

Resumo

No presente trabalho apresenta-se o desenvolvimento de modelos de análise não linear e de dimensionamento de estruturas de betão armado pré-esforçado sujeitas, essencialmente, a esforços de flexão. Recorrendo à técnica dos elementos finitos, os modelos referidos permitiram a obtenção dos códigos computacionais capazes de resolver problemas práticos de estruturas sujeitas a carregamentos quase estáticos e de curta duração.

Apresentam-se os dois tipos de elementos usados no presente modelo, o elemento de viga de três nós (para a discretização de zonas com comportamento típico de peça linear) e o elemento quadrático de Serendipity (para a discretização das restantes zonas). É ainda dado destaque à formulação desenvolvida no presente trabalho do elemento unidimensional curvo de cabo de pré-esforço e da modelação da zona de transição entre os elementos planos e os elementos de viga. A modelação da armadura de pré-esforço permite definir com rigor a sua contribuição para a rigidez global da estrutura e para o vector das forças nodais equivalentes.

É feita a descrição detalhada de um programa de cálculo automático desenvolvido para o dimensionamento das armaduras e verificação da segurança aos estados limites regulamentares, para este tipo de estruturas.

O modelo não linear é definido por um conjunto de relações constitutivas estabelecidas para cada um dos materiais componentes do betão estrutural e tem como objectivo caracterizar as principais causas da não linearidade apresentada pelas estruturas de betão armado pré-esforçado. Assim, são estabelecidos modelos que permitem descrever o comportamento não linear do betão não fendilhado (modelo elasto-plástico com endurecimento, baseado no critério de resistência definido no novo Código Modelo do CEB-MC90), a representação da fendilhação (modelo de fendilhação distribuída, que tem em conta os mecanismos de interacção betão-armaduras) e a modelação do comportamento elasto-plástico unidimensional do aço que constitui as armaduras. Especial atenção é dada à simulação das cargas e descargas nas respectivas relações constitutivas.

A implementação de técnicas correntes de resolução de problemas não lineares no modelo referido no parágrafo anterior, permitiu o desenvolvimento de um código computacional vocacionado para o estudo do traçado da resposta da estrutura até ao colapso e a avaliação do seu grau de segurança.

Finalmente, são apresentados e discutidos vários exemplos que permitem, por um lado, aferir os modelos numéricos desenvolvidos e, por outro lado, ilustrar a sua aplicabilidade.

Abstract

This work deals with the development of models for the nonlinear analysis and design of plane reinforced and prestressed concrete frames, based on the finite element techniques. Regarding these

models, computational codes were developed to solve structural problems under quasi-static short-term loading.

Three-noded isoparametric Timoshenko beam elements and eight-noded quadratic isoparametric elements of Serendipity family are used, the former to model zones with a typical flexural behaviour and the latter for modelling the discontinuity zones. The continuity and compatibility between these two different types of elements are guaranteed by a special transition zone. The prestressed tendons are simulated by unidimensional curved finite elements, being their contribution for the stiffness matrix and for the equivalent nodal forces adequately defined.

A detailed description of a computational model prepared for the practical design of prestressed concrete beams is presented. The model was developed for pre-design and verification of the serviceability and ultimate limit states (according to portuguese code).

The nonlinear formulation adopts different constitutive relations for each component of the composite material, making easier to define the principal causes of that nonlinearity. The behaviour of prestressed concrete frames is described taking into account the cracking (tension-stiffening model) and nonlinear behaviour of concrete (according to the new constitutive relations defined in Model Code CEB-MC90), and the nonlinear behaviour of the ordinary and prestressed steel. A special emphasis is given to the simulation of load-unload cycles.

The current nonlinear techniques and the model mentioned in the previous paragraph were used in the development of a computational code which traces up to failure the structural response, making possible to evaluate the degree of safety.

Finally, examples are presented to appraise the computational code and to illustrate the applicability of the present models.