

EFFECTOS DEL PERALTE DE LAS COLUMNAS EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Por: Ángel San Bartolomé, Jorge Bernardo y Mario Peña

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

RESUMEN

Existiendo la posibilidad de que ante los sismos se produzca la desconexión entre las columnas de gran peralte con la albañilería de los muros confinados, se ensayaron a carga lateral cíclica dos muros de 2.40x2.40x0.13 m, construidos bajo las mismas condiciones, pero con diferentes peraltes en las columnas de confinamiento: 20cm (M1) y 40cm (M2). Como resultado se obtuvo incrementos en la rigidez y en la resistencia del muro conforme aumentó el peralte de la columna, lo que era predecible, manteniéndose la integración entre la albañilería y la columna.

1. INTRODUCCIÓN

La albañilería confinada es un sistema estructural constituido por un muro de albañilería enmarcado por un pórtico de concreto armado, vaciado con posterioridad a la construcción de la albañilería, proceso que permite garantizar una adecuada integración entre ambos materiales. Esta integración también se debe a que las columnas son de poco peralte, lo cual hace que ante los sismos ellas sigan la deformada de la albañilería, tanto en el régimen elástico como inelástico.

Sin embargo, se considera que cuando la columna presenta un peralte importante, se rigidiza y deja de mimetizarse con la albañilería, lo que podría producir una fractura vertical en el encuentro entre estos elementos; esto haría que las columnas dejen de confinar a la albañilería, e incluso, dejen de servirles como arriostres ante cargas sísmicas transversales al plano del muro. Este efecto, se analizó mediante ensayos de carga lateral cíclica y mediante la teoría de elementos finitos.

2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Se efectuaron ensayos sobre los materiales empleados en este proyecto (ladrillos, concreto y prismas de albañilería). El mortero utilizado tuvo una proporción cemento-arena gruesa 1:4 y las juntas tuvieron un espesor nominal de 1cm. Los resultados, de acuerdo a la Norma E.070 (Ref.1), fueron:

Ladrillos de arcilla. La unidad de albañilería fue clase IV, con dimensiones 24x13x9 cm y 18 perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que ocuparon el 30% del área bruta, razón por cual la unidad calificó como "sólida". La resistencia característica a compresión fue $f'b = 152 \text{ kg/cm}^2$ y la succión resultó $44 \text{ gr/200 cm}^2\text{-min}$, por lo que las unidades fueron regadas durante 30 minutos unas 10 horas antes de asentarlas, para disminuir la succión.

Pilas. El ensayo de compresión axial sobre 4 pilas de albañilería, de altura nominal 60cm (6 hiladas), proporcionó una resistencia característica a la compresión $f'm = 88 \text{ kg/cm}^2$, con lo cual, de acuerdo a la Ref.1, el módulo de elasticidad resulta: $E_m = 500 f'm = 44000 \text{ kg/cm}^2$.

Muretes. El ensayo de compresión diagonal sobre 4 muretes de albañilería, con dimensiones nominales de 60x60 cm, proporcionó una resistencia característica a corte puro $v'm = 9.38 \text{ kg/cm}^2$.

Concreto. El concreto de las columnas tuvo una resistencia a la compresión ($f'c$) igual a 188 kg/cm^2 .

3. CARACTERÍSTICAS Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MUROS CONFINADOS

Los dos muros (Fig.1) fueron hechos en aparejo de soga, con una conexión albañilería-columna a ras, pero con la adición de mechas de 6mm de diámetro cada 2 hiladas, embutidas 40cm en la albañilería y 15cm en la columna más un gancho vertical a 90° de 10cm. En ambos muros, se utilizó el mismo procedimiento constructivo y la misma viga solera (reforzada con 4 ϕ 3/8" y \square 6mm 1 @ 5, 4@10, r @ 20cm), la diferencia principal radicó en el peralte de las columnas de confinamiento, tratándose de mantener constante el área del refuerzo vertical (As).

Muro M1. En M1 las columnas tuvieron un peralte de 20cm, que ocuparon el 17% de la longitud total del muro. Cabe señalar que a pesar de usarse vibradora, estribos con 1¾ de vuelta (sin ganchos) y piedras de ½" en el concreto, se presentaron cangrejas en una de las columnas (a la mitad de la altura, Fig.11), las que se repararon introduciendo grout. El refuerzo utilizado en las columnas fue 4 ϕ ½" (As = 5.16 cm²) y \square 6mm 1 @ 5, 4@10, r @ 20cm.

