Gliwice, 19_04_2010

Dr hab. inż. Jan Fedorowicz
Katedra Teorii Konstrukcji Budowlanych
Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej
ul Akademicka 5, p124
tel. (32) 237-19-97,
email: jan.fedorowicz@polsl.pl

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

Recenzja

pracy doktorskiej mgra inż. Dawida Mrozka

„Nieliniowa analiza numeryczna dynamicznej odpowiedzi uszkodzonych budynków"

przygotowana na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach pismem RB-0/4020/09.10 z dnia 18 marca 2010 r.

1. Przedmiot opracowania

Opiniowana praca dotyczy zagadnień budowy modeli obliczeniowych uszkodzonych budynków murowanych oraz ich numerycznej analizy dynamicznej. Przyjmuje się przy tym, że intensywność obciążenia wymusza niesprężystą pracę materiału konstrukcji. Definiując wyselekcjonowane grupy uszkodzeń w konstrukcji murowej Autor postawił tezę o możliwości ilościowej oceny wpływu istniejących przed obciążeniem dynamicznym uszkodzeń konstrukcji na odpowiedź dynamiczną obiektów budowlanych. Jako miarę w ocenie tego wpływu Autor przyjmuje wielkość zmiany pierwszej częstości drgań własnych konstrukcji.
Praca w formie wydruku komputerowego, objętości 160 stron, ma ciekawą postać graficzną, zawiera znaczną liczbę kolorowych rysunków, map odkształceń i naprężeń oraz wykresów.

2. Charakterystyka pracy

Opiniowana praca doktorska składa się z 6-ciu rozdziałów, wykazu oznaczeń i skrótów oraz bibliografii zawierającej 207 pozycji literatury.
Przedmiotem badań w przedstawionej rozprawie doktorskiej są uszkodzone budynki murowane, poddane wpływom oddziaływań dynamicznych.
W rozdziale 1 pracy Autor przedstawił cel oraz zakres pracy, sformułował tezę oraz omówił oddziaływania dynamiczne i ich wpływ na budowle.
Rozdział 2 poświęcony został omówieniu aktualnego stanu wiedzy w zakresie problemów analizowanych w pracy, a w szczególności:

- metodom dynamicznej analizy konstrukcji,
- sposobom budowy modeli geometrycznych budynków,
- modelowaniu nieciągłości materiałowych i ich propagacji,
- systematyce uszkodzeń budynków murowanych oraz przyczyn powodujących te uszkodzenia.

W rozdziale 3 Autor przedstawił nieliniowe modele materiałów, stosowane w analizach dynamicznych kubaturowych konstrukcji budowlanych. W treści rozdziału zawarto podstawowe prawa przyrostowej teorii plastyczności, omówiono klasyfikację modeli materiałów, poczynając

od prostych modeli klasycznych, aż do zaawansowanych, wieloparametrowych modeli sprężysto-plastycznych z degradacją.
W kolejnym rozdziale 4 Autor skupił się na problemach modelowania numerycznego. Omawia konstrukcję analizowanych w pracy budynków oraz budowę ich modeli. Przy czym dla potrzeb analiz wszystkie rozpatrywane konstrukcje przyporządkował do jednej z trzech klas obiektów – utworzonych w zależności od proporcji charakterystycznych wymiarów. Powstały w ten sposób klasy: budynki niskie, budynki szerokie i budynki wysokie.
W rozdziale tym Doktorant:

- formułuje kryterium pozwalające w przeprowadzanych obliczeniach dynamicznych na taką redukcję przestrzennego modelu (3D) do modelu płaskiego (2D), przy której odpowiedź modelu (2D) na obciążenia dynamiczne byłaby ekwiwalentna do odpowiedzi modelu (3D); przeprowadza także szeroką dyskusję proponowanego sposobu doboru modelu płaskiego,
- podaje sposób wprowadzania wymuszenia kinematycznego poprzez nieliniowy kontakt budynku z elementem nieodkształcalnym, oraz
- przedstawia sposób wprowadzenia nieciągłości materiałowych symulujących uszkodzenia konstrukcji w modelu obliczeniowym.

