

PORÓWNANIE WPŁYWU SKŁADOWEJ PIONOWEJ ORAZ POZIOMEJ SYGNAŁU WSTRZĄSU SEJSMICZNEGO NA ODPOWIEŹ BUDYNKU NISKIEGO W ZAKRESIE POZASPRĘŻYSTYM

A. Cińcio¹ and M. Mrozek and D. Mrozek²

Abstract

In the paper the plastic–damage material model for concrete (based on continuum damage mechanics and the theory of elasto-plasticity), proposed by J. Lubliner et. al. (1988) and modified by L. Fenves et. al. (1998), is adapted to numerical analysis of typical masonry buildings (dynamic time history analysis). Some comparatives results using horizontal and vertical components of the seismic signal (Koyuna earthquake) are presented.

1 WPROWADZENIE

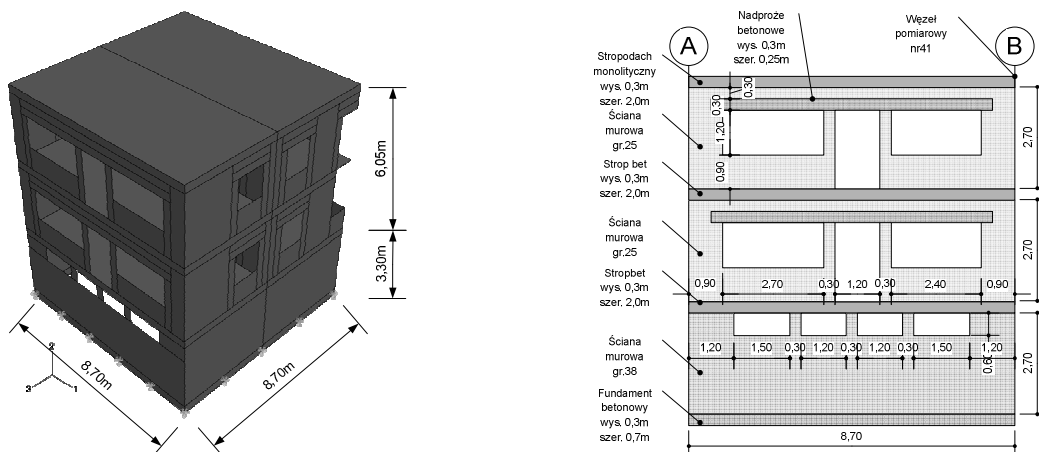
Wstrząsy sejsmiczne pochodzenia naturalnego, oraz wstrząsy parasejsmiczne wywołane działalnością człowieka, związane z zaburzeniem równowagi geofizycznej mas skalnych w głębi Ziemi i wyzwoleniem pewnej energii transmitowanej na powierzchnię w postaci fal sejsmicznych, stanowią istotne zagrożenie dla bezpieczeństwa budowli. Efektywnym sposobem weryfikacji stanu zagrożenia budowli są symulacje komputerowe, w których analizuje i rozwiązuje się zadanie dynamiki budowli, posługując się modelem budynku wraz z modelem współpracującego podłoża gruntowego np. typu Winklera. Całość układu poddawana jest działaniu pewnego obciążenia kinematycznego odpowiadającego zarejestrowanemu wstrząsowi sejsmicznemu lub parasejsmicznemu. Stacje sejsmologiczne, w których mierzony jest sygnał wstrząsu, dostarczają dane o charakterze oraz przebiegu wstrząsu określonego np. za pomocą akcelerogramu (czyli wykresu czasowej zmiany przyspieszenia) zapisanego dla trzech składowych: dwóch składowych w kierunkach poziomych nawiązujących do kierunków geograficznych oraz składowej w kierunku pionowym. Wykresy te determinują następnie czasowy przebieg wymuszenia kinematycznego realizowanego w modelu budowli, w symulacji działania wstrząsu sejsmicznego. Wymuszenia kinematyczne w kierunkach poziomych, generujące poziome siły bezwładności zwykle stanowią większe zagrożenie dla konstrukcji budowli, projektowanej przede wszystkim na przenoszenie obciążeń pionowych wynikających z siły grawitacji, aniżeli wymuszenie w kierunku pionowym. W artykule zaprezentowano porównanie wyników numerycznej symulacji sejsmicznej działania poziomej oraz pionowej składowej zarejestrowanego wstrząsu sejsmicznego na płaski (2D) model ściany budynku oraz przestrzenny (3D) model budynku niskiego w zakresie pozasprężystym. Do opisu materiału konstrukcyjnego wykorzystano plastyczno-degradacyjny model konstytutywny nazywany modelem Barcelona (MB). Model ten, zaproponowany dla opisu konstrukcji betonowych przez zespół badaczy J. Lubliner, J. Oliver, S. Oller i E. Onate (1989), oraz G.L. Fenves i J. Lee (1998) [1], został zaadaptowany również do opisu konstrukcji murowych [2,3]. Dokładniejszy opis modelu znajduje się w pełnej wersji artykułu na nośniku elektronicznym dołączonym do materiałów konferencji.

