

STRESZCZENIA

Piotr WOŹNICZKA¹

MODELOWANIE KOMPUTEROWE POŻARU W HALACH WIELKOPOWIERZCHNIOWYCH

Norma PN-EN 1991-1-2 dopuszcza dwojaki sposób do kwestii modelowania pożaru w pomieszczeniach budynku. W ujęciu tradycyjnym wartości temperatury gazów spalinowych oddziałujących na elementy konstrukcji w warunkach pożaru wyznacza się za pomocą krzywych standardowych lub alternatywnie krzywych parametrycznych o ograniczonym zakresie stosowania (ważne dla stref pożarowych o powierzchni użytkowej jedynie do 400m² i wysokości pomieszczeń do 4m). Podejście zaawansowane opiera się na modelowaniu numerycznym, z uwzględnieniem realistycznych scenariuszy pożaru. W zależności od właściwości i obciążenia ogniowego danego pomieszczenia analizowany pożar może pozostać pożarem lokalnym lub przekształcić się w pożar w pełni rozwinięty. Dla obu typów pożaru można zbudować dwa niezależne modele numeryczne: model jedno- i dwustrefowy lub model pól, który oparty jest na założeniach obliczeniowej mechaniki płynów (CFD – computational fluid dynamics). W literaturze specjalistycznej brak jest jednak szczegółowych wytycznych dotyczących schematu postępowania przy tworzeniu modeli CFD. W artykule przedstawiono własną propozycję takiego toku postępowania, który uwzględnia model pożaru lokalnego oraz pozwala na ocenę możliwości pełnego rozgorzenia ognia. Ponadto wyspecyfikowano dane liczbowe służące do określenia mocy i powierzchni początkowego źródła ognia. Odniesiono się także do umownych kryteriów zapłonu stosowanych w przypadku modeli jedno- i dwustrefowego. Według proponowanego schematu postępowania opracowano przykład modelowania, który jest reprezentatywny dla hal wielkopowierzchniowych. W przykładzie posłużono się zaawansowanym programem numerycznym Fire Dynamics Simulator.

Słowa kluczowe: modelowanie pożaru, obliczeniowa mechanika płynów, pożar lokalny, pożar w pełni rozwinięty

COMPUTER MODELING OF A FIRE IN A LARGE SPACE HALL BUILDINGS

Summary

Current european standard PN-EN 1991-1-2 presents two possible ways of modeling a fire in a building's compartment. In a traditional approach temperatures of the exhaust gases affecting structural elements during fire could be calculated by using standard or alternatively parametric curves with a limited range of use. For example parametric curve is only valid for fire zones with an area up to 400m² and height up to 4m. An advanced approach is based on numerical modeling and takes into account realistic fire scenarios. Depending on properties and fire load density of the compartment the analysed fire can remain as a localised fire or it can change into a fully developed fire. For both types of fire it is possible to create two different and independent numerical models: zone model and field model, based on computational fluid dynamics (CFD) theory. However professional literature do not give us any guidelines on how to prepare CFD model. This paper presents the proposal of a fire modeling scheme that takes into account theoretical basis of localised fires and that allows to estimate the possibility of a fire flashover. Values that could be used to set the proper area and total power of a fire are specified in the article. Moreover, the relationship between ignition criterions in CFD models and in zone models is discussed. Finally, the example of application of proposed fire modeling scheme for typical warehouse hall building is presented. Calculations are performed with Fire Dynamics Simulator software.

Keywords: fire modeling, computational fluid dynamics, localized fire, fully-developed fire

Przesłano do redakcji: 25.02.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹ Piotr Woźniczka, Politechnika Krakowska, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; tel. 123742033; pwozniczka@pk.edu.pl

Paweł SULIK²
Bartłomiej SĘDŁAK³

WYBRANE ASPEKTY OCENY ODPORNOŚCI OGNIOWEJ PRZESZKLONYCH ELEMENTÓW ODDZIELENIA PRZECIWPÓŻAROWEGO

Coraz większe wykorzystanie szkła we współczesnym budownictwie ma swoje uzasadnienie. Jest to materiał pozwalający na kształtowanie powierzchni użytkowych z maksymalnym wykorzystaniem światła dziennego, a współczesne technologie umożliwiają eliminację niekorzystnych wpływów atmosferycznych, zapewniając jednocześnie niezbędny komfort i intymność. Ponadto, nowoczesne elewacje wykorzystujące szkło, pozwalają również na efektywne energetycznie rozwiązania, łącznie z pozyskiwaniem energii z promieniowania słonecznego.

Budynki, w tym elementy przeszklone oprócz normalnych warunków użytkowania, w określonym zakresie muszą również spełniać wymagania ogniowe. O ile w przypadku wielu rozwiązań np. murowych wymagania konstrukcyjne, osłonowe i pożarowe są spełnione niejako równolegle, to w przypadku elementów przeszklonych należy stosować specjalne rozwiązania, które umożliwiają uzyskanie odpowiedniej klasy odporności ogniowej, reakcji na ogień, klasy dymoszczelności, czy też spełnienie wymagań związanych z rozprzestrzenianiem ognia przez elementy.

Słowa kluczowe: ogniochronne przegrody przeszklone, ściany osłonowe, drzwi przeciwpożarowe, drzwi dymoszczelne, przeszklone ściany działowe, świetliki, odporność ogniowa, dymoszczelność

SELECTED ASPECTS OF FIRE RESISTANCE EVALUATION OF GLAZED FIRE PROTECTION ELEMENTS

Summary

The increasing use of glass in modern construction has its justification. It is a material that allows usable surfaces to maximize the use of daylight, and modern technologies allow for the elimination of adverse atmospheric influences while providing the necessary comfort and intimacy. In addition, modern glass facades also allow for energy-efficient solutions, including the recovery of solar energy.

Buildings, including glazed elements in addition to normal conditions of use, must also meet fire requirements within the specified range. While many solutions, such as masonry, construction, fire and fire protection requirements are fulfilled in parallel, special solutions should be used for glazed elements to achieve appropriate fire resistance class, reaction to fire class, smoke control class, or fulfill the requirements for the spread of fire by elements.

Keywords: Fire resistant partition walls, curtain walls, fireproof doors, smoke control doors, glazed partition walls, glazed roofs, fire resistance, smoke control

Przesłano do redakcji: 24.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

² Autor do korespondencji / corresponding author: Paweł Sulik, Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych, ul. Ksawerów 21 budynek A, 02-656 Warszawa; tel. 225664210; p.sulik@itb.pl

³ Bartłomiej Sędłak, Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych, ul. Ksawerów 21, budynek A, 02-656 Warszawa; tel. 225664494; b.sedlak@itb.pl

Halina GARBALIŃSKA⁴
Jarosław STRZAŁKOWSKI⁵
Agata STOLARSKA⁶

ANALIZA ROZKŁADU TEMPERATURY W ŚCIANIE ŻELBETOWEGO ZBIORNIKA, UWZGLĘDNIAJĄCA DWUWYMIAROWY PRZEPIY W CIEPŁA

Artykuł prezentuje wybrane aspekty projektowania żelbetowych zbiorników na cieczy z uwagi na obciążenia termiczne, pojawiające się w trakcie ich eksploatacji. Obciążenia termiczne wynikają z występowania dużych różnic temperatur między cieczą wypełniającą zbiornik a jego otoczeniem. W szczególności problem ten ujawnia się w przypadku ścian zbiornika, wyniesionych ponad poziom terenu. Wartości obliczeniowych temperatur podane w normie EC1-1-5 ustalone zostały na ekstremalnie niskim poziomie dla warunków zimowych (w przeprowadzonych obliczeniach przyjmowano -30°C), natomiast dla okresu letniego na poziomie ekstremalnie wysokim (w obliczeniach przyjmowano $+38^{\circ}\text{C}$ oraz $+56^{\circ}\text{C}$, na ścianach zbiornika wyeksponowanych na działanie słońca). W obliczeniach zaprezentowanych w artykule poddano analizie 4 warianty rozwiązania ściany zewnętrznej zbiornika – bez izolacji termicznej oraz z ułożoną na zewnątrz izolacją ze styropianu o grubości 5, 10 i 15 cm. Obliczenia rozkładów temperatur w ścianie zbiornika wykonano przy użyciu oprogramowania CFD, używanego do symulacji stacjonarnych i niestacjonarnych procesów cieplnych. Porównanie danych otrzymanych z symulacji dwuwymiarowych z wynikami obliczeń zakładających jednowymiarowy przepływ ciepła, wskazuje na występowanie wyraźnie wyższych gradientów temperatur. Problem ten jest szczególnie istotny w ścianach z termoizolacją, gdzie różnice temperatury są nawet pięciokrotnie większe w rozpatrywanych przekrojach, niż w modelu jednowymiarowym. Przekłada się to w dalszej kolejności na naprężenia występujące w obrębie ściany zbiornika, a wywołane zmianami temperatury.

Słowa kluczowe: zbiornik na cieczy, ściana żelbetowa, obciążenia termiczne, naprężenia termiczne, oprogramowanie CFD

ANALYSIS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE REINFORCED CONCRETE WALL OF TANK, CONSIDERING TWO-DIMENSIONAL HEAT FLOW

Summary

The article presents the selected aspects of designing reinforced concrete tanks for liquids considering the high thermal loads occurring during tanks' exploitation. Thermal loads often are a consequence of occurrence of high differences in temperature between the liquid, which fills the tank, and the tank's surroundings. This problem is strongly visible in case of the tank's walls erected high above ground level. The calculation values of temperatures presented by EC1-1-5 norm have been established on extremely low levels of winter conditions (during the calculations, the assumed temperature was -30°C), and extremely high levels of summer conditions (during the calculations, the assumed temperature was $+38^{\circ}\text{C}$ and $+56^{\circ}\text{C}$ on the tank's walls exposed to sunlight). The calculations presented in the article included 4 variants of solutions for the tank's external walls – devoid of thermal isolation and with isolation of 5, 10 and 15 cm thick polystyrene layers laid out externally. Calculations of temperature distribution in the tank wall were made with application of CFD software which is used to simulate stationary and non-stationary heat processes. The comparison of data obtained from the two-dimensional simulation with results assuming one-dimensional heat flow indicates the appearance of clearly higher temperature gradients. The problem is particularly important in walls with thermal insulation, where temperature differences are even five times higher in the section in question than in the one-dimensional model. It further results in stresses appearing within the tank walls, which are caused by temperature changes.

Keywords: liquids tank, reinforced concrete wall, thermal loads, thermal stresses, CFD software

Przesłano do redakcji: 20.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁴ Autor do korespondencji / corresponding author: Halina Garbalińska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 42 91; Halina.Garbalska@zut.edu.pl

⁵ Jarosław Strzałkowski, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 43 41; jstrzalkowski@zut.edu.pl

⁶ Agata Stolarska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 43 41; siwinska@zut.edu.pl

Halina GARBALIŃSKA⁷
Magdalena BOCHENEK⁸

POMIARY ROZKŁADU WILGOTNOŚCI I PARAMETRÓW CIEPLNYCH BETONU KOMÓRKOWEGO KLAS 400 i 700 W TRAKCIE 6-MIESIĘCZNEGO WYSYCHANIA

W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych zrealizowanych na próbkach z betonu komórkowego o gęstości 400 kg/m³ i 700 kg/m³. W pierwszym etapie próbki poddano działaniu ciekłej wody, która wprowadzana była do ich wnętrza siłami podciągania kapilarnego. Następnie przystąpiono do pomiarów podstawowych parametrów cieplnych, prowadzonych na próbkach o różnym poziomie zawilgocenia. Wyznaczano współczynnik przewodzenia ciepła λ oraz objętościową pojemność cieplną c_p . Równocześnie część próbek poddano nasycaniu wodą, aż do momentu ustabilizowania się ich masy. Następnie próbki poddano suszeniu w warunkach laboratoryjnych, rejestrując tempo tego procesu przez okres pół roku. Głównym celem przeprowadzonego eksperymentu było wyznaczenie obydwu parametrów cieplnych dla próbek o różnym stanie zawilgocenia, a następnie odwzorowanie czasowych zmian zachodzących w parametrach cieplnych testowanych betonów komórkowych w trakcie ich wysychania z zawilgocenia powodziowego. Zmienne rozkłady wilgotności oraz przewodności i pojemności cieplnej po grubości przegrody odtworzono po upływie 1, 2, 3, 4 oraz 6 miesięcy trwania procesu wysychania. Dane zebrane w przypadku obydwu badanych klas betonów 400 i 700 wskazują na wyraźnie różny przebieg procesu – tak pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Badania dotyczące betonu klasy 400 dowodzą silnego zróżnicowania w rozkładzie badanych wielkości fizycznych (λ , c_p oraz U_v) zarówno po miesięcznym, jak i 2-miesięcznym okresie wysychania oraz powrót do stanu zbliżonego do wyjściowego pod względem wilgotnościowym i cieplnym po upływie około 3-miesięcznego okresu wysychania. W przypadku betonu komórkowego klasy 700 okres 6 miesięcy okazał się być niewystarczający, aby uzyskać parametry cieplne i wilgotnościowe zbliżone do wartości, jakie miałby materiał w stanie naturalnej wilgotności.

Słowa kluczowe: beton komórkowy, przepływ kapilarny, przewodność cieplna, pojemność cieplna, wysychanie

MEASUREMENTS OF MOISTURE AND THERMAL PARAMETERS DISTRIBUTION IN AUTOCLAVED AERATED CONCRETES OF 400 AND 700 CLASS DURING A SIX MONTH PERIOD OF DRYING

Summary

The paper describes the results of experimental studies which were conducted on the samples of aerated concrete of density class 400 kg/m³ and 700 kg/m³. Initially, the samples were exposed to a strong effect of liquid water which was introduced into their interior by capillary forces. Next, basic thermal parameters were measured and some tests were carried out on samples of various degree of moisture. The coefficient of thermal conductivity λ and the heat capacity c_p were determined. At the same time, a part of the samples was saturated with water until they stabilized. Next, the samples were dried under laboratory conditions, recording the rate of this process for a period of half a year. The main goal of the experiment was to determine both thermal parameters for the samples of various degree of moisture and then to map the temporal changes in the thermal parameters of the tested aerated concretes during the drying out of post flood moisture. The variables of moisture distribution, thermal conductivity and heat capacity across the width of wall were reconstructed after 1, 2, 3, 4 and finally 6 months of drying process. In case of the both classes researched (400 and 700), all collected data indicate at clearly different courses of the process in qualitative and quantitative character.

Research concerning 400 class concrete proves strong differentiation in the distribution of the tested physical parameters (λ , c_p and U_v) after both, 1 and 2 month periods of drying and return after 3 months to the state similar to the initial one regarding moisture and heat distribution. In case of 700 class aerated concrete, a period of 6 month drying proves to be too short in order to obtain thermal and moisture parameters similar to the values which the material would have in the state of natural conditions.

Keywords: autoclaved aerated concrete, capillary transport, thermal conductivity, heat capacity, drying

Przesłano do redakcji: 20.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷ Autor do korespondencji / corresponding author: Halina Garbalińska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 42 91; Halina.Garbalska@zut.edu.pl

⁸ Magdalena Bochenek, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 43 41; mbochenek@zut.edu.pl

POPIOŁ Z TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH JAKO SKŁADNIK ZAWIESIN TWARDNIEJĄCYCH

W roku 2015 wytworzono 568,0 tys. ton s.m. komunalnych osadów ściekowych. Jest to pochodna rozwoju cywilizacyjnego Polski i budowy nowoczesnych oczyszczalni ścieków. Zaostrzające się przepisy oraz założone, strategiczne cele gospodarki ściekowej determinują rozwój nowoczesnych metod utylizacji osadów ściekowych: technik termicznych. W wyniku takich działań ilość powstałych lotnych popiołów po spalaniu komunalnych osadów ściekowych znacząco rośnie. Specyficzne właściwości powstającego popiołu nie pozwalają na wykorzystaniu go w powszechnie rozumianym przemyśle budowlanym. Trwają intensywne prace nad możliwością bezpiecznego dla środowiska zagospodarowania tego typu odpadu. Artykuł prezentuje możliwości zastosowania popiołu z termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych (TPKOŚ) jako dodatku do zawiesin twardniejących stosowanych podczas realizacji przesłon przeciwfiltracyjnych w obiektach hydrotechnicznych / ochrony środowiska. Przedstawiono proces TPKOŚ, podstawowe właściwości fizyczne oraz chemiczne powstającego popiołu i skonfrontowano je z obowiązującymi wymaganiami dla dodatków do betonu. Zaprezentowano wyniki badań podstawowych parametrów technologicznych zawiesin twardniejących z dodatkiem lotnego popiołu z TPKOŚ, tj. gęstość, lepkość, odstój dobowy wody, wytrzymałość strukturalną. Ponadto przedstawiono wyniki parametrów użytkowych zawiesin po stwardnieniu tj. gęstość, przepuszczalność hydrauliczną, wytrzymałość na ściskanie. Na tej podstawie przeanalizowano przydatność projektowanych zawiesin twardniejących do realizacji przesłon przeciwfiltracyjnych w wałach przeciwpowodziowych.

Słowa kluczowe: zawiesina twardniejąca, lotny popiół z termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych

FLY ASH FROM THERMAL UTILIZATION OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE AS A POTENTIAL BUILDING MATERIAL

Summary

In recent years there has been a rapid increase in by-products in the purification of waste water treatment – sewage sludge. It is a derivative of Polish civilization development and construction of modern sewage treatment plants. More stringent regulations and established strategic goals wastewater determine the development of modern methods of disposal of sewage sludge: thermal techniques. As a result of such actions amount resulting fly ash from thermal utilization of municipal sewage sludge has been growing significantly. Intensive work on the possibility of environmentally safe development of this type of waste.

The article presents the characteristics of ash formation as well as its basic physical and chemical properties against the background of the existing criteria for additives for concrete materials. The main part of the paper presents the results of technological and functional parameters of hardening slurries with the addition of fly ash from thermal treatment of municipal sewage sludge. As a comparative criterion applicable requirements in relation to slurries applied during the implementation of the cut-off walls in water embankment.

