

Magdalena MROZEK, Dawid MROZEK*
Politechnika Śląska

ANALIZA PORÓWNAWCZA DYNAMICZNEJ ODPOWIEDZI MODELI BUDYNKÓW 3D I 2D Z UWZGLĘDNIENIEM PODATNOŚCI PODŁOŻA. CZĘŚĆ 2. WYNIKI OBLICZEŃ

Streszczenie. Artykuł zawiera wybrane wyniki analiz porównawczych modeli – przestrzennych oraz tarczowych – budynków wysokiego i niskiego. Sposób modyfikacji modelu 2D oraz dobór parametrów, tak aby istniało podobieństwo w odpowiedzi z modelem 3D zarówno pod względem obciążenia statycznego, jak i dynamicznego, został przedstawiony w części 1. Opis procedury. Weryfikacja zastąpienia modelu przestrzennego tarczowym obejmuje analizę map naprężeń i sumarycznej zmiennej degradacji.

COMPARITIVE ANALYSIS OF DYNAMIC RESPONSES OF 3D AND 2D MODELS OF BUILDINGS WITH CONSIDERATION OF THE GROUND FLEXIBILITY. PART 2. RESULTS OF CALCULATION

Summary. The paper contains comparative analysis of 3D and 2D models of buildings tall and low. The way of 2D models modification and their parameters selection in such a way that convergence of response to 3D model, in respect of static as well as dynamic are introduced in part 1. Description of procedure. Verification of replace spatial by planar model includes stresses and summarise degradation parameters maps analysis.

1. Wprowadzenie

Analiza porównawcza dynamicznej odpowiedzi modeli 3D i 2D budynków (niskiego i wysokiego) z uwzględnieniem podatności podłoża obejmuje procedurę zamiany modelu przestrzennego na modyfikowany model tarczowy (część 1. Opis procedury). Zamiana jest możliwa, jak wykazano w [7], jedynie w przypadku obiektów symetrycznych. Uzyskane w części 1. referatu parametry modyfikacji

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Andrzej Wawrzynek.

modelu 2D zostały zweryfikowane podczas analizy statycznej i dynamicznej. W tym celu przeprowadzono pełne obliczenia modeli powłokowych i tarczowych z modyfikacją budynku niskiego oraz wysokiego. Obciążenie w zakresie statycznym i dynamicznym opisane zostało w części 1. referatu. Zastosowanie plastyczno-degradacyjnego [1, 2, 3] modelu materiału pozwala na bliższą rzeczywistości odpowiedź modelu numerycznego [3, 5, 6] podczas działania obciążenia dynamicznego.

2. Wybrane wyniki analizy porównawczej

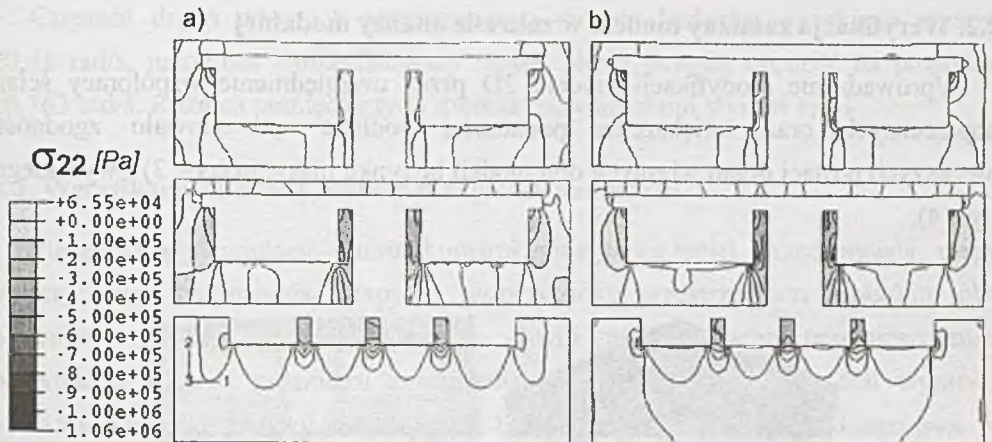
W tej części artykułu przedstawione zostały niektóre z otrzymanych wyników analizy numerycznej. Przede wszystkim w przypadku analizy statycznej pod uwagę wzięto pionową normalną składową tensora naprężenia (tzn. σ_{22}). Na mapach rozkładu tych naprężeń kolorem białym oznaczone zostały naprężenia rozciągające, natomiast skala odcieni szarości dotyczy naprężeń ściskających, przy czym im naprężenie ma większą wartość (bezwzględna), tym kolor jest ciemniejszy.