¹ Dr. inż., Katedra Teorii Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śl., ul. Akademicka 5, PL-44-100 Gliwice, tel. +48-32-2371997, email: andrzej.cincio@polsl.pl

² mgr inż. doktorant, Wydz. Budownictwa Politechniki Śl., email: magdalena.mrozek@polsl.pl

2 OPIS PRZYJĘTEGO MODELU UKŁADU DYNAMICZNEGO

Badanie odpowiedzi dynamicznej układu na wstrząsy sejsmiczne przeanalizowano na podstawie [4] modelu (rys.1) budynku jednorodzinnego, wolnostojącego oraz płaskiego modelu tarczowego ściany, odpowiadającego zewnętrznej ścianie podłużnej tegoż budynku wraz ze współpracującymi fragmentami stropów. Budynek ten jest dwutraktowy, podpiwniczony o układzie podłużnym na planie kwadratu o boku 8,7m (wymiary w osiach). Część nadziemna obiektu ma wysokość 6,05m, a podziemna 3,30m.



Rys. 1. Geometria przyjętych układów dynamicznych: a) modelu budynku, b) modelu ściany

Wymienione modele numeryczne budynku zbudowano w programie ABAQUS z zastosowaniem plastyczno - degradacyjnego modelu Barcelona dla muru i betonu konstrukcyjnego. Wartości parametrów materiałowych MB zestawiono w pełnej wersji artykułu. Obciążenie modelowanego układu oprócz ciężaru własnego i obciążeń eksploatacyjnych w analizie statycznej, stanowiły w analizie dynamicznej wymuszenia kinematyczne podpór określone za pomocą akcelerogramów wstrząsu sejsmicznego, zarejestrowanego podczas trzęsienia ziemi w Koinie (Indie). Niezależnie przeanalizowano dwa przypadki obciążenia dynamicznego: działanie na układ tylko wstrząsu w kierunku poziomym, w kierunku podłużnym (H) oraz łączne działanie wstrząsu w kierunku: poziomym i pionowym (H+V).