Muro M2. En M2 las columnas tuvieron un peralte de 40cm, que ocuparon el 33% de la longitud total del muro. El refuerzo utilizado en las columnas fue 2 ϕ ½" + 4 ϕ 3/8" (As = 5.42 cm², 5% mayor que el empleado en M1) y \square 6mm 1 @ 5, 4@10, r @ 20cm.

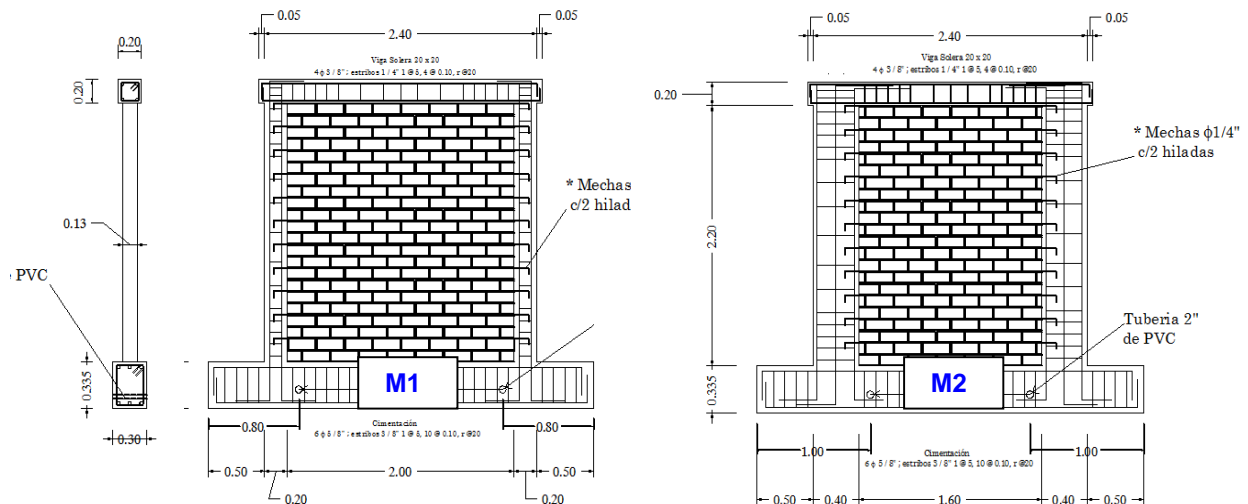


Fig.1. Características y construcción de los muros M1 y M2.

4. ENSAYO Y COMPORTAMIENTO DE LOS MUROS

4.1 Instrumentación y Fases del Ensayo

Los ensayos realizados fueron de carga lateral cíclica (“V”) con desplazamiento horizontal (“D1” en la Fig.2) controlado. Se emplearon un total de 13 LVDT que permitieron obtener desplazamientos absolutos y relativos.

El ensayo constó de 10 fases (Tabla 1), excepto en el muro M1, donde sólo se aplicaron las 8 primeras fases con la finalidad de repararlo en un proyecto futuro. En cada fase se aplicó un determinado número de ciclos hasta que se establecieran los lazos histeréticos V-D1. Es necesario indicar que la Fase 7 del experimento presenta la deriva máxima (0.005) permitida por la Norma Sísmica E.030 (Ref.2), para la albañilería confinada.

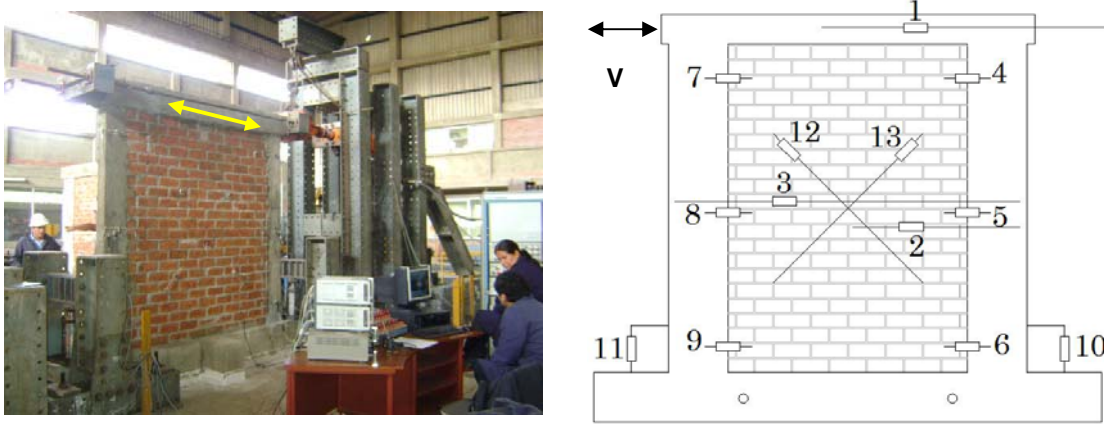


Fig.2. Instrumentación.