Porównanie obejmuje także zgodność odpowiedzi obu modeli w przypadku analizy modalnej. Spełnienie tego warunku jest konieczne do uzyskania zbliżonej odpowiedzi dynamicznej obu modeli. Analizą objęto postacie i częstości drgań własnych rozpatrywanych układów.

Kolejnym analizowanym parametrem jest sumaryczna zmienna zniszczenia, oznaczona w programie ABAQUS jako SDEG. Parametr ten przedstawiono na mapach, gdzie białym kolorem oznaczone zostały obszary o zerowym zniszczeniu, a ciemniejsze kolory wykazują stopniowy wzrost degradacji materiału, aż do osiągnięcia wartości 0,5, od której rozpoczyna się kolor czarny.

2.1. Weryfikacja zamiany modelu w części statycznej

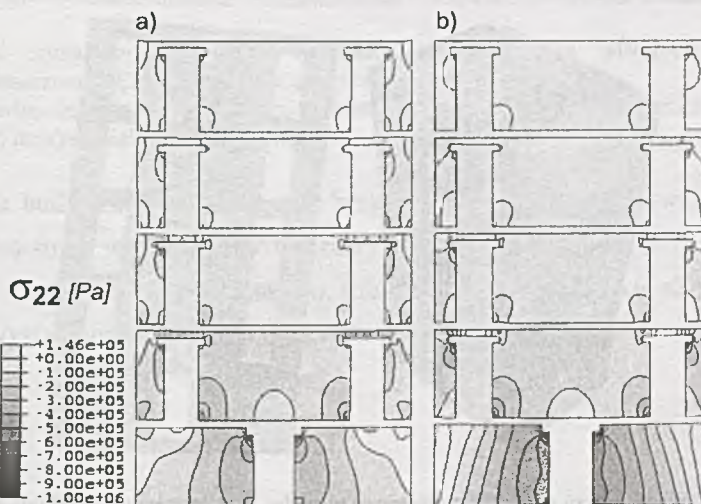
Mapy rozkładu naprężeń pionowych budynku niskiego przedstawione zostały na rys. 1. Rozkład naprężeń obu rodzajów modeli jest podobny. Tarczowy posiada o 5% większe wartości naprężeń ściskających zlokalizowanych w filarkach międzyokiennych.



Rys. 1. Rozkład pionowych naprężeń normalnych od ciężaru własnego w modelu: a) przestrzennym, b) tarczowym

Fig. 1. Vertical normal stresses distribution from deadweight in: a) spatial, b) planar model

Podobna sytuacja została zaprezentowana na Rys. 2, który przedstawia rozkład pionowej składowej naprężenia od obciążenia statycznego budynku wysokiego. Zauważalne różnice wynikają z przestrzennego rozkładu obciążenia stropu, który został uśredniony w przypadku tarczowym. Kolejnym elementem jest nierealność wymodelowania połączenia ściana-wieniec-strop w modelu tarczowym. Efektem tych niedokładności jest różny pod względem ilościowym rozkład naprężeń w części piwnicznej (różnica na poziomie 10%). W żadnym z modeli (niskim i wysokim) nie zostaje przekroczona granica plastyczności przy ściskaniu, która wynosi 2,1 MPa.