Key words: hardening slurry, fly ash from thermal utilization of municipal sewage sludge

Przesłano do redakcji: 25.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁹ Autor do korespondencji / corresponding author: Paweł Falaciński, Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Budownictwa Wodnego i Hydrauliki, Warszawa, ul. Nowowiejska 20, 00-653, pawel.falacinski@is.pw.edu.pl

¹⁰ Łukasz Szarek, Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Budownictwa Wodnego i Hydrauliki, Warszawa, ul. Nowowiejska 20, 00-653, lukasz.szarek@is.pw.edu.pl

ZASTOSOWANIE PIANOBETONU W WARSTWACH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DROGOWEJ

Pianobeton jest klasyfikowany jako beton lekki, który powstał poprzez zamknięcie w zaczynie cementowym porów powietrza, utworzonych przy użyciu środka pianotwórczego. Choć sam pianobeton jest znany od około 100 lat, praktyczne jego zastosowanie dotychczas ograniczało się głównie jako materiału niekonstrukcyjnego. Przez wiele lat był stosowany jako materiał stosowany do wypełnienia wolnych przestrzeni przy ścianach oporowych, izolacja fundamentów, warstwa pod posadzką oraz jako izolacja akustyczna. Jednakże w ostatnich latach rośnie zainteresowanie pianobetonem jako materiałem konstrukcyjnym. W artykule przedstawiono zastosowanie pianobetonu w drogownictwie, ze szczególnym uwzględnieniem nawierzchni drogowych. Przedstawiono również wyniki badań laboratoryjnych oraz analiz numerycznych, stanowiących przesłankę do zastosowania pianobetonu w warstwie podbudowy pomocniczej nawierzchni drogowej. W ramach badań laboratoryjnych, mających na celu wyznaczenie właściwości fizycznych materiału przeprowadzono badania wytrzymałości na ściskanie, wytrzymałości na rozciąganie i badanie nasiąkliwości. Wykazano, że dla pianobetonu wraz ze wzrostem gęstości wrasta wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie, natomiast spada nasiąkliwość materiału. Ponadto wykonano także badanie mrozoodporności, gdzie próbki pianobetonu zostały poddane 25 cyklom zamrażania-odmrażania. Zaobserwowano 15% spadek wytrzymałości na ściskanie próbek poddanych cykлом zamrażania-odmrażania w porównaniu do próbek nie poddanych działaniu mrozu (świadków). Wyniki analiz numerycznych wskazują, że w spodzie warstwy podbudowy pomocniczej z materiałów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi dla nawierzchni kategorii ruchu KR5 ułożonej na podłożu o nośności G1÷G4, powstają naprężenia rozciągające niższe niż wytrzymałość na rozciąganie dla pianobetonów o gęstości 860÷1060 kg/m³.

Słowa kluczowe: beton lekki, metody mechanistyczne, metody numeryczne, MES

APPLICATION OF FOAMED CONCRETE IN LAYERS OF PAVEMENT STRUCTURE

Summary

Foamed concrete is classified as a lightweight concrete. It is a cement mortar in which air-voids are entrapped by foaming agent. Although foamed concrete is known for about 100 years, its practical application is mainly limited to non-structural material. For many years, the application of foamed concrete has been limited to backfill of retaining walls, insulation of foundations, roof tiles and sound insulation. However, in the last few years foamed concrete has become a promising material also for structural purposes. The paper presents the use of foamed concrete in road construction, with particular emphasis on road pavements.

The results of laboratory tests and numerical analyzes are also presented. Series of tests was carried out to examine the physical parameters of foamed concrete: compressive strength, flexural strength and absorption of water. The compressive strength and flexural strength decreased with the decrease of the density of the foamed concrete, while the water absorption increased. Furthermore, the influence of 25 cycles of freezing and thawing on the compressive strength was examined. The compressive strength of foamed concrete subjected to freeze-thaw tests was only approx. 15% lower comparing to untreated specimens.

The results of numerical simulations show that the maximal tensile stress in the lower zone of subbase layer, for the pavement structure KR5 and subgrade types G1÷G4, is lower than the flexural strength of foamed concrete with the density of 860÷1060 kg/m³ determined in laboratory tests. It shows potential possibility of using foamed concrete layer as a subbase for pavement structures.

Keywords: lightweight concrete, mechanistic methods, numerical analysis, FEM

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹¹ Marta Kadela, Instytut Techniki Budowlanej, 00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1, +48 32 7302948, m.kadela@itb.pl

Ryszard COUFAL¹²
Magdalena OLSZEWSKA¹³

ANALIZA WARTOŚCI OSIADAŃ KONSOLIDOWANYCH GRUNTÓW ORGANICZNYCH MODELEM NUMERYCZNYM W PORÓWNANIU Z WARTOŚCIAMI POMIERZONYMI

W pracy została przeprowadzona analiza wartości osiadań konsolidowanych gruntów organicznych modelem numerycznym w porównaniu z wartościami pomierzonymi. Na podstawie przedstawionego modelu do obliczeń wyznaczono osiadania dla nasypu posadwionego na gruncie organicznym. Osiadanie zostało obliczone metodą odkształceń jednoosiowych (metoda normowa) z edometrycznym modułem ścisłości pierwotnej oraz metodą, która uwzględnia moduł ścisłości konsolidowanych gruntów organicznych według Meyera. Następnie otrzymane wyniki obu metod porównano z osiadaniami pomierzonymi.

Słowa kluczowe: moduł ścisłości, grunty organiczne, nasyp, model Meyera

ANALYSIS OF SETTLEMENT OF ORGANIC SOIL CALCULATED ACCORDING TO NUMERICAL MODEL IN COMPARISON WITH MEASURED VALUES

S u m m a r y

The article analyzes the value of settlement of organic soil by numerical model compared with measured values. On the basis of presented numerical model settlement values were determined for an embankment built on the ground of organic soil. Settlement was calculated by means of simple classical one-dimensional method with an oedometric modulus of compressibility and a method that takes into account the modulus of compressibility of the consolidated organic soil according to Meyer. The obtained results of both methods were then compared with the actual settlement of the embankment.

Przesłano do redakcji: 19.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹² Autor do korespondencji / corresponding author: Ryszard Coufal, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Geotechniki, al. Piastów 50, 70-310 Szczecin; tel. 914494371; coufal@zut.edu.pl

¹³ Magdalena Olszewska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Geotechniki, al. Piastów 50, 70-310 Szczecin; tel. 914494515; magdalena.olszewska@zut.edu.pl

OCENA WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE BEZ ODPLYWU WYBRANEGO GRUNTU ORGANICZNEGO NA PODSTAWIE BADAŃ SONDĄ FVT

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano procedury badań i wyznaczanie wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez odpływu dla wybranego gruntu organicznego zalegającego na terenie Rzeszowa. Wykorzystano w tym celu wyniki badań przeprowadzonych za pomocą sondy obrotowej FVT warunkach „in situ” oraz laboratoryjnych. Analiza wyników wykazała, że wartości wytrzymałości na ścinanie wyprowadzone bezpośrednio z pomiarów oporu podczas ścinania gruntu organicznego są zawyżone w odniesieniu do rezultatów alternatywnych badań laboratoryjnych. Dokonano przeglądu literatury i przeanalizowano problematykę związaną z koniecznością korygowania otrzymanych wyników do celów projektowania geotechnicznego za pomocą współczynnika poprawkowego μ .

Przedstawiono własną propozycję wartości współczynnika poprawkowego, właściwą wyłącznie dla badanego gruntu organicznego. Skorygowaną wartość wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez odpływu porównano z alternatywnymi propozycjami innych badaczy.

Słowa kluczowe: grunty organiczne, wytrzymałość w warunkach bez odpływu, sonda FVT

DETERMINATION OF UNDRAINED SHEAR STRENGTH OF SELECTED ORGANIC SOIL ON THE BASIS OF FVT TEST

Summary

This paper presents the procedures and results of the estimation of undrained shear strength for selected organic soil located in the area of Rzeszow. The results of "in situ" tests performed with the FVT rotary probe were used for this purpose. The study showed that undrained shear strength values derived directly from field measurements are overestimated with respect to the results of alternative laboratory tests. The overview of the selected scientific literature was done in order to analyze the problems related to the need to correct the results obtained for the geotechnical aims by using of correction factor μ . The paper suggest the proper value of the factor μ , appropriate only for the analyzed organic soil. The value of undrained shear strength obtained by this method was compared with those given by other researchers.

Keywords: organic soils, undrained shear strength, Field Vane Test

Przesłano do redakcji: 22.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹⁴ Grzegorz Straż, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Zakład Geodezji i Geotechniki im. Kaspra Weigla, ul. Poznańska 2, 35-959 Rzeszów, Tel.178651006, e-mail: gstraz@prz.edu.pl.

Andrzej GRUCHOT¹⁵
Eugeniusz ZAWISZA¹⁶
Ewa CZYŻ¹⁷

PARAMETRY KONTAKTU MIĘDZYFAZOWEGO WYBRANYCH MATERIAŁÓW STOSOWANYCH W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

Celem badań było określenie wytrzymałości na ścinanie mieszaniny popiołowo-żuźlowej ze składowiska odpadów Elektrociepłowni Kraków (EDF Polska S.A.) oraz oporu tarcia międzyfazowego na kontakcie pomiędzy przedmiotową mieszaniną a geowłókniną PPST 100. Badania przeprowadzono w aparacie bezpośredniego ścinania. Próbki do badań formowano w skrzynce aparatu przy wilgotności optymalnej przez ich zagęszczanie do $I_s = 0,90$ i $1,00$. Ścinanie próbek przeprowadzono bez i z ich nawodnieniem.

Parametry wytrzymałości na ścinanie mieszaniny popiołowo-żuźlowej były duże. Stwierdzono istotny wpływ zagęszczenia, którego wzrost spowodował zwiększenie kąta tarcia wewnętrznego i spójności. Natomiast nawodnienie próbek spowodowało zmniejszenie parametrów wytrzymałości na ścinanie. Wartości parametrów oporu tarcia międzyfazowego na kontakcie mieszanina popiołowo-żuźłowa a geowłóknina były również duże. Należy również wskazać, że nawodnienie próbek spowodowało zwiększenie kąta tarcia międzyfazowego i zmniejszenie adhezji. Można więc stwierdzić, że stosowanie mieszanin popiołowo-żuźłowych jako kruszywa antropogenicznego jest ważnym i istotnym zagadnieniem w aspekcie ochrony naturalnych materiałów gruntowych.

Słowa kluczowe: mieszanina popiołowo-żuźłowa, wytrzymałość na ścinanie, opór tarcia międzyfazowego, geowłóknina

INTERPHASE CONTACT PARAMETERS OF THE CHOSEN MATERIALS USED IN EARTH STRUCTURES

Summary

The tests aimed at the determination of the shear strength of the ash-slag mixture from the landfill of the Combined Heat and Power Plant „Kraków” S.A. (EDF Polska S.A.) as well as the interphase friction resistance at the contact between the mixture in question and the PPST 100 geotextile. The tests were conducted in a direct shear apparatus. Samples for the tests were formed in the apparatus box at the optimum moisture content by compacting them to $I_s = 0.90$ and 1.00 . Shearing of the samples was carried out without and with their saturation.

The shear strength parameters of the ash-slag mixture were large. It was stated the significant influence of the compaction, the growth of which has resulted in an increase in the angle of internal friction and cohesion. Whereas the saturation of the samples reduced the shear strength parameters. The values of the interphase friction resistance at the contact: the ash-slag mixture and the geotextile were large as well. It should also be noted that the saturation of the samples increased the angle of interphase friction and decreased the adhesion. It can be concluded that the use of the ash-slag mixtures as anthropogenic aggregates is an important issue in terms of protection of natural soil materials.

Keywords: ash-slag mixture, shear strength, interphase friction resistance, nonwoven geotextiles

Przesłano do redakcji: 6.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹⁵ Autor do korespondencji / corresponding author: Andrzej Gruchot, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 126624161, e-mail: rmgrucho@cyf-kr.edu.pl

¹⁶ Eugeniusz Zawisza, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 126339098, e-mail: kiwig@ur.edu.pl

¹⁷ Ewa Czyż, Wodociągi „Niepołomice” Sp. z o.o., ul. Droga Królewska 27, 32-005 Niepołomice, e-mail: ewa.piorek@o2.pl

Eugeniusz ZAWISZA¹⁸
Andrzej GRUCHOT¹⁹

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE MIESZANINY POPIOŁOWO- ŻUŻLOWEJ STABILIZOWANEJ SPOIWAMI HYDRAULICZNYMI

Przedmiotem pracy jest mieszanina popiołowo-żużłowa pochodząca ze składowiska Elektrociepłowni Kraków (EDF Polska S.A.). Celem badań było określenie wytrzymałości na ścinanie przedmiotowej mieszaniny w aparacie bezpośredniego ścinania, w skrzynce o wymiarach w przekroju 0,1 x 0,1 i 0,12 x 0,12 m, z ramkami pośrednimi tworzącymi strefę ścinania o grubości 10 mm. Próbkę formowano przy wilgotności optymalnej i wskaźniku zagęszczenia $I_s = 0,97$, a następnie ścinano: bezpośrednio po uformowaniu, po 7-dniowej pielęgnacji próbek stabilizowanych dodatkiem 2% (wagowo) spoiw hydraulicznych (dwa rodzaje) oraz po 7-dobowej pielęgnacji próbek stabilizowanych jak wyżej i następnie nasączanych wodą przez 3 doby. Uzyskane wartości parametrów charakteryzujących wytrzymałości na ścinanie, to jest kąta tarcia wewnętrznego i spójności, były stosunkowo duże, co świadczy o dużej wytrzymałości na ścinanie badanego materiału. Nawodnienie nie wpłynęło na wartość kąta tarcia wewnętrznego, natomiast wpłynęło na zmniejszenie spójności. Wartości tych parametrów w przypadku mieszanki stabilizowanej były wyraźnie zależne od rodzaju spoiwa.

Słowa kluczowe: odpady energetyczne, charakterystyka geotechniczna, parametry wytrzymałościowe

SHEAR STRENGTH OF THE ASH-SLAG MIXTURE STABILISED WITH HYDRAULIC BINDERS

Summary

The ash-slag mixture coming from the landfill of the Combined Heat and Power Plant Kraków EDF is the subject of the work. The tests aimed at the determination of the shear strength of this mixture in a direct shear apparatus, in a box with dimensions of 0.1 x 0.1 or 0.12 x 0.12 m, with intermediate frames forming 10 mm thick shear zone. The samples were moulded at the optimum moisture content and the degree of compaction $I_s = 0,97$, and then sheared: immediately after moulding, after 7-day curing of the samples stabilised with addition of 2% (by weight) of hydraulic binders (two types) and after 7-day curing of the samples stabilised as above and then soaked in water for three days. The obtained values of the parameters characterising the shear strength, i.e. the angle of internal friction and cohesion, were relatively high, indicating a high shear strength of the tested material. Moisturising did not affect the value of the angle of internal friction, but reduced cohesion. The values of these parameters for the stabilised mixture were clearly dependent on the type of binder.

Keywords: fuel ash, geotechnical characteristics, strength parameters

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹⁸ Autor do korespondencji/corresponding author: Eugeniusz Zawisza, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 12 6339098, e-mail: kiwig@ur.edu.pl

¹⁹ Andrzej Gruchot, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 12 6624161, e-mail: rmgrucho@cyf-kr.edu.pl

PROJEKTOWANIE ZAMKNIĘĆ HYDROTECHNICZNYCH WEDŁUG EUROKODÓW NA PRZYKŁADZIE KLAPY SOCZEWKOWEJ

W artykule przedstawiono wyniki analizy oddziaływań działających na zamknięcie hydrotechniczne w postaci kłapy soczewkowej zainstalowanej na segmencie podnoszonym oraz nośności kłapy pracującej jako ustrój cienkościenny o profilu zamkniętym. Obliczenia wykonano według obowiązujących norm – Eurokodów (PN-EN 1990, PN-EN 1993-1-1, PN-EN 1993-1-3, PN-EN 1993-1-7 oraz PN-EN 1993-4), oraz wycofanych norm (PN-B-03200 i PN-B-03203). Przeanalizowano wartości efektów oddziaływań dla sześciu położeń kłapy. Analiza wyników wskazuje, że wartości oddziaływań wyznaczone według Eurokodów są wyższe dla warunków eksploatacyjnych i znacząco niższe dla warunków wyjątkowych pracy zamknięcia w porównaniu do oddziaływań wyznaczonych zgodnie z zasadami przedstawionymi w wycofanej normie. Wskazuje to na konieczność wydania opracowania do norm obowiązujących, które regulowałoby wartości współczynników częściowych stosowanych w projektowaniu zamknięć hydrotechnicznych, gdyż te podane w Eurokodach nie odzwierciedlają charakteru obciążenia działającego na budowle wodne. W dalszej części artykułu przedstawiono wyniki obliczeń statyczno - wytrzymałościowych dla najbardziej niekorzystnego przypadku obciążenia. Analiza wyników weryfikacji stanu granicznego nośności kłapy soczewkowej wskazuje, że można bezpiecznie zaprojektować stalowe zamknięcie wodne bazując na zapisach zawartych w normach zharmonizowanych. Jest to proces pracochłonny, a największą trudność stanowi ustalenie obliczeniowych wartości efektów oddziaływań. Ze względu na specyfikę konstrukcji stalowych zamknięć wodnych i warunków ich pracy niezbędne jest opracowanie przepisów regulujących zasady jakie należy zachować podczas ich projektowania.

