



Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

www.elsevier.es/rimni



Análise da confiabilidade de estruturas de concreto armado com uma metodologia para inclusão de efeitos estocásticos de propriedades dos materiais

A.M. Awruch^a e H.M. Gomes^{b,*}

^a Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, 3.º andar, 90135-190, Porto Alegre, RS, Brasil

^b Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, 3.º andar, 90135-190, Porto Alegre, RS, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 31 de maio de 2012

Aceite a 16 de janeiro de 2013

On-line a 4 de junho de 2013

Palavras-chave:

Análise de confiabilidade

Modelo de elementos finitos para concreto armado

Efeitos de longa duração em concreto armado

R E S U M O

Neste trabalho é dada uma ênfase especial à inclusão das incertezas na avaliação do comportamento estrutural, objetivando uma melhor representação das características do sistema e uma quantificação da importância destas incertezas no projeto. É tratado o problema da análise de confiabilidade de estruturas, incluindo o efeito da variabilidade espacial das suas propriedades. Para tanto, é proposto um modelo de elementos finitos para a representação do comportamento do concreto armado para cargas de curta e longa duração, o qual inclui as principais características observadas neste material. Também é desenvolvido um modelo para a geração de campos estocásticos multidimensionais não Gaussiano para as propriedades do material e que é independente da malha de elementos finitos. Um exemplo da geração de campos estocásticos bidimensionais não Gaussianos numa placa quadrada de aço é apresentado em primeiro lugar. Posteriormente, a análise de confiabilidade é realizada em relação a uma função de estado limite, a qual estabelece que a flecha na secção localizada no centro do vão de uma viga de concreto armado não deve ultrapassar um valor prescrito. Finalmente, a influência dos efeitos de longa duração na confiabilidade de uma viga de concreto armado é estudada, com e sem a consideração da corrosão da armadura.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

Reliability analysis of reinforced concrete structures with a methodology to account stochastic effects of material properties

A B S T R A C T

In this paper, special emphasis is given to the inclusion of uncertainties in the evaluation of structural behaviour aiming at a better representation of the system characteristics and the quantification of the importance of these uncertainties in the project. It deals with the structural reliability analysis problem accounting the effect of spatial variability of material properties. To this end it is proposed a finite element model to represent the behaviour of reinforced concrete for short and long-term loads, which includes the main features observed in this material. It was developed a model for the generation of multidimensional non-Gaussian stochastic fields for the material properties that is independent of the finite element mesh. First, an example of a two-dimensional non-Gaussian stochastic field generation in a square steel plate is presented. Latter, the reliability analysis is performed to a limit state function based on prescribed values of mid-span displacements on a simply-supported reinforced beam. Finally, the influence of long-term effects on the reliability of a reinforced concrete beam is studied considering the effect of steel reinforcement corrosion.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Reliability analysis

Finite element model for reinforced concrete

Long-term effects in reinforced concrete

1. Introdução

O termo confiabilidade estrutural é geralmente empregado para designar a medida de segurança de determinado sistema estrutural frente a um determinado desempenho esperado. Alternativamente,

* Autor para correspondência.

Correios eletrônicos: awruch@terra.com.br (A.M. Awruch), herbert@mecanica.ufrgs.br (H.M. Gomes).

a confiabilidade estrutural pode ser entendida como o complemento da probabilidade de falha, ou seja, a hipótese ou propensão de determinado sistema em violar um estado limite, quer seja por falha ou por não atender a seu desempenho esperado. Obviamente, a confiabilidade estrutural está relacionada com as variáveis que descrevem o sistema estrutural e, mais precisamente, com a variabilidade das mesmas. Particularmente, esta variabilidade está presente nos sistemas estruturais sob a forma de incertezas. De acordo com Melchers [1], estas incertezas podem ser divididas em incertezas físicas, incertezas estatísticas, incertezas devido a fatores humanos, incertezas de cunho fenomenológico provenientes da existência de eventos não previsíveis e incertezas de modelagem provenientes das simplificações e hipóteses adotadas.

Neste trabalho pretende-se determinar a probabilidade de falha, através do índice de confiabilidade, em estruturas de concreto armado sob o efeito de cargas de curta e longa duração, incluindo campos estocásticos. Para este fim, utilizam-se o Método de Confiabilidade de Primeira Ordem (*First Order Reliability Method* ou FORM) e o Método de Monte Carlo com Amostragem por Importância (*Monte Carlo Method with Importance Sampling*). Como exemplos de aplicação são apresentados o caso da geração de campos estocásticos numa placa de aço (comparando diversos métodos), a análise de confiabilidade de uma viga de concreto armado em circunstâncias diversas e que inclui um campo estocástico para o módulo de elasticidade e, finalmente, é analisada a confiabilidade de uma viga de concreto armado sob efeito de cargas de longa duração sem considerar a corrosão da armadura e incluindo posteriormente este efeito. Em cada caso, são apresentadas algumas conclusões.

