



## Modelo dinámico no lineal para evaluar el comportamiento sísmico de viviendas de ferrocemento



D. Bedoya-Ruiz\*, G.A. Ortiz, D.A. Álvarez y J.E. Hurtado

Universidad Nacional de Colombia, Apartado 127, Manizales, Colombia

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Recibido el 20 de noviembre de 2013

Aceptado el 22 de abril de 2014

On-line el 5 de octubre de 2014

#### Palabras-clave:

Ferrocemento

Carga cíclica

Ductilidad

Modelo de Bouc-Wen-Baber-Noori

Diseño sismorresistente

### R E S U M E N

En este trabajo se evalúa el comportamiento cíclico de un prototipo de vivienda de ferrocemento, ensamblado mediante muros prefabricados de pared delgada, con la finalidad de identificar sus parámetros estructurales y proponer un modelo dinámico no lineal para simular el comportamiento de viviendas bajo movimientos sísmicos. Para ello se construyó un prototipo a escala real 1:1 y se probó bajo carga cíclica. De los resultados experimentales se obtuvieron: el comportamiento histerético, la rigidez elástica, la resistencia a cortante, la resistencia máxima, la ductilidad, la capacidad de disipación de energía, el amortiguamiento y el coeficiente de capacidad de disipación de energía; todos ellos, parámetros necesarios para la evaluación dinámica de la vivienda de ferrocemento bajo movimientos sísmicos. Al final se implementó el modelo dinámico no lineal de Bouc-Wen-Baber-Noori (BWBN). Este modelo permitió realizar la evaluación sísmica de la vivienda prefabricada de ferrocemento bajo sismos ocurridos.

© 2013 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Nonlinear dynamical model for the assessment of the seismic behaviour of ferrocement houses

#### A B S T R A C T

This article evaluates the cyclic behaviour of a prototype of a precast ferrocement house, which is assembled using precast thin walls, in order to identify its structural parameters and propose a nonlinear dynamical model which is able to simulate the behaviour of those houses when subjected to seismic loading. For this purpose, a full-scale precast ferrocement house was tested under cyclic loading conditions. From the experimental results, the hysteretic behaviour, the elastic stiffness, the shear resistance, the maximum strength, the ductility, the energy dissipation, the equivalent damping and its coefficient of energy dissipation were assessed; those parameters are needed in order to evaluate the dynamic behaviour of ferrocement dwellings when subjected to earthquakes. At the end, the Bouc-Wen-Baber-Noori (BWBN) model of hysteresis was implemented. The model allowed performing the seismic evaluation of the precast ferrocement house under seismic activity.

© 2013 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

#### Keywords:

Ferrocement

Cyclic loading

Ductility

Bouc-Wen-Baber-Noori model

Earthquake resistant design

## 1. Introducción

La actividad sísmica propia del planeta Tierra ha hecho necesario crear materiales resistentes no solo bajo cargas estáticas sino también bajo dinámicas. Los terremotos nos han mostrado la precariedad de algunos materiales bajo cargas repetitivas y nos obligan a generar nuevos materiales y sistemas para la construcción sismorresistente de viviendas. Los sistemas estruc-

\* Autor para correspondencia. Tel.: +57 68879300 ext:50256.

Correos electrónicos: [dabedoyar@unal.edu.co](mailto:dabedoyar@unal.edu.co) (D. Bedoya-Ruiz),

[gialorga@gmail.com](mailto:gialorga@gmail.com) (G.A. Ortiz), [daalvarez@unal.edu.co](mailto:daalvarez@unal.edu.co) (D.A. Álvarez),

[jhurtadog@unal.edu.co](mailto:jhurtadog@unal.edu.co) (J.E. Hurtado).

turales basados en muros prefabricados de ferrocemento han demostrado alta resistencia [1,2], baja fragilidad sísmica [1] y sustentabilidad para el medio ambiente [3]. Estos sistemas habitualmente consisten en paredes construidas a partir de muros prefabricados de pared delgada o de muros gruesos construidos in situ tipo *sandwich* [3,4]. Los sistemas con muros prefabricados de pared delgada permiten versatilidad arquitectónica, la autoconstrucción y/o la industrialización y rápida construcción, en especial para viviendas temporales en caso de desastres naturales [2,5-11]. Las dimensiones típicas de muros prefabricados de ferrocemento oscilan entre 500 y 1.000 mm de ancho, 2.000 a 2.400 mm de altura y de 10 a 50 mm de espesor. La resistencia y la ductilidad de los muros prefabricados de ferrocemento son suministradas por un conjunto de mallas de alambres y barras de acero de refuerzo embebidos en un mortero requerido de alta resistencia. En algunos lugares del mundo se ha utilizado el ferrocemento como solución de vivienda, como en los casos del archipiélago malayo, las islas de Sumatra, Sri Lanka, Nueva Guinea, México, India, Tailandia, EE.UU., Cuba, Haití, Brasil y Colombia.