Słowa kluczowe: zamknięcie hydrotechniczne, kłapa soczewkowa, oddziaływania, parcie wody

DESIGN OF HYDRAULIC GATE (FLAP GATE) ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS

Summary

The article presents the results of calculations concerning actions on hydraulic gate: flap gate installed on a segment and resistance of flap gate designed as thin-walled cross-section. The calculations were conducted accordingly to valid standards PN-EN 1990, PN-EN 1993-1-1, PN-EN 1993-1-3, PN-EN 1993-1-7 and PN-EN 1993-4 and to standard which was withdrawn – PN-B-03200 and PN-B-03203. The values of actions were calculated for six possible flap gate positions. The analysis of obtained results indicates that the values of impacts calculated acc. to European standards for common operational conditions are overestimated and values calculated for accidental design conditions are significantly underestimated. It indicates the necessity of implementing the regulations concerning the values of partial factors used in design process of hydraulic gates, because the factors implemented in Eurocodes do not reflect the character of actions on hydraulic structures. Furthermore in the article the calculations concerning mechanical resistance of elements of flap gate are presented. Analysis of obtained results reveals that a hydraulic gate such as flap gate may be designed using rules presented in Eurocodes, and the difficulty is in establishing the design values of actions' effects. Due to specificity and operating conditions of hydraulic gates it is necessary to elaborate the document concerning the rules which must be fulfilled in design process.

Keywords: hydraulic gate, actions, flap gate, water pressure

Przesłano do redakcji: 06.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²⁰ Autor do korespondencji / corresponding author: Agnieszka Machowska, Politechnika Warszawska Wydział Instalacji Budowlanych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, 22 234 53 33, agnieszka.machowska@pw.edu.pl

²¹ Paweł Kosiński, Politechnika Warszawska Wydział Instalacji Budowlanych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

PROBLEMY GOSPODARCZEGO WYKORZYSTANIA DOLNEJ WISŁY

W pracy omówiono historię i aktualny stan zagospodarowania dolnej Wisły oraz najistotniejsze argumenty na rzecz gospodarczego wykorzystania jej potencjału. Wskazano, że najlepszym sposobem kompleksowego i integralnego rozwiązania problemów związanych z zagrożeniem niesionym przez dolną Wisłę i wykorzystaniem istniejących możliwości jest powrót do idei budowy kaskady stopni wodnych. Takie podejście umożliwi kompleksowe rozwiązanie problemów zagrożenia powodzią, produkcji energii, transportu wodnego, zaopatrzenia w wodę, retencji wód opadowych oraz sportu i rekreacji. Dla porównania przedstawiono stan rozwoju infrastruktury hydrotechnicznej w Europie i na świecie.

Słowa kluczowe: potencjał dolnej Wisły, drogi wodne, energetyka wodna, ochrona przed powodzią, kaskada stopni wodnych

PROBLEMS OF EXPLOITATION OF THE LOWER VISTULA RIVER

Summary

In the paper the history and current situation dealing with the possibilities of making use of the lower Vistula River potential are presented and discussed. Taking into account the hydrological characteristics and the remarkable various possibilities represented by the Vistula River, it is shown that building of a cascade of reservoirs could be probably the best solution. This investment will make possible to solve simultaneously such problems as production of hydro-energy, water transport, flood protection, supplying of water for agriculture and industry, development of sports and recreation, increasing of stored water capacity etc. Application of the modern solutions and technologies should limit negative impact of the hydraulic structures on the natural environment of the Vistula valley. For comparison similar projects carried out in many other countries in the past and currently realized are also presented.

Keywords: hydrology of the lower Vistula, waterway, water power, flood protection, cascade of reservoirs

Przesłano do redakcji: 10.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²² Romuald Szymkiewicz, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, ul. G. Na-rutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, tel. (58) 347 19 02, rszym@pg.gda.pl

ZASTOSOWANIE METODY GEORADAROWEJ DO OCENY POPRAWNOŚCI WYKONANIA KONSTRUKCJI GRUNTOWO-POWŁOKOWEJ

Konstrukcje gruntowo-powłokowe są obecnie szeroko stosowane ze względu na swoje zalety, wśród których wymienić można: niższe koszty budowy i utrzymania obiektu, skrócony czas wykonania oraz uproszczenie konstrukcji w porównaniu z konstrukcjami klasycznymi. Nie bez znaczenia są również ich walory architektoniczne. Konstrukcje podatne wykazują jednak istotne różnice w budowie oraz sposobie pracy w stosunku do klasycznych konstrukcji sztywnych. Niezrozumienie zachodzących zjawisk może powodować występowanie błędów projektowych oraz wykonawczych, które mogą być przyczyną awarii, a w skrajnym przypadku nawet katastrofy. Odpowiednio wczesne wykrycie błędów i ich eliminacja pozwalają zatrzymać degradację obiektu i wydłużyć okres jego użytkowania. W celu wykrycia występujących nieprawidłowości należy zastosować nieniszczące metody badawcze (NDT), które umożliwiają ocenę poprawności wykonania zakrytych elementów konstrukcyjnych. Jedną z najpopularniejszych metod badawczych jest technika georadarowa. Obecnie znajduje ona szerokie zastosowanie w budownictwie komunikacyjnym, gdzie wykorzystuje się ją do oceny stanu technicznego klasycznych konstrukcji mostowych, nawierzchni drogowych oraz lotniskowych, czy nasypów kolejowych. Do chwili obecnej metoda georadarowa nie znalazła jednak zastosowania w badaniach podatnych konstrukcji gruntowo-powłokowych. W artykule przedstawiono przykład zastosowania techniki georadarowej do oceny poprawności wykonania oraz stanu technicznego obiektu mostowego typu SuperCor. Jako rezultat badań uzyskano serię radargramów przetworzonych przy użyciu dedykowanego oprogramowania, co umożliwiło określenie prędkości propagacji fali w warstwach konstrukcyjnych oraz wykrycie niewłaściwego wykonania warstw i elementów konstrukcyjnych obiektu. Występowanie tych anomalii może istotnie wpływać na trwałość obiektu.

Słowa kluczowe: Badania nieniszczące, metoda georadarowa, przeglądy obiektów mostowych, konstrukcje gruntowo-powłokowe, SuperCor

APPLICATION OF GPR METHOD FOR SOIL-STEEL STRUCTURE EXECUTION CORRECTNESS ASSESSMENT

Summary

Soil-steel structures are widely used due to its advantages including lower cost of construction and maintenance, quicker construction process and simplification of structure in comparison to traditional structures. Architectural values are also significant. However flexible structures present relevant differences in structure and work manner in relation to traditional rigid objects. Lack of understanding of these phenomena may lead to design and execution faults that may be a reason of failure, and in an extreme case even a building collapse. Early detection of faults and its elimination allows to stop the deterioration of an object and to extend its service life. In order to detect existing incorrectness, the non-destructive testing methods (NDT) should be applied. These methods enable the assessment of inaccessible construction members execution correctness. One of the most popular testing methods is Ground Penetrating Radar technique. Presently it is widely applied in communication engineering for technical condition assessment of traditional bridge structures, road and airfield pavements or railway embankments. To date GPR method is not applied for flexible soil-steel structures assessment. This paper presents an example of GPR technique application for assessment of execution correctness and technical condition of a SuperCor flexible bridge structure. As a result a series of processed radargrams were obtained which allowed determination of wave propagation velocity, detection of improper execution of structural layers and construction members. The anomalies recorded may affect the life span of the structure.

Keywords: Non-destructive testing, GPR method, bridge inspection, soil-steel structures, SuperCor

Przesłano do redakcji: 20.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²³ Grzegorz Świt, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Wytrzymałości Materiałów, Konstrukcji Betonowych i Mostowych, ul. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7B, 25-314 Kielce; tel. 41 34-24-593; gswit@tu.kielce.pl

²⁴ Autor do korespondencji / corresponding author: Łukasz Kosno, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Wytrzymałości Materiałów, Konstrukcji Betonowych i Mostowych, ul. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7B, 25-314 Kielce; tel. 41 34-24-593; lkosno@tu.kielce.pl

POKONYWANIE PRZESZKÓD WODNYCH WEDŁUG STANDARDÓW NATO

W artykule przedstawiono klasyfikację przeszkód wodnych pod kątem trudności ich pokonywania za pomocą wojskowego sprzętu przeprawowo- mostowego. Zaprezentowano 3 rodzaje tego sprzętu:

- zmechanizowane mosty towarzyszące (ZMT);
- samobieżne i przewożone parki pontonowe (promy i mosty pływające);
- mosty składane (MS)

oraz możliwości ich zastosowania w zależności od potrzeb.

Słowa kluczowe: przeszkody wodne, mosty towarzyszące, mosty pływające, mosty składane

CROSSING WATER OBSTACLES IN ACCORDANCE WITH NATO STANDARDS

Summary

The article presents the classification of water obstacles in terms of the difficulty with which they are crossed with military crossing and bridging equipment. It discusses three types of equipment:

- support bridges,
- self-propelled and transported pontoon parks (ferries and amphibious rigs),
- foldable bridges,

and their employment as needed.

Keywords: water obstacles, support bridges, pontoon parks, foldable bridges

Przesłano do redakcji: 02.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²⁵ Janusz Szelka, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Budownictwa, Zakład Dróg i Mostów, ul. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra; tel. 605581940; j.szelka@interia.pl

OCENA PRZYCZYŃ USZKODZEŃ I METODA NAPRAWY ELEMENTÓW POMOSTU MOSTU KRATOWNICOWEGO

Artykuł dotyczy zagadnień związanych z pracą statyczną poprzecznic w kolejowych mostach stalowych z otwartym pomostem. Przedstawiono problem zwiększonego wyężenia i odkształcenia poprzecznic od sił poziomych, wywołanych zmianą długości pasów dźwigarów głównych i sił hamowania pojazdów. Na przykładzie mostu kolejowego przez rzekę Wartę w Sieradzu omówiono charakterystyczne dla tego zjawiska uszkodzenia elementów jezdni mostu oraz sposób ich naprawy, z zastosowaniem indywidualnie zaprojektowanych łożysk, umożliwiających przegubowo przesuwne oparcie podłużnic na poprzecznicach.

Słowa kluczowe: most kratownicowy, przesuwne oparcie podłużnic, łożyska stalowe

ASSESSMENT OF THE REASONS AND REPAIR METHOD OF THE RAILWAY TRUSS BRIDGE DECK DEFECTS

Summary

This article deals with issues related to the static work of floor beams in open-deck steel railway bridges. The problem of increased strain and deformation of floor beams from horizontal forces caused by the change of the length of the main girders and the braking force of the vehicles is presented. The example of a bridge over the Warta River in Sieradz is characterized by the characteristic damage to the bridge carriageway components and the way they are repaired, using individually designed steel bearings to enable the sliding support of the stringers on the cross members.

Keywords: truss bridge, sliding support of stringers, steel bearing

Przesłano do redakcji: 28.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²⁶Mariusz Hebda, Politechnika Krakowska, Katedra Budowy Mostów i Tuneli, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; tel. 1286282113; mariusz.hebda@pk.edu.pl

MODELOWANIE OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH W FORMIE PRZYSIADÓW NA KŁADKACH DLA PIESZYCH

Konstrukcje budowlane charakteryzujące się zwiększoną podatnością dynamiczną i możliwością występowania drgań odczuwalnych przez ich użytkowników narażane są często na intencjonalne wzbudzenie drgań przez osoby wykonujące podskoki lub przysiady. Obciążenia dynamiczne tego typu wystąpić mogą m.in. na: kładkach dla pieszych, trybunach stadionowych, stropach budynków (podczas wydarzeń sportowo-rekreacyjnych, dyskotek, koncertów). W referacie przedstawiono charakterystykę obciążeń dynamicznych w formie sił reakcji podłoża generowanych podczas ciągłych, rytmicznych przysiadów wykonywanych przez jedną osobę wraz z propozycją modeli matematycznych tych obciążeń. Zaproponowane modele opracowano w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych sił reakcji podłoża i wstępnie zweryfikowano w drodze dynamicznych analiz numerycznych oraz badań terenowych przykładowych kładek dla pieszych. Wyniki analiz i badań potwierdziły poprawność i skuteczność stosowania modeli w celu wyznaczenia wartości sił reakcji podłoża powstających podczas ciągłych, rytmicznych przysiadów oraz ustalania wartości odpowiedzi dynamicznej konstrukcji.

Słowa kluczowe: przysiady, drgania, podatność, siły reakcji podłoża, odpowiedź dynamiczna, kładki, stropy, trybuny

MODELLING OF THE DYNAMIC LOADS IN THE FORM OF SQUATS ON FOOTBRIDGES

Summary

Dynamic forces generated by moving persons can lead to excessive vibration of the long span, slender and light-weight structure such as floors, stairs, stadium stands and footbridges. These dynamic forces are generated during walking, running, jumping and rhythmical body swaying in vertical or horizontal direction etc. One of the important type of dynamic loading of a susceptible and light-weight structures can be the ground reaction forces generated during rhythmically repeated squats. In the paper the load models of the ground reaction forces generated during partial squats have been presented. Elaborated models was compared to the forces measured during laboratory tests carried out by author in wide range of frequency using force platform. Moreover, the load models were initially validated during dynamic numerical analyses and dynamic field tests of the exemplary footbridges.

Keywords: squats, vibrations, susceptibility, ground reaction forces, dynamic response, footbridges, floors, stadium stands

Przesłano do redakcji: 27.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²⁷ Marek Pańtak, Politechnika Krakowska, Katedra Budowy Mostów i Tuneli, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; tel. (12) 628-29-13; mpantak@pk.edu.pl.

Józef JASICZAK²⁸
Marcin KANONICZAK²⁹

ZASADNOŚĆ PRZYJMOWANIA NORMOWYCH WARTOŚCI f_{ci} ORAZ f_{cm} PRZY SZACOWANIU KLASY BETONU DLA MAŁEJ PRÓBY

Przedmiotem analizy są normowe wartości f_{ci} oraz f_{cm} przy szacowaniu klasy betonu dla małej próby. W minionych latach zmieniło się podejście do szacowania tych wartości i istnieje uzasadniona obawa o zakwalifikowanie betonu do niższej klasy mimo, że ciąg wartości z tzw. małej próby o tym nie świadczy. Ponieważ ostatecznie klasę betonu określa się ex post po wykonaniu konstrukcji konsekwencje dla wykonawcy, który nie dotrzymał projektowanej klasy betonu, są daleko idące. W artykule przeanalizowano dwa ciągi wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie uzyskane podczas budowy obwodnicy autostradowej miasta Poznania. W wyniku obliczeń zaproponowano konieczne wartości dwóch wymienionych parametrów by spełnić warunek bezpieczeństwa konstrukcji.

Słowa kluczowe: wytrzymałość betonu, mała próba statystyczna, wartości normowe

JUSTIFIED ADOPTION OF NORMATIVE VALUES f_{ci} AND f_{cm} IN THE ESTIMATION OF CONCRETE CLASSIFICATION FOR SMALL SAMPLES

Summary

The subject of the analysis are normative values f_{ci} and f_{cm} in the estimation of concrete class for a small sample. In the past years, the approach to estimating these values has changed and there is a well-grounded concern that concrete will be classified as lower class concrete, despite the fact that the value chain from the so called small sample does not justify it. Because ultimately concrete class is defined ex post after the erection of a structure, there will be far reaching consequences for the contractor who has not met the designed class of concrete. The paper analyses two series of test results for the compressive strength of concrete obtained during the construction of motorway ring road of the city of Poznan. After making calculations, necessary values of the two above mentioned parameters were proposed to meet the safety requirements of the structure.

Keywords: compressive strength of concrete, small statistical sample, normative values

Przesłano do redakcji: 15.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

²⁸ Autor do korespondencji / corresponding author: Józef Jasiczak, Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej, 60-965 Poznań, tel. 6652454, jozef.jasiczak@put.poznan.pl

²⁹ Marcin Kanoniczak, Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej, 60-965 Poznań, tel. 6652862, marcin.kanoniczak@put.poznan.pl

ŚCIEŻKI RÓWNOWAGI STATYCZNEJ BELEK ŻELBETOWYCH WZMACNIANYCH TAŚMAMI Z WŁÓKIEN WĘGLOWYCH

Wyniki badań doświadczalnych i analiz numerycznych pokazują, że istotny wpływ na pracę wzmacnianych belek żelbetowych mają techniki naprawcze i właściwości mechaniczne zastosowanych materiałów naprawczych. Właściwości mechaniczne materiałów naprawczych oraz techniki wzmacniania decydują nie tylko o nośności belek po wzmocnieniu, ale także o ich odkształceniach. Ponadto wzmocnienia belek mogą być wykonywane przy zastosowaniu różnych metod. Wzmocnienie można wykonać przed obciążeniem belki lub po jej obciążeniu. Można też belkę odciążyć przed wzmocnieniem, albo sprężyć ją materiałami naprawczymi. Wymienione metody naprawcze mają również wpływ na pracę wzmacnianych belek żelbetowych. Projektując wzmocnienia belek żelbetowych trzeba być świadomym konsekwencji stosowania dostępnych technik naprawczych, materiałów naprawczych, a także wyboru metody wykonywania wzmocnień. W artykule przedstawiono ścieżki równowagi statycznej belek żelbetowych wzmacnianych różnymi materiałami naprawczymi przy zastosowaniu różnych technik wzmacniania i metod wzmacniania, ze szczególnym uwzględnieniem wzmocnień taśmami z włókien węglowych. Przeprowadzone analizy mogą być pomocne w projektowaniu wzmocnień belek żelbetowych.

Słowa kluczowe: obciążenie, odciążenie, sprężenie, moment zginający, krzywizna, ugięcie.

STATIC EQUILIBRIUM PATHS FOR CFRP STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE BEAMS

Summary

The results of experimental tests and numerical analyses indicate that repair techniques and the mechanical characteristics of repair materials have a very strong influence on the behaviour of strengthened reinforced concrete beams. The mechanical characteristics of materials used for strengthening elements and the strengthening techniques determine not only the load bearing capacity of beams after strengthening, but also their deformations. Other important factors also affect the behaviour of such beams, which include the time when the strengthening is done, i.e. before or after loading the beam. It is also important whether the beams are compressed with repair materials while they are being strengthened, or whether the load is taken off the beams before strengthening, or whether intermediate supports are used while strengthening the beams. All the factors mentioned have an influence on the behaviour of strengthened reinforced concrete beams. While designing strengthening elements for reinforced concrete beams, it is necessary to be aware of the consequences of using available repair techniques, repair materials, as well as the technology and stages of the construction of strengthening elements. The paper presents the static equilibrium paths of strengthened reinforced concrete beams with special attention to the repair techniques possible to implement while strengthening the beams. These analyses can be useful for designing strengthening elements for reinforced concrete beams.

