

Influencia del tipo de rótula plástica en el análisis no lineal de estructuras de hormigón armado

Influence of the type of plastic hinge in the non-linear analysis of reinforced concrete structures

Andrés Tomás López López^a, Antonio Tomás Espín^{a,*} y Gregorio Sánchez Olivares^b

^a Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, Murcia, España

^b Doctor Ingeniero Industrial, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, Murcia, España

Recibido el 17 de febrero de 2017; aceptado el 11 de abril de 2017

Resumen

La obtención de resultados precisos en un análisis estático no lineal requiere una adecuada modelización de las rótulas plásticas generadas en la estructura, para lo que conviene emplear expresiones empíricas capaces de modelizar la relación fuerza-deformación de la rótula. El objetivo principal de esta contribución es estudiar la influencia de diferentes modelos de rótula plástica en el comportamiento no lineal de estructuras aporticadas de hormigón armado. Se realizan análisis no lineales considerando diversos modelos de rótula, como el incluido en el código FEMA-356 y dos modelos desarrollados a partir de expresiones empíricas calibradas con diferentes bases de ensayos experimentales. Los resultados obtenidos muestran que el modelo propuesto por los autores refleja con mayor precisión el comportamiento de edificios convencionales de hormigón armado situados en zonas sísmicas. Además, el modelo puede emplearse para contrastar los resultados ofrecidos por otros modelos incluidos en la diversa normativa de diseño sísmico de edificación.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: Hormigón armado; Comportamiento plastificación/rotura; Rótula plástica; Análisis no lineal

Abstract

An adequate modelling of the plastic hinges generated during the pushover analysis is crucial in order to obtain accurate results. Thus, empirical expressions must be used appropriately in order to model the generalised force-deformation relationship of plastic hinges. The main aim of this article is to study the influence of different plastic hinge models on the non-linear structural behaviour of reinforced concrete structures. To that end, several non-linear analyses have been performed using the following plastic hinge models: the model included in the code FEMA-356 and two additional models developed by some researchers by using empirical expressions calibrated with different experimental data. The results obtained show that plastic hinges modelled with empirical expressions can be used to more precisely model the behaviour of structural elements in ordinary buildings located in seismic areas, and to compare with the results offered by the models included in seismic building design codes.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords: Reinforced concrete; Yield/ultimate behaviour; Plastic hinge; Non-linear analysis

1. Introducción

La predicción y simulación del comportamiento sísmico de estructuras empleando modelos numéricos es un campo de interés creciente en los últimos años, debido a la importancia de

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: antonio.tomas@upct.es (A. Tomás Espín).

conocer de forma precisa los efectos y las consecuencias provocadas por la acción sísmica sobre las estructuras.

El análisis sísmico se puede realizar siguiendo diferentes procedimientos en función del nivel de precisión que se quiera alcanzar en los resultados. El análisis estático no lineal mediante empuje incremental o *pushover* es uno de los métodos más frecuentemente empleado en ingeniería estructural, debido a su relativa simplicidad y a las prescripciones incluidas en las principales normas de diseño sísmico de edificación para su implementación. Este tipo de análisis ofrece información relevante desde el punto de vista sísmico, como es el caso de la resistencia y capacidad de deformación de la estructura. El análisis *pushover* puede implementarse siguiendo diferentes estrategias, como el *pushover* modal [1], el *pushover* consecutivo modal [2], el *upper bound pushover* [3], el *mass proportional pushover* [4] y el *pushover* adaptativo [5]. Sin embargo, la mayor precisión de estos métodos se consigue renunciando a la característica más atractiva del análisis *pushover* convencional, esto es, su simplicidad [6,7], motivo por el cual ha sido este último el tipo de análisis empleado en esta contribución.

Se necesita conocer el comportamiento seccional de los elementos estructurales en los estados de plastificación y de rotura para poder definir adecuadamente las propiedades de las rótulas plásticas generadas durante el análisis no lineal, en particular el momento de plastificación M_y , el giro de plastificación θ_y y el giro último θ_u de la sección.

Es recomendable utilizar expresiones empíricas que reproduzcan los estados de plastificación y de rotura de la sección del elemento estructural en el análisis sísmico [8–10]. Debido a su relativa simplicidad y a que están calibradas con ensayos experimentales, estas expresiones son suficientemente precisas y eficientes desde un punto de vista computacional.