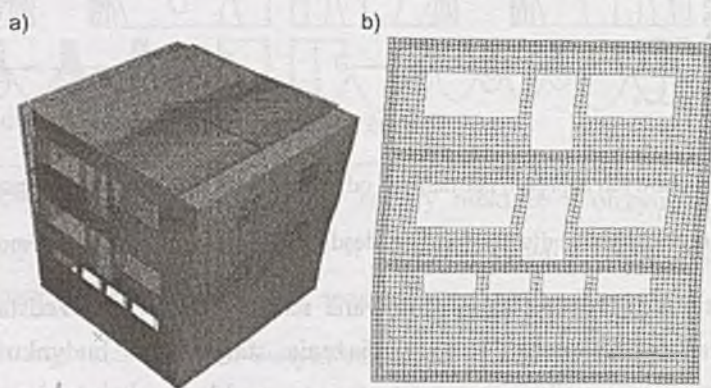


Rys. 2. Rozkład pionowych naprężeń normalnych od ciężaru własnego w modelu: a) przestrzennym, b) tarczowym

Fig. 2. Vertical normal stresses distribution from deadweight in: a) spatial, b) planar model

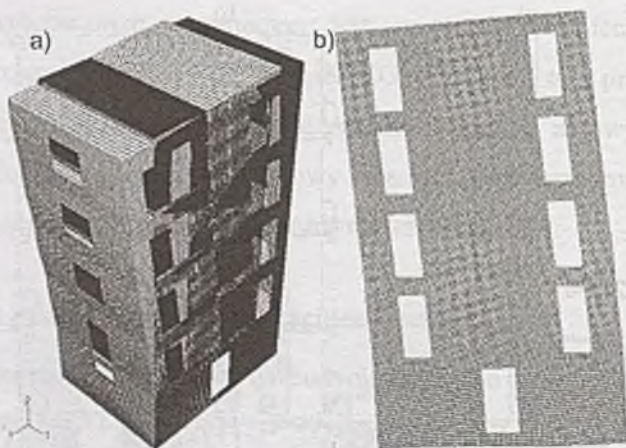
2.2. Weryfikacja zamiany modelu w zakresie analizy modalnej

Wprowadzenie modyfikacji modelu 2D przez uwzględnienie współpracy ścian poprzecznych oraz zwiększenie podatności podłoża spowodowało zgodność pierwszych postaci drgań własnych obu modeli budynku niskiego (rys. 3) i wysokiego (rys. 4).



Rys. 3. Pierwsza postać drgań własnych niskiego modelu: a) przestrzennego, b) tarczowego
Fig. 3. First free vibrations form of the low: a) spatial, b) planar model

Częstość drgań własnych przestrzennego modelu budynku niskiego wynosi 34,233 rad/s, natomiast zmodyfikowany model płaski posiada wartość częstości na poziomie 34,284 rad/s. Różnica pomiędzy tymi dwoma rozwiązaniami wynosi 0,15%.

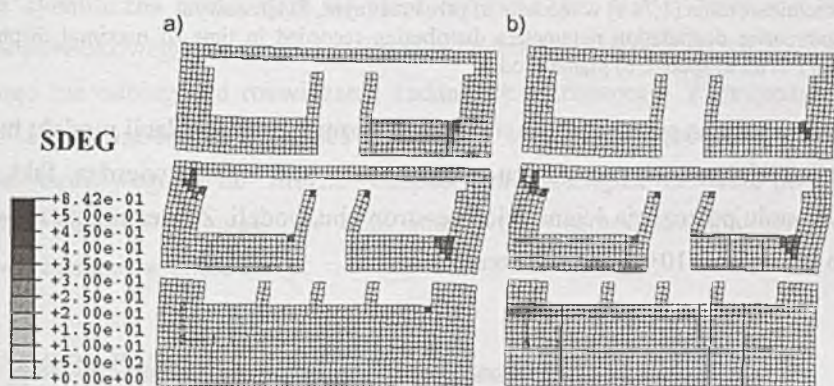


Rys. 4. Pierwsza postać drgań własnych wysokiego modelu: a) przestrzennego, b) tarczowego
Fig. 4. First free vibrations form of the tall: a) spatial, b) planar model

Częstość drgań własnych przestrzennego modelu budynku wysokiego wynosi 20,41 rad/s, natomiast zmodyfikowany model płaski posiada częstość na poziomie 20,763 rad/s. Różnica pomiędzy tymi dwoma rozwiązaniami wynosi 1,7%.