Keywords: loading, unloading, compression, bending moment, curvature, deflection

Przesłano do redakcji: 30.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

³⁰ Jacek Korentz, Uniwersytet Zielonogórski, 65-417 Zielona Góra, ul. Licealna 9, tel. +48 68 32 882 416, e-mail: j.korentz@ib.uz.zgora.pl

NUMERYCZNA I DOŚWIADCZALNA ANALIZA ZGINANYCH, SKRĘCANYCH I ŚCINANYCH BELEK ŻELBETOWYCH

W artykule zaprezentowano badania doświadczalne i analizy numeryczne belek żelbetowych zginanych, skręcanych i ścinanych. Przedmiotem analizy były belki wspornikowe wykonane w skali naturalnej o przekroju poprzecznym 30x30 cm. Zbrojenie w belkach ukształtowano na podstawie dwóch różnych modeli Strut and Tie (ST). Dla belki B1 model ST stanowiła kratownica przestrzenna, w której ściskane krzyżulce betonowe wydzielone rysami ukośnymi nachylone są do osi pręta pod kątem 45°. Pręty pionowe kratownicy to rozciągane zbrojenie w postaci strzemion. Pas górny i dolny kratownicy to odpowiednio zbrojenie rozciągane i ściskane pasy betonowe. W przypadku belki B2 model ST stanowiła również kratownica przestrzenna o ściskanych krzyżulcach betonowych nachylonych do osi pręta pod kątem 26,6°. Badania doświadczalne 6 belek przeprowadzono w hali laboratoryjnej Wydziału Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. W celu oceny nośności i zmian sztywności belek spowodowanych zginaniem, skręcaniem i ścinaniem analizowano zależności: przemieszczenie pionowe - siła obciążająca oraz sztywność przekroju na skręcanie. Symulacje numeryczne badanych belek wykonano w programie ATENA 3D- Studio. Do nieliniowej analizy belek żelbetowych wykorzystano trzy modele betonu tj. model betonu do analizy nieliniowej zaproponowany w Eurokodzie 2, model betonu o nazwie „cementitious”, zaproponowany w programie ATENA, bazujący na zaleceniach Model Code oraz zmodyfikowany przez użytkownika model betonu „cementitious 2”. Zaobserwowano dużą zgodność pomiędzy średnim obciążeniem granicznym uzyskanymi w symulacjach numerycznych a wynikami doświadczalnymi i obrazem zarysowania. W wyniku przeprowadzonych badań doświadczalnych i analiz numerycznych zaobserwowano wpływ przyjętego modelu ST na sztywność i nośność belek.

Słowa kluczowe: skręcanie, ścinanie, modele ST, belki, żelbet, MES

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER SHEAR AND TORSION

Summary

The paper presents experimental research and numerical simulations of reinforced concrete beams simultaneously exposed to torsional moment, a bending moment and a shear force. Cantilever concrete beams, made in a real scale with cross section 30x30 cm were analysed. Reinforcement in the beams was formed on the basis of two different STMs (Strut and Tie Models). For the beam B1, the ST model was a spatial truss, in which the concrete compression diagonal struts, separated by cracks were inclined to the axis of the chords at the angle of 45°. The vertical elements of the truss represent reinforcement in the form of stirrups. The top and bottom chords of the truss represent tension reinforcement and compressed elements. Analogously to the beam B2, the ST model was a spatial truss but in the third STM, the diagonal struts were inclined at the angle of 26.6°.

Experimental tests of 6 reinforced concrete beams were performed in the laboratory of The Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture at Rzeszow University of Technology. In order to assess the load bearing capacity and changes in stiffness of the beams due to bending, torsion and shear, the dependencies: vertical displacement - loading and stiffness of the cross section under torsion were analysed. Numerical simulations of the investigated beams by means of the program ATENA 3D were made. Three models of concrete were used for nonlinear analysis of reinforced concrete beams: the nonlinear concrete model proposed in Eurocode 2, the concrete model “cementitious” proposed in the ATENA program and the concrete model “cementitious 2” with the modification by the user.

Compatibility between the load bearing capacity obtained in numerical simulations and experimental results was observed. On the other hand, the results obtained from numerical analysis showed slightly different flexural stiffness and stiffness under torsion of the beams compared with the experimental results. On the basis of the experimental research and numerical simulations, a significant influence of ST models on the bearing capacity of the beams was demonstrated.

Keywords: torsion, shear, ST models, beams, reinforced concrete, MES

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r

³¹ Lidia Buda-Ożóg, Politechnika Rzeszowska, 35-959 Rzeszów, ul. Poznańska 2, +48 17 7432402, lida@prz.edu.pl

KOMENTARZ DO ZASAD OBLICZANIA PŁYT NA PRZEBICIE W STREFIE SŁUPÓW NAROŻNYCH WEDŁUG EUROKODU 2

W artykule omówiono zasady obliczania na przebicie płyt w strefie słupów narożnych. Omówiono cztery metody określania naprężeń stycznych, wynikających z działania momentu niezerównoważonego, przekazywanego z płyty na słup. Przedstawiono przykład liczbowy ilustrujący różnice w rozkładzie naprężeń stycznych na długości obwodu kontrolnego w zależności od zastosowanej procedury obliczeniowej. Dokonano porównania wyników obliczeń z rezultatami badań eksperymentalnych. Pokazano, iż w większości przypadków stosowanie zasad Eurokodu 2 prowadzi do wyników po stronie bezpiecznej, aczkolwiek rzeczywiste nośności zostały w wielu przypadkach znacznie niedoszacowane – w szczególności dotyczyło to obliczeń metodą ogólną. Najlepszą zgodność, przy zarazem satysfakcjonującym poziomie bezpieczeństwa obliczeń, uzyskano w przypadku zastosowania metody zredukowanych obwodów kontrolnych. Na podstawie przeprowadzonych analiz zalecono ponadto ograniczenie wartości współczynnika k , uwzględniającego udział mechanizmu przebicia w przekazywaniu momentu niezerównoważonego z płyty na słup.

Słowa kluczowe: przebicie, ustroje płytowo – słupowe, słupy narożne, Eurokod 2, moment niezerównoważony, naprężenia styczne

COMMENTARY TO PRINCIPLES OF EUROCODE 2 CONCERNING PUNCHING SHEAR OF FLAT SLABS WITHIN CORNER COLUMNS

Summary

The paper presents the provisions for punching shear within corner columns. Four methods of determining of shear stresses, resulting from acting of unbalanced moment, were discussed. An example showing the differences in shear stress distribution on the control perimeter, depending on the design method, was presented. Experimental and theoretical results were also presented and discussed. It has been shown that in most cases the application of the principles of Eurocode 2 leads to results on the safe side although very conservative. The best agreement with experimental results was obtained by applying the method of reduced control perimeters.

Keywords: punching shear, column – slab structures, corner columns, Eurocode 2, unbalanced moment, shear stresses

Przesłano do redakcji: 20.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

³² Autor do korespondencji / corresponding author: Michał Gołdyn, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. (42) 631-35-80, e-mail: michal.goldyn@p.lodz.pl

³³ Tadeusz Urban, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. (42) 636-19-84, e-mail: tadeusz.urban@p.lodz.pl

O WPLYWIE NIEMETALICZNEGO ZBROJENIA GŁÓWNEGO NA MECHANIZM NISZCZENIA I NOŚNOŚĆ ŚCINANIA BETONOWYCH BELEK BEZ ZBROJENIA POPRZECZNEGO

W pracy przedstawiono wyniki doświadczalnych badań belek bez zbrojenia poprzecznego zbrojonych na zginanie prętami wykonanymi z włókien szklanych. Celem badań była analiza zachowania się belek pod obciążeniem wraz z określeniem wpływu intensywności tego zbrojenia na sposób niszczenia i nośność ścinania. Do analizy odkształcalności i rozwoju zarysowania elementów badawczych użyto systemu cyfrowej korelacji obrazu ARAMIS. Korzystając z kinetycznego modelu ścinania opisano proces niszczenia belek oraz określono położenie i nachylenie ukośnych rys niszczących. Badania wykazały, że niszczące naprężenia ścinające rosną wraz ze wzrostem stopnia zbrojenia głównego, przy czym wpływ liczby prętów i ich średnicy - w ramach grupy belek o jednakowym stopniu zbrojenia - na ogół nie był istotny, większe znacznie miała liczba warstw prętów, zwłaszcza przy najwyższym stopniu zbrojenia.

Słowa kluczowe: belka betonowa, zbrojenie niemetaliczne, pręt GFRP, nośność na ścinanie, mechanizm zniszczenia, zarysowanie, naprężenie ścinające, stopień zbrojenia

INFLUENCE OF NONMETALLIC FLEXURAL REINFORCEMENT ON FAILURE MECHANISMS AND SHEAR CAPACITY OF CONCRETE BEAMS WITHOUT TRANSVERSAL REINFORCEMENT

Summary

The paper presents experimental test results of concrete beams with longitudinal GFRP reinforcement without transversal reinforcement. The aim of the test was analysis of the beams' behavior under loading and influence of the flexural reinforcement on the failure mechanism and the shear capacity. For analysis of the beams' deformability the digital image correlation system ARAMIS was used. Based on kinematic shear model the process of failure was described in details with location of the critical shear crack and its inclination. Test results indicated that the ultimate shear stress increases with increase in the flexural reinforcement ratio, while the shear stress is not affected by a number of the bars and their diameter.

Much more affected was a number of the reinforcement levels, especially in the beam with the highest longitudinal reinforcement ratio.

Keywords: concrete beam, non-metallic reinforcement, GFRP rebar, shear capacity, failure mechanism, cracking, shear stress, reinforcement ratio

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

³⁴ Autor do korespondencji / corresponding author: Renata Kotynia, Politechnika Łódzka, renata.kotynia@p.lodz.pl

³⁵ Monika Kaszubska, Politechnika Łódzka, monika.dymecka@p.lodz.pl

Łukasz KRAWCZYK³⁶
Michał GOŁDYN³⁷
Tadeusz URBAN³⁸

O NIEDOKŁADNOŚCIACH SYSTEMÓW CYFROWEJ KORELACJI OBRAZU

Celem niniejszego opracowania jest omówienie niedokładności pomiarowych systemu Aramis. Ze względu na złożoność zagadnienia trudno jest znaleźć rozwiązanie ogólne. Do celów aplikacyjnych stosowana jest metoda polegająca na porównywaniu wielu zdjęć przedstawiających jeden stan powierzchni. W artykule zaprezentowano analizę niedokładności dla pola pomiarowego 1250×1100 mm. Rozrzut wyników rejestrowany przez system Aramis jest miarą błędu pomiaru. Stwierdzono, że odczyty z map odkształceń obciążone są znacznym błędem w stosunku do wartości powodujących zniszczenie betonu. Jednocześnie stwierdzono dobrą dokładność wyznaczenia zmiany długości odcinków pomiarowych, co umożliwia precyzyjne wnioskowanie o zmianach szerokości rozwarcia rys. Wskazano jak szukać szerokości rozwarcia rys, aby osiągnąć zbieżność z wynikami pomiarów prowadzonych tradycyjnie (wzrokowo). Przeprowadzono dyskusję dotyczącą wpływu wielkości podziału powierzchni na otrzymaną szerokość rys.

Słowa kluczowe: system korelacji obrazu, błąd pomiaru, szerokość rys, badania eksperymentalne

ABOUT INACCURACIES OF DIC SYSTEM

S u m m a r y

The aim of the paper is estimating of measuring inaccuracies for Aramis system. Because of issue complexity it is difficult to find general solution. For the application purpose method consists of comparison many photos showing one state of surface is used. In the paper analysis of the inaccuracies for measuring volume 1250×1100 mm is presented. Dispersion of the results recorded by Aramis system is the value of the measuring error. It is stated that values from strain maps contain error which is significant with respect to ultimate strain of concrete. Simultaneously very good accuracy of the the line segment length change is reported. It causes that observation of crack width is presisly. In the second part of the paper some practical information concern how determined compatibility between crack width measured traditionally and by Aramis are written. Discussion of influence of facet size on crack width is presented.

Keywords: digital image corelation, measuring error, crack width, experimental investigations

Przesłano do redakcji: 24.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

³⁶Autor do korespondencji / corresponding author: Łukasz Krawczyk, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, lukasz.krawczyk@p.lodz.pl

³⁷Michał Gołdyn, Politechnika Łódzka

³⁸Tadeusz Urban, Politechnika Łódzka

WPLYW PODWYŻSZONEJ TEMPERATURY NA SKUTECZNOŚĆ WZMOCNIENIA BELEK ŻELBETOWYCH TAŚMAMI TYPU CFRP I SRP

Klejenie zewnętrznych nakładek kompozytowych zbrojonych włóknami wysokiej wytrzymałości powoli staje się najpopularniejszą metodą wzmocniania konstrukcji żelbetowych. Zdarza się, że tego typu wzmocnienia mogą być bezpośrednio poddane nasłonecznieniu i tym samym zagrożone nadmiernym nagraniem. Badania prowadzone przez autora artykułu pokazały, że nawet w umiarkowanej strefie geograficznej, w której znajduje się Polska, temperatura kleju pod cienkim laminatem może osiągnąć 65°C, czyli temperaturę o 20°C wyższą niż temperatura zeszklenia najpopularniejszych na rynku klejów opartych na żywicy epoksydowej. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych belek żelbetowych podgrzanych od strony wzmocnienia promieniowaniem podczerwonym. Program badań objął grupę trzynastu belek żelbetowych w skali rzeczywistej. Sześć z nich zostało wzmocnionych taśmą CFRP, kolejnych sześć z taśmą SRP. Belki podgrzewano za pomocą liniowych promienników podczerwieni do mierzonej w warstwie adhezyjnej temperatury od 20°C do 80°C. Po jej osiągnięciu belki obciążano do zniszczenia w teście czteropunktowego zginania. Zauważalny spadek nośności obserwowano już dla temperatury 50°C. Nie stosowano mechanicznego kotwienia, dlatego przyczyną uszkodzenia we wszystkich przypadkach była delaminacja, zazwyczaj w warstwie kleju. Belki wzmocnione taśmą CFRP niszczyły się gwałtownie, bez szczególnych symptomów dźwiękowych towarzyszących delaminacji. Ich nośność w temperaturach powyżej 65°C była bliska nośności nie wzmocnionej belki referencyjnej. Nieco korzystniej zachowywały się belki wzmocnione taśmą SRP, głównie dzięki większej szerokości i tym samym niższemu naprężeniu w warstwie kleju.

Słowa kluczowe: wzmocnienie kompozytowe, CFRP, SRP, temperatura zeszklenia, żywica epoksydowa, przyczepność

INFLUENCE OF ELEVATED TEMPERATURE ON EFFICIENCY OF RC BEAMS STRENGTHENING WITH CFRP STRIPS AND SRP TAPES

Summary

Bonding of external composite overlays reinforced with high-strength fibers becomes the most popular technique of strengthening the reinforced concrete structures. Some of those strengthening overlays may be exposed to direct sunlight and thus threatened by excessive heating. Researches provided by the author of this paper showed that even for the location of Poland and the northern continental zone, the adhesive temperature under a thin FRP laminate may reach 65°C, about 20°C more than the glass transition temperature of the based on epoxy resin, most popular adhesives available on the market. The paper presents the results of laboratory tests of reinforced concrete beams heated along the bottom, reinforced side with use of infrared radiation. The research program covered the total group of thirteen RC beams in the real scale. Six of them were strengthened with CFRP strip, the other six with SRP tape. The beams were heated by group of linear infrared radiators up to the measured in the adhesive layer temperature from 20°C to 80°C. When the required test temperature was achieved, beams were loaded to failure in a four point bending test. First perceptible decrease in load capacity was observed around 50°C. There was no mechanical anchoring of strengthening, therefore in all cases the damage was followed by delamination, at higher temperatures in the adhesive layer. Especially CFRP strengthened beams failed suddenly, without any characteristic noise symptoms of delamination. Their bearing capacity at temperatures above 65°C was close to the capacity of the not strengthened reference beam. SRP reinforced beams behaved somewhat better, mainly due to the greater width and therefore lower stress in the adhesive layer.

Keywords: composite strengthening, CFRP, SRP, glass transition temperature, epoxy resin, bond performance

Przesłano do redakcji: 24.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

³⁹Rafał Krzywoń, Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. 322372262; rafal.krzywon@polsl.pl

Wojciech MAZUR⁴⁰
Radosław JASIŃSKI⁴¹
Łukasz DROBIEC⁴²

NOŚNOŚĆ STREF PRZYPODPOROWYCH NADPROŻY Z AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO

W artykule przedstawiono wyniki badań doświadczalnych oraz obliczenia weryfikujące nośność stref przypoportowych prefabrykowanych nadproży z autoklawizowanego betonu komórkowego. Zbadano trzy serie elementów zróżnicowanych pod względem wymiarów poprzecznych oraz typu zbrojenia. Wykazano istotny wpływ sposobu zakotwienia podłużnych prętów na sposób zarysowania i zniszczenia oraz nośność belek.

Słowa kluczowe: beton komórkowy, nadproża prefabrykowane, nośność na ścinanie, zakotwienie

CAPACITY OF THE ENDS OF PRECAST LINTELS MADE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

Summary

The paper presents the experimental results and analytical calculations of capacity of the ends of lintels made of Autoclaved Aerated Concrete. Three series of elements with different dimensions of specimens cross-section and types of reinforcement were taken into consideration. Significant influence of the method of anchoring of the longitudinal bars on the bearing capacity of the beams has been shown.

Keywords: Autoclaved Aerated Concrete, precast lintels, shear capacity, anchorage

Przesłano do redakcji: 26.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.06.2017 r.