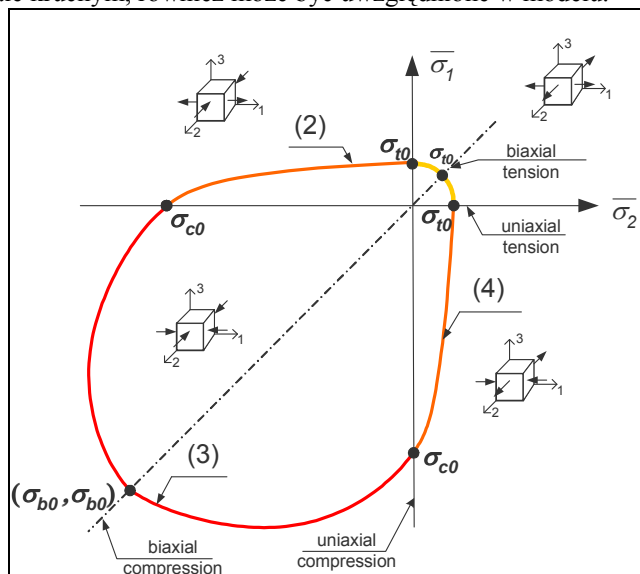
3 MODEL BARCELONA

Model „Barcelona”, który został zaimplementowany w komercyjnym pakiecie MES ABAQUS wywodzi się z plastycznej mechaniki zniszczenia (kombinacji przyrostowej teorii plastyczności oraz kontynualnej mechaniki zniszczenia). Sprężenie sprężysto - plastycznej charakterystyki materiału z opisem jego zniszczenia zrealizowane jest poprzez wyrażenie równań konstytutywnych teorii plastyczności za pomocą naprężeń efektywnych. Z punktu widzenia przyrostowej teorii plastyczności omawiany model można zakwalifikować:

- ze względu na warunek plastyczności - jako model typu trzyparametrowego, będący rozszerzeniem klasycznego modelu Druckera-Pragera, w którym południki (tworzące powierzchnię plastyczności w przekroju merydialnym) są prostymi, natomiast przekrój dewiatorowy jest niekołowy – porównaj rys. 2;
- ze względu na prawo płynięcia - jako model opisany niestowarzyszonym prawem płynięcia, w którym odkształcenia plastyczne wyznaczone są na podstawie powierzchni potencjału plastycznego różnej od powierzchni plastyczności;
- ze względu na prawo wzmocnienia: - jako model o nieliniowym wzmocnieniu izotropowym typu dwumechanizmowego, opartym na hipotezie wzmocnienia odkształceniowego.

W aspekcie kontynualnej mechaniki zniszczenia „Barcelona model” charakteryzuje bidysypacyjna, izotropowa degradacja materiału, opisana dwoma zmiennymi degradacji materiału: dt i dc , odpowiednio dla stanu rozciągania i ściskania. Zmienne te, określane na podstawie niezależnych funkcji zniszczenia materiału, mogą zostać ze sobą powiązane, opisując w modelu - potwierdzony doświadczalnie - wpływ degradacji materiału ściskanego dc na wielkość degradacji materiału rozciąganego dt , po zmianie znaku naprężenia. Odmienne zjawisko, obserwowane w badaniach betonu przy przejściu z rozciągania do ściskania materiału,

polegające na częściowym odtwarzaniu pierwotnej sztywności materiału, wynikającej z zamykania się powstałych rys w materiale kruchym, również może być uwzględnione w modelu.



Rys. 2. Powierzchnia plastyczności modelu Barcelona w przekroju płaskiego stanu naprężenia

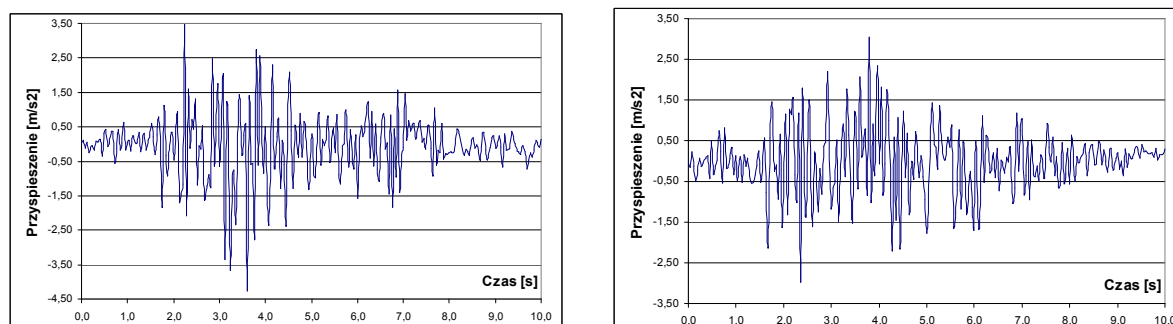
Bardziej szczegółowe omówienie modelu Barcelona można odnaleźć w m.in. pracach [1-2,5-6]