Rozdział 5 zawiera wyniki przeprowadzonych analiz dynamicznych utworzonych modeli budynków murowych. W sunie wykonano ponad 40 analiz modeli przestrzennych oraz ok. 1700 analiz modeli płaskich (2D). W wyniku powyższych analiz możliwe było sformułowanie kryterium oceny wpływu oddziaływań dynamicznych na budynek. Jako miary wpływu uszkodzenia na pracę konstrukcji przyjęto pierwszą częstość drgań własnych konstrukcji oraz globalny kąt odkształcenia postaciowego elementu ściany na odcinku pomiędzy stropami konstrukcji. Porównywano odpowiedzi dynamiczne konstrukcji uszkodzonych przed zaistnieniem wpływów dynamicznych z odpowiedzią dynamiczną konstrukcji nieuszkodzonych.
Rozdział 6 pracy doktorskiej zawiera podsumowanie zawartości pracy oraz wnioski ogólne. Pracę Autor kończy przedstawieniem kierunków dalszych badań.

3. Uwagi do pracy

Praca ma w znacznej mierze charakter teoretyczny. W zamyśle Autora praca ma stanowić studium możliwości przeprowadzania oceny wpływu uszkodzeń istniejących w konstrukcji, przed pojawieniem się oddziaływań dynamicznych, na odpowiedź dynamiczną konstrukcji. Taką tezę postawił Autor w pierwszym rozdziale i moim zdaniem z powodzeniem ją wykazał w rozdziałach czwartym i piątym. Jest to, zatem praca z ukierunkowaniem na zastosowanie inżynierskie.
W analizach numerycznych z wykorzystaniem MES decydującym o jakości wyników obliczeń jest zgodność utworzonego modelu obliczeniowego z modelem fizycznym, którego budowa uwarunkowana jest m.in. typem modelowanej konstrukcji. Na jakość wyników ma wpływ gęstość siatki, wybór typu elementów skończonych, sposób wymodelowania połączeń stropów i ścian oraz wzajemnych połączeń ścian, „recepta" na wymodelowanie kontaktu konstrukcji z podłożem (i innymi elementami konstrukcji), co w przypadku analizy wpływów dynamicznych łączy się ze sposobem ich zadawania w modelu obliczeniowym.
Doktorant wszystkie te problemy dostrzegł, omówił w pracy oraz przedstawił propozycje ich rozwiązania, podając rezultaty oszacowania wpływu wybranych czynników (dokładniej oszacowania ich znaczenia) na wyniki obliczeń.
Doktorant, słusznie prezentowane w pracy propozycje sposobów modelowania oraz rozwiązywania kolejnych problemów przedstawia na tle aktualnego stanu wiedzy, zawartego w literaturze przedmiotu.

W moim odczuciu mocno zachwiane są jednak proporcje pomiędzy tekstem opisującym wiedzę zawartą w literaturze, a wiedzą wynikającą z własnych dokonań. Prezentacja obecnego stanu wiedzy zajmuje prawie połowę tekstu, a jednak nie zawsze informacje tam umieszczone są pełne i wykorzystywane w drugiej części pracy.
Pracę czyta się dość trudno. Sformatowana jest gęsto, z małą interlinią. Autor wprowadza niefortunnie: dużą liczbę skrótów nazw modeli obliczeniowych, poszczególnych zadań, a także rozwiązań numerycznych. Pomimo, że skróty te zestawione są w wykazie na początku pracy, ich nadmiar utrudnia śledzenie myśli Autora, tym bardziej, że Autor często z tych skrótów nie korzysta; wiele z podanych, szczegółowych wyjaśnień byłoby zbędnych przy posłużeniu się odpowiednim rysunkiem. Swobodne czytanie tekstu utrudniają również zbyt częste odwołania do problemów już omówionych wcześniej, a także później. W ten sposób pojawiają się fragmenty tekstu, których treść w wyniku nagromadzenia usterek staje się niezrozumiała (np.str. 88. – ostatni akapit).
Swoje uwagi ogólne, dotyczące pracy, podzieliłem na dwie grupy.
Do pierwszej grupy zaliczyłem ogólne uwagi krytyczne i wątpliwości, wyjaśnienie, których może uczynić pracę bardziej klarowną i które mogą wpłynąć na lepsze zrozumienie uzyskiwanych wyników obliczeń.
Do drugiej grupy zaliczyłem uwagi redakcyjne oraz niektóre merytoryczne, uwzględnienie, których może pomóc Doktorantowi w właściwym wykorzystaniu wyników swojej pracy w przygotowywanych w przyszłości publikacjach.