Tabla 1. Fases del Ensayo (*).

Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D1 (mm)	0.5	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15	17.5	20
Ciclos	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3

(*) En el muro M1 se aplicaron las 8 primeras fases.

4.2 Comportamiento Cualitativo de los Muros

En la Tabla 2 se describe en forma comparativa el comportamiento que tuvieron los muros en cada fase del ensayo. Durante el experimento se midió también el grosor máximo de la grieta diagonal (“g” en milímetros). En la Fig.3 se muestra el estado final en que quedaron los muros, debiéndose destacar que la reparación de la cangrejera que se presentó en M1 (Fig.11) funcionó adecuadamente.

Por otro lado, en el muro M2 se presentó una grieta vertical en la interfase albañilería-columna derecha, mientras que en la interfase opuesta no hubo fisuras. Esta grieta se inició durante la fase 4 del ensayo. Una inspección posterior al ensayo (Fig.4), demostró que esta grieta fue producida por cangrejeras internas en la columna, problema que no se presentó en la interfase albañilería-columna izquierda, por lo que esa grieta se atribuye a defectos en la construcción.

Tabla 2. Comportamiento Cualitativo de los Muros.		
Fase	M1 (columnas de 13x20cm)	M2 (columnas de 13x40cm)
1	No se produjeron fisuras.	No se produjeron fisuras.
2	No se produjeron fisuras.	Se produjeron fisuras de tracción por flexión en las columnas.
3	Se produjo la primera grieta diagonal en la mitad inferior de la albañilería ($g = 0.41\text{mm}$) y fisuras de tracción por flexión en las columnas.	Se produjo la primera grieta diagonal en la mitad inferior de la albañilería.
4	Se produjeron 2 grietas diagonales que abarcaron la totalidad de la albañilería; $g = 1.25\text{mm}$.	Se produjeron 2 grietas diagonales, ($g = 1.25\text{mm}$). Se originó una fisura vertical en la interfase albañilería-columna derecha que abarcó las 3 hiladas superiores.
5	Se prolongaron las grietas anteriores; $g = 3\text{mm}$.	Se produjo otra fisura vertical en la interfase albañilería-columna derecha que abarcó 3 hiladas intermedias; $g = 2.5\text{mm}$
6	El talón izquierdo se agrietó; $g = 6.5\text{mm}$.	Las fisuras verticales en la interfase derecha se conectaron y abarcó 11 hiladas; $g = 3\text{mm}$.
7	Se inició la trituration del talón izquierdo y de la albañilería en la zona de intersección de las grietas diagonales; $g = 8\text{mm}$.	Las grietas diagonales alcanzaron grosores de hasta $g = 6.5\text{mm}$.
8	No se generaron nuevas fisuras. El muro se dañó considerablemente en especial el talón izquierdo; $g = 10\text{mm}$. Fin del ensayo.	El talón derecho del muro se fisuró. Se inició la trituration de la albañilería; $g = 9\text{mm}$.
9	---	Se produjo otra fisura diagonal; $g = 12\text{mm}$.
10	---	La fisura vertical en la interfase derecha abarcó las 15 hiladas superiores. Se produjo la trituration del talón izquierdo; $g = 14\text{mm}$.

