

Estudio experimental de muros de mampostería confinada de bloques huecos de concreto sujetos a presiones perpendiculares a su plano

Varela Rivera, J. L.¹, Navarrete Macías, D.², Fernández Baqueiro, L. E.¹, Moreno, E. I.¹

Fecha de recepción: 31 de agosto de 2010 – Fecha de aprobación: 1 de diciembre de 2010

RESUMEN

Se presentan los resultados experimentales de un estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería confinada sujetos a presiones monotónicas perpendiculares a su plano. Se ensayaron en el laboratorio tres muros con apoyos simples perimetrales; los muros se construyeron con bloques huecos de concreto; las presiones uniformes se aplicaron mediante una bolsa de aire. Las características de los muros se seleccionaron con base en los requisitos mínimos de la mampostería confinada especificados en las normas técnicas de mampostería del Distrito Federal. Se reportan los principales eventos observados durante los ensayos, como son el agrietamiento de la mampostería y de los elementos confinantes, el desplazamiento relativo entre hiladas de bloques, el desplazamiento vertical de los muros y el mecanismo de falla. Con base en los resultados experimentales se concluye que las presiones máximas fueron cuando menos cuatro veces mayores que las de agrietamiento y que el tipo de falla observado corresponde a una excesiva rotación de los segmentos generados por el agrietamiento de los muros.

Palabras clave: Mampostería confinada, comportamiento fuera del plano, puntal de compresión, agrietamiento, bloques huecos de concreto.

Experimental study of confined masonry walls made of concrete hollow blocks subjected to perpendicular pressures

ABSTRACT

This paper presents the experimental results of a study on the behavior of confined masonry walls subjected to monotonic pressures perpendicular to the wall plane. Three four-side simple supported walls were tested in the laboratory under monotonic uniform pressures; wall specimens were constructed using concrete hollow blocks; uniform pressure was applied using an air bag. Wall specimens were selected based on the minimum requirements specified for confined masonry in the Mexico City masonry technical norm. Major events observed during testing are reported; those events include cracking of masonry and concrete confining elements, relative displacement between masonry wall and confining elements, vertical displacements of wall specimens, and failure mechanism. Based on the experimental results it is concluded that the maximum pressure was at least four times the cracking pressure, and that the observed failure type was related to the excessive rotation of the wall segments generated due to the wall cracking pattern.

Keywords: Compressive strut, confined masonry, cracking, hollow concrete blocks, out-of-plane behavior.

¹ Profesor del Cuerpo Académico de Estructuras y Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Correos electrónicos: vriviera@uady.mx, luis.fernandez@uady.mx, emoreno@uady.mx

² Anteriormente: Estudiante de la Maestría en Ingeniería opción Estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Correo electrónico: dnt055@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

Entre los principales sistemas estructurales resistentes a cargas laterales se encuentran los muros de mampostería. En el país los más recomendados en los reglamentos vigentes son los de mampostería confinada y de mampostería reforzada interiormente (Gaceta Oficial del D. F. 2004; Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán 2004). En el municipio de Mérida se utiliza principalmente muros de mampostería confinada; el uso de mampostería reforzada interiormente es limitado debido a que los bloques con tres celdas verticales utilizados en la región dificultan la colocación de barras de acero de refuerzo vertical en su interior. Para el diseño de muros de mampostería confinada en el municipio, a falta de normas técnicas regionales, se utilizan de manera supletoria las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM) del Distrito Federal. Esto resulta en ocasiones inadecuado debido a que los bloques y morteros disponibles en el municipio no cumplen con los requisitos de calidad especificados en dichas normas (González Torres 2006; Marín Gómez 2008); adicionalmente, los requisitos mínimos de confinamiento que se especifican en las NTCM para muros de mampostería probablemente no sean los adecuados para la región, ya que el Distrito Federal es una zona de alta sismicidad con bajas velocidades de viento y el sureste del país es una zona de intensa actividad de huracanes y de baja sismicidad.

El comportamiento de muros de mampostería confinada sujetos a presiones uniformes perpendiculares a su plano no ha sido estudiado experimentalmente en el país; existen sin embargo trabajos realizados sobre dicho tema en otros países, por ejemplo los trabajos de Drysdale y Essawy (1998), Abrams *et al.* (1996), Griffith y Vaculik (2007) y Tu *et al.* (2007). Los primeros tres trabajos estudiaron muros de mampostería no reforzada (sin acero de refuerzo ni elementos confinantes), o mampostería simple tipo “diafragma” (muros de mampostería rodeados por un marco de concreto reforzado); el cuarto trabajo estudió muros de mampostería confinada sujetos a cargas concentradas en su parte superior. Basado en el trabajo de dichos autores se encontró que las principales variables que afectan el comportamiento de muros de mampostería sujetos a cargas perpendiculares a su plano son: las condiciones de apoyo, la relación de aspecto (altura entre longitud), la relación de esbeltez (altura entre espesor), la rigidez de los elementos confinantes y la carga axial.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar el comportamiento fuera del plano de muros de mampostería confinada. Como parte de los objetivos