2. Modelo de elementos finitos para o concreto armado sob efeito de carregamentos de curta duração

Para a modelagem do concreto armado são empregados elementos tridimensionais isoparamétricos de 20 nós. O concreto é modelado como um material de comportamento elastoviscoplastico com amolecimento e ruptura frágil, com seu comportamento pós-pico definido pelas curvas dadas no CEB-FIP/90 [2]. Para o comportamento frágil, emprega-se um modelo de fissuras distribuídas ortogonais e fixas em 3 direções juntamente com um modelo de amolecimento à tração. É utilizado o critério do CEB-FIP/90 [2] para a escolha do tipo de ruptura do material (se por deformação viscoplastica excessiva ou por fissuração). A superfície de 4 parâmetros de Ottosen [3] é empregada como superfície de falha e de carregamento.

Para a modelagem das armaduras são utilizados elementos de treliça de 2 ou 3 nós, os quais estão incorporados na matriz de rigidez dos elementos de concreto, assumindo-se uma total aderência entre os 2 materiais. É empregado um modelo uniaxial elastoviscoplastico com 3 ramos (um linear, um ramo com encruamento linear e um ramo com encruamento e amolecimento parabólicos) para modelar o comportamento das barras da armadura. O modelo incorporado de armaduras é implementado, através da técnica do mapeamento inverso, o qual permite a colocação das armaduras totalmente independentes da malha de elementos finitos definida para o concreto, reduzindo-se o esforço para a geração dos dados para a definição da geometria das armaduras. Como sistema de solução, emprega-se o Método do Controle dos Deslocamentos Generalizados (MCDG), o qual possibilita a captura do comportamento pós-pico com precisão. Detalhes sobre este modelo são apresentados por Gomes e Awruch [4].

2.1. Modelo reológico do concreto sob o efeito de cargas de longa duração

Os efeitos de longa duração em estruturas de concreto armado são caracterizados por deformações e tensões dependentes do

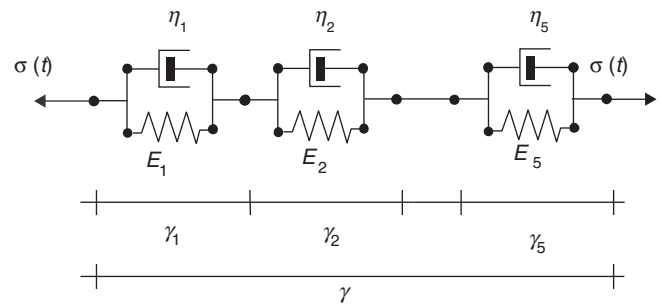


Figura 1. Cadeia Kelvin com 5 elementos.

tempo. Estes fenômenos são observados nos primeiros meses, mas prolongam-se durante quase toda a vida útil da estrutura, resultando, às vezes, em deslocamentos da mesma ordem daqueles devido às deformações instantâneas das cargas de serviço.

Segundo a teoria de solidificação proposta por Bazant [5], é possível associar um modelo reológico ao comportamento de um pequeno elemento do material. De acordo com este autor, o resultado desta associação pode ser expresso da seguinte forma:

$$\dot{\epsilon}_{ve}(t) = \frac{\dot{\gamma}(t-t')}{V(t)} \quad (1)$$

em que $\dot{\gamma}(t-t')$ e $V(t)$ são a taxa de deformação viscoelástica do material sem envelhecimento e o volume do material solidificado, respectivamente, para um dado instante de tempo t . Na equação (1), t' indica o tempo em que o carregamento foi aplicado. Assim, emprega-se o modelo reológico apenas para a determinação das deformações no material sem envelhecimento, o que implica que as viscosidades e os módulos de elasticidade dos elementos reológicos são independentes do tempo, como na viscoelasticidade clássica. Segundo a teoria de solidificação, para um dado material, o comportamento quanto à fluência pode ser representado pela seguinte função de fluência:

$$J(t, t') = \frac{1}{E(t')} + \frac{\gamma(t, t')}{V(t')} \quad (2)$$

que, quando comparada com a função de fluência dada pelo CEB-FIP/90 [2], fornece as relações:

$$\gamma(t, t') = \beta_c(t - t') \quad (3)$$

$$V(t') = \frac{1}{\varphi_0(t')} \quad (4)$$

Estas relações são utilizadas na aproximação pela série de Dirichlet, quando do cálculo dos parâmetros da cadeia. Neste trabalho, adotou-se uma cadeia de Kelvin com 5 elementos, como é indicado na figura 1, por ser suficiente para representar o comportamento do concreto sob efeito de cargas de longa duração da ordem de décadas. A função de fluência da cadeia de Kelvin com propriedades constantes (ou seja, sem considerar o envelhecimento) vem dada por:

$$\gamma(t, t') = \sum_{\mu=1}^N \frac{1}{E_{\mu}} (1 - e^{-(t-t')/\tau_{\mu}}) \quad (5)$$

em que $\tau_{\mu} = \eta_{\mu}/E_{\mu}$ é o tempo de retardamento à fluência da μ -ésima unidade da cadeia. A equação (5) pode ser ajustada para diversos tempos de carregamento $(t-t')$ através de um simples algoritmo de aproximação por mínimos quadrados para funções não lineares com o objetivo de encontrar os valores dos parâmetros. Para a faixa de tempo que se deseja cobrir com a cadeia, neste

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702559>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702559>

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