Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido tendo como objectivo a determinação de armaduras em lajes analisadas pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), e submetidas a campos de momentos com torsores importantes. Uma especial atenção é dedicada a lajes cujo dimensionamento de armaduras não pode ser encarado com as práticas mais usuais que recorrem a tabelas e faixas de disposição de armaduras, nomeadamente as baseadas nas metodologias do Montoya ou na Norma Britânica BS 8110. São exemplos destas situações, que podem envolver momentos torsores importantes, os casos de lajes com grandes aberturas, com apoios pontuais em pilares, ou com bordos livres.

Efectuada a análise pelo MEF, que conduz à obtenção dos esforços actuantes nas lajes que variam de ponto para ponto, surge a necessidade de uma implementação automática, que a partir dos procedimentos preconizados no Anexo F da versão de 2004 do Eurocódigo 2 (EC2), possibilite a obtenção das armaduras nas lajes e correspondente verificação das tensões de compressão máximas no betão.

O presente documento inicia-se com a dedução das expressões gerais que permitem depois deduzir as equações do Anexo F do EC2 para determinação das armaduras em lajes envolvendo campos genéricos de momentos flectores e torsores.

Em seguida é realizada a apresentação do programa desenvolvido, o DesignSlab, que realiza automaticamente o referido dimensionamento de armaduras. Procede-se ainda à referida validação deste com base em 7 exemplos adequadamente seleccionados e abordados em bibliografia da especialidade.

Diversas aplicações são apresentadas na parte final do trabalho, no decurso das quais são analisadas lajes em que a existência de geometrias complexas, de apoios pontuais, a ocorrência de grandes aberturas, a actuação de cargas localizadas ou outras singularidades, não permite a utilização de tabelas de cálculo, surgindo consequentemente momentos torsores importantes com grande preponderância no comportamento estrutural e, consequentemente, no dimensionamento das armaduras.

Palavras-chave: MEF, lajes, momentos torsores, dimensionamento de armaduras, EC2

Abstract

The present work was developed with the aim of defining the reinforcement in slabs analyzed by the Finite Element Method (FEM) and submitted to bending moments mx, my and torsional moments mxy. A special attention is dedicated to slabs where reinforcement design can not be made following standard procedures based on tables and bands with predefined percentages of the maximum reinforcement, namely the ones based on the Montoya or the BS 8110 methodologies. As examples of these situations, which may involve important torsional moments, one can refer slabs with large openings, supported in columns, or with free edges.

Once the analysis is concluded, which leads to moments in the slabs varying from point to point, an automatic implementation of the procedures of Annex F of Eurocode 2 (EC2) is rather convenient, allowing for computation of the necessary reinforcement as well as the control of the compressive stresses in the concrete.

The present document starts with derivation of the general expressions that allow thereafter to arrive to the equations of Annex F of EC2, for determining the reinforcement in slabs submitted to generalized fields of bending and torsional moments.

After that, the developed program DesignSlab for the automatic design of reinforcemen, is presented.

Validation of this program is also presented, based on 7 examples appropriately selected from bibliography.

Several applications are presented in the final part of the work, dealing with slabs where occurrence of complex geometries supports slabs, large openings, concentrated loads or other sigularities do not allow the use of simplified table based methodologies, with great relevance for the slab structural behaviour, and accordingly for the reinforcement design.

Keywords: FEM, slabs, torsional moments, reinforcement design, EC2