experimentales de dicho proyecto se pretende ensayar en el laboratorio diversos muros de mampostería confinada para estudiar el efecto de las diferentes variables, presentadas anteriormente, en el comportamiento fuera del plano de los muros. En la primera parte del proyecto se estudia como variable las condiciones de apoyo, por lo que se ensayaron en el laboratorio tres muros de mampostería con apoyos simples en cuatro bordes; posteriormente, se ensayarán tres muros con apoyos simples en tres bordes. En este trabajo se presentan los resultados experimentales de los primeros tres muros de mampostería confinada sujetos a presiones monotónicas uniformes perpendiculares a su plano. Las características de los muros fueron seleccionadas usando los requisitos mínimos especificados para el confinamiento en las NTCM vigentes. Se reportan los principales eventos observados durante los ensayos, como son el agrietamiento de la mampostería y de los elementos confinantes, el desplazamiento relativo entre hiladas de bloques, el desplazamiento vertical de los muros y el mecanismo de falla.

METODOLOGÍA

Diseño y construcción de los muros de mampostería

Se seleccionaron tres muros aislados de mampostería confinada con una longitud de 3.57 m y una altura de 1.76 m. Los muros se construyeron utilizando bloques huecos de concreto prefabricados con dimensiones nominales de 0.15 x 0.20 x 0.40 m y mortero en proporciones por volumen 1:2:7 (cemento Pórtland: cal: arena). El confinamiento consistió en castillos y dalas de concreto reforzados con 4 barras longitudinales de acero corrugado de $\frac{3}{8}$ ” (9.5 mm) de diámetro y estribos de alambra liso de $\frac{1}{4}$ ” (6.4 mm) de diámetro espaciados a cada 0.2 m. Las secciones transversales de castillos y dalas fueron de 0.15 x 0.15 m. La resistencia a compresión axial de diseño del concreto fue de 15 MPa; la resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo longitudinal y transversal fue de 420 y 232 MPa, respectivamente. Las condiciones de apoyo seleccionadas para los muros fueron apoyos simples perimetrales. La longitud y altura de los muros se seleccionaron considerando la separación máxima de castillos especificada en las NTCM, el tamaño máximo de las bolsas de aire disponibles en el mercado, y fijando una relación de aspecto de los muros de 0.5; esta relación representa el valor mínimo observado para muros de mampostería confinada en construcciones de la región; en general, dicha relación de aspecto varía entre 0.5 y 1.0. Las características de los elementos confinantes seleccionadas se basaron también en las especificaciones mínimas para muros de mampostería confinada de las NTCM. La relación de aspecto de los muros fue de 0.49 y la de esbeltez de 11.7.

En la Figura 1 se presentan las dimensiones y la distribución de bloques de los muros.

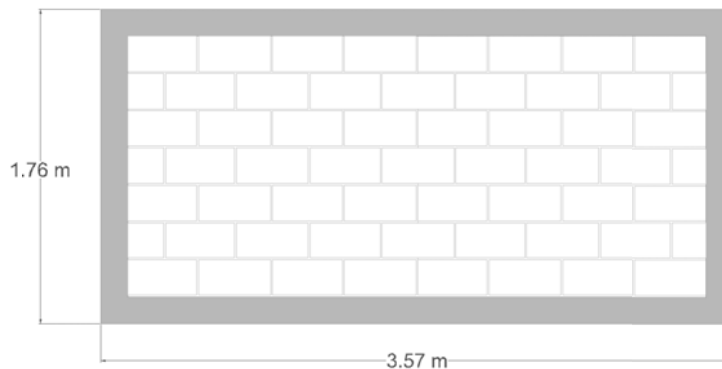


Figura 1. Dimensiones y distribución de bloques en muros

Los muros fueron contruidos a plomo y nivel por un trabajador calificado de la región. El mortero se colocó tanto en las caras horizontales como las verticales de los bloques; en las primeras, se colocó en las paredes de las celdas exteriores y paralelas a la longitud de los bloques huecos y en las segundas, sobre toda el área, de acuerdo a la práctica de la región. Los espesores promedio de las juntas fueron de 10 mm. Antes de la construcción se realizaron pruebas a compresión axial de los bloques de acuerdo con las normas NMX-C-036-ONNCCE; a su vez, durante la construcción se tomaron muestras del mortero y concreto para determinar sus correspondientes resistencias a compresión axial; las primeras de acuerdo con las normas NMX-C-061-ONNCCE y las segundas con las NMX-C-083-ONNCCE. En todos los casos anteriores se ensayaron seis muestras. Para la elaboración del mortero y del concreto se utilizó cemento portland compuesto 30-R (CPC-30R). Los muros espécimen se denominan en este trabajo según el orden en que se ensayaron como E-1, E-2 y E3, respectivamente.