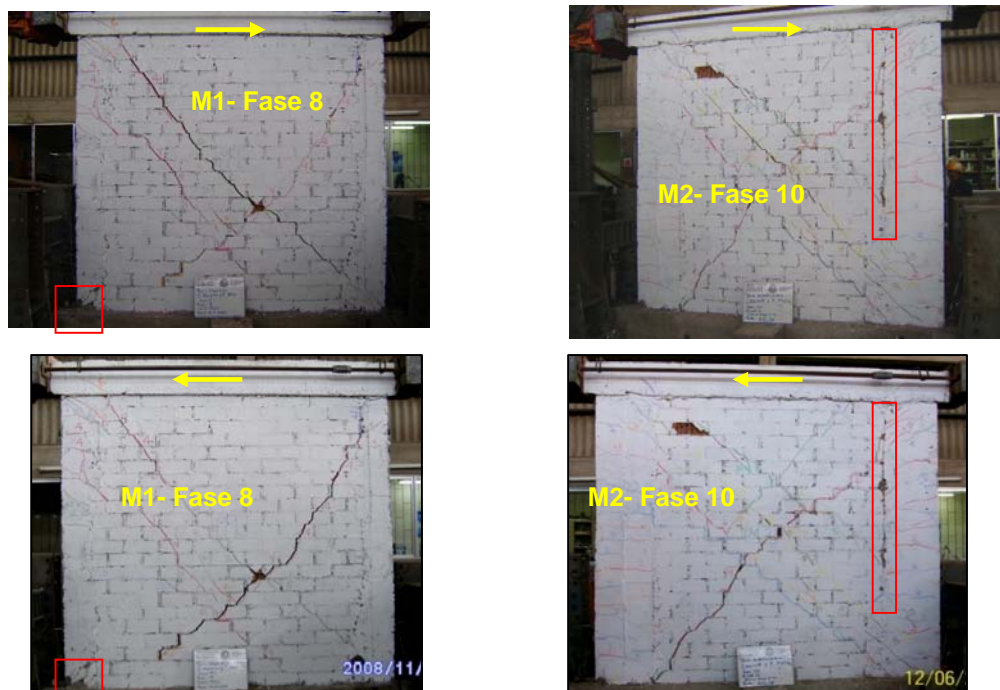


Fig.3. Estado de los muros en la fase final del ensayo. En las 7 primeras hiladas de la interfase albañilería-columna derecha de M2 no hubo fisura vertical.

Fig.4

Inspección post ensayo.
Cangrejas internas en la
interfase albañilería-columna
derecha del muro M2
(izquierda) y en el talón
izquierdo de M1 (derecha).



4.3 Resultados

En la Fig.5 se presenta los lazos histeréticos V-D1 de los muros ensayados. Puede apreciarse que para el muro M2 la rama negativa presenta menor resistencia que la positiva, lo cual se atribuye a la grieta vertical formada en la interfase albañilería-columna derecha (Fig.4). Lo propio se presenta en el muro M1, pero esta vez asociada a la trituration temprana del talón izquierdo, causada también por cangrejas internas (Fig.4). De este modo, con fines comparativos, para eliminar los problemas asociados a defectos en la construcción, la envolvente V-D1 correspondiente al primer ciclo de cada fase (Fig.6), fue obtenida utilizando la rama positiva de los lazos V-D1 de ambos muros.

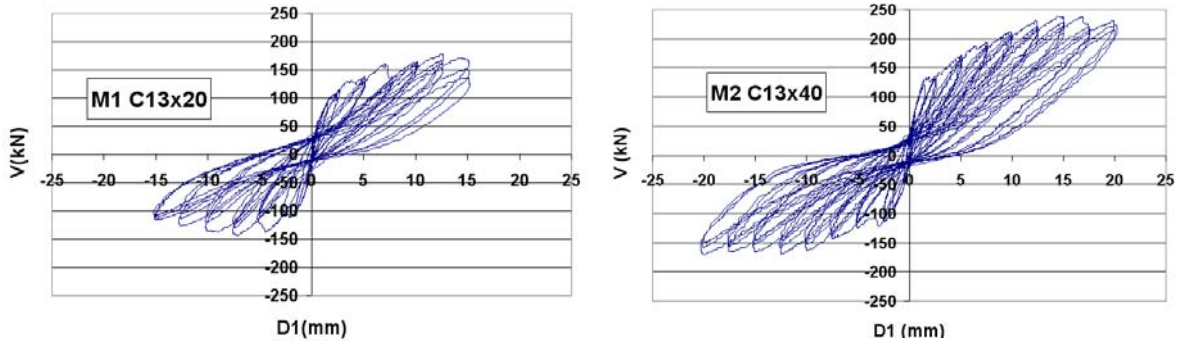
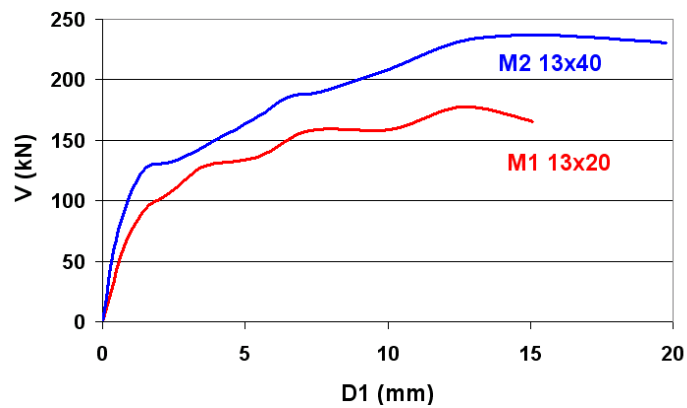


Fig.5. Lazos histeréticos V-D1 de los muros M1 y M2.

