón, y la manera en que la variación de sus características influye en las propiedades de la misma, hace necesario el contar con uno o más métodos de dosificación. Estos métodos deben permitir al productor de hormigón, partiendo de un análisis previo de los componentes, definir un proporcionamiento de los materiales para obtener la combinación óptima que satisfaga los requerimientos deseados, con el menor número de ajustes posible.
- La selección del tipo, marca, y dosificación de todos los aditivos, debe hacerse considerando el conjunto de materiales que se utilizarán en determinado proyecto.
- Es conveniente destacar la importancia de realizar mezclas de prueba en laboratorio con los materiales que se utilizarán en la obra.

6. REFERENCIAS

[1] Nilson, Arthur H., Diseño de estructuras de Concreto, Mc. Graw Hill, Duodécima Edición, México, Bogotá, 2001, págs. 62 – 102, 241 – 273.

[2] Portland Cement Association, Diseño y Control de mezclas de Concreto, Boletín de Ingeniería EB201, México, 2004, págs. 78 - 80, 185 – 216.

[3] Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318 S – 05) y Comentarios (ACI 318 SR-05), México 2005, págs 203-230.

[4] American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, United States 2005, págs 5-13, 205-206.

REVISADO POR

Ing. José A. Camposano Luque
DIRECTOR DEL SEMINARIO DE GRADUACION “HORMIGONES DE ALTO DESEMPEÑO