

Un Análisis Híbrido Multi-Escala para el Análisis No Lineal de Estructuras de Concreto Reforzado

César Paniagua Lovera*, A. Gustavo Ayala Milián[†] y Jaime Retama Velásco[‡]

* Estudiante de Doctorado del Programa de Posgrado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P: 04510 México, CDMX. Teléfono, (55) 5623-3600 ext.8351; Email: CPaniaguaL@iingen.unam.mx

[†] Profesor investigador, Coordinación de Ingeniería Estructural, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P: 04510, México, CDMX. Teléfono, (55) 5623-3658; Email: GAyalaM@iingen.unam.mx

[‡] Profesor, Centro de Investigación Multidisciplinaria Aragón, Facultad de Estudios Superiores de Aragón, UNAM, Av. Rancho Seco s/n, Col. Impulsora, Nezahualcoyotl, Edo. de México 57130; Email: jretamav@comunidad.unam.mx

RESUMEN

Este artículo presenta un procedimiento numérico para construir modelos híbridos multi-escala para el análisis no-lineal de estructuras de concreto reforzado, considerando la aparición y evolución del daño hasta la falla mecánica. La formulación incluye fenómenos complejos como el agrietamiento en la matriz de concreto, la localización explícita de las barras de refuerzo y su relación con el concreto que las rodea.

La aproximación híbrida adoptada combina eficiencia computacional y precisión en los resultados a través de un acoplamiento de dos o más sub-estructuras. El modelo computacional involucra diferentes escalas de análisis en estas sub-estructuras, las cuales son integradas y acopladas para ser ejecutadas juntas en uno o más programas y/o sistemas de cómputo; usando para una o más escalas elementos estructurales convencionales lineales o no-lineales con reglas histeréticas empíricas; mientras que para el resto de la estructura elementos finitos no-lineales, derivados de la mecánica del daño considerando plasticidad, combinados con elementos barra que representan el acero de refuerzo con un comportamiento elasto-plástico que considera fenómenos de adherencia.

Para ilustrar la capacidad de la propuesta híbrida que se propone, se presenta como ejemplo el análisis de empujón (o *pushover*) y el análisis sísmico de una estructura de concreto reforzado, realizado usando dos programas especializados de análisis no-lineales de elementos finitos, OpenSEES y FEAP, comunicados por medio de la plataforma para la simulación híbrida, OPENFRESCO, responsable de la integración del sistema.

Finalmente las conclusiones de este trabajo, derivadas de la formulación del método propuesto y de los análisis realizados, son dadas.

REFERENCIAS

- [1] Contrafatto, L., & Cuomo, M. (2006). A framework of elastic–plastic damaging model for concrete under multiaxial stress states. *International Journal of Plasticity*, 22(12), 2272-2300.
- [2] CEB-FIP, M. C. (1990). Design Code. Comité Euro International du Béton.
- [3] Huang, Y., Schellenberg, A., Mahin, S. A., & Fenves, G. L. (2008). Coupling FE Software through Adapter Elements: A Novel Use of User-Defined Elements. In *Proceedings, 10th International LS-DYNA Users Conference*, Dearborn, MI, United States.
- [4] Fafitis, A. (2011). Application of 1D/3D finite elements coupling for structural nonlinear analysis. *Journal of Central South University of Technology*, 18(3), 889-897.