⁴⁰ Autor do korespondencji / corresponding author: Wojciech Mazur, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska, +48 32 237 11 27, wojciech.mazur@polsl.pl

⁴¹ Radosław Jasiński, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

⁴² Łukasz Drobiec, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

Michał GOŁDYN⁴³
Łukasz KRAWCZYK⁴⁴
Tadeusz URBAN⁴⁵

PRZYCZYNEK DO ROZWAŻAŃ NA TEMAT NOŚNOŚCI ELEMENTÓW Z UWAGI NA PRZECINANIE BETONU

W artykule przedstawiono zagadnienie nośności betonu w elemencie z uwagi na przecinanie. Rozważano modele ze „stykami” zbrojonymi i niezbrojonymi. Stwierdzono, iż wprowadzenie zbrojenia poprzecznego do hipotetycznej powierzchni zniszczenia umożliwia zmianę mechanizmu zniszczenia z kruchego na ciągliwe, czemu towarzyszy wyraźny wzrost nośności – w rozważanych badaniach dochodził on do 80% w odniesieniu do elementu ze stykiem niezbrojonym. Dokonano porównania wyników badań eksperymentalnych w świetle procedur obliczeniowych Eurokodu 2 i Model Code 2010, odnoszących się do naprężeń granicznych w styku pomiędzy betonami układanymi w różnym czasie. Okazały się bardzo zachowawcze w stosunku do styków w pełni monolitycznych. Procedury normowe zaniżyły wpływ sił przyczepności (adhezji) i zazębienia kruszywa w odniesieniu do elementów wykonanych z tego samego betonu. Skutkiem tego nośności eksperymentalne były nawet 3,5 – krotnie wyższe od wartości ustalonych zgodnie z procedurami normowymi. Dzięki zastosowaniu aparatu do pomiarów optycznych ARAMIS, możliwa była dokładna analiza odkształceń ciał próbnych i określenie granicznych przemieszczeń krawędzi styku.

Słowa kluczowe: przecinanie, styk beton – beton, naprężenia styczne, zazębienie kruszywa, efekt dyblujący, cyfrowa korelacja obrazów

CONSIDERATIONS ABOUT CARRYING CAPACITY OF ELEMENTS SUBJECTED TO SHEAR CUTTING

Summary

The paper presents the issue of carrying capacity of interface between two concrete casting at the same time. The author's experimental investigations concerning specimens with and without shear reinforcement are presented and discussed. Comparison of experimental and theoretical carrying capacity shows that provisions of Eurocode 2 and Model Code 2010 may lead to underestimation of the ultimate shear stresses in the interface between concretes casting at the same time. Use of the optical measurement system ARAMIS enables the analysis of the deformation and determination of the tested specimens and limits displacement between edges of the interface.

Keywords: shear cutting, concrete – concrete interface, shear stresses, aggregate interlock, dowel action, digital image correlation

Przesłano do redakcji: 20.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁴³ Autor do korespondencji / corresponding author: Michał Gołdyn, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. (42) 631-35-80, e-mail: michal.goldyn@p.lodz.pl

⁴⁴ Łukasz Krawczyk, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego

⁴⁵ Tadeusz Urban, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego

Marcin ABRAMSKI⁴⁶
Jarosław KONDRAT⁴⁷
Piotr KORZENIOWSKI⁴⁸

BADANIA EKSPERYMENTALNE SŁUPÓW CFST Z BETONEM ZWYKŁYM I EKSPANSYWNYM

Praca przedstawia badania eksperymentalne ponad 40 słupów CFST. Analizie poddano wyniki siły niszczącej słupy w aspekcie grubości stalowego płaszcza, smukłości słupa, rodzaju betonu wypełniającego stalową rurę (zwykły i ekspansywny) i jego wytrzymałości a także sposobu obciążania słupa (przez rdzeń lub przez cały przekrój). Sprawdzono efektywność słupów CFST z użyciem betonu ekspansywnego i zwykłego rozumianą jako stosunek nośności eksperymentalnej słupa do nośności plastycznej osiowo ściskanego przekroju słupa. Oceniono przydatność autorskiej metody wyznaczania nośności słupów CFST, różniącej się zasadniczo od metody wg EC4, przy wyższych stopniach zbrojenia, przekraczających 6%.

Słowa kluczowe: beton skrępowany, trójosiowy stan naprężenia, cement ekspansywny, przyczepność, osiowe ściskanie, efekty II rzędu

EXPERIMENTAL RESEARCH ON CFST COLUMNS WITH ORDINARY AND EXPANSIVE CONCRETE

S u m m a r y

The paper presents the results of the study on over 40 CFST columns. The analysis covered the results of applying the destructive force onto the columns in the following aspects: the thickness of the steel coat, the slenderness of the columns, the type of the concrete filling (the ordinary and the expansive) and its strength as well as the type of the load application (onto the core or onto the whole section). The effectiveness of the columns, understood as the ratio of the load bearing capacity of the experimental column versus the plastic load bearing capacity of the axially compressed columns' section, was analysed for both the ordinary concrete and the expansive concrete filled CFST columns. Finally, the original method of calculating the load bearing capacity of the CFST columns was evaluated for columns of the higher (over 6%) reinforcement ratios. The method differs significantly from the EC4 method.

Keywords: confined concrete, 3-axial state of stresses, expansive concrete, adhesiveness, axial compression, second order effects

Przesłano do redakcji: 06.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁴⁶ Autor do korespondencji / corresponding author: Marcin Abramski, Politechnika Gdańska, Katedra Transportu Szynowego i Mostów, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk; tel. 583471096; Marcin.Abramski@pg.edu.pl

⁴⁷ Jarosław Kondrat, Politechnika Gdańska, Katedra Konstrukcji Betonowych, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk; tel. 583472447; Jaroslaw.Kondrat@pg.edu.pl

⁴⁸ Piotr Korzeniowski, Politechnika Gdańska, Katedra Konstrukcji Betonowych, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk; tel. 583471271; Piotr.Korzeniowski@pg.edu.pl

ROZKŁAD SIŁ WEWNĘTRZNYCH W BELKACH ŻELBETOWYCH BEZ ZBROJENIA NA ŚCINANIE

W artykule przedstawiono wyniki badań na ścinanie belek żelbetowych bez zbrojenia poprzecznego. Parametrem zmiennym była smukłość ścinania wynosząca odpowiednio 1,0; 1,5; 2,0 oraz 3,0. Badania pokazały, że pod wpływem ścinania następuje zmiana rozkładu sił wewnętrznych w strefie przypodporowej. Prowadzi to do zmniejszenia naprężeń ściskających w „ściskanej” części belki już we wstępnej w fazie formowania się krytycznej rysy ukośnej, która przecina oś zbrojenia w odległości d od podpory i jest to przekrój miarodajny do wymiarowania na ścinanie.

Słowa kluczowe: ścinanie, belki żelbetowe, smukłość ścinania, elementy bez zbrojenie poprzecznego

REDISTRIBUTION OF INTERNAL FORCES IN RC BEAM WITHOUT SHEAR REINFORCEMENT

Summary

The article presents comparison of experimental test results carried out on RC beams with different shear ratio and without shear reinforcement. According to this tests results in beams without transverse reinforcement the influence of shear is seen in the form of stress redistribution in the compression zone already before the diagonal cracking. This demonstrates in the form of stress reduction in the compression zone of the beam and in the subsequent load steps in the form of stretching and consequently cracking of “compression” part of the beam.

Keywords: shear, RC beams, shear ratio, RC beams without shear reinforcement

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁴⁹ Przemysław Bodzak, Politechnika Łódzka Katedra Budownictwa Betonowego, Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. 42-631-35-75, e-mail: pbodzak@p.lodz.pl

WPLYW SPOSOBU PODPARCIA SPRĘŻONYCH PŁYT KANAŁOWYCH Z WYPEŁNIONYMI KANAŁAMI NA ICH NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE

Norma dotycząca sprężonych płyt kanałowych, jako sposób zwiększenia wytrzymałości płyty na ścinanie, podaje możliwość uwzględnienia wypełnienia wnętrza kanałów betonem. Dotychczasowe wyniki badań wykazały, że nośność na ścinanie płyt kanałowych ulega znacznej redukcji, nawet o 50% w wyniku podparcia na podporach sprężystych. W artykule zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych, których celem było określenie wpływu wypełnienia przedskrajnych kanałów płyt opartych na podporze sztywnej i odkształcalnej na ich nośność na ścinanie.

Słowa kluczowe: ścinanie, płyty kanałowe, podpory sprężyste, płyty z wypełnionymi kanałami.

THE EFFECT OF THE SUPPORT TYPE ON SHEAR CAPACITY OF PRESTRESSED HOLLOW CORE SLABS WITH AND WITHOUT FILLED CORES

Summary

According to the Standard recommendation it is possible to take into account the filling of the hollow core in order to improve shear capacity. Recent test results showed that shear capacity of the hollow core slabs supported on flexible support are much lower in comparison with those resting on non-flexible supports. In the paper experimental tests results of the hollow core slabs with and without filling supported on non-flexible and flexible supports are presented.

Keywords: hollow-core slabs, flexible supports, filled core, shear

Przesłano do redakcji: 01.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁵⁰Przemysław Bodzak, Politechnika Łódzka Katedra Budownictwa Betonowego, Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. 42-631-35-75, e-mail: pbodzak@p.lodz.pl

⁵¹Łukasz Sowa, Politechnika Łódzka, Katedra Budownictwa Betonowego, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. 42-631-35-75, e-mail: lukasz.sowa@p.lodz.pl

Rafał KRZYWOŃ⁵²
Jacek HULIMKA⁵³
Agnieszka JĘDRZEJEWSKA⁵⁴

TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI ZBROJENIA PIANOBETONOWYCH PŁYT FUNDAMENTOWYCH

Właściwości fizyczne pianobetonu sprawiają, że świetnie sprawdza się on jako grubowarstwowy podkład pod fundamenty płytowe. Teoretycznie mógłby pełnić również rolę warstwy konstrukcyjnej, jednak, głównie z uwagi na duży skurcz powodujący niebezpieczeństwo niekontrolowanego samodylatowania się płyty, niezbędne jest stosowanie kilkucentymetrowej grubości płyty wierzchniej z betonu zwykłego zbrojonego siatką z prętów stalowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest wprowadzenie zbrojenia, najlepiej odpornego na korozję, w strukturę pianobetonu. Artykuł przedstawia badania pilotażowe płyt pianobetonowych o gęstości 800 kg/m³, zbrojonych rusztami kompozytowymi z włóknem węglowym CFRP i bazaltowym BFRP. Dzięki wprowadzeniu takiego zbrojenia uzyskano kilkukrotny wzrost nośności na zginanie oraz znaczny wzrost sztywności. Badania wykazały również, że nawet całkowite pęknięcie próbki spowodowane skurczem nie ogranicza jej nośności, a poprzeczne żebra siatki zapewniają wystarczającą jej przyczepność.

Słowa kluczowe: pianobeton, siatka CFRP, siatka BFRP, fundament płytowy, zbrojenie

TECHNICAL POSSIBILITIES OF FOAM CONCRETE FOUNDATION SLABS REINFORCEMENT

Summary

Due to its physical properties foam concrete is a perfect material for construction of thick base for slab foundations. Theoretically, it could be also used as a structural layer, however, mainly due to significant shrinkage and resulting risk of self-division of slab it is necessary to apply a few-centimetre thick top slab made of OPC reinforced with steel bars. Alternatively, reinforcement – preferably corrosion-resistant – can be introduced into the structure of foam concrete. The paper presents pilot tests of foam concrete slabs of 800 kg/m³ density reinforced with composite grids made of carbon and basalt fibres. Thanks to application of such reinforcement flexural capacity of the slabs was increased almost 9 times in addition to an important increase in stiffness. The tests have also shown that even complete rupture of the specimen caused by shrinkage does not impair its load-bearing capacity and transverse ribs of the grid provide its sufficient anchorage.

Keywords: foam concrete, CFRP grid, BFRP grid, slab foundation, reinforcement

Przesłano do redakcji: 28.05.2017 r.
Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁵² Autor do korespondencji / corresponding author: Rafał Krzywoń, Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. 322372262; rafal.krzywon@polsl.pl

⁵³ Jacek Hulimka, Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. 322371126; jacek.hulimka@polsl.pl

⁵⁴ Agnieszka Jędrzejewska, Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. 322371598; agnieszka.jedrzejewska@polsl.pl

METODY OBLICZEŃ EFEKTÓW DRUGIEGO RZĘDU – UWAGI I PORÓWNIANIA

W przypadku, gdy wymiaruje się smukłe słupy, może zachodzić konieczność uwzględnienia w obliczeniach statycznych efektów drugiego rzędu. Oznacza to, że siły wyznaczone przy założeniu zeszywnienia konstrukcji należy powiększyć o wartości wynikające z przemieszczeń. W praktyce sprowadza się to do wyznaczenia przyrostu momentu lub mimośrodowość działania siły. Inżynier projektant ma do dyspozycji trzy metody obliczeniowe i staje przed problemem wyboru i oceny zastosowanej metody. W pracy omówiono ogólnie te metody i przedstawiono porównania otrzymywanych wyników. Okazało się, że w wielu sytuacjach różnice pomiędzy rezultatami są znaczne. Ogólnie można stwierdzić, że zastosowanie metody nominalnej sztywności prowadzi do przyjmowania znacząco większych wartości przyrostów momentu. Szczególnie ma to miejsce, gdy smukłość słupa jest duża i towarzyszy temu wysokie wyężenie betonu w przekroju. Do podobnych konkluzji dochodzi się uwzględniając wpływ pełzania na efekty drugiego rzędu.

Słowa kluczowe: efekty drugiego rzędu, nominalna krzywizna, nominalna sztywność, metoda ogólna, porównania wyników

THE METHODS FOR CALCULATIONS OF SECONDARY EFFECTS – REMARKS AND COMPARISONS

Summary

It is necessary to take into account the secondary effects during dimensioning of slender columns. It means that forces in a structure must be increased by values caused by its displacements. In practice it leads to calculations of additional bending moment or eccentricity. There are three methods in the code and an engineer must choose one of them and be able to check the results. In this paper these methods were generally described and compared. It is possible to state that the use of the nominal stiffness methods leads to significantly higher results for additional moments.

It is particularly valid for high values of slenderness and of relative axial forces. Similar conclusions may be drawn when influence of creep is taken into account.

Keywords: secondary order effects, nominal curvature, nominal stiffness, general method, results comparisons

Przesłano do redakcji: 15.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁵⁵ Janusz Pędziwiatr, Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Konstrukcji Betonowych, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; janusz.pedziwiatr@pwr.edu.pl

BADANIA DOŚWIADCZALNE STATECZNOŚCI MAŁO WYNIOSŁYCH, STALOWYCH POWŁOK SFERYCZNYCH OBCIĄŻONYCH CIŚNIENIEM

Cienkie powłoki stalowe w postaci wycinka sfery obciążone ciśnieniem zewnętrznym wykazują tendencje do utraty stateczności w fazie poprzedzającej wy-czerpanie nośności plastycznej. Zjawisko wybożenia powłok sferycznych było przedmiotem badań wielu autorów, a wyniki dotychczasowych badań teoretycznych i doświadczalnych zostały wykorzystane w zaleceniach projektowych wydanych w 2008 roku przez ECCS [9]. W pracy przedstawiono badania eksperymentalne wykonane na specjalnie w tym celu zaprojektowanym stanowisku badawczym. Próbkę do badań zostały wykonane techniką wyoblania z blach przeznaczonych do głębokiego tłoczenia. Zinventaryzowano geometrię początkową każdej z powłok za pomocą skanowania 3D i wykonano badania materiałowe stali użytej do wykonania powłok. Ciśnienie wymuszano za pomocą kompresora powietrza, a pomiary przemieszczeń były wykonywane przy zastosowaniu optycznego systemu pomiarowego Pontos-Aramis. Rejestrowano formy deformacji całej powłoki w trakcie stopniowego wzrostu ciśnienia także po utracie stateczności. Wszystkie dane pomiarowe rejestrowano automatycznie za pomocą dwóch komputerów. Wynikiem każdego z eksperymentów była nieliniowa ścieżka równowagi w postaci zależności ciśnienia od wybranego parametru przemieszczeniowego. W artykule zaprezentowano porównanie otrzymanych wartości ciśnień krytycznych z wynikami symulacji numerycznych wykonanych systemem COSMOS/M dla geometrii nominalnej oraz porównanie z wartościami nośności wybożeniowych wynikających z zapisów EDR5th ECCS [9] oraz z propozycji przedstawionej w pracy [3].

Słowa kluczowe: eksperyment, wybożenie, powłoka stalowa, wycinek sfery, obciążenie ciśnieniem

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF BUCKLING OF STEEL, PRESSURISED SPHERICAL SHELLS

Summary

Thin steel shells in a form of spherical segment loaded by external pressure show a tendency to sudden buckling for a lower pressure than their plastic resistance. The buckling phenomenon of spherical shells was subject of investigations of many authors and hitherto results of theoretical and experimental research were used in European Design Recommendations published in 2008 by ECCS [9]. Experimental investigations performed on the deliberately designed and fabricated stand were presented in this paper. Specimens were manufactured by a metal spinning technique from steel sheets used usually to a deep drawing and stamping of metal objects. The actual shape of every specimen was determined by 3D scanning technique. Material investigations of steel sheets were performed as well. The pressure was exerted by the air compressor and displacement measurements were accomplished by optical measurement system Pontos-Aramis. Forms of deformations of the whole specimen were registered precisely at every step of pressure exertion till the final postbuckling stage. All measured data were registered automatically by means of two computers. The result of every experiment was presented in the form of equilibrium path as the relationship of the pressure p as a function of the chosen displacement parameter.

The comparison of critical pressures obtained in experiments with results received in preliminary numerical simulations done by COSMOS/M was presented in the paper. Experimental results were compared also with buckling resistances proposed in [9] and [3].