Fig.6

Envolvente del
primer ciclo de la
rama positiva V-D1.



En la Fig.6 se observa que el muro M2 presenta mayor rigidez lateral y mayor resistencia que M1, lo cual es evidente ya que en M2 el 33% de la longitud total fue ocupada por concreto, mientras que en M1 el peralte de las columnas ocupó el 17% de la longitud total.

5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

Ambos muros fueron analizados elásticamente mediante la teoría de elementos finitos, utilizando elementos de 5x5cm tanto en las columnas como en la solera y en la albañilería. Para el concreto se adoptó un módulo de elasticidad de 200000 kg/cm² y un módulo de Poisson de 0.15, mientras que para la albañilería estos valores fueron 44000 kg/cm² (acápite 2) y 0.25 (Ref.1). Para simular la existencia de un diafragma rígido, se compatibilizaron los desplazamientos laterales del nivel superior, donde se aplicó una carga V = 100 ton, que proporciona un esfuerzo cortante promedio $v = 100000/(13 \times 240) = 32 \text{ kg/cm}^2$ en la sección transversal. Los resultados aparecen en las figuras 7 a 9.

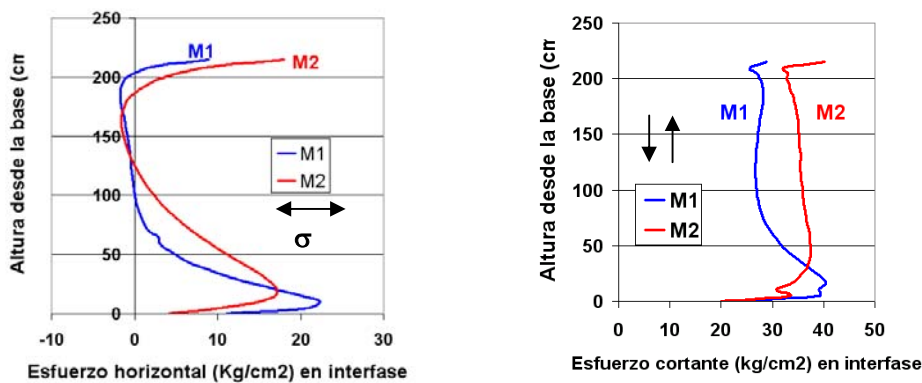
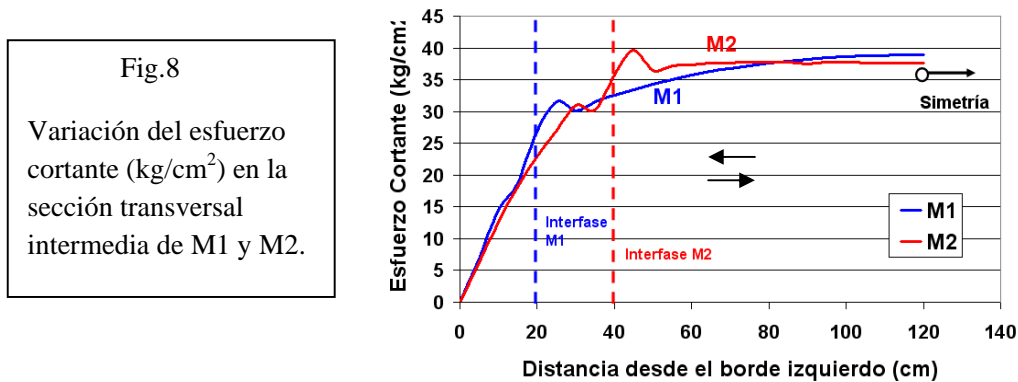
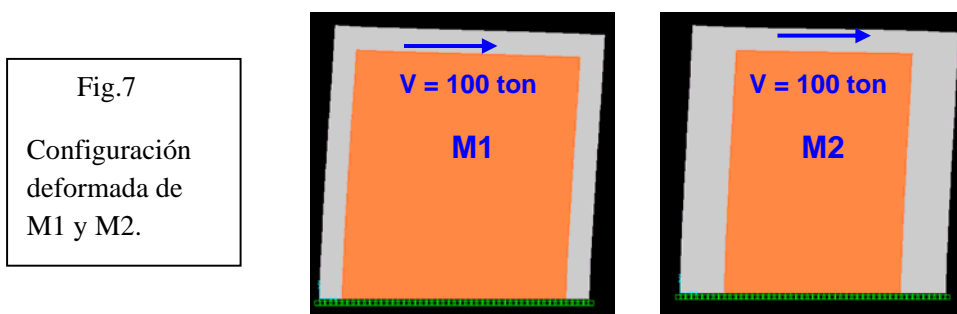


Fig.9. Variación del esfuerzo horizontal (izq.) y del esfuerzo cortante (der.) en la interfase albañilería-columna a lo largo de la altura de M1 y M2.