W pierwszej grupie uwag zawarłem zapytania do trzech problemów poruszanych w pracy.

1) Pierwszy problem to problem modelowania uszkodzeń konstrukcji, uwzględnianych przed wprowadzeniem wpływów dynamicznych. Mianowicie w pracy opis procedury modelowania uszkodzenia i jego propagacji przedstawiono w p.4.5, na stronach 98-105. Jednakże jest to opis słowny, zilustrowany jedynie mało czytelnymi mapami sumarycznej degradacji SDEG, zatem mało przekonywujący. W związku tym dobrze byłoby, aby Doktorant omówił krótko zastosowaną procedurę modelowania i propagacji uszkodzenia konstrukcji wyjaśniając przy okazji problemy poruszone poniżej:
   - na jakiej podstawie określał Autor wartości liczbowe parametrów kontaktu w zamykającej się modelowanej rysie i czy były one stałe w całym cyklu obliczeniowym czy też zmienne,
   - na jakim etapie obliczeń generowane są nieciągłości - przed zadaniem obciążeń statycznych (ciężar własny, obciążenie użytkowe) czy po obciążeniu statycznym,
   - jeśli uszkodzenia są generowane po zadaniu obciążenia statycznego to w jaki sposób następuje ten proces, jeśli zaś przed obciążeniem to w jaki sposób zapewniona jest niezmienna szerokość otwarcia rys po obciążeniu,
   - czy potrafi Doktorant ocenić na ile pominięcie w analizie dynamicznej składowej pionowej drgań wpłynie na zachowanie się tych nieciągłości w czasie ruchu układu – składowa pionowa drgań, zwykle pomijana w analizach dynamicznych (w tej pracy również), może powodować zamknięcie wprowadzonych rys poziomych i częściowe zamykanie się rys ukośnych w czasie ruchu układu, a więc czasowe zmiany postaci zarysowań.
2) Drugi problem dotyczy modelowania układów zredukowanych (2D), adekwatnych układom przestrzennym (3D), i pytanie:
   Czy zgodność wybranych parametrów układów (2D) i (3D) (są to charakterystyczne

przemieszczenie pionowe i pierwsza częstość drgań własnych) gwarantuje, że po zadaniu oddziaływań dynamicznych intensywność wytężenia (albo wartości składowych tensora naprężenia) w układzie (2D) nie będzie nigdy mniejsza aniżeli w układzie (3D), a obszary występowania maksymalnego wytężenia będą niezmienne?

3) Trzeci problem dotyczy sposobu określania zdefiniowanego w pracy *kryterium miary wytężenia konstrukcji (2D)*, mianowicie:
W definicji wartości Θ_{sd} (wyrażenie (5.2)) brak jest członu określającego sztywny obrót analizowanej ściany. Wartość tego członu będzie zależała od sztywności materiału (E), od sztywności konstrukcji (tu układy nośne podłużne, poprzeczne, krzyżowe, połączenia stopów sztywne lub przegubowe), od wysokości kondygnacji (ogólnie od wielkości analizowanego fragmentu ściany), także od podatności podłoża. Nasuwa się, zatem pytanie – czy pominięcie tego członu zawsze jest możliwe?