Keywords: experiment, buckling, steel shell, spherical segment, external pressure

Przesłano do redakcji: 20.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁵⁶Sebastian Kołodziej, CadPro Biuro Projektów i Ekspertyz Budownictwa, ul. Zacisze 17, 65-775 Zielona Góra, tel. +48 68 453 35 96, e-mail: sebastian.kolodziej@cadpro.pl

⁵⁷Autor do korespondencji / corresponding author: Jakub Marcinowski, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, tel. +48 68 328 25 27, e-mail: j.marcinowski@ib.uz.zgora.pl

OBCIĄŻENIE IMPERFEKCYJNE ELEMENTÓW WYTEŻONYCH ZNAKOZMIENNĄ WZDŁUŻNIE SIŁĄ OSIOWĄ

W modelu oceny obciążeń imperfekcyjnych q_d stężeń i płatwi w PN-EN 1993-1-1 przyjęto jako bezpieczne założenie, że stężany element jest ściskany siłą stałą na jego długości. Założenie to nie jest poprawne, gdyż rozkład siły osiowej zmienia się na długości stężanego elementu - jest on paraboliczny i znakovzmienny (występuje ściskanie i rozciąganie). Powoduje to generowanie przez stężany pręt oddziaływań imperfekcyjnych odmiennych od obciążenia q_d wg PN-EN 1993-1-1.

Przedmiotem pracy są badania obciążeń imperfekcyjnych stężanego pasa górnego dźwigarów dachowych połączonych sztywno ze słupami. Siła osiowa w stężanym pasie zmienia się parabolicznie na jego długości, z rozciągającej w strefie podporowej, w ściskającą w strefie środkowej. Jest to znakovzmiennie wzdluznie obciążenie paraboliczne. Wartości sił osiowych rozciągających w strefie przypodporowej N_{hog} i ściskających w strefie środkowej N_{sag} zależą m.in. od charakterystyk sztywnościowych rygla dachowego, słupów i ich połączeń ze sobą. W pracy wykonano analizy parametryczne obciążeń imperfekcyjnych oraz wyteżenia płatwi i stężeń w funkcji sił osiowych N_{hog} i N_{sag} w stężanym elemencie. Celem prezentowanych analiz jest określenie rzeczywistego obciążenia imperfekcyjnego i jego wpływu na wyteżenia płatwi i stężeń w różnych, realnych sytuacjach projektowych.

Słowa kluczowe: obciążenie imperfekcyjne, znakovzmienna wzdluznie siła osiowa, stężany element, płatew, stężenie

IMPERFECTION FORCE OF MEMBERS UNDER LONGITUDINAL ACTION HAVING A VARIABLE SIGN

Summary

In the calculation model of equivalent stabilizing force q_d (shorter – imperfection force) for both bracing system and purlins consistent with PN-EN 1993-1-1 it has been conservatively assumed that the member to be restrained is uniformly compressed within its length by an axial force. This is incorrect when the actual distribution of the axial force is considered as non – uniform, having a parabolic shape and sign – variable characteristic (compression and tension). Thus a different imperfection force is generated in comparison with this given in PN-EN 1993-1-1.

The actual imperfection loads of the upper flange of the restrained roof rafter being fully fixed to columns have been analyzed. The axial force in the restrained member changes parabolically along its length from tension at the support zone to compression at the central part. Values of tension axial forces N_{hog} and compression axial forces N_{sag} depend, among others, on the rigidity of the roof rafter, rigidity of columns and stiffness classification of the rafter to column connection. Parametrical analyzes of the imperfection forces together with evaluation of strains of purlins and bracing system versus axial forces N_{hog} , N_{sag} acting in the restrained member have been done.

The result of presented analyzes is determination of the safe imperfection force and the strain of purlins and bracing system in different, real design situations and a comparison of obtained results with these based on the conservative model given by PN-EN 1993-1-1.

Keywords: equivalent stabilizing force, longitudinal action having a variable sign, member to be restrained, purlins, bracing system

Przesłano do redakcji: 03.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁵⁸ Autor do korespondencji / corresponding author: Antoni Biegus, Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Konstrukcji Metalowych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; tel. 71 320 37 66; antoni.biegus@pwr.edu.pl

⁵⁹ Dariusz Czepizak, Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Konstrukcji Metalowych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; tel. 71 320 23 67; dariusz.czepizak@pwr.edu.pl

NUMERYCZNA OCENA NOŚNOŚCI I SZTYWNOŚCI KRÓCĆCÓW W DOCZOŁOWYCH POŁĄCZENIACH RUR PROSTOKĄTNYCH

W pracy przedstawiono metodykę modelowania oraz rezultaty analiz numerycznych nośności i sztywności króćca teowego (T) oraz króćca podwójnie teowego (II). Króciec teowy (T) jest elementem składowym styków doczołowych kształtowników o przekroju poprzecznym otwartym (IPE lub HEB), króciec podwójnie teowy (II) jest zaś fragmentem styku doczołowego rur o przekroju prostokątnym. Zastosowanie metody składnikowej do określania nośności i sztywności połączeń doczołowych z rur prostokątnych wymaga numerycznego i/lub doświadczalnego zbadania zachowania króćców podwójnie teowych (II) i stwierdzenia na ile odbiega ono od dobrze znanego zachowania króćców teowych (T). Rezultaty symulacji zachowania się obu typów króćców skonfrontowano ze sobą. Przeprowadzono analizę parametryczną z uwzględnieniem zmiany grubości blachy czołowej oraz szerokości rozstawu ścianek rury. Wynikiem analiz jest określenie nośności i sztywności oraz występujących form zniszczenia. Porównano je z rezultatami analitycznego określenia tych parametrów przy użyciu metody składnikowej (w ujęciu PN-EN 1993-1-8) i za pomocą innych dostępnych metod obliczeniowych. Przeprowadzone analizy wskazują na możliwość stosowania metody składnikowej w połączeniach doczołowych rur, lecz niezbędne jest jej odpowiednie dostosowanie do takiego podejścia.

Słowa kluczowe: śrubowe połączenia doczołowe, metoda składnikowa, króciec teowy, króciec II, metoda elementów skończonych

NUMERICAL ASSESSMENT OF STUBS' RESISTANCE AND STIFFNESS IN END-PLATE CONNECTIONS FOR RECTANGULAR HOLLOW SECTION

Summary

The paper describes results of the finite element modeling of two types of stubs in bolted end-plate connections. The first one is the T-stub which is the part of open section joints and second one is the II-stub which is the part of rectangular hollow section joints. The investigation is made to compare the behavior and find differences between those stubs and then to use II-stub in application of the component method in end-plate joints for rectangular hollow sections. The impact of flange plate thickness and pitch of hollow section wall on resistance and initial stiffness is investigated. The results are compared to the predictions of the component method of EN 1993-1-8 and to the another analytical method. It is shown that the component method can be used to determine the structural properties of rectangular hollow section connections after appropriate adjustment.

Keywords: end-plate joint, component method, T-stub, II-stub, finite element modeling

Przesłano do redakcji: 30.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁶⁰ Autor do korespondencji / corresponding author: Agnieszka Głuszko, Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Budowlanych, ul. Poznańska 2, 35-084 Rzeszów, agluszko@prz.edu.pl

⁶¹ Lucjan Ślęczka, Politechnika Rzeszowska, sleczka@prz.edu.pl

Dariusz LEŃ⁶²
Lucjan ŚLĘCZKA⁶³

BADANIA NOŚNOŚCI, SZTYWNOŚCI I EFEKTU DŹWIGNI W ŚRUBOWYCH POŁĄCZENIACH KOŁNIERZOWYCH

W pracy przedstawiono metodykę i uzyskane rezultaty badań osiowo rozciąganych połączeń kołnierzowych rur okrągłych. Zbadano ogółem osiemnaście elementów próbnych. Wszystkie były poddane oddziaływaniom statycznym. Podczas badania wyznaczano zarówno nośność, jak i sztywność połączeń oraz mierzono siły w śrubach w całym zakresie obciążenia węzła. Czynnikiem zmiennymi była liczba śrub w styku, grubość blachy czołowej oraz klasy właściwości mechanicznych śrub. Głównym celem przeprowadzonej analizy eksperymentalnej było zebranie materiału do weryfikacji procedur określania właściwości strukturalnych połączeń kołnierzowych metodą składnikową.

Słowa kluczowe: konstrukcje stalowe, połączenia śrubowe, kształtowniki zamknięte okrągłe, badania doświadczalne, nośność, sztywność, efekt dźwigni

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF RESISTANCE, STIFFNESS AND PRYING EFFECT IN BOLTED FLANGE JOINTS

Summary

The paper presents methodology and results of experimental testing of axially tensioned flange joints. A total of eighteen specimens were investigated. All items were subjected to static load. During the tests, both the resistance and the initial stiffness of the joints were determined and the force in the bolts was measured throughout the whole load range. Variable parameters were the number of bolts in joint, the thickness of the end plate and the grade of the bolts. The main purpose of the study was to collect data for verification of procedures for determining the structural properties of flange joints using the component method.

Keywords: steel structures, bolted connections, hollow circular sections, experimental research, resistance, stiffness, prying effect

Przesłano do redakcji: 22.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁶² Autor do korespondencji / corresponding author: Dariusz Leń, Instytut Politechniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie, dariusz.len@pwsz.krosno.pl

⁶³ Lucjan Ślęczka, Politechnika Rzeszowska, slecza@prz.edu.pl

NOŚNOŚĆ BLISKOGAŁĘZIOWYCH PRĘTÓW ŚCISKANYCH W STRUKTURACH PRZESTRZENNYCH

Analizie poddano bliskogałęziowe pręty ściskane o długościach modułowych rzędu $a = 3$ m, stosowane w ściskanych pasach piramidowo-bocznych systemów montażowych regularnych struktur przestrzennych np. systemu „Zachód”. W takich prętach bliskogałęziowych, traktowanych jako pręty zwarte, stosowano cztery połączenia śrubowe w odstępach znacznie przekraczających wytyczne aktualnej normy europejskiej wynoszące $15 i_{min}$. Brak doniesień o awariach z tego tytułu stał się przyczyną badań modelowych. W badaniach modelowych zauważono, że między śrubowymi połączeniami w prętach dwugałęziowych występuje zjawisko samoczynnego wewnętrznego sprężenia gałęzi zwiększające ich nośność krytyczną w obszarze sprężystej utraty stateczności. Sposób wykorzystania tego zjawiska do zwiększenia nośności prętów bliskogałęziowych pokazano na przykładowych schematach. Sprężenie od wewnątrz prętów bliźniaczych może być stosowane w celu zwiększania nośności istniejących konstrukcji oraz w przypadku projektowania nowych konstrukcji zawierających pręty bliźniacze. W związku z tym, że opisywane zjawisko można wykorzystać w wielu różnych przypadkach, stanowi ono przedmiot dalszych badań piramidowo-bocznego systemu montażowego.

Słowa kluczowe: pręt złożony, pręty bliźniacze, przekrycie strukturalne, sprężenie od wewnątrz, sprężenie samoczynne, piramidowo-boczny system montażu

LOAD BEARING CAPACITY OF COMPRESSED CLOSELY SPACED BUILT-UP BARS IN SPACE STRUCTURES

Summary

The paper presents analysis of closely spaced built-up bars under compression. The bars, the module length of $a = 3$ m, are used in compressed chords of pyramidal-lateral assembly systems of regular space structures. In such built-up bars, treated as one bar, four bolted connections were employed. The distance between the connections significantly exceeded the one recommended by the current Eurocode 3 which is $15 i_{min}$. Failures related to the solution above were not reported, which became a stimulus for conducting research on models. It was observed in the investigations that in two-chord bars between bolted connections, spontaneous internal prestressing between the chords occurred. That enhances the member ultimate bearing capacity in the zone of elastic stability loss. The effect can be achieved due to spontaneous prestressing from inside of twin bars. The application of the phenomenon to the enhancement of the bearing capacity of closely spaced built-up bars was demonstrated with the use of exemplary diagrams. Prestressing from inside can be applied to the existing structures in order to increase the ultimate bearing capacity, or to the design of new structures that contain twin bars. As the phenomenon described in the study can be used in many different cases, the issue needs to be included in further research on pyramidal-lateral assembly system.

Keywords: built-up bar, twin bars, space structure cover, prestressing from inside, spontaneous prestressing, pyramidal-lateral assembly system

Przesłano do redakcji: 24.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁶⁴Zbigniew Kowal, Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia PP 7, tel. 413424596, z.kowal@tu.kielce.pl

⁶⁵Autor do korespondencji / corresponding author: Monika Siedlecka, Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia PP 7, tel. 413424802, monikach@tu.kielce.pl

METODY OCHRONY MOSTÓW RUROCIĄGOWYCH PRZED SKUTKAMI UDERZENIA HYDRAULICZNEGO

W artykule omówiono wybrane metody zabezpieczenia mostów rurociągowych przed skutkami uderzenia hydraulicznego. Wskazano na przyczyny i możliwe zniszczenia spowodowane uderzeniem hydraulicznym. Zamieszczono przegląd aktualnie stosowanych metod ochrony przed uderzeniem hydraulicznym, wykonano porównanie efektywności wybranych systemów ochrony przed uderzeniem hydraulicznym. Zwrócono uwagę na fakt, że częstości drgań własnych mostów rurociągowych mogą odpowiadać częstościom zmian ciśnienia fali uderzenia hydraulicznego i być powodem rezonansu.

Słowa kluczowe: mosty rurociągowy, uderzenie hydrauliczne, ochrona przed uderzeniem hydraulicznym, częstości drgań własnych mostów rurociągowych

METHODS OF THE PIPELINE BRIDGES PROTECTION AGAINST THE EFFECTS OF WATER HAMMER

This article discusses selected methods of protecting pipeline bridges against the impact of water hammer. The reasons of this phenomenon and possible failure caused by them are discussed in this article. An overview of the currently used protection methods against water hammer are shown. Effectiveness of selected systems of protection against water hammer is discussed in details. It is underlined that natural frequencies of the pipeline bridge can coincide with frequency of the fluid pressure wave caused by water hammer and can bring about resonance vibration.

Keywords: pipeline bridges, water hammer, protection from water hammer, pipelines bridges eigenfrequencies

Przesłano do redakcji: 10.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁶⁶ Autor do korespondencji / corresponding author: Szymon Imielowski, Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, szymon.imielowski@is.pw.edu.pl

⁶⁷ Bartosz Śniegocki, Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, bartosz.sniegocki@is.pw.edu.pl

ON LTB RESISTANCE ASSESSMENT OF PRISMATIC I-SECTION BEAMS ACCORDING TO EUROCODE 3

The lateral-torsional buckling resistance (LTB resistance) of beams bent about the major axis is dealt in Eurocode 3 twofold: a) directly in clause 6.3.2, referring to the lateral-torsional buckling curves of the so-called General case in 6.3.2.2 and of Special case of rolled sections and equivalent welded sections in 6.3.2.3, and indirectly in 6.3.3 as a special case of beam-columns in bending and compression (provided that the axial force and the bending moment about z - z axis vanish). In the latter, interaction factors are evaluated either from Annex A (alternative method 1) or from Annex B (alternative method 2). This paper discusses the issue of interrelations of mentioned above direct and indirect approaches for the evaluation of the lateral-torsional resistance of beams under moment gradient.

Keywords: steel prismatic beams, I-section, lateral-torsional buckling, direct resistance evaluation, indirect resistance evaluation

W SPRAWIE OCENY NOŚNOŚCI NA ZWICHRZENIE PRYZMATYCZNYCH BELEK O PRZEKROJACH DWUTEOWYCH ZGODNIE Z EUROKODEM 3

Streszczenie

Nośność na zwichrzenie belek zginanych względem osi większej bezwładności przekroju można określić na podstawie normy PN-EN 1993-1-1 na dwa sposoby: a) bezpośrednio na podstawie punktu 6.3.2 ww. normy, przyjmując współczynnik redukcyjny χ_{LT} zgodnie z postanowieniami przypadku ogólnego (podpunkt 6.3.2.2) lub zmodyfikowany współczynnik redukcyjny $\chi_{LT,mod}$ zgodnie z przypadkiem odnoszącym się do bisymetrycznych dwuteowników walcowanych i ich odpowiedników spawanych (podpunkt 6.3.2.3); b) pośrednio na podstawie punktu 6.3.3 ww. normy, rozpatrując szczególny przypadek elementu ściskanego i zginanego, w którym zanika wpływ ściskania i zginania względem osi mniejszej bezwładności. W odniesieniu do metody pośredniej wg 6.3.3 normy, współczynniki interakcji można wyznaczyć na podstawie Załącznika A (alternatywna metoda 1) lub Załącznika B (alternatywna metoda 2) ww. normy.

W artykule przeprowadzono dyskusję wzajemnych relacji pomiędzy przedstawionym podejściem bezpośrednim i pośrednim w wyznaczaniu nośności belek zginanych narażonych na zwichrzenie. Na przykładzie swobodnie podpartej belki zginanej dwoma momentami podporowymi o różnym znaku i wartości porównano powyższe podejścia i sformułowano wnioski.

Słowa kluczowe: stalowe belki pryzmatyczne, dwuteownik, zwichrzenie, bezpośrednia ocena nośności, pośrednia ocena nośności

Przesłano do redakcji: 11.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁶⁸ Corresponding author / autor do korespondencji: Marian Giżejowski, Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Division of Metal Structures, Armii Ludowej 16, 00-637 Warsaw, Poland, m.gizejowski@il.pw.edu.pl

⁶⁹ Zbigniew Stachura, Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Division of Metal Structures, Armii Ludowej 16, 00-637 Warsaw, Poland, z.stachura@il.pw.edu.pl

Krzysztof OSTROWSKI⁷⁰
Aleksander KOZŁOWSKI⁷¹

BADANIA DOŚWIADCZALNE RAMY PORTALOWEJ DO CELÓW WALIDACJI MODELU MES DOCZOŁOWEGO POŁĄCZENIA BELKI ZE SŁUPEM

W artykule przedstawiono wyniki badań czwartego etapu walidacji hierarchicznej modeli MES, wykonanego w celu analizy zdolności do obrotu węzłów stalowych. Program badawczy obejmuje wykonanie testów laboratoryjnych dwóch ram portalowych wykonanych z kształtowników walcowanych oraz porównanie wyników testów z wynikami analiz numerycznych wykonanych metodą elementów skończonych przy użyciu oprogramowania Ansys. Jako kryterium porównawcze przyjęto krzywą odpowiedzi kąta obrotu połączenia rygla ze słupem, którą w teście laboratoryjnym wyznaczono za pomocą zestawu inklinometrów. Dokonano oceny wpływu uźebrowania w słupie na zdolność do obrotu węzłów. Układ ramowy bez żeber usztywniających wykonano z kształtowników HEB 260, natomiast układ ramowy z żebrami usztywniającymi wykonano z kształtowników HEA 240. Elementy składowe układów ramowych wykonano ze stali S235 oraz S355. Na elementy złączne zastosowano śruby wysokiej wytrzymałości klasy 10.9 według normy ISO 4014.