En la Fig.8 puede observarse que el esfuerzo cortante en una sección transversal intermedia del muro es prácticamente independiente del peralte de las columnas; sin embargo, en la zona de contacto columna-albañilería (“interfase”), el esfuerzo cortante en M2 es 30% mayor que el existente en M1, lo cual también se produce a lo largo de la altura del muro (Fig.9-derecha). En la Fig.9-izquierda se observa que el esfuerzo horizontal (σ) actuante en la interfase es ligeramente mayor en M2 que el actuante en M1. En consecuencia, teóricamente, ante la acción combinada de esfuerzos tangenciales y horizontales, primero se desarrollaría la grieta vertical en la interfase columna-albañilería del muro M2 antes de que se produzca lo propio en M1.

Sin embargo, en la Fig.8 se aprecia que el esfuerzo cortante actuante en la zona central de la albañilería es mayor al existente en la interfase columna-albañilería de ambos muros (1.45 veces en M1 y 1.1 veces en M2), por lo que de producirse la falla por corte en la albañilería, cabe la posibilidad de que no se desarrolle el desgarramiento vertical entre la albañilería y las columnas. Es necesario precisar que la interfase columna-albañilería de M2 está más cerca al centro del muro que la correspondiente a M1, por lo que el esfuerzo cortante en la interfase de M2 supera al de M1.

Cabe destacar que teóricamente en la parte inferior del muro (25cm) se presentan esfuerzos tangenciales y horizontales tan importantes como los existentes en la parte superior (25cm, Fig.9), sin embargo, en las 7 primeras hiladas (70cm) del muro M2 no se presentó la grieta vertical en la interfase albañilería-columna derecha (Fig.3). Asimismo, por simetría, la interfase opuesta, está sujeta a la misma combinación de esfuerzos cuando la carga “V” actúa en sentido contrario, pero no presentó grieta vertical. De este modo, la grieta vertical generada en las 15 hiladas superiores de M2 se atribuye a las cangrejas internas existentes en la interfase derecha (Fig.4).

6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

6.1 Rigidez Lateral (K)

La rigidez lateral obtenida con la técnica de elementos finitos (EF) fue similar a la evaluada aplicando el criterio de la sección transformada (ST, Fig.10) en un muro en voladizo, sin embargo, estos valores teóricos fueron mayores en un 25% que los registrados experimentalmente (Tabla 3), lo cual posiblemente se deba a las cangrejas internas (Fig.4) que presentaron las columnas de ambos muros. Pese a ello, la tendencia de que a mayor peralte de columna se obtenga mayor rigidez lateral, continuó manteniéndose experimentalmente (Fig.6).

Tabla 3. Rigidez Lateral K en ton/mm.

Muro	Teórica	Experimental
M1	14.4 (EF) y 15.0 (ST)	11.6
M2	17.4 (EF) y 16.8 (ST)	13.8

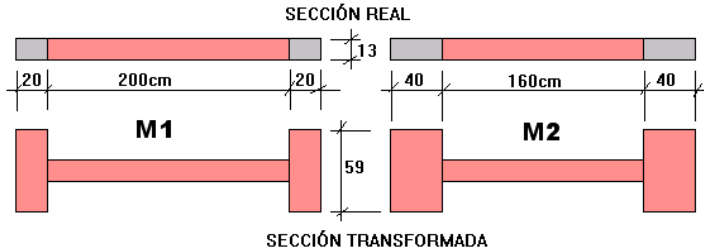
6.2 Módulo de Corte (Gm)

El valor teórico de “Gm” se obtuvo aplicando la expresión de la Ref.1: $G_m = E_m / 2.5 = 44000 / 2.5 = 17600 \text{ kg/cm}^2$ (ver “Em” en el acápite 2). Por otro lado, empleando los desplazamientos diagonales 12 y 13 (Fig.2), experimentalmente para el conjunto albañilería-columna se obtuvo en el rango elástico (fase 1 del ensayo): $G_m (M1) = 18656 \text{ kg/cm}^2$ y $G_m (M2) = 20196 \text{ kg/cm}^2$, que difieren en 6% para M1 y 15% para M2 respecto al valor teórico. El mayor valor experimental de “Gm” obtenido para el muro M2 (8% mayor que M1) se debe a la mayor cantidad de concreto existente en ese muro. Sin embargo, como las diferencias no son sustanciales, la fórmula de la Ref.1 es válida.