Diseño del sistema de carga e instrumentación

Para el ensaye de los muros especímenes se construyó un muro de reacción de mampostería confinada de dimensiones similares a las de los especímenes. El muro se diseñó para que sea más resistente que los muros especímenes y por tanto para que no falle durante los ensayos. Los apoyos de los especímenes, localizados al centro y a lo largo de los castillos y las dalas correspondientes, consistieron en tubulares de acero estructural (PTR 4" x 4" x 1/8", 102 x 102 x 32 mm); a cada tubular se le colocó a lo largo de su longitud una barra redonda de acero de 3/4" (19 mm) de diámetro para permitir la rotación de los especímenes; se colocaron conectores entre los especímenes y el muro de reacción consistentes en barras de acero roscadas de 1/2" (13 mm) de diámetro; se dejó una separación de 0.2 m entre los especímenes y el muro de

reacción para colocar una bolsa de aire de carga; dicha bolsa, de 3 m de longitud y 1.2 m de altura, se colocó al centro de cada espécimen. La presión en la bolsa de aire se incrementó monotónicamente hasta la falla de los muros especímenes; la presión se midió utilizando dos transductores de presión marca "Sensotec" de 17.25 y 34.5 KPa de capacidad. Para medir los desplazamientos de los especímenes se utilizaron 14 potenciómetros lineales marca "ETI"; 10 de 50 mm de longitud para medir los desplazamientos fuera del plano, 2 de 25 mm de longitud para medir los desplazamientos verticales de los extremos y 2 de 25 mm de longitud para medir los desplazamientos al centro. La adquisición de datos se realizó utilizando un equipo de marca "National Instruments" (chasis SCXI 1000, módulos SCXI 1520, bloques terminales SCXI 1314, y tarjeta de adquisición 6036). En la Figura 2 se presenta la distribución de los potenciómetros lineales en un muro espécimen y en la Figura 3 se presentan vistas de un muro espécimen antes del ensaye.

RESULTADOS

Pruebas de materiales

La resistencia a compresión axial promedio de los bloques, determinada sobre área total, fue de 6.3 MPa. La resistencia a compresión axial promedio del mortero (f_j) y del concreto (f_c) utilizados en cada muro se presentan en la Tabla 1; los valores de dicha tabla se obtuvieron de muestras curadas por inmersión en agua durante 28 días y ensayadas a las edades presentadas.

Comportamiento de muros

La descripción del comportamiento de los muro se hace con base en los principales eventos observados durante el ensaye, como son el agrietamiento de la mampostería y los elementos confinantes, el desplazamiento relativo entre hiladas de bloques, el desplazamiento vertical de los muros y el mecanismo de falla. Las presiones reportadas para los muros corresponden a las medidas

en la bolsa de aire; los desplazamientos corresponden a los medidos fuera del plano al centro de los muros, a menos que se especifique otra cosa. La primera hilada de bloques se refiere a la inmediata superior a la cadena

inferior; la cara frontal del muro se refiere a la que no está en contacto con la bolsa de aire y la cara posterior a la que está en contacto con dicha bolsa.

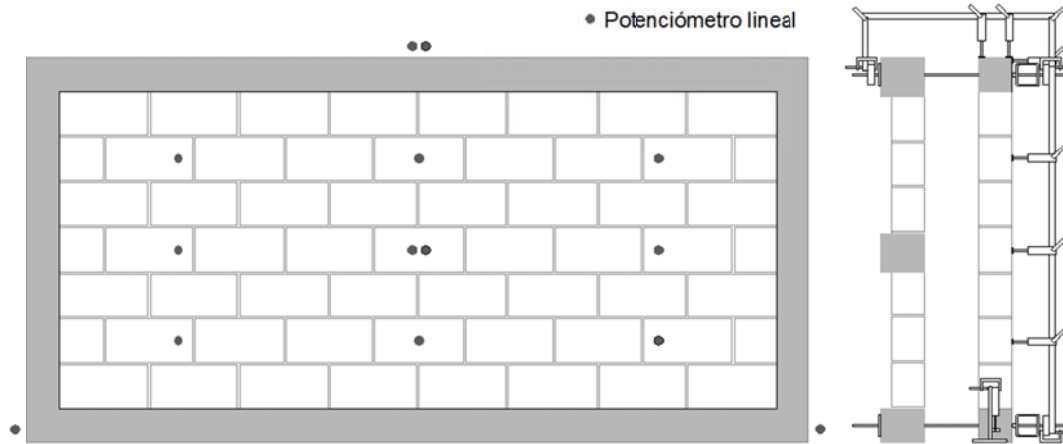


Figura 2. Distribución de potenciómetros lineales en muro



Figura 3. Vistas de un muro antes del ensaye

Tabla 1. Resistencia a compresión axial de morteros y concretos

Muro	f_j (MPa)	Edad (días)	f_c (MPa)	Edad (días)
E-1	5.5	60	19.4	64
E-2	4.9	152	17.8	152
E-3	4.2	48	19.9	47

El primer evento observado en el espécimen E-1 fue la aparición de una grieta horizontal en la cara frontal localizada entre la cuarta y quinta hilada de bloques (Figura 4a); la presión y el desplazamiento fueron de 3.03 KPa y 0.4 mm, respectivamente. Al incrementarse la presión se observó la propagación de dicha grieta horizontal y la aparición de nuevas grietas horizontales e inclinadas (Figura 4b). La presión máxima fue de 13.75 KPa con un desplazamiento de 13 mm; el patrón de agrietamiento del muro asociado a dicha presión se presenta en la Figura 4c. Posteriormente debido al desplazamiento de los segmentos se presentó una

disminución en la presión del espécimen hasta un valor de 8.90 KPa donde se observó el colapso del espécimen. Durante el ensaye se observó que los castillos y las dalas se desplazaron verticalmente; dichos desplazamientos no se registraron para este espécimen debido a que no se colocaron instrumentos para medirlos. Detalles de los desplazamientos verticales se presentan posteriormente. Los potenciómetros lineales se retiraron a un desplazamiento de 14 mm aproximadamente para evitar su daño.