Słowa kluczowe: zdolność do obrotu, walidacja hierarchiczna, analiza MES, rama portalowa, połączenie słup-belka, rama portalowa, połączenie słup-belka

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PORTAL FRAME FOR THE VALIDATION OF FEM MODEL OF BEAM TO COLUMN JOINT

S u m m a r y

The laboratory test results of 4th stage hierarchical validation of FEM model created for analysis of steel joint's rotation capacity have been presented in the paper. The research program contains performing laboratory tests of two portal frame made of hot rolled profiles and comparison of tests results with results obtained in numerical analysis using FEM by ANSYS software. As a comparative criterion was assumed the response curve of beam to column joint's rotation angle, which was determined in laboratory test by set of inclinometers. An assessment was done for the impact of ribbing the column for joint rotation capacity. Frame system without stiffening ribs was made of HEB260, while the system with stiffening ribs was made of HEA240. The components of frame systems were made of steel grade S235 and S355. As fixing elements have been used high strength bolts class 10.9 according to ISO 4014.

Keywords: rotation capacity, FEM analysis, hierarchical validation, portal frame, beam to column joint, portal frame, beam to column joint

Przesłano do redakcji: 30.03.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷⁰ Autor do korespondencji / corresponding author: Krzysztof Ostrowski, MTA Engineering Sp. z o.o., krzysztof.ostrowski@mta-online.net

⁷¹ Aleksander Kozłowski, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, kozlowsk@prz.edu.pl

Marian GIŻEJOWSKI⁷²
Radosław SZCZERBA⁷³
Marcin GAJEWSKI⁷⁴

WPLYW IMPERFEKCJI NA TECHNICZNE ZWICHRZENIE STALOWYCH BELEK WALCOWANYCH I SPAWANYCH

W pracy przedstawiono zagadnienie wpływu imperfekcji materiałowych i geometrycznych na techniczne zwiczenie stalowych belek walcowanych i spawanych poddanych jednokierunkowemu zginaniu względem osi większej bezwładności przekroju $y-y$. Obliczenia metodą elementów skończonych przeprowadzono w odniesieniu do belek walcowanych na gorąco, wykonanych z kształtowników szerokostopowych HEB i wąskostopowych IPE oraz belek spawanych o takich samych proporcjach przekroju. Analizowano elementy o wstępnym wygięciu odpowiadającym pierwszej formie zwiczenia oraz pierwszej formie giętej względem osi mniejszej bezwładności przekroju $z-z$. Naprężenia resztkowe po walcowaniu i spawaniu elementów modelowano z użyciem wstępnych pól naprężeń. Wykonano geometrycznie i materiałowo nieliniowe analizy GMNIA. Do obliczeń numerycznych wykorzystano program metody elementów skończonych ABAQUS/Standard.

Słowa kluczowe: stalowe belki dwuteowe spawane i walcowane, naprężenia rezydualne, imperfekcje geometryczne, zwiczenie, MES, GMNIA

INFLUENCE OF IMPERFECTIONS ON LTB RESISTANCE OF STEEL ROLLED AND WELDED BEAMS

Summary

The proposed paper analyzes the influence of geometrical and material imperfections on the LTB resistance of steel rolled and welded I-section beams subjected to uni-directional bending about major principal axis $y-y$. FEM calculations were conducted in case of rolled beams with wide flange HEB and narrow flange IPE sections and welded beams made of equivalent section dimensions. Imperfection profile corresponding to the lowest eigenmode of lateral-torsional buckling was used in case of equivalent geometric imperfection modelling and the lowest of flexural buckling about minor principal axis $z-z$ in case of separate modelling of geometric and material imperfections. In the latter case, residual stresses were modelled with use of initial stress fields. Geometrically and materially nonlinear analyses of GMNIA type were carried out.

Keywords: steel rolled and welded sections, residual stresses, geometrical imperfections, lateral-torsional buckling, FEM, GMNIA

Przesłano do redakcji: 11.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷² Autor do korespondencji / corresponding author: Marian Giżejowski, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234 6554, m.gizejowski@il.pw.edu.pl

⁷³ Radosław Szczerba, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234 6261, r.szczerba@il.pw.edu.pl

⁷⁴ Marcin Gajewski, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234 5164, m.gajewski@il.pw.edu.pl

GIĘTNO-SKRĘTNA UTRATA STATECZNOŚCI PODPARTYCH WIDELKOWO I OBCIĄŻONYCH MIMOŚRODOWO SŁUPÓW DWUTEOWYCH

W pracy przedstawiono analityczną metodę wyznaczania mnożnika obciążenia krytycznego giętno-skrętnej utraty stateczności niestężonych słupów wykonanych z dwuteowników bisymetrycznych. Zależności analityczne skonstruowano w ten sposób, by były rozszerzeniem wzorów na moment krytyczny zwichrzenia zginanych belek dwuteowych. Zaletą tego podejścia jest między innymi to, że możemy ocenić wpływ siły osiowej na podstawie zmiany znanych ze wzorów na moment krytyczny zwichrzenia współczynników (w tym przypadku C_1 i D). Przemieszczenie z płaszczyzny zginania jest aproksymowane za pomocą funkcji będącej kombinacją symetrycznej i antysymetrycznej postaci wybożenia. Przykłady numeryczne pokazują dobrą zgodność rozwiązań analitycznych z wynikami otrzymanymi w programie LTBeamN. Metoda może znaleźć praktyczne zastosowanie przy wymiarowaniu metodą ogólną słupów obciążonych mimośrodkowo.

Słowa kluczowe: giętno-skrętna utrata stateczności, słupy obciążone mimośrodkowo, podparcie widelkowe, dwuteowniki bisymetryczne, rozwiązanie analityczne

LATERAL-TORSIONAL BUCKLING OF SIMPLY SUPPORTED BISYMMETRIC I-BEAM-COLUMNS

Summary

In the paper, it was presented analytic method of determination of critical load factor for lateral-torsional buckling of unbraced columns made from bisymmetric I-sections. Analytic formulas were elaborated in a manner to make them extension of expressions used for determination of critical moment for beams under bending. Direct advantage of such approach is possibility of estimation of influence of axial force on basis of known coefficients (C_1 and D in this case). Displacement out of bending plane is estimated with use of function which is combination of symmetric and antisymmetric form of buckling. Numerical examples show good consistency of analytic results with those obtained from LTBeamN FEM software. This approach can find practical application for calculations of column with use of the general method.

Keywords: lateral-torsional buckling, beams-columns, simply supported beams, bisymmetric I-shaped beams, analytical solution

Przesłano do redakcji: 20.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷⁵Roman Bijak, Politechnika Świętokrzyska, Aleja Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, r.bijak@wp.pl

ALTERNATYWNA PROCEDURA ANALITYCZNO-NUMERYCZNA W EUROKODOWYM PROJEKTOWANIU STALOWYCH ELEMENTÓW Z BOCZNYMI USZTYWNIENIAMI DYSKRETNymi

Przedstawiono alternatywną do eurokodowej propozycję analityczno-numeryczną oceny nośności stalowych elementów osiowo ściskanych i zginanych względem osi większej bezwładności przekroju. Niniejszy artykuł stanowi kontynuację badań autorów prowadzonych dotychczas tylko w odniesieniu do elementów bez usztywnień pośrednich, a rozszerzonych na obecnym etapie do elementów z pośrednimi usztywnieniami dyskretnymi. Zaproponowano uogólnienie sformułowania Ayrton-Perry'ego do elementów równocześnie ściskanych i zginanych, w postaci analogicznej do przyjętej w PN-EN 1993-1-1 lecz odnoszącej się tylko do elementów ściskanych lub zginanych. Na wybranych przykładach porównano wyniki otrzymane z proponowanego alternatywnego podejścia analityczno-numerycznego z wynikami uzyskanymi z interakcyjnych formuł eurokodowych, w których współczynniki interakcji wyznaczano Metodą 1 oraz Metodą 2.

Słowa kluczowe: dwuteownik stalowy, zginanie i ściskanie, nośność na wyboczenie, uogólnione sformułowanie Ayrton-Perry, dyskretne usztywnienia boczne i przeciwskrętne

AN ALTERNATIVE ANALYTICAL-NUMERICAL PROCEDURE IN EUROCODE'S DESIGN OF STEEL MEMBERS WITH DISCRETE LATERAL AND TORSIONAL IN-SPAN RESTRAINTS

Summary

An alternative Eurocode's procedure of analytical-numerical Ayrton-Perry type is proposed for the assessment of buckling resistance of steel elements subjected to compression and bending about the major principal cross section axis. This paper is a further authors' contribution that this time is extended for the effect of discrete lateral and torsional in-span restraints on the beam-column resistance evaluation. Authors' proposal, using the parameters predicted partially in an analytical way and partially in a numerical way can be treated as a generalisation of Ayrton-Perry formulation adopted in PN-EN 1993-1-1, that originally addressed the flexural buckling of imperfect compressed members. In PN-EN 1993-1-1 this formulation was also applied to lateral-torsional buckling of imperfect members bent mono-axially about the stronger axis but not extended to all the overall buckling problems associated with combined compression and bending. A detailed explanation is presented using examples of HEB and IPE I-section steel members under compression and moment gradient about the stronger cross section principal axis. Obtained results for different load effects proportion in the domain of the axial compressive force and the bending moment about the section stronger axis are compared with results based on the Eurocode's formulation based on the interaction equations of the axial force and bending moment according to Method 1 and Method 2.

Keywords: steel I-section, beam-column, buckling resistance, generalized Ayrton-Perry formulation, discrete lateral and torsional restraints

Przesłano do redakcji: 11.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷⁶ Autor do korespondencji / corresponding author: Zbigniew Stachura, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Zespół Konstrukcji Metalowych, Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, Polska, z.stachura@il.pw.edu.pl

⁷⁷ Marian Giżejowski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Zespół Konstrukcji Metalowych, Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, Polska, m.gizejowski@il.pw.edu.pl

Patrycja CYNIAK¹
Iwona SZER²
Jacek SZER³
Tomasz LIPECKI⁴
Ewa BŁAZIK-BOROWA⁵

WPLYW OBCIĄŻENIA DYNAMICZNEGO NA WYTEŻENIE KONSTRUKCJI RUSZTOWANIA

Rusztowanie budowlane to konstrukcja o specyficznym charakterze, która jest szczególnie podatna na drgania o niskich częstotliwościach. W niniejszej pracy, aby jak najlepiej odwzorować stan rzeczywisty, wykorzystano model numeryczny konstrukcji, w którym uwzględniono rzeczywiste imperfekcje geometryczne, uzyskane na podstawie pomiarów geodezyjnych istniejącego rusztowania, oraz wstawiono warunki brzegowe (podpory), zweryfikowane na podstawie zmierzonych drgań swobodnych konstrukcji. Korzystając ze zweryfikowanego modelu zasymulowane zostało przejście człowieka po rusztowaniu na każdym poziomie roboczym jako zmienne w czasie obciążenie dynamiczne. Przeanalizowano wpływ tego obciążenia na wyteżenie konstrukcji rusztowania porównując wartości naprężeń normalnych, które pojawiają się w elementach głównych rusztowania do naprężeń normalnych pochodzących od obciążeń statycznych konstrukcji przyjętych według zaleceń normowych.

Analizowane obciążenie przejściem człowieka po rusztowaniu powoduje znaczące wartości naprężeń, dlatego takie obciążenia dynamiczne powinny być szczególnie uwzględniane podczas projektowania konstrukcji rusztowania.

Słowa kluczowe: rusztowanie, przejście pracownika, analiza dynamiczna, badania in-situ

IMPACT OF DYNAMIC LOAD ON SCAFFOLD CONSTRUCTION EFFORT

Summary

Scaffolding is very specific type of construction, especially susceptible to low frequency vibrations. Employees walking on the scaffold cause construction vibrations. It has negative influence on construction which is the breach of anchors and increase of construction effort. In this paper numerical model is verified for the best representation of real construction. Imperfections received from geodetic measurements of the real construction were taken into account. Different boundary conditions were considered, because of their impact on construction vibrations. The vibrations were taken as comparative parameter. During natural vibrations analysis excitations in three different points of scaffold were considered. Results of automatic calculations were compared with free vibrations of construction, which was identified basing on measurements of vibration accelerations performed on the scaffold. Employee's walking on every working level as a variable in time dynamic load was simulated on verified numerical model. Impact of this load on construction effort was analysed by comparing normal stress values which appeared in main elements of scaffold (standards, upper transom, lower transom, anchors) to normal stress values caused by static loads according to standard recommendations. Analysed dynamic load induced by walking an employee on scaffold causes significant values of stress in main scaffold elements. These values are almost the same as values of stress derived from static loads according to standard recommendations. In conclusion, dynamic loads as before should be particularly taken into consideration during designing scaffold construction.

Keywords: scaffolds, passage of employee, dynamic analysis, full-scale measurements

Przesłano do redakcji: 12.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Patrycja Cyniak, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź; tel. 531029218; patrycja.cyniak@dokt.p.lodz.pl

² Iwona Szer, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź; iwona.szer@p.lodz.pl

³ Jacek Szer, Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź; jacek.szer@p.lodz.pl

⁴ Tomasz Lipecki, Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin; lipecki@pollub.pl

⁵ Ewa Błazik-Borowa, Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin; e.blazik@pollub.pl

Piotr GÓRSKI¹
Beata STANKIEWICZ²
Marcin TATARA³

BADANIE CHARAKTERYSTYK DYNAMICZNYCH PODWIESZONEJ KŁADKI DLA PIESZYCH WYKONANEJ Z KOMPOZYTU GFRP

W artykule przedstawiono sposób określenia i wyniki analizy charakterystyk dynamicznych podwieszanej kładki dla pieszych, znajdującej się w miejscowości Kolding w Danii, wykonanej w całości z kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych GFRP. Na podstawie pomiarów przyspieszeń drgań swobodnych pomostu kładki, wymuszonych podskokami jednej osoby, dokonano identyfikacji pięciu pierwszych częstości drgań własnych, odpowiadających postaci drgań własnych i wartości liczby tłumienia konstrukcyjnego. Częstości i postaci drgań własnych wyznaczono metodą dekompozycji w dziedzinie częstotliwości. Wartości liczby tłumienia konstrukcyjnego wyznaczono na podstawie aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów odfiltrowanych drgań swobodnych pomostu kładki. Otrzymane wartości liczby tłumienia porównano z wartościami podanymi w literaturze dla wybranych kładek o konstrukcjach wykonanych z innych, alternatywnych materiałów. Stwierdzono stosunkowo dużą wartość tłumienia konstrukcyjnego analizowanej kładki. Otrzymane wyniki badań mogą być pomocne do obliczenia dynamicznej odpowiedzi nowoprojektowanych konstrukcji mostowych, a także do oceny i monitorowania stanu technicznego istniejących obiektów mostowych o konstrukcji wykonanej z kompozytów na bazie włókien szklanych GFRP.

Słowa kluczowe: obiekt mostowy, kompozyt GFRP, parametry modalne, drgania swobodne, tłumienie konstrukcyjne

INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF CABLE-STAYED FOOTBRIDGE MADE OF GFRP COMPOSITE

Summary

The aim of this paper is to investigate of dynamic characteristics of cable-stayed footbridge in Kolding, Denmark, made entirely of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) composite. During examination based on in situ free-decay measurements and using accelerometers under human jumping the primary five natural frequencies, corresponding mode shapes and damping ratios of the footbridge were identified. The Frequency Domain Decomposition (FDD) approach was applied to identify the natural frequencies and mode shapes. The corresponding damping ratios were extracted by using a least square curve fitting approximation of the filtered free-decay vibration of the footbridge deck. The estimated damping ratios were compared with data published in the literature for selected footbridges made of various conventional materials. The obtained experimental results provide a relevant data regarding the dynamic response prediction or structural health monitoring of all-GFRP composite footbridges.

Keywords: bridge structure, GFRP composite, modal parameters, free-decay vibration, structural damping

Przesłano do redakcji: 23.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Piotr Górski, Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Katowicka 48, 45-061 Opole, tel.: +48 77 4498588, e-mail: p.gorski@po.opole.pl

² Beata Stankiewicz, Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Katowicka 48, 45-061 Opole, tel.: +48 77 4498587, b.stankiewicz@po.opole.pl

ANALIZA NUMERYCZNA ZMIAN NAPRĘŻEŃ W KONSTRUKCJI ŚCIANY WYWOŁANYCH NIECIĄGLYMI DEFORMACJAMI PODŁOŻA GÓRNICZEGO

Efektom podziemnej eksploatacji kopalin na powierzchni terenu są osiadania powierzchni. W większości przypadków są to deformacje tzw. ciągłe, które ujawniają się w postaci łagodnej niecki obniżenia, jednak w określonych przypadkach mogą się pojawić deformacje nieciągłe. Ich sposób ujawniania się jest gwałtowny, a zabezpieczenie konstrukcji znajdującej się na powierzchni terenu jest trudne.