4 WYBRANE WYNIKI ANALIZ NUMERYCZNYCH

Analizy numeryczne badania wpływu pionowej składowej drgań sejsmicznych na odpowiedź układu dynamicznego, przeprowadzono dla zaprezentowanych w rozdz.2 modeli: przestrzennego budynku niskiego oraz płaskiej, dwumateriałowej ścianie budynku. Obliczenia przeprowadzono dla różnych siatek dyskretyzacyjnych MES (5x5, 10x10 oraz 15x15cm), jedna zamieszczone wyniki odnoszą się do najrzadszej siatki dyskretyzacyjnej MES.

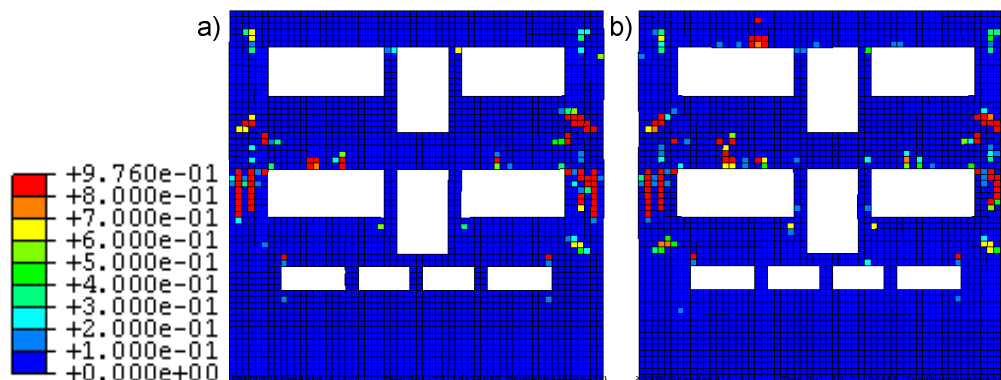
4.1 Model przestrzennego budynku

Rozpatrzono dwa podstawowe przypadki wymuszeń kinematycznych (rys.3) odwzorowanych na podstawie: tylko składowej poziomej (H) sygnału akceleroqramu, oraz z uwzględnieniem obu składowych poziomej i pionowej (H+V).

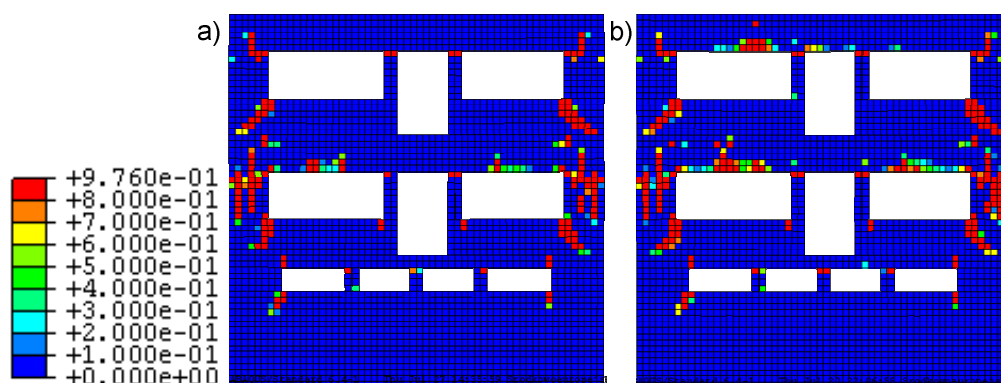


Rys. 3. Akceleroqramy przyjęte w analizie numerycznej: a) dla składowej poziomej, b) dla składowej pionowej

Dla obu wymienionych wymuszeń kinematycznych porównano uzyskane w chwili końcowej symulacji odpowiedzi budynku, analizując m.in. mapy zniszczenia materiału modelu, opisane zmienną całkowitej degradacji SDEG (rys. 4) oraz zmienną zniszczenia przy rozciąganiu DT (rys.5). Mapy te odnoszą się jedynie do przedniej, podłużnej ściany wydzielonej z budynku.