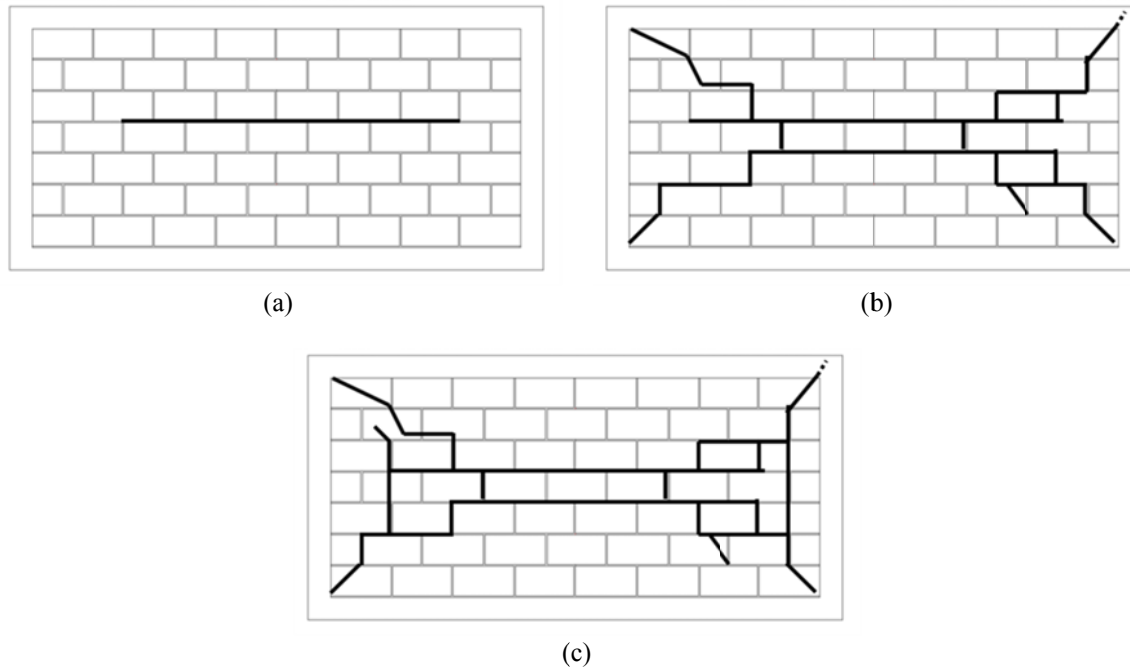


Figura 4. Eventos observados en espécimen E-1

El primer evento observado en el espécimen E-2 fue la aparición de una grieta horizontal en la cara frontal localizada entre la cuarta y quinta hilada de bloques, similar a la observada para el espécimen E-1 (Figura 5a); la presión y el desplazamiento fueron de 4.98 KPa y 0.6 mm, respectivamente. Al incrementarse la presión se observó la propagación de dicha grieta horizontal y la aparición de nuevas grietas horizontales e inclinadas (Figura 5b). A una presión de 6.93 KPa y un desplazamiento de 1 mm se observó el desplazamiento vertical de los castillos y las dalas del muro (Figura 5c). A una presión de 12.60 KPa y un desplazamiento de 5.5 mm se observaron grietas inclinadas en las uniones de los castillos y las dalas del muro (Figura 5d). La presión máxima fue de 13.60 KPa con un desplazamiento de 11 mm; posteriormente se presentó una disminución en la presión del muro hasta un valor de 9.05 KPa donde se observó el deslizamiento relativo fuera del plano del

muro entre la sexta y séptima hilada de bloques (indicado con una línea punteada) (Figura 5e). Finalmente, a una presión de 8.39 KPa se observó el colapso del espécimen.

Para el caso del espécimen E-3, el primer evento observado fue la aparición de una grieta horizontal en la cara frontal localizada entre la cuarta y quinta hilada de bloques similar a la observada para los especímenes E-1 y E-2 (Figura 6a); la presión y el desplazamiento fueron de 2.03 KPa y 0.1 mm, respectivamente. Al incrementarse la presión en el muro se observó la propagación de dicha grieta horizontal y la aparición de nuevas grietas horizontales e inclinadas (Figura 6b). A una presión de 8.36 KPa y un desplazamiento de 0.7 mm se observó el desplazamiento vertical de los castillos y las dalas del muro (Figura 6c). A una presión de 14.13 KPa y un desplazamiento de 8.8 mm se

observaron grietas inclinadas en las uniones de los castillos y las dadas del muro (Figura 6d). La presión máxima fue de 14.33 KPa con un desplazamiento de 9.7 mm; posteriormente se presentó una disminución en la presión del muro hasta un valor de 10.83 KPa donde se observó el deslizamiento relativo fuera del plano del muro entre la primera hilada de bloques y la cadena inferior (indicado con una línea punteada) (Figura 6e). Finalmente, a una presión de 9.66 KPa se observó el colapso del espécimen.