El objetivo principal de esta contribución es evaluar la influencia del tipo de rótula plástica considerado en el comportamiento no lineal de estructuras. Para ello se realizan varios análisis *pushover* sobre dos ejemplos de estructuras de hormigón armado, considerando los siguientes tipos de rótulas plásticas:

Rótulas plásticas modelizadas según el código de la FEMA-356 [11], incluidas por defecto en el software SAP2000® [12].

Rótulas plásticas definidas mediante las expresiones empíricas disponibles en [9,10].

Rótulas plásticas modelizadas con las expresiones desarrolladas por los autores de este trabajo en investigaciones previas [13,14].

Para definir las propiedades de las rótulas plásticas consideradas se obtienen las relaciones momento-giro de la sección con los métodos anteriormente citados. Con objeto de considerar la influencia del esfuerzo axial N en el valor del momento de plastificación M_y , se definen ciertas curvas N - M_y para los pilares de las estructuras.

En el análisis *pushover* es conveniente estudiar los denominados puntos de plastificación global y de colapso de la estructura, que proporcionan información acerca de la ductilidad, obteniendo para dichos puntos los correspondientes parámetros de desplazamiento de control δ , cortante basal F_b y aceleración

espectral S_a , así como las curvas de capacidad $F_b - \delta$ de la estructura.

Finalmente, se ha implementado el método N2 [15] propuesto en el EC-8 para las dos estructuras consideradas, escogiendo ciertos valores de la aceleración del suelo a_g para estudiar la influencia de este parámetro en las diferencias obtenidas con los distintos tipos de rótulas plásticas.

2. Modelos de rótula plástica y metodología de análisis

2.1. Ecuaciones de comportamiento seccional

Existen diversas expresiones capaces de reproducir el comportamiento de plastificación y de rotura de secciones de hormigón armado a partir de su geometría, de su configuración de armaduras y de las propiedades mecánicas de los materiales. Panagiotakos y Fardis [8] propusieron expresiones para obtener el momento de plastificación M_y , el giro de plastificación θ_y el giro de rotura θ_u , las cuales se calibraron con una base de datos de más de 1.000 ensayos experimentales realizados sobre vigas, pilares y muros de cortante. Posteriormente, Biskinis y Fardis [9,10] modificaron estas expresiones calibrándolas con una base de datos que incluía elementos rehabilitados, resultando las ecuaciones 1 a 3. Mencionar que también el EC-8 [16] incluye algunas ecuaciones que proporcionan el giro de plastificación y de rotura de la sección.

$$\frac{M_y}{bd^3} = \phi_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(\frac{1 + \delta'}{2} - \frac{\xi_y}{3} \right) + \frac{E_s(1 - \delta')}{2} [(1 - \xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta')] \right\} \quad (1)$$

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + a_{sl} \frac{\phi_y \phi_L f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (2)$$

$$\theta_u = a_{st}(1 - 0,43a_{cy})(1 + \frac{a_{sl}}{2})(1 - 0,42a_{w,r}) \cdot (1 - \frac{2}{7}a_{w,nr})(0,3^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega_2)}{\max(0,01;\omega_1)} f_c \right]^{0,225} \cdot \left[\min(9, \frac{L_s}{h}) \right]^{0,35} 25^{[(a_{\rho h} f_{yh})/f_c]} 1, 25^{100\rho_d} \quad (3)$$

Los autores de esta contribución han propuesto otras expresiones para obtener M_y , θ_y y θ_u [13,14], para lo cual calibraron las expresiones de Biskinis y Fardis [9,10] utilizando un conjunto de ensayos seleccionados de la base de más de 1.000 ensayos incluida en [8], selección compuesta por vigas y pilares de hormigón armado con sección rectangular que cumplan con las prescripciones constructivas y sísmicas incluidas en las principales normas de diseño de edificación, concretamente en EC-2 [17], EC-8 [18] y ACI-318 [19].

Dado que las variables de los elementos estructurales incluidos en la base de datos original [8] presentan un amplio rango de valores, se escogieron 5 grupos de parámetros para cumplir las especificaciones impuestas en las normas de edificación consideradas: las dimensiones de la sección transversal, las propiedades

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747368>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747368>

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