2.3. Weryfikacja zamiany modelu w części dynamicznej

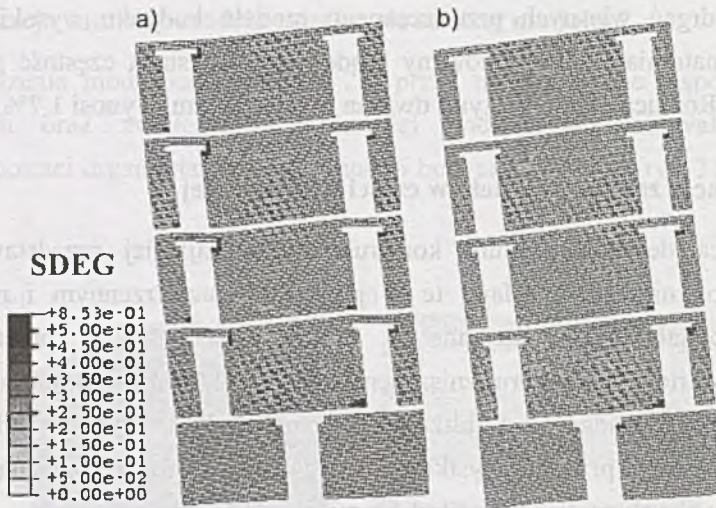
Postępującą degradację muru konstrukcyjnego najlepiej przedstawiają mapy sumarycznego zniszczenia. Mapy te w przypadku przestrzennym i płaskim obu budynków zostały zaprezentowane w chwili maksymalnego przemieszczenia. Największa wartość parametru zniszczenia w dwóch rodzajach modeli wyniosła ok. 85%. Obraz degradacji jest zbliżony, tj. w przypadku budynku niskiego (rys. 5) zniszczenie obejmuje przede wszystkim pierwszą kondygnację nadziemną z krzyżową degradacją naroży okiennych oraz filarków międzyokiennych.



Rys. 5. Rozkład sumarycznej zmiennej degradacji, zarejestrowany w chwili największego przemieszczenia (0,29 s) w modelu: a) przestrzennym, b) tarczowym

Fig. 5. Summarise degradation parameters distribution recorded in time of maximal displacement (0.29 s) in: a) spatial, b) planar model

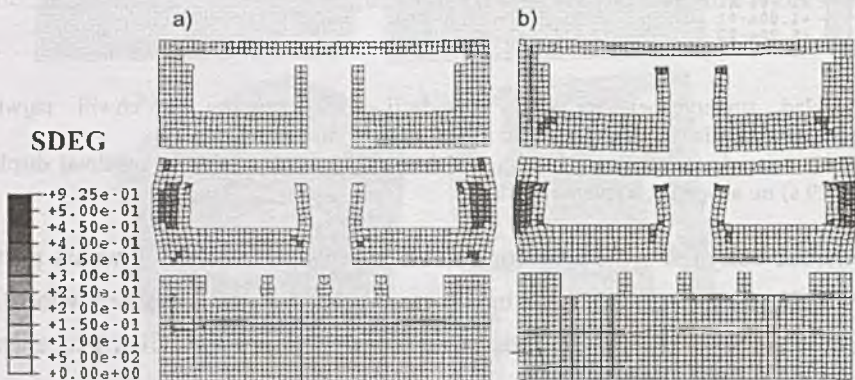
Geometria budynku wysokiego oraz brak możliwości wymodelowania połączenia ściana-wieniec-strop w przypadku tarczowym powoduje większą sztywność całości tego modelu w relacji do przestrzennego. Efektem tego są niewielkie różnice związane z zakresem wystąpienia degradacji materiału obu modeli (rys. 6).



Rys. 6. Rozkład sumarycznej zmiennej degradacji, zarejestrowany w chwili maksymalnego przemieszczenia (1,71 s) w modelu: a) przestrzennym, b) tarczowym

Fig. 6. Summarise degradation parameters distribution recorded in time of maximal displacement (1,71 s) in: a) spatial, b) planar model

Przedstawiony na rys. 7 rozkład sumarycznej zmiennej degradacji modelu budynku niskiego, zarejestrowany na końcu wymuszenia (1,5 s), potwierdza fakt różnic w modelowaniu połączenia ściana-wieniec-strop obu modeli. Zakres różnic na wyższej kondygnacji wynosi 10+20% zniszczenia.