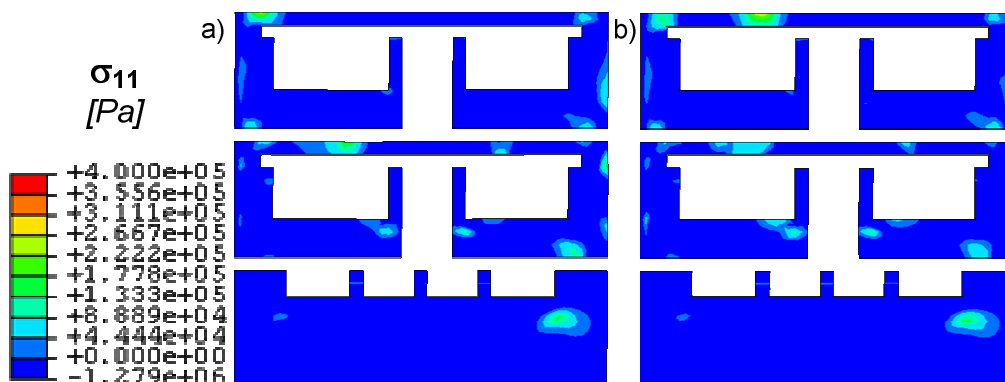


Rys. 4. Mapy zniszczenia opisane zmienną SDEG dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)

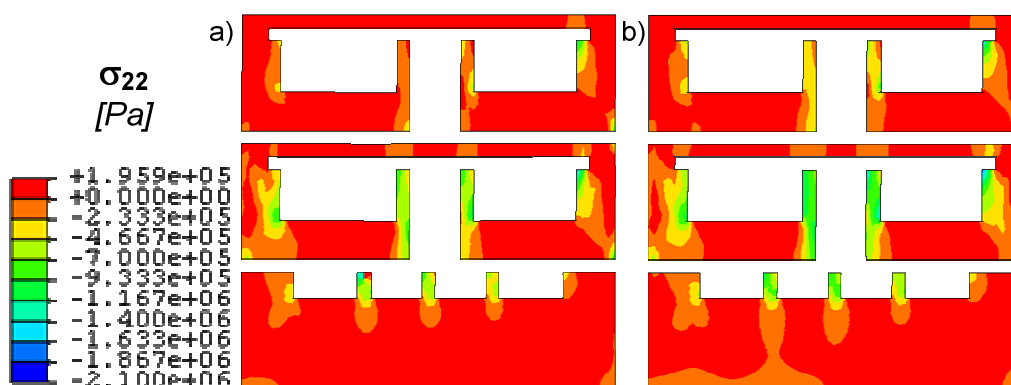


Rys. 5. Mapy zniszczenia opisane zmienną DT dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)

Dodatkowo porównano również stosowne mapy naprężeń poziomych σ_{11} (rys.6), wyskalowanych dla rozciągania (różny odcień niebieskiego koloru) oraz mapy naprężeń pionowych σ_{22} (rys.7) wyskalowanych dla ściskania (różny odcień czerwonego i żółtego koloru).



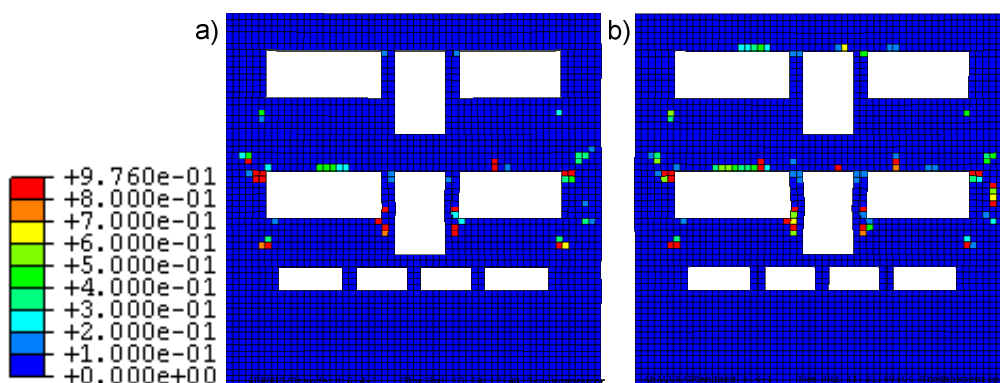
Rys. 6. Mapy naprężeń poziomych rozciągających dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)