W referacie przedstawiono analizę numeryczną układu budowla-podłoże obciążonej ujawniającymi się nieciągłymi deformacjami podłoża. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem niekomercyjnego oprogramowania MAFEM3D, które zostało opracowane przez prof. Majewskiego. Program stosuje przyrostowo-iteracyjną procedurę MES z wykorzystaniem sprężysto-plastycznego modelu materiałowego z izotropowym wzmocnieniem i osłabieniem. Zastosowanie tego modelu materiałowego umożliwiło opracowanie modelu konstrukcji muru ceglanego oraz podłoża, który został obciążony nieciągłą deformacją terenu. Analizę przeprowadzono dla jednego geometrycznego modelu ściany z różnymi wykorzystanymi materiałami konstrukcyjnymi i elementami wzmacniającymi. Obciążenia zostały zaimplementowane jako próg terenowy, który obejmował różną długość fundamentu. W trakcie analizy wyników brano pod uwagę były zmiany naprężeń w konstrukcji i podłożu. Poziom wytyżenia każdego elementu skończonego przedstawia strefy wyczerpania nośności, co może wskazywać na powstanie zarysowań w konstrukcji lub uplastycznień w podłożu.

Wyniki analiz numerycznych dają obiecujące rezultaty, które jednak należy ograniczyć do konkretnej konstrukcji ściany. Dalsze etapy analiz powinny zostać rozszerzone na pełną analizę trójwymiarową i przestrzenną współpracę elementów konstrukcyjnych (ściany, płyty stropowe). Należy również rozważyć różny rodzaj parametrów gruntowych oraz lokalizacji progu w stosunku do fundamentów. Przedstawiona analiza jest wstępna, a wyniki mają charakter jakościowy.

Słowa kluczowe: nieciągłe deformacje podłoża, układ budowla-podłoże, analiza MES, sprężysto-plastyczny model materiałowy

NUMERICAL ANALYSIS OF VARIABLE BRICK-WALL STRESS CAUSED BY NON-CONTINUOUS MINING DEFORMATION

Summary

Non-continuous mining deformations appear in mining activity regions. They are not so common as continuous ground deformations. The process of their appearing is violent and a protection of the structure is difficult.

The paper presents a numerical approach to a soil-structures interaction during the activity of ground fault – non-continuous ground deformation. The analysis was carried out by a non-commercial software MAFEM3D created by prof. Majewski. This software uses incremental-iterative procedure of FEM with elastic-plastic material model and isotropic hardening/softening of a material. It allowed to create model of brick-wall structure and the ground which was loaded by the non-continuous ground deformation. The analysis was carried out for one geometric wall shape but with different material parameters and strengthening elements. The loads were implemented as a ground fault which comprised different length of structure footing. The results of calculation were considered for stresses variability of structure and the subsoil. The effort level for finite element showed areas at risk of cracks in structure as well as the ground plasticization process on the edge of the fault.

The numerical analyses gave promising results but they were checked only for one wall structure. The further steps of analyses should be extended to real 3D structures and considered on spatial cooperation of the structural elements like walls, plates etc. In addition the different kind of ground parameters and location below the foundation should be taken in consideration.

Keywords: Non-continuous ground deformation, soil-structure interaction, FEM analysis, elastic-plastic material model

Przesłano do redakcji: 21.03.2017 r.

Przyjęto do druku: : 01.09.2017 r.

⁷⁸Leszek Szojda, Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice tel. 32 237 25 92; leszek.szojda@polsl.pl

ODKSZTAŁCENIA WCZEŚNIE OBCIĄŻONEGO MŁODEGO BETONU NA SZYBKOWIĄZĄCYM CEMENCIE CSA

Cement CSA jest spoiwem mineralnym, hydraulicznym, o szybkim narastaniu wytrzymałości wczesnej, małym skurczu i wysokiej odporności na siarczany. Po zarobieniu cementu CSA wodą następuje szybka reakcja pomiędzy siarczanoglinianem wapnia, gipsem i wodorotlenkiem wapnia, z dynamicznym wydzielaniem ciepła i intensywnym powstawaniem ettringitu, minerału pozwalającego osiągnąć dużą wytrzymałość wczesną. Szybkie uzyskanie wysokich wytrzymałości na ściskanie betonu na cemencie CSA (wynoszących kilkanaście MPa, po 1 godzinie od chwili dodania wody) umożliwia wczesne obciążenie wykonanych elementów. Stąd przedmiotem wstępnych badań było określenie wielkości odkształceń powstających w młodym betonie, przy działającym obciążeniu, już po 1,5h oraz 2h od chwili zarobienia składników wodą. W kontekście wyników obliczeń wg Eurokodu stwierdzono, że odkształcenia próbek młodego betonu na CSA, w przypadkach obciążeń $k_{\sigma} \leq 0,45$, nie są większe od wyliczonych na podstawie załączonych w normie wzorów. W przypadku większych obciążeń, przy $k_{\sigma} > 0,5$ przy obliczeniach nieliniowego pełzania, odkształcenia po pierwszym dniu przekraczają o około 50 % wartości teoretyczne, a w następnych dniach intensywnie maleją i po 5-tym dniu są mniejsze, niż obliczone wg Eurokodu 2.

Słowa kluczowe: cementy siarczanoglinowe, CSA, pełzanie betonu, beton szybkowiązący

STRAIN OF EARLY LOADED YOUNG CONCRETE ON FAST-SETTING CSA CEMENT

Summary

CSA is mineral, hydraulic, fast-setting binder of low shrinkage and high sulphate resistance. Once the CSA cement has been treated with water, a rapid reaction occurs between calcium sulphate, gypsum and calcium hydroxide, with dynamic heat generation and intensive ettringite, a mineral that achieves high early strength. Rapid growth of CSA concrete strength (several MPa, 1 hour after adding water) enables early loading of elements. Thus, the subject of preliminary research was to determine the size of deformation occurring in young concrete, with the working load, after 1.5 hours and 2 hours after the ingredients were mixed with water. In the context of the results of Eurocode 2 calculations it was found that the deformation of young concrete samples on CSA in case of loads $k_{\sigma} \leq 0.45$ are not higher than those calculated on the basis of the norms enclosed in the standard. For larger loads, at $k_{\sigma} > 0.5$, for non-linear creep calculations, deformation after the first day exceeds theoretical values by about 50%, and in subsequent days it decreases. After 5 days the deformation is lower than that calculated according to Eurocode 2.

Keywords: calcium sulfoaluminate cement, CSA, creep of concrete, rapid concrete

Przesłano do redakcji: 24.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁷⁹ Autor do korespondencji / corresponding author: Andrzej Więckowski, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. +48126772083, awiecko@agh.edu.pl

⁸⁰ Roman Zimka, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Krosno, Rynek 1, tel +48 134364352, r.zimka@wp.pl

Krzysztof WILDE¹
Kazimierz JAMROZ²
Marcin BUDZYŃSKI³
Dawid BRUSKI⁴
Stanisław BURZYŃSKI⁵
Jacek CHRÓŚCIELEWSKI⁶
Łukasz PACHOCKI⁷
Wojciech WITKOWSKI⁸

SYMULACJE NUMERYCZNE STALOWEJ BARIERY OCHRONNEJ NA ŁUKU DROGI

W pracy wymieniono pewne czynniki związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego, wskazując łuki poziome dróg jako miejsca, gdzie występuje istotna liczba groźnych w skutkach wypadków. W części pracy obejmującej symulacje numeryczne, zrealizowano serię badań spełniających warunki testu zderzeniowego TB11 ze zmiennym promieniem bariery. Oszacowano wpływ zróżnicowania geometrii na parametry bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: urządzenia BRD, ruch drogowy, bezpieczeństwo ruchu drogowego, badania numeryczne, zderzenia pojazdów, łuki poziome drogi, metoda elementów skończonych

NUMERICAL SIMULATIONS OF CURVED ROAD STEEL BARRIER

Summary

The paper presents main factors related to traffic safety, indicating road curves as places of occurrence of significant number of fatal accidents. In the numerical simulations, a series of tests with variable radius of barrier in the TB11 crash test was performed. The effect of differentiation of barrier geometry on safety parameters was assessed.

Keywords: road safety devices, numerical simulations, crash tests, road curves, Finite Element Method

Przesłano do redakcji: 20.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Krzysztof Wilde, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12 80-233 Gdańsk, +48583471891, krzysztof.wilde@wilis.pg.gda.pl

² Kazimierz Jamroz, Politechnika Gdańska

³ Dawid Bruski, Politechnika Gdańska

⁴ Marcin Budzyński, Politechnika Gdańska

⁵ Stanisław Burzyński, Politechnika Gdańska

⁶ Jacek Chróścielewski, Politechnika Gdańska

⁷ Łukasz Pachocki, Politechnika Gdańska

⁸ Wojciech Witkowski, Politechnika Gdańska

Stanisław WIERZBICKI⁸¹
Zbigniew PIÓRO⁸²
Marcin OSINIAK⁸³
Edward ANTOSZKIEWICZ⁸⁴

ZASTOSOWANIE INKLINOMETRÓW W MONITORINGU KONSTRUKCJI

W pracy omówiono zagadnienie pomiaru lokalnych zmian kątów obrotu elementów konstrukcji, jako metody monitorowania zachowania się ustroju konstrukcyjnego. Celem prowadzonych badań i analiz jest opracowanie metody pomiarów, która mogłaby zostać wykorzystana w systemach monitoringu konstrukcji, jako alternatywa dla tradycyjnego pomiaru przemieszczeń realizowanego dalmierzami laserowymi. Zaproponowano wykorzystanie inklinometrów z czujnikami MEMS, charakteryzującymi się dobrymi właściwościami metrologicznymi przy akceptowalnych kosztach. Przeanalizowano zalety i ograniczenia tej metody w relacji do alternatywnego pomiaru przemieszczeń dalmierzami laserowymi. Omówiono możliwości zastosowania inklinometrów do monitorowania typowych ustrojów konstrukcyjnych, a także przedstawiono przykład systemu monitoringu technicznego wykorzystującego taką metodę pomiaru.

Słowa kluczowe: monitoring konstrukcji, pomiary przemieszczeń, pomiary kątów obrotu, inklinometr MEMS, system bezprzewodowy

APPLICATION OF INCLINOMETERS IN STRUCTURE MONITORING

Summary

The paper discusses the problem of measuring local changes of rotation angles of structural elements as a method of monitoring the behavior of structure. The purpose of the research and analysis is to develop a measurement method that could be used in structure monitoring systems as an alternative to conventional laser distance measurement. Inclinometers with MEMS sensors having good metrological properties at acceptable costs, were proposed. The advantages and limitations of this method have been analyzed in relation to the alternative measurement of displacement with laser rangefinders. The possibility of using inclinometers to monitor of typical structures is discussed, as well as an example of a technical monitoring system using such a measurement method.

Keywords: structure monitoring, displacement measurements, rotation angles measurements, MEMS inclinometer, wireless system

Przesłano do redakcji: 05.05.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁸¹Autor do korespondencji / corresponding author: Stanisław Wierzbicki, Politechnika Warszawska, Instytut Inżynierii Budowlanej, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; tel. +48 22 234 65 60; s-wierzbicki@il.pw.edu.pl

⁸²Zbigniew Pióro, WiSeNe Sp. z o.o., ul. E. Dembowskiego 6, 02-784 Warszawa, tel. +48 22 227 02 08; zbigniew.pioro@wisene.pl

⁸³Marcin Osiniak, WiSeNe Sp. z o.o., ul. E. Dembowskiego 6, 02-784 Warszawa, tel. +48 22 227 02 08; marcin.osiniak@wisene.pl

⁸⁴Edward Antoszkiewicz, WiSeNe Sp. z o.o., ul. E. Dembowskiego 6, 02-784 Warszawa, tel. +48 22 227 02 08; edward.antoszkiewicz@wisene.pl

MODELOWANIE OŚRODKA LEPKOSPĘŻYSTEGO W METODZIE ELEMENTÓW CZASOPRZESTRZENNYCH

W pracy rozpatruje się ośrodek lepkospężyisty, który został opisany równaniami całkowymi (model całkowity) z wykorzystaniem funkcji relaksacji (tensorowej funkcji relaksacji). Opracowano model obliczeniowy do analizy takich ośrodków z użyciem metody elementów czasoprzestrzennych. Zamieszczony przykład obliczeń (tarcza lepkospężyista) wskazuje na poprawność i efektywność tego modelu obliczeniowego.

Słowa kluczowe: ośrodek lepkospężyisty, metoda elementów czasoprzestrzennych, model obliczeniowy

MODELLING OF A VISCOELASTIC CONTINUUM WITH THE USE OF SPACE-TIME ELEMENT METHOD

S u m m a r y

The article deals with a viscoelastic continuum which is described by integral equations (integral model) with the use of relaxation function (tensor relaxation function). A calculation model for analysis of such continua with the use of time-space elements has been developed. The included calculation example (viscoelastic disc) indicates correctness and effectiveness of this calculation model.

Keywords: viscoelastic continuum, space-time element method, calculation model

Przesłano do redakcji: 30.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁸⁵ Magdalena Lachowicz, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, ul. Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, 523408500, m.lachowicz@utp.edu.pl

METODA NUMERYCZNEJ NIELINIOWEJ ANALIZY BELEK ŻELBETOWYCH

W artykule omawia się autorski algorytm nieliniowej analizy belek żelbetowych. Algorytm składa się z dwóch etapów. W pierwszym etapie wyznaczane są funkcje sztywności przekrojów żelbetowych z uwzględnieniem zbrojenia oraz nieliniowych związków konstytutywnych opisujących beton i stal zbrojeniową. Drugi etap obejmuje iteracyjną procedurę dotyczącą analizy statycznej belek przy aktualizacji sztywności w kolejnych krokach obliczeń. W drugiej części artykułu zaprezentowano wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy autorskiego programu komputerowego, w którym wykorzystano metodę różnic skończonych (MRS). Przedstawiono trzy przykłady obliczeniowe, w których porównano wyniki analizy nieliniowej belek z wynikami ciągle powszechnie stosowanej analizy liniowo-sprężystej.

Słowa kluczowe: analiza statyczna, belka, żelbet, model nieliniowy, metoda różnic skończonych, Eurokod 2

METHOD OF NUMERICAL NONLINEAR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

Summary

The article discusses an authorial algorithm of nonlinear analysis of reinforced concrete beams. The algorithm comprises of two stages. During the first stage stiffness functions of reinforced concrete cross-sections including the reinforcement as well as nonlinear constitutive relations concerning concrete and steel reinforcements are set. The second stage includes iteration procedure concerning a static analysis of beams with updating the stiffness at each phase of calculations. The other part of the article presents the results of calculations made using an authorial computer software which uses the finite differences method. Three calculation examples have been presented. In these examples the results of a nonlinear beam analysis were compared with the results of still commonly used linear-elastic analysis.

Keywords: static analysis, beam, reinforced concrete, nonlinear model, finite difference method, Eurocode 2

Przesłano do redakcji: 22.06.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁸⁶ Tomasz Janiak, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Katedra Mechaniki Konstrukcji, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz; tel. 52 340 84 11; tomasz.janiak@utp.edu.pl

Roman BIJAK⁸⁷
Leszek CHODOR⁸⁸
Grzegorz KOŁODZIEJ⁸⁹

ZAKRZYWIONE PRĘTY CIENKOŚCIENNE O PRZEKROJU BISYMETRYCZNYM

W pracy przedstawiono geometrycznie nieliniową teorię wstępnie skręconych i zakrzywionych w przestrzeni prętów cienkościennych. W przykładach numerycznych analizowano pręty kołowe w zakresie liniowym dla dwóch warunków brzegowych: (1) podparcia widelkowego na obu końcach oraz (2) zamocowania na jednym końcu. Zastosowano 3-węzłowy element izoparametryczny z całkowaniem zredukowanym dla 2 punktów Gaussa. Porównania wyników numerycznych z rozwiązaniami analitycznymi pokazują niewielkie różnice między nimi. Z kolei, jeżeli dodatkowo przyjmiemy hipotezę Bernoulliego dla zginania i Własowa dla skręcania, z prezentowanej teorii można prosto wyprowadzić równania różniczkowe giętno-skrętnej utraty stateczności łuków kołowych. Wzory na uogólnione odkształcenia są tak sformułowane, że możemy również w prosty sposób uwzględniać wpływ imperfekcji geometrycznych pręta.

Słowa kluczowe: zakrzywione pręty cienkościenne, przekrój bisymetryczny, aproksymacja drugiego rzędu skończonych obrotów przekroju, model Reissnera, sformułowanie izoparametryczne MES, rozwiązania analityczne, pręty kołowe

BISYMMETRIC CURVED THIN-WALLED RODS

Summary

In the paper it was presented nonlinear theory of initially twisted and bended thin walled rods in three dimensional space. Theory was basis for implementation of computer program, which employs 3-node isoparametric finite element with reduced numerical integration (Gaussian integration at 2 points). In numerical examples, circular rods were analyzed in a linear range for two boundary conditions: 1) circular arch with fork-alike supports at the ends 2) fully restrained cantilever. Result were compared then with analytic solutions and good consistency was observed.

On the other hand, additional assumption of Bernouli hypothesis for bending and Wlasov theory for twisting allows for easy derivation of differential equations of lateral-torsional buckling for circular arches. Expressions for generalized strains are formulated in a manner which allows taking into consideration influence of geometric imperfections of the rods in the analysis.

Keywords: space-curved thin-walled rods, bisymmetric cross-sections, second-order approximations of finite rotations, Reissner model, isoparametric formulation, circular arch, analytic solution

Przesłano do redakcji: 20.04.2017 r.

Przyjęto do druku: 01.09.2017 r.

⁸⁷ Autor do korespondencji / corresponding author: Roman Bijak, Politechnika Świętokrzyska, Aleja Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, e-mail: r.bijak@wp.pl

⁸⁸ Leszek Chodor, Chodor-Projekt sp. z o.o., Aleja IX Wieków Kielc 6/3, 25-312 Kielce, lch@chodor-projekt.net

⁸⁹ Grzegorz Kołodziej, Kyotec Group, ul. Batalionu Platerówek 3, 03-308 Warszawa, e-mail: grzegorz.kolodziej@kyotecgrup.com