mgr inż. Katarzyna Nowak
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Mechaniki, Konstrukcji Metalowych i Metod Komputerowych

Walidacja i praktyczne zastosowanie numerycznych modeli pełzania betonu

Streszczenie

Przedmiotem rozważań pracy jest modelowanie pełzania i ocena jego wpływu na wybrane konstrukcje betonowe. Realizację zadania przeprowadzono za pomocą metody analitycznej oraz metody numerycznej z wykorzystaniem programu SIMULIA Abaqus. Rozważania na temat pełzania przedstawiono w aspekcie przepisów normowych, walidacji numerycznych modeli pełzania oraz wpływu pełzania na wybrane konstrukcje betonowe.

W podjętym temacie pracy, wstępnie przedstawiono problem dotyczący pełzania betonu oraz omówiono powszechnie stosowane modele mechaniczne i teorie, które odnoszą się do tematu. Następnie przedstawiono sposoby obliczania zjawiska pełzania w ujęciu normy Eurokod 2 oraz dokumentu normalizacyjnego Pre-norma fib Model Code 2010. Wskazano różnice w interpretacji zapisów obu norm dotyczących pełzania betonu oraz sprawdzono skuteczność ich przewidywań w odniesieniu do badań doświadczalnych pozyskanych z literatury.

Szczególną uwagę w pracy poświęcono walidacji modeli numerycznych zastosowanych do opisu pełzania betonu. W rozważaniach przeprowadzono wstępną identyfikację parametrów poszczególnych modeli. Następnie, na podstawie pomiarów doświadczalnych pozyskanych z literatury, wykonano analizę porównawczą, umożliwiającą wytypowanie optymalnego modelu do stosowania w symulacji procesu pełzania zachodzącego w betonie. W oparciu o uzyskane wyniki wskazano model o nazwie „viscoelastic", spełniający przyjęte kryteria poprawności, odnoszące się do powstających w betonie odkształceń pełzania.

Zasadniczy cel pracy obejmował ocenę wpływu pełzania na konstrukcje betonowe. Z uwagi na to, że zjawisko pełzania może powodować zmianę wyniosłości oraz zmianę schematu statycznego konstrukcji, rozważania przeprowadzono na przykładzie łuków i powłoki, czyli konstrukcji najbardziej wrażliwych na zmiany geometrii. Przy czym w przypadku badania wpływu zmiany schematu statycznego uwzględniono różne sztywności zamocowania podpór. Za pomocą metody analitycznej, realizowanej w charakterze poznawczym, określono możliwy wpływ pełzania na konstrukcje łukowe o zmiennych charakterystykach geometrycznych i materiałowych. W rozważaniach uwzględniono również różne warianty obciążenia oraz stały i zmienny przekrój poprzeczny. Kolejno przeprowadzono analizę numeryczną przy zastosowaniu modelu „viscoelastic" o odpowiednio zidentyfikowanych parametrach. Obliczenia przeprowadzono dla wybranych konstrukcji łukowych, powłoki żelbetowej i łuku odpowiadającego jej wycinkowi. W rezultacie określono zmiany przemieszczeń, sił przekrojowych oraz naprężeń w wybranych przekrojach. Ponadto w pracy zaproponowano analizę, w której uwzględniono stopniową deformację łuku, co pozwoliło na odzwierciedlenie rzeczywistej pracy układu. Dla wybranych przykładów przeprowadzono analizę porównawczą otrzymanych wyników, przy uwzględnieniu i pominięciu wpływu pełzania na zachowanie konstrukcji.

W pracy zwrócono uwagę na konieczność uwzględnienia, w modelowaniu konstrukcji łukowych i powłokowych, pełzania materiału. Na podstawie analizowanych przykładów określono wpływ pełzania betonu na pracę konstrukcji, a przy tym zasygnalizowano problem związany ze zmianą sztywności podpór.

Nowak

mgr inż. Katarzyna Nowak
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Mechaniki, Konstrukcji Metalowych i Metod Komputerowych

Validation and practical application of numerical models of concrete creep

Summary

This thesis concerns creep modelling and the assessment of creep effect on selected concrete structures. The investigations were conducted with analytical method, and also numerical method using SIMULIA Abaqus software. Creep issues were discussed with reference to standards, validation of creep numerical models, and creep effect on selected concrete structures.
In the thesis, preliminary considerations were given to the problem of concrete creep. Widely used mechanical models and relevant theories were discussed. Then, creep calculations made in accordance with Eurocode 2 and Pre-normative fib Model Code 2010 recommendation were presented. Differences in the two approaches to concrete creep were indicated. The effectiveness of the predictive power of the two methods was checked against experimental results available from literature.

Special attention was paid to the validation of numerical models used to describe concrete creep. The parameters of individual models were preliminary identified. Next, on the basis of experimental measurements reported in the literature database, a comparative analysis was performed. That made it possible to select the optimal simulation model for creep occurring in concrete. The analysis of the results led to the selection of the model termed as 'viscoelastic'. The model satisfies adopted correctness criteria related to creep strain that occurs in concrete.

The primary aim of the thesis was to assess the effect of creep on concrete structures. Due to the fact that creep can lead to changes in rise-to-span ratio, and also in the static scheme of the structure, the considerations covered arches and shells, i.e. structures that are most sensitive to geometry changes. Additionally, when investigating the effect of changes in the loading diagram, different elastic support conditions were taken into account. The analytical method was used to examine the possible effect of creep on arch structures with variable geometry and materials characteristics. Additionally, different load cases, and also constant and variable cross sections were accounted for. Next, numerical analysis was performed for the 'viscoelastic' model with appropriately defined parameters. Computations were made for selected arch structures, a concrete shell and an arch corresponding to the shell segment. As a result, changes in displacements, section forces and stress in selected sections were specified. In addition, an analysis that accounted for gradual arch deformation was proposed. That made it possible to represent the actual performance of the system. Comparative analysis of the results was carried out for the scenarios when the effect of creep on structure behaviour was accounted for and disregarded.

In the thesis it was concluded that when modelling arch and shell structures, it is necessary to account for creep of material. Based on the examples analysed, the influence of concrete creep on the structure performance was found. Additionally, a problem related to changes in stiffness of the supports was indicated.

Nowak