6.3 Primera Fisura de Tracción por Flexión (Vf)

Aplicando el criterio de la sección transformada (Fig.10), se determinó la carga asociada a la formación de la primera fisura visible en tracción por flexión. Para ello se utilizó: $E_c = 200000 \text{ kg/cm}^2$, $E_m = 44000 \text{ kg/cm}^2$ (acápite 2), $f'_c = 188 \text{ kg/cm}^2$ (acápite 2), $n = E_c / E_m = 4.54$, $h = 230 \text{ cm}$ = altura desde el eje del actuador hasta la base del muro, $f'_t = 2\sqrt{f'_c} = 2\sqrt{188} = 27.4 \text{ kg/cm}^2$ = resistencia a tracción por flexión del concreto (Ref.3), $f_a = f'_t / n = 27.4/4.54 = 6 \text{ kg/cm}^2$ = resistencia a tracción por flexión transformada en albañilería.

Fig.10
Sección transformada (ST).
Dimensiones en centímetros.



Luego, mediante la expresión $\sigma = M y / I = f_a$, donde: $y = 120 \text{ cm}$ = distancia entre el centroide de la sección transversal a la fibra extrema traccionada, I = momento de inercia de la sección transformada, M = momento flector en la base del muro, se obtuvo "M", con el cual, la fuerza teórica que produce la primera fisura en tracción por flexión es: $V_f = M / h$. Los resultados aparecen en la Tabla 4, donde se aprecia que los valores experimentales fueron mayores que los teóricos en 29% para el muro M1 y 6% para M2.

Tabla 4. Carga asociada a la fisura de tracción por flexión "Vf"(ton).		
Muro	Teórica	Experimental
M1	8.2	10.6
M2	11.4	12.1

6.4 Resistencia al Agrietamiento Diagonal (Vm)

La carga que teóricamente produce la rotura diagonal de la albañilería (V_m), fue determinada mediante la expresión indicada por la Ref.1: $V_m = 0.5 v'_m \alpha t L + 0.23 P_g$, donde: $v'_m = 9.38 \text{ kg/cm}^2$ (acápite 2), α = coeficiente de reducción por esbeltez = 1 para muros cuadrados, $t = 13 \text{ cm}$ = espesor efectivo del muro, $L = 240 \text{ cm}$ = longitud total del muro, P_g = carga de gravedad = 0 (los muros fueron ensayados sin carga vertical). Por otro lado, esta falla se presentó durante la fase 4 del experimento (Tabla 2) y los valores registrados aparecen en la Tabla 5.

Tabla 5. Carga asociada al Agrietamiento Diagonal de la Albañilería "Vm"(ton).		
Muro	Teórica	Experimental
M1	14.6	13.8
M2	14.6	15.1

En la Tabla 5 puede notarse que la diferencia entre los valores teóricos y los experimentales es menor que 5%, por lo que la fórmula de la Ref.1 es correcta. Esta fórmula es independiente del peralte de las columnas, en vista que en las edificaciones reales las columnas presentan pocas proporciones en comparación con la albañilería, que es el material predominante en los muros confinados. Sin embargo, en la Tabla 5 se nota que la resistencia experimental de M2 superó en 9% a la de M1, por lo que sería conveniente que en la Ref.1 se limite el peralte de las columnas de confinamiento, de tal modo que no ocupen más del 33% de la longitud total del muro.

6.5 Resistencia Máxima

El criterio que se aplica en la Norma E.070 (Ref.1) para diseñar a las columnas de confinamiento, es que estas sean capaces de soportar la carga de agrietamiento "Vm" (14.6 ton, acápite 6.4). En este sentido, bastaba con utilizar columnas con las dimensiones y refuerzo que tenía el muro M1. Sin embargo, en M2 se utilizaron columnas con dimensiones exageradas y hasta con un 5% de refuerzo vertical adicional, lo que hizo que M2 presente una resistencia máxima (23.7 ton) que superó en 36% a la resistencia máxima de M1 (17.4 ton).

Debe indicarse que errores en la construcción como el presentado en M2 (Fig.4), podrían hacer que la resistencia máxima disminuya sustancialmente (de 23.7 ton a 16.2 ton en la rama negativa de los lazos histeréticos V-D1, Fig.5) y que la resistencia máxima en M2 se alcanzó para una deriva (0.006) mayor que el límite máximo (0.005) permitido por la Ref.2.

7. CONCLUSIONES y COMENTARIOS

Dada la poca cantidad de especímenes ensayados: M1 con columnas de 20cm de peralte y M2 con columnas de 40cm de peralte, y los errores cometidos en la construcción de las columnas, las conclusiones que se vierten a continuación deben ser verificadas en proyectos futuros similares.