Durante el ensaye de los tres especímenes se observó

también el agrietamiento de la cara posterior en contacto con la bolsa de aire. El agrietamiento se localizó entre la cadena inferior y la primera hilada de bloques (Figura 7), entre la sexta y la séptima hilada de bloques (Figura 8) y entre los castillos y los bloques de los extremos (Figura 9). En la Figura 10 se presenta la curva presión – desplazamiento obtenida para los tres muros especímenes. En la Figura 11 se presenta la curva presión – desplazamiento vertical obtenida para el espécimen E-3; dicho desplazamiento fue medido en la longitud media de la cadena superior.

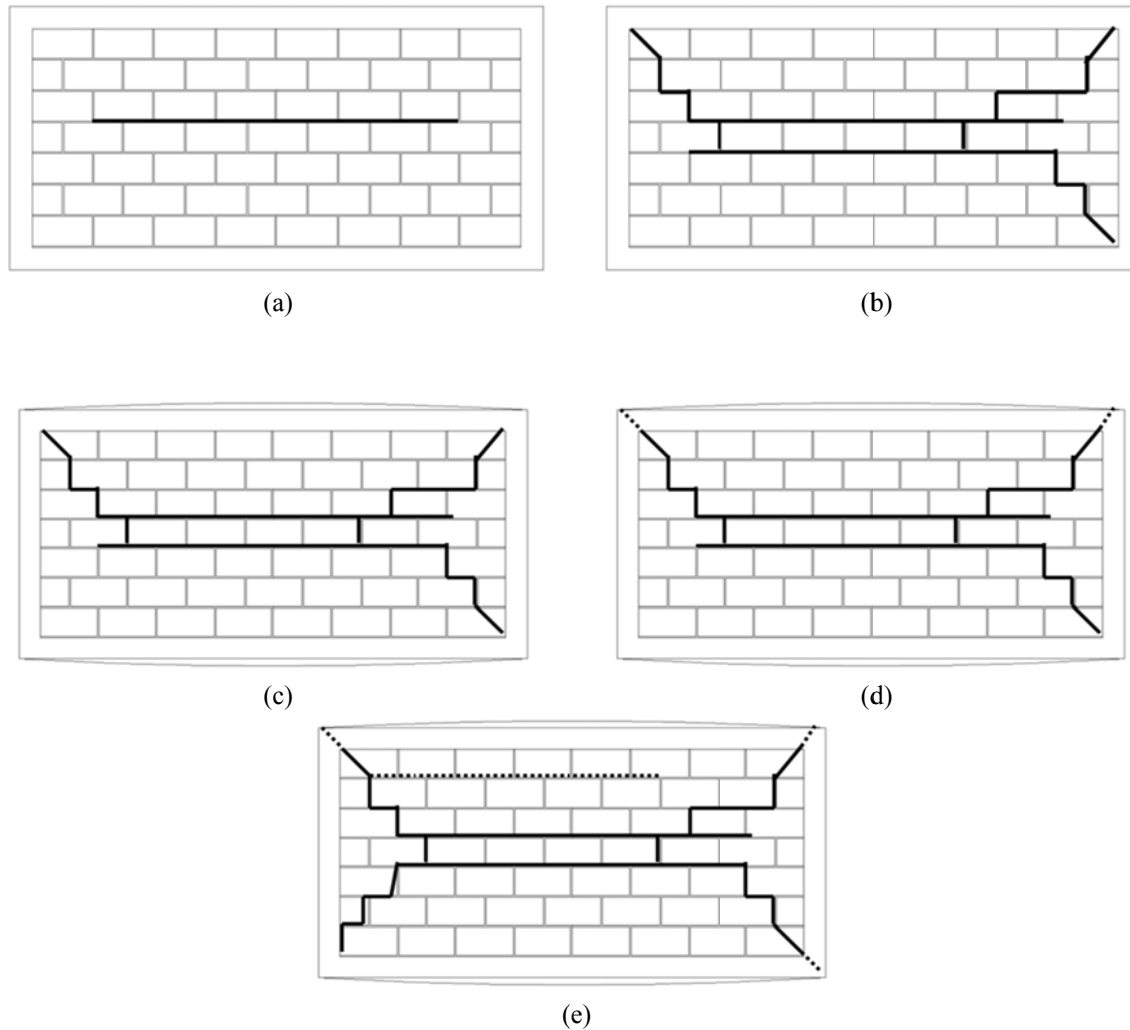


Figura 5. Eventos observados en espécimen E-2

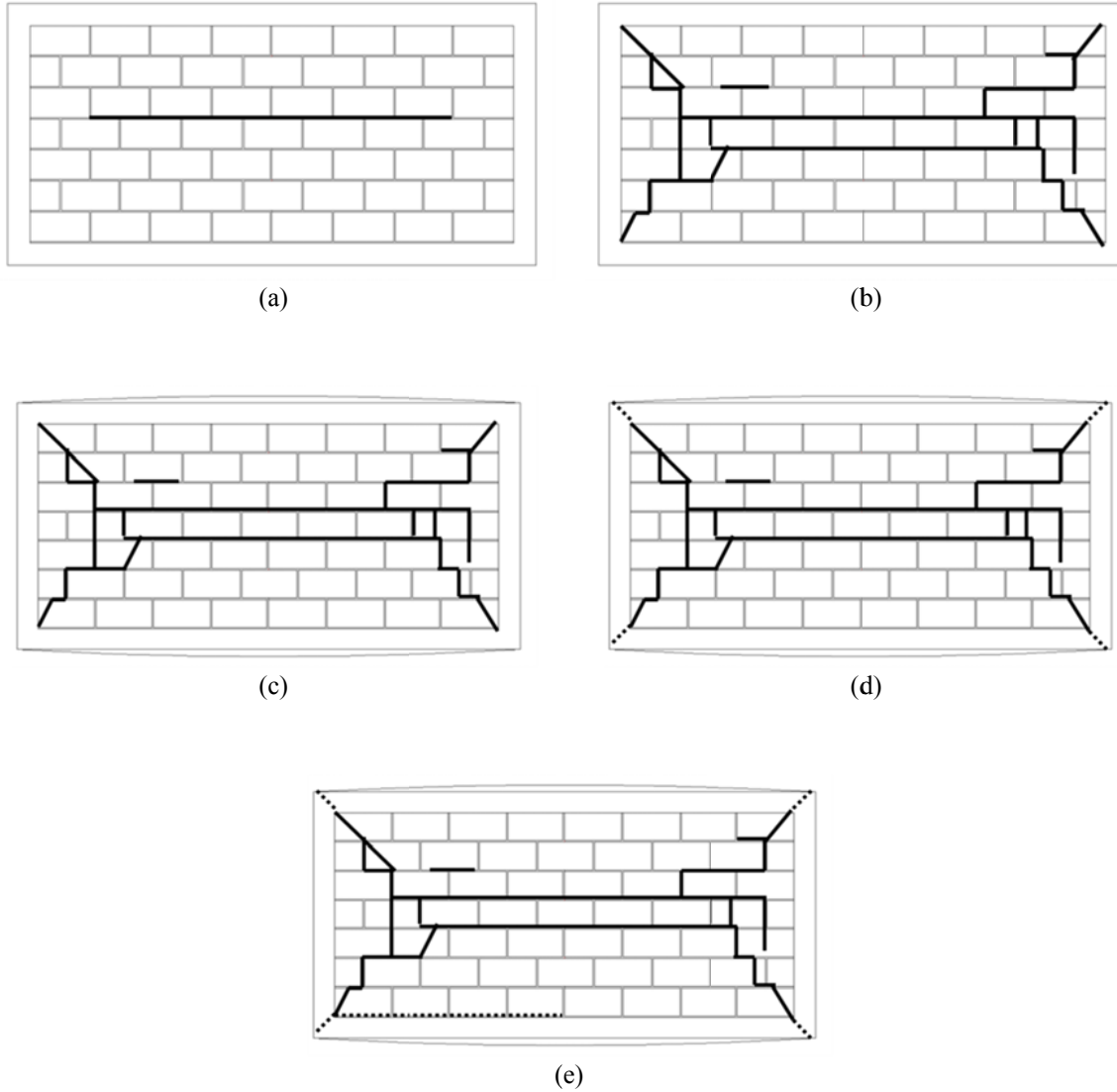


