

Resumo

Tendo como suporte os resultados de diferentes ensaios experimentais, na presente dissertação apresenta-se uma metodologia de análise que inclui a não-linearidade material, especialmente vocacionada para o estudo do comportamento sísmico de estruturas incorporando elementos laminares de betão armado (ou a ele assimiláveis) como é o caso das paredes estruturais e dos pilares de pontes de secção oca. Na modelação do betão foram adoptados elementos finitos 2D e 3D, em combinação com um modelo baseado na Mecânica do Dano Contínuo, adoptando-se para a modelação das armaduras elementos de treliça de dois nós, em associação com um modelo que permite a tradução do comportamento não-linear do aço sob acções cíclicas.

Num primeiro conjunto de aplicações a metodologia desenvolvida é utilizada no contexto de dois "benchmark" internacionais no âmbito dos quais diversas equipas científicas foram convidadas a proceder à simulação do comportamento sísmico de dois edifícios de 6 andares, cada um dos quais com uma estrutura resistente constituída por duas paredes de betão armado, ensaiados em mesa sísmica nas instalações do CEA - Commissariat À L'Energie Atomique em Saclay (França). Estas aplicações traduziram-se, não só num importante meio de validação da metodologia proposta, como permitiram o confronto com diferentes modelações adoptadas pelos outros participantes nos "benchmark".

Num segundo conjunto de aplicações procede-se à simulação do comportamento não-linear de pilares de pontes, no âmbito da participação do autor no projecto de investigação de âmbito europeu designado por "Advanced Methods for Assessing the Seismic Vulnerability of Existing Motorway Bridges". A profundidade e a complexidade dos estudos desenvolvidos no âmbito deste projecto, que incluíram ensaios cíclicos dos modelos físicos à escala 1:2.5 de 2 pilares de uma ponte austríaca Talübergang Warth, vieram realçar as potencialidades da metodologia proposta na simulação da resposta sísmica não-linear de pontes de betão armado.

Finalmente e no contexto do referido projecto de investigação europeu, é feita a previsão numérica do comportamento sísmico da ponte Talübergang Warth, e os resultados são comparados com a resposta registada num conjunto de ensaios pseudodinâmicos realizados no Joint Research Centre em Ispra (Itália). A complexidade da simulação numérica requerida para estas análises, que incluíram o facto de o movimento sísmico das fundações e encontros ser assíncrono, representa um grande desafio para as capacidades de simulação da metodologia apresentada, constituindo igualmente uma oportunidade para demonstração das actuais possibilidades da previsão do comportamento sísmico de pontes com recurso a modelos constitutivos como os utilizados no presente trabalho.

Abstract

This work presents a methodology for the non-linear material analysis of structures, including reinforced concrete elements such as structural walls, or similar elements such as hollowed core section bridge piers. The concrete elements were simulated using 2D and 3D finite elements and a behaviour model founded on the Continuum Damage Mechanics. As for the steel, 2-noded truss elements were adopted together with a non-linear cyclic behaviour model.

This methodology is applied first in the context of two benchmark international tests which involved several scientific teams that were invited to simulate the seismic behaviour of two 6 floor buildings made of two resistant reinforced concrete walls, tested on a shaking table at the CEA - Commissariat à l'Energie Atomique at Saclay (France). These simulations allowed not only to validate the proposed model, but also to compare it with the different models adopted by the other research groups participating on the benchmark tests.

A second set of applications consisted on the simulation of the non-linear behaviour of bridge piers analysed under the author's participation on the European research project "Advanced Methods for Assessing the Seismic Vulnerability of Existing Motorway Bridges". The deepness and complexity of the analyses involved in the project, which included cyclic tests on 1:2.5 scaled physical models of two bridge piers of the Austrian bridge Talübergang Warth, underlined the potentialities of the proposed methodology to simulate the non-linear seismic response of reinforced concrete bridge piers.

Finally, and in the context of the referred European research project, it is performed a numerical prediction of the Talübergang Warth bridge and the results are compared with the response obtained from a set of pseudo-dynamic tests carried out at the Joint Research Centre at Ispra (Italy). The complexity of the numerical simulation of these tests, which included the asynchronous seismic displacements of the foundations and the abutments, represents an important challenge to this methodology, in particular to its simulating capacities, and it constitutes an opportunity to demonstrate the nowadays ability to predict the seismic behaviour of bridges using such constitutive models.