7.1 Análisis por Elementos Finitos

- Para una fuerza lateral determinada, la variación del esfuerzo cortante en una sección transversal intermedia del muro fue prácticamente independiente del peralte de la columna.
- Al ubicarse la interfase albañilería-columna de M2 20% más cerca al centro del muro, donde los esfuerzos cortantes son máximos, los esfuerzos tangenciales en la interfase albañilería-columna de M2 fueron 30% mayores que los existentes en M1; por tanto, M2 resulta más propenso que M1 a desarrollar una grieta vertical en la interfase albañilería-columna. Sin embargo, cabe la posibilidad de que primero falle la albañilería por corte, sin que se desarrolle la grieta en la interfase, ya que el esfuerzo cortante en la zona central superó al existente en la interfase.

7.2 Proceso Constructivo

En la construcción de las columnas de M1 y M2 se presentaron cangrejas que si bien incidieron fuertemente en parte de los resultados, no perjudicaron los fines del estudio.

- Luego del desencofrado de una de las columnas de M1, se observó una cangrejera de tamaño considerable (Fig.11), debido a que la mezcla introducida no fue lo suficientemente fluida. La solución fue rellenarla con concreto fluido (grout, Ref.1) empleando un encofrado en forma de embudo, de tal forma que el grout rebalse para que al secar no se separe del concreto existente. Luego de realizado los ensayos se pudo constatar que esta solución resultó efectiva.
- Tanto en M1 como en M2 se presentaron cangrejas internas que se detectaron después del ensayo. Estas cangrejas afectaron fuertemente la resistencia de ambos muros ante cargas laterales negativas; sin embargo, como el ensayo fue de carga lateral cíclica, para los fines del estudio se trabajó con las cargas positivas (empuje en el muro).
- La cangrejera interna en M2 se presentó en la zona superior de la interfase albañilería-columna derecha, y fue creada por la falta de hermeticidad del encofrado que dejó escapar la lechada de

cemento. Esta cangrejera generó una grieta vertical que abarcó las 15 hiladas superiores, mientras que en las 7 hiladas inferiores de esa interfase y en la interfase opuesta, exentas de cangrejas, no se produjo ninguna fisura vertical.

- La cangrejera interna en M1 se presentó en el talón izquierdo. Esta cangrejera produjo la trituración del concreto en esa zona en una etapa temprana del ensayo.

Fig.11

Cangrejera en la parte intermedia de una columna de M1 y reparación con grout.



7.3 Resultados Experimentales y Teóricos

- El muro M2 tuvo una resistencia máxima 36% mayor que M1, este resultado era de esperarse, puesto que en M2 el área de concreto ocupó el 33% del área total del muro, mientras que en M1 ocupó el 17%. Debe mencionarse que con el diseño estructural indicado en la Ref.1, era suficiente con utilizar en las columnas la sección y el refuerzo empleado en M1, por lo que M2 estuvo sobredimensionado, e incluso tuvo 5% de refuerzo vertical adicional.
- La presencia de la cangrejera interna en la interfase albañilería-columna derecha de M2, hizo que su resistencia máxima disminuya en 46% (de 23.7 ton en la rama positiva de los lazos histeréticos V-D a 16.2 ton en la rama negativa).
- La rigidez lateral y la carga de fisuración en tracción por flexión, tuvieron valores mayores en M2 que en M1, lo cual pudo predecirse matemáticamente.
- La expresión que se indica en la Ref.1 para determinar el módulo de corte ($G_m = E_m/2.5$) quedó verificada experimentalmente.
- La carga de agrietamiento diagonal teórica (V_m) difirió en menos de 5% respecto a los valores experimentales, por lo que la fórmula de la Ref.1 es correcta. Esta fórmula es independiente del peralte de las columnas, en vista que en las edificaciones reales las columnas presentan pocas proporciones en comparación con la albañilería. Sin embargo, como " V_m " de M2 superó en 9% a la de M1, sería conveniente que en la Ref.1 se limite el peralte de las columnas de confinamiento, de tal modo que ellas no ocupen más del 33% de la longitud total del muro.

REFERENCIAS

1. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.070 "Albañilería". Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. SENCICO, 2006.
2. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente". Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. SENCICO, 2006.
3. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.060 "Concreto Armado". Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. SENCICO, 2006.
4. Construcciones de Albañilería. Ángel San Bartolomé. Fondo Editorial PUCP 2001.
5. Blog de Investigaciones en Albañilería <http://blog.pucp.edu.pe/albanileria> Ángel San Bartolomé. 2007.