Figura 6. Eventos observados en espécimen E-3



Figura 7. Grieta entre cadena inferior y primera hilada de bloques



Figura 8. Grieta entre la sexta y séptima hilada de bloques



Figura 9. Grietas entre castillos y bloques

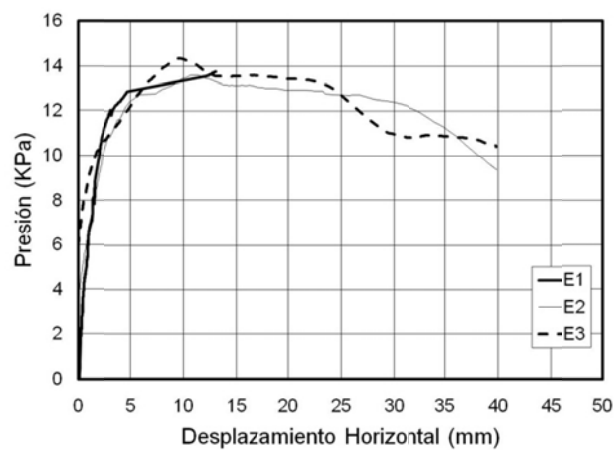


Figura 10. Curvas presión – desplazamiento horizontal para los tres especímenes

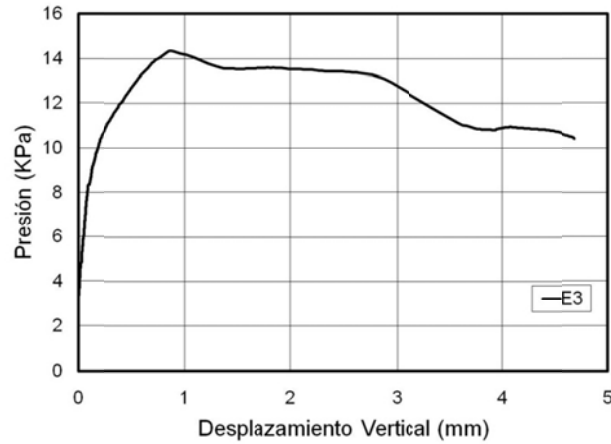


Figura 11. Curva presión – desplazamiento vertical del espécimen E-3

La falla de los especímenes se asoció a la excesiva rotación de los segmentos superior e inferior de los muros, los cuales colapsaron al aumentar el desplazamiento horizontal (Figura 12).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Patrones de agrietamiento