Las primeras aplicaciones registradas en elementos constructivos para la edificación datan de principios de los años cuarenta, cuando el ingeniero y arquitecto Pier Luigi Nervi [12] redescubre las propiedades excepcionales del ferrocemento: elasticidad, flexibilidad y resistencia. Inicialmente lo utiliza para la construcción de barcos de pesca de 165 toneladas, tanques de almacenamiento y losas de entrepiso y finalmente construye la cubierta del salón principal del palacio de exposiciones de Turín, Italia, con una luz de 96 m de longitud. Más tarde, Castro [5] y Olvera [7] construyeron casas de uno y dos pisos utilizando muros prefabricados de pared delgada en México. En la India, en 1983, Gokhale [6] documentó un sistema para la construcción de viviendas llamado «Catone». En 1994, Wainshtok-Rivas [8] construyó las primeras viviendas de ferrocemento en Cuba. Naaman [2] publicó en 2000 los resultados de sus investigaciones desarrolladas en casas de ferrocemento en la Universidad de Michigan. Exploró las ventajas del ferrocemento desde el punto de vista de la industrialización, con el fin de permitir el desarrollo y la difusión de los beneficios de este material. Bedoya-Ruiz [1] publicó en 2005 una investigación experimental y analítica sobre muros prefabricados de pared delgada y viviendas de ferrocemento. Actualmente, en Cuba y en Haití se construyen más de 30.000 viviendas a partir de muros prefabricados de pared delgada de ferrocemento como solución a la destrucción de viviendas que causó el huracán Sandy de 2012 en Cuba, y en Haití después del terremoto de 2010 [11]. En esta última la construcción de las viviendas se hace por autoconstrucción, mientras que en Cuba ha sido industrializada.

Un método de análisis estructural habitual para realizar el diseño sismorresistente de este tipo de viviendas es el método de

la fuerza horizontal equivalente (MFHE). Por ejemplo, Bedoya-Ruiz [13] y Wainshtok-Rivas [14] implementaron este método con el fin de obtener las fuerzas sísmicas generadas sobre una vivienda construida con muros prefabricados de pared delgada de ferrocemento ubicadas en una zona de actividad sísmica intermedia y alta. Bedoya-Ruiz et al. [15] propusieron un modelo dinámico no lineal para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de ferrocemento, permitiendo construir escenarios de daño para las diferentes zonas de actividad sísmica estudiadas. Recientemente, Ortiz et al. [16] implementaron metodologías de optimización para capturar la no linealidad exhibida por los muros de ferrocemento bajo carga cíclica, y Bedoya-Ruiz et al. [17] realizaron una investigación experimental y analítica sobre el comportamiento bajo carga cíclica de muros prefabricados de pared delgada de ferrocemento.

En este estudio se propone un modelo dinámico no lineal a partir de ensayos de carga cíclica realizados sobre un prototipo a escala real de una vivienda de ferrocemento estructurada con muros prefabricados de pared delgada. Inicialmente se describen los materiales y el ensayo de carga cíclica. Seguidamente se obtienen los parámetros estructurales característicos y necesarios del ferrocemento para desarrollar el modelo dinámico no lineal. Finalmente se compara el modelo teórico con los resultados experimentales.

## 2. Descripción del prototipo y ensayo

### 2.1. Descripción de los materiales

Para la construcción de los muros prefabricados de pared delgada de ferrocemento que componen las paredes del prototipo de vivienda, se utilizó un mortero y un tejido de mallas de alambre. El mortero se fabricó con cemento Portland tipo I, arena de uso habitual en la elaboración de mezclas para concreto reforzado, agua y aditivo superplastificante en las siguientes proporciones en peso: relación arena-cemento de 1:2, relación agua-cemento de 0,40, aditivo superplastificante al 1% del peso del cemento (para mejorar la manejabilidad y penetrabilidad del mortero a través del refuerzo) y el refuerzo distribuido en la matriz cementante consistió de 6 capas de malla hexagonal de doble torsión con una abertura de 31,75 mm (esta malla fue colocada longitudinalmente). La superficie específica de las mallas de refuerzo fue de  $0,0314\text{mm}^2/\text{mm}^3$  y la fracción de volumen fue de 0,39% y, adicionalmente, en los extremos de cada muro se colocó una barra de acero de refuerzo #2 (diámetro = 6,35mm) (fig. 1).

La resistencia a compresión del mortero ( $f'_{cm}$ ) a los 28 días fue de 33 MPa, el módulo de elasticidad ( $E_c$ ) del compuesto fue de 11.050 MPa, el esfuerzo de cedencia ( $\sigma_{ry}$ ) de la malla de refuerzo fue de 282 MPa, y su módulo de elasticidad de ( $E_r$ ) 81 GPa. El esfuerzo a la fluencia de las barras #2 fue de 420 MPa.

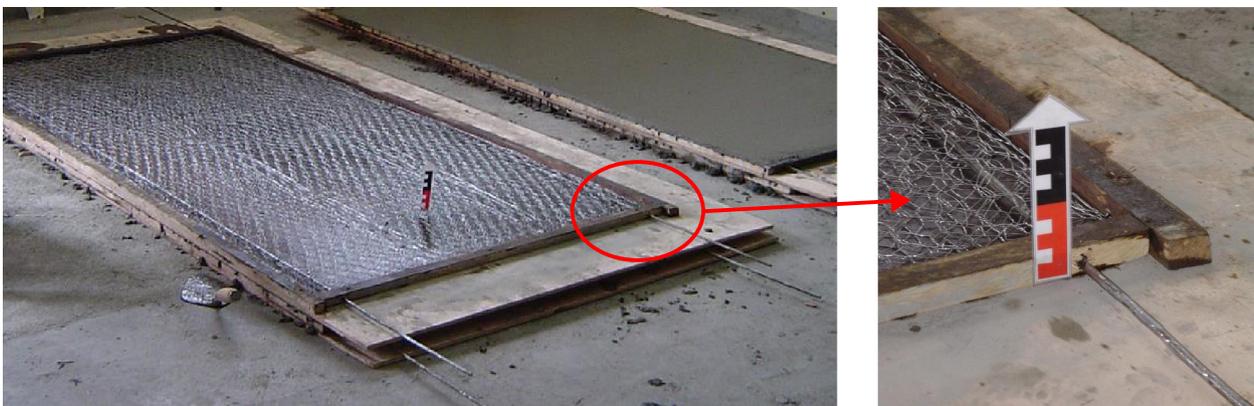


Figura 1. Composición de la armadura y mallado de los muros prefabricados de ferrocemento.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702534>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702534>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)