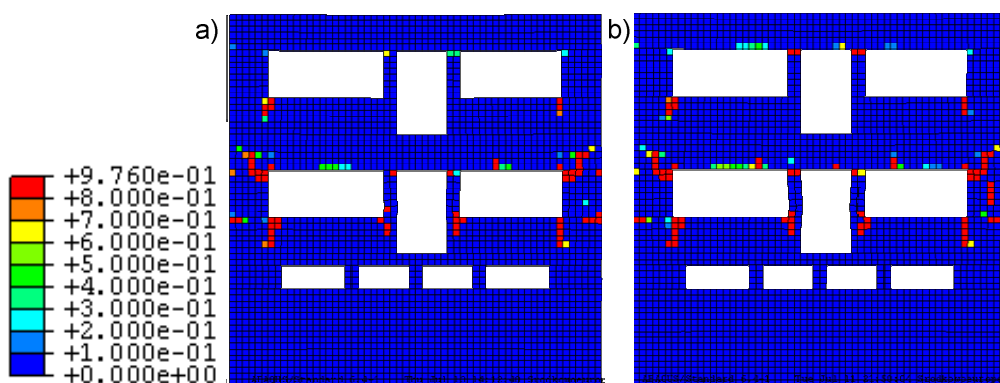
Rys. 7. Mapy naprężeń pionowych ściskających dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)

4.2 Model tarczowej ściany

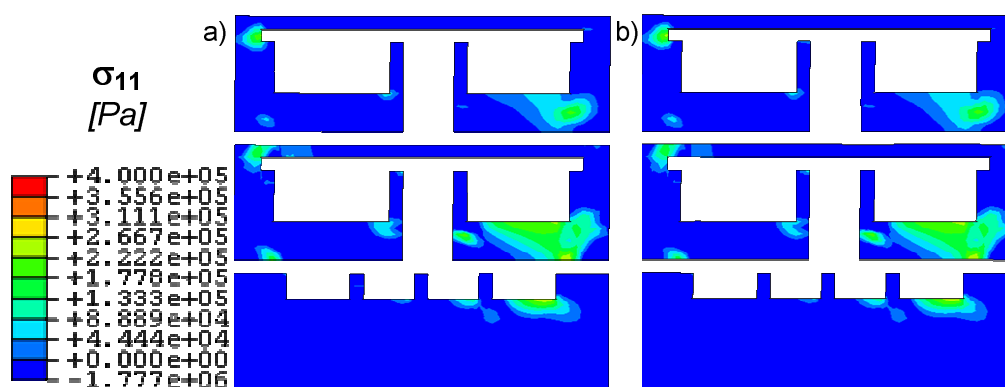
W analizie modelu tarczowego zastosowano takie same wymuszenie kinematyczne jak w przypadku analizy przestrzennego budynku. Poniżej zaprezentowano analogiczne jak w rozdz. 4.1 porównanie wyników obliczeń, odnoszące się do map degradacji: sumarycznego zniszczenia (rys. 8) i zniszczenia przy rozciąganiu (rys.9), oraz map naprężeń dla składowej poziomej σ_{11} (rys.10) oraz składowej pionowej σ_{22} (rys. 11)..