En general el patrón de agrietamiento de los tres especímenes fue similar; dicho patrón se conformó por 5 segmentos: dos de forma trapezoidal, dos de forma triangular y uno de forma rectangular (Figura 13). Los máximos esfuerzos de tensión por flexión se encuentran al centro de la cuarta hilada. La primera grieta

horizontal en los especímenes fue entre la cuarta y quinta hilada de bloques, debido a que la resistencia de los bloques fue mayor que la adherencia en la junta. Se observó que la séptima hilada de bloques permaneció unida a la cadena superior; lo anterior se debió a que al colocar el concreto se llenó la parte superior de las celdas de los bloques de dicha hilada. Se observaron grietas diagonales en las uniones de los castillos y la dala superior (Figura 14). Estas grietas se atribuyen a la torsión generada por la fuerza de compresión del segmento superior del muro el cual se encuentra en contacto con la dala superior; dicha fuerza actuó de manera excéntrica sobre dicha cadena.



Figura 12. Vista del espécimen E-1 antes de colapsar

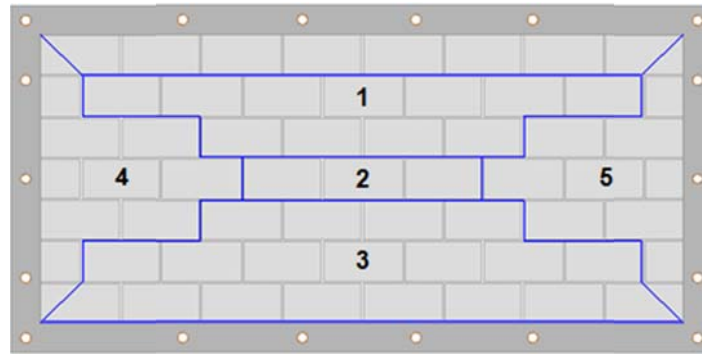


Figura 13. Formación de segmentos en muro

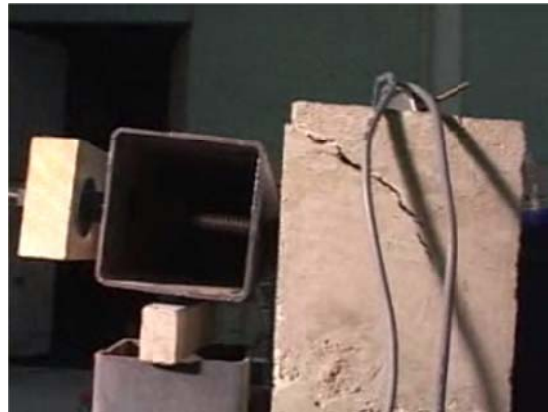


Figura 14. Agrietamientos en uniones dala – castillo

Presiones de agrietamiento y máximas.

Las presiones de agrietamiento presentadas anteriormente para los muros corresponden a las reportadas al observar el primer agrietamiento durante los ensayos. Debido a que fue difícil determinar el instante al cual ocurrió la primera grieta, se determinaron nuevas presiones de agrietamiento utilizando las curvas presión–desplazamiento de cada muro. Dichas presiones se obtuvieron aproximando con dos líneas rectas la parte ascendente de cada curva; se consideró que la presión de agrietamiento corresponde a la intersección de las dos líneas. Las nuevas presiones de agrietamiento fueron de 3.38, 3.43 y 2.69 KPa, respectivamente.

Las presiones máximas de los muros fueron en general similares (13.75, 13.60 y 14.33 KPa, respectivamente); la relación entre dichas presiones máximas y las correspondientes de agrietamiento, obtenidas con el procedimiento descrito anteriormente, fue de cuando menos cuatro. Lo anterior muestra que el diseño fuera del plano de muros de mampostería confinada, considerando como criterio de diseño el primer

agrietamiento, es conservador. Las presiones máximas obtenidas en este trabajo son, desde el punto de vista práctico de la región, mayores que las presiones de diseño de viento que se obtendrían para un muro con las características descritas anteriormente; lo anterior implica que los espaciamientos de castillos y cadenas utilizados en este trabajo se pueden aumentar para eficientar el diseño eólico de los muros estudiados; existe la posibilidad que dichos espaciamientos sean mayores que los mínimos especificados en las NTCM.