Rys. 7. Rozkład sumarycznej zmiennej degradacji, zarejestrowany na końcu wymuszenia (1,5 s) w modelu: a) przestrzennym, b) tarczowym

Fig. 7. Summarise degradation parameters distribution recorded at the end of extortion (1.51 s) in: a) spatial, b) planar model

3. Podsumowanie

Zestawiając odpowiedź modeli przestrzennych i tarczowych z modyfikacją opisaną w części 1. referatu, przy uwzględnieniu podatności podłoża należy mieć na uwadze ostateczny cel analizy. Modyfikując zadanie tarczowe, istnieje możliwość uzyskania zadawalającej odpowiedzi pod względem statycznym (Rys. 1 i Rys. 2) oraz zgodność pod względem częstości drgań władnych (rys. 3 i rys. 4). Uzyskane różnice do 10% w przypadku obciążenia ciężarem własnym oraz do 2% w odniesieniu do analizy modalnej pozwalają na uzyskanie zadawalającej zgodności (potwierdzonej mapami degradacji modeli) w przypadku oddziaływania dynamicznego.

Mając na uwadze obostrzenia modelu tarczowego, istnieje możliwość jego wykorzystania do analiz dynamicznych przy zastosowaniu gęstszego podziału dyskretnego MES. Zgodność rozwiązania w zakresie analizy statycznej powoduje, że analiza dynamiczna rozpoczyna się praktycznie na tym samym poziomie wyteżenia modelu powłokowego i tarczowego. Pod względem jakościowym rozwiązanie zadania płaskiego nie odbiega od rozwiązania zadania przestrzennego. W przypadku analizy ilościowej obu modeli należy mieć na uwadze większą sztywność modyfikowanego modelu tarczowego. Nie można bezpośrednio zastąpić modelu powłokowego modelem płaskim z uwagi na brak możliwości zamodelowania przestrzennego połączenia ściana-wieniec-strop.

BIBLIOGRAFIA

1. Lublinem J., Oliver J., Oller, S., Oñate E.: A plastic-damage model for concrete. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 25, 1989, p. 299-329.
2. Fenves L., Lee J.: A plastic-damage concrete model for earthquake analysis of dams. *Earthquake Eng. and Structural Dynamics*, Vol. 27, 1998, p. 937-956.
3. Cińcio A.: Numeryczna analiza dynamicznej odporności niskiej zabudowy na wstrząsy parasejsmiczne z zastosowaniem przestrzennych modeli wybranych obiektów. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Gliwice 2004.
4. Wawrzynek A., Cińcio A., Mrozek D.: Numerical Modelling of wall-floor connections in masonry structures within mining regions. *Proc. of Conf. Comp. Methods in Struct. Dyn. and Earthquake Eng., COMPDYN 2007, Rethymno 2007 (on CD)*.

5. Mrozek M., Mrozek D.: Numeryczna analiza porównawcza dynamicznej odpowiedzi modelu płaskiej ściany oraz przestrzennego budynku niskiego w zakresie pozasprężystym. Praca magisterska napisana pod kierunkiem A. Cińcio, Biblioteka Katedry Teorii Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Gliwice 2006.
6. Cińcio A., Mrozek M., Mrozek D.: Analiza wrażliwości odpowiedzi układu dynamicznego w zakresie pozasprężystym na gęstość podziału dyskretnego w MES. Proc. 5th International Conference on New Trends in Static and Dynamic of Buildings, Bratislava 19 – 20.10. 2006, p. 65-68.
7. Mrozek D.: Porównanie dynamicznej odpowiedzi ściany budynku opisanej modelami przestrzennym i płaskim. VIII Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, z. 112, Gliwice-Szczyrk 2007, s.169-176.

Obliczenia numeryczne wykonano w Akademickim Centrum Komputerowym AGH – Cyfronet, na podstawie przyznanych grantów obliczeniowych nr MNiSW/Sun6800/ PŚląska/083/2007, MNiSW/SGI3700/PŚląska/083/2007, a także MNiSW / Sun6800 / Śląska / 084/2007, MNiSW/SGI3700/PŚląska/084/2007.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Piotr Konderla