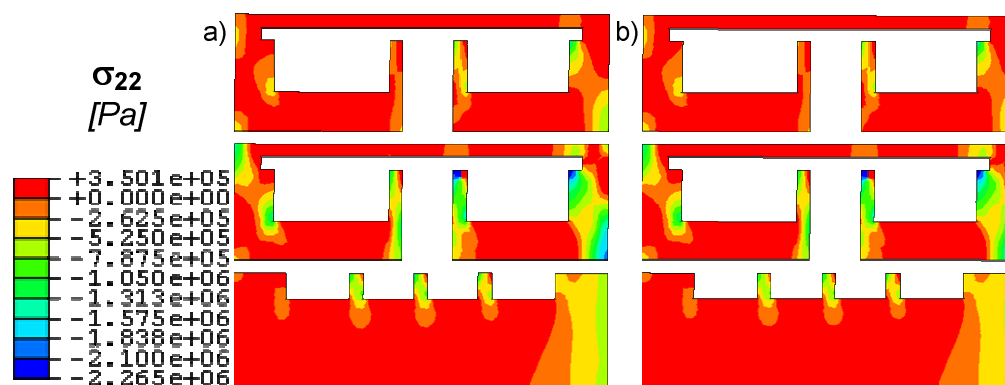
Rys. 8. Mapy zniszczenia opisane zmienną SDEG dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)



Rys.9. Mapy zniszczenia opisane zmienną DT dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)



Rys. 10. Mapy naprężeń poziomych rozciągających dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)



Rys. 11. Mapy naprężeń pionowych ściskających dla składowej wymuszenia kinematycznego: a) tylko poziomej (H), b) pionowej i poziomej (H+V)

5 WNIOSKI

Generalnie, zarówno odpowiednie mapy degradacji oraz odpowiednie mapy naprężeń dla obu przypadków wymuszenia kinematycznego zawierającego: jedynie składową poziomą akcelerogramu oraz składową poziomą i pionową, wykazują duże podobieństwo dla obu rozpatrywanych modeli. Niewielkie różnice w mapach degradacji obejmują obszar naroży okiennych (rys.4 i 5) oraz nadproży (rys. 8 i 9). Podobne obserwacje dotyczą porównania map naprężeń, które różnicują się w rejonie naroży okiennych oraz nadproży (rys.6).

Składowa pionowa wymuszenia kinematycznego w prezentowanych analizach numerycznych ma zatem niewielki wpływ na odpowiedź dynamiczną układu.

PODZIĘKOWANIA

Publikacja powstała przy finansowym wsparciu Komitetu Badań Naukowych w Warszawie - grant nr 1505/T07/2005/28. Obliczenia numeryczne wykonano w Akademickim Centrum Komputerowym AGH-Cyfronet na podstawie przyznanego grantu obliczeniowego nr KBN/SGI2800/PŚląska/023/2003

REFERENCES

- [1] Cińcio A., Numeryczna analiza dynamicznej odporności niskiej zabudowy na wstrząsy parasejsmiczne z zastosowaniem przestrzennych modeli wybranych obiektów. Praca doktorska, Pol. Śl., Gliwice, 2004.
- [2] Cińcio A., Wawrzynek A.: Adaptation of the plastic - damage concrete model for masonry material subjected to cyclic load, 8th International Conference on Computational Plasticity - Complas 2005, Barcelona , Spain , Sept. 5-8, 2005, part II, pp.731-734.
- [3] Fenves L., Lee J., A plastic-damage concrete model for earthquake analysis of dams. Earthquake Eng. and Structural Dynamics, vol. 27, 1998, s. 937-956.
- [4] M. Mrozek, D. Mrozek: Numeryczna analiza porównawcza dynamicznej odpowiedzi budynków niskich o zróżnicowanej geometrii rzutu poziomego i liczbie kondygnacji w zakresie pozasprężystym. Praca dyplomowa magisterska wykonana pod kierunkiem A Cińcio, Biblioteka Katedry Teorii Konstrukcji Budowlanych, 2006 r.
- [5] Cińcio A.: Dynamic Comparative Analysis Of Many-Storey Buildings Using Nonlinear Material Model, Proc.4th International Conference on New Trends in Static and Dynamic of Buildings, October 20-21, 2005 Bratislava (Słowacja).
- [6] Cińcio A., M. Mrozek, D. Mrozek: 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, October 19-20, 2006 Bratislava (Słowacja).