Desplazamiento vertical y mecanismo de falla de los muros

Durante el ensayo se observó el desplazamiento vertical de los castillos y dalas de los muros; dicho desplazamiento se relaciona con la rotación de los segmentos superior e inferior del muro (Figura 15); al rotar los segmentos se generan puntales de compresión que se transmiten a la cadena superior (segmento a-b) e inferior (segmento c-d). La resultante de los puntales de compresión genera fuerzas verticales en la dala superior del muro (Figura 16), causando por tanto su desplazamiento vertical.

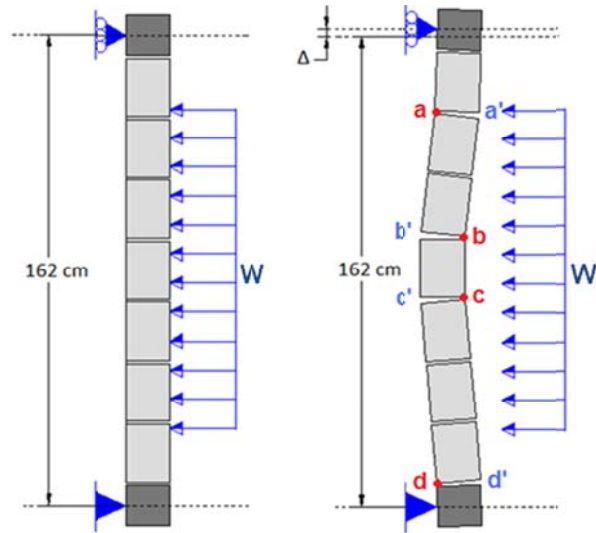


Figura 15. Rotación de segmentos al centro del muro

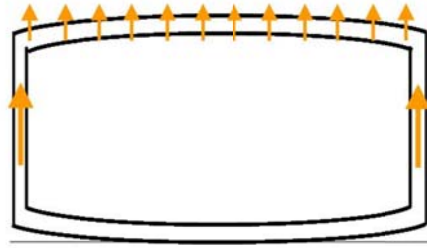


Figura 16. Desplazamiento vertical de castillos y dalas

La presión aplicada a los muros, posterior al agrietamiento, se equilibra con las componentes horizontales de los puntales de compresión; los puntales dependen de la resistencia y rigidez de los elementos confinantes del muro. Si la resistencia es la suficiente, y la rigidez de dichos elementos aumenta, la presión máxima aumenta; un posible límite para dicha presión máxima es el aplastamiento por compresión axial de los puntales. Para el caso de los muros estudiados, la rigidez no fue la suficiente para generar dicha falla por aplastamiento, por tanto el colapso fue debido a la rotación de los segmentos del muro.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados experimentales obtenidos del ensaye de tres muros de mampostería confinada sujetos a presiones fuera del plano, se presentan las

siguientes conclusiones:

- Las presiones máximas de los muros estudiados fueron cuando menos cuatro veces mayores que las correspondientes de agrietamiento; lo anterior muestra la importancia de considerar en el diseño el comportamiento posterior al agrietamiento de los muros y la contribución de los elementos confinantes.
- El tipo de falla observado corresponde a una excesiva rotación de los segmentos generados por el agrietamiento de los muros.
- El comportamiento posterior a la aparición de las primeras grietas depende de la formación de un mecanismo de puntales de compresión. La presión máxima depende de la resistencia y la rigidez de los elementos confinantes.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico recibido por el CONACYT para el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Abrams D., Angel R., Uzarski J. (1996). *Out of Plane Strength of Unreinforced Masonry Infill Panels*. Earthquake Spectra, 12 (4), 825-844.

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (2004). Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida, publicado el 14 de Enero del 2004.

Drysdale R., Essawy A. (1998). *Out of Plane Bending of Concrete Block Walls*. ASCE Journal of Structural Engineering, 114 (1), 121-133.

Gaceta Oficial del D. F. (2004). Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, publicado el 6 de Octubre del 2004.

González Torres V. (2006). *Determinación de la resistencia a compresión axial de muros de mampostería de bloques de concreto usada en Yucatán*. Tesis de Maestría en Ingeniería opción Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Griffith M., Vaculik J. (2007). *Out of Plane Flexural Strength of Unreinforced Clay Brick Masonry Walls*, TMS Journal, 25 (1) 53-68.

Marín Gómez F. J. (2008). *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el modulo de cortante de la mampostería de piezas de concreto*. Tesis de Maestría en Ingeniería opción Estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

NMX-C-036-ONNCE (2004). Industria de la construcción - Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines- Resistencia a la compresión - método de prueba. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F.

NMX-C-061-ONNCCE (2001). Industria de la construcción – Cemento - Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F.

NMX-C-083-ONNCCE (2002). Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto – Método de prueba. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F.

Tu Y.-H., Liu P.-M., Lin H.-P. (2007). *Out-of-Plane Seismic Behavior of Unreinforced Masonry In-filled Walls*. Proceedings of Sessions of the 2007 Structures Congress, Long Beach, California, USA.

Este documento debe citarse como:

Varela Rivera, J. L., Navarrete Macías, D., Fernández Baqueiro, L. E., Moreno, E. I. (2010). **Estudio experimental de muros de mampostería confinada de bloques huecos de concreto sujetos a presiones perpendiculares a su plano**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 14-3, pp 149-160, ISSN: 1665-529-X.