Jak wspomniałem wcześniej w drugiej grupie uwag ogólnych zawarłem uwagi zarówno o charakterze merytorycznym jak i redakcyjnym, porządkowym nie wpływające jednak w istotny sposób na prezentowane w pracy wyniki obliczeń. Niektóre z nich dla przykładu podaję poniżej, pozostałe zanotowane na otrzymanym egzemplarzu pracy przekazałem Doktorantowi. I tak mamy:

- str. 12 – tab.1-4 nie odpowiada opisowi (skala EMS jest 12 stopniowa?)
- str. 45 – rys.3.1 powierzchnia plastyczności nie może być wklęsła,
- str. 55 – rys.3.11c – błędny opis południków,
- str. 66, rys.3.28c oraz str. 77, rys.3.33 – błędnie opisane stany obciążenia w II i IV ćwiartce,
- równanie (2.13), str. 92, 94 i 95 – jednostki współczynnika K są błędne, w spisie oznaczeń jest natomiast wymieniony współczynnik pionowej podatności C_o oraz K jako podatność podłoża – czy to się różni?
- str. 92 – na jakiej podstawie przyjęto w obliczeniach wartość poziomej sztywności podłoża na poziomie 0.7 sztywności pionowej, i dlaczego sztywność podłoża w przeprowadzonym teście wynosiła aż, K_o=50 GPa/m^2 (jednostka i wartość)?

4. Ocena pracy

Recenzowana praca doktorska dotyczy ważnego zadania inżynierskiego. Ocena wpływu istniejących uszkodzeń konstrukcji poddanych wpływowi wstrząsów górniczych jest częstym problemem spornym zakładów wydobywczych i właścicieli budynków zlokalizowanych na terenie górniczym. Można powiedzieć, że znakomita część zabudowy na terenach górniczych jest w większym lub mniejszym stopniu uszkodzona. Odpowiedź na pytanie, czy zaistniały wstrząs spowodował dalszą degradację konstrukcji, a nawet tylko czy mógł ją spowodować jest ważny i przekłada się bezpośrednio na wysokość możliwego odszkodowania.

Podjęty w rozprawie temat jest złożony. Wymaga bowiem nie tylko rozwiązania zagadnień mechaniki budowli jakim jest zadanie wpływu wstrząsu na konstrukcję ale również ustalenia kryterium wyboru wstrząsu, wyspecyfikowania przebiegu wstrząsu i ustalenia kryteriów oceny wpływu tego wstrząsu na konstrukcję. Do oryginalnych osiągnięć pracy można zaliczyć:

- Sformułowanie zasad oryginalnej klasyfikacji modeli budynków z uszkodzeniami w zakresie geometrycznym i materiałowym.
- Sformułowanie i przetestowanie procedury redukcji dużego zadania przestrzennego do zadania płaskiego.

- Zdefiniowanie kryterium pozwalającego na ocenę wpływu istniejących uszkodzeń konstrukcji na jej odpowiedź dynamiczną przy obciążeniach parasejsmicznych.
- Sformułowanie miary oceny wrażliwości konstrukcji na degradację materiału w budynku uszkodzonym i nieuszkodzonym.
- Wykonanie dużej liczby obliczeń numerycznych i opracowanie wyników tych obliczeń konstrukcji pozwalających na przetestowanie zdefiniowanych miar wpływu uszkodzenia konstrukcji na jej odpowiedź dynamiczną oraz miary wrażliwości degradacji materiału konstrukcji budynków i sformułowanie wniosków.

W mojej opinii recenzowana praca pod względem merytorycznym jest poprawna. Zawiera poprawnie postawione zadanie, a uzyskane rozwiązanie jest również poprawne. Konkluzja Autora podana na stronie 148, cytuję: *„całość pracy należy traktować jako wprowadzenie do zagadnień modelowania i analizy budynków uszkodzonych"* jest słuszna. Doktorant w pracy sformułował i przetestował podstawy teoretyczne analizy budynków uszkodzonych.

5. Wniosek

Podsumowując ocenę pracy uważam, że mgr inż. Dawid Mrozek wykonując pracę doktorską uzyskał oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazał się umiejętnościami samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych. Zgodnie zatem z *Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z 14 marca 2003 (Dz.U. z 2003r., Nr 65, poz. 595; z 2005 r. Nr 164, poz. 1365), wnioskuję o przyjęcia pracy doktorskiej mgra inż. Dawida Mrozka oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.