

УДК 539.3

П.П. Чеверда, канд.техн.наук,  
О.В. Геращенко, канд.техн.наук

## **ВПЛИВ ДІЇ СЕЙСМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ПАЛЬОВОГО РОСТВЕРКУ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ**

Виконано дослідження напружено-деформованого стану плити фундаментного ростверку залізобетонного житлового будинку при дії основного та аварійного сполучення навантажень. Висотна будівля моделювалась як просторовий скінченно-елементний каркас зі сталими жорсткістними характеристиками. За допомогою програмного комплексу МОНОМАХ досліджувався вплив сейсмічного навантаження на максимальні значення зусиль та напружень фундаментного пальового ростверку та на величини прогинів верхньої її частини. Аналіз результатів дослідження напружено-деформованого стану плитного ростверку будівлі свідчить про те, що дія сейсмічного навантаження суттєво впливає на несучу здатність та жорсткість як ростверку так і будівлі в цілому.

Проектування будівель і споруд в районах, схильних до сейсмічних впливів з навантаженням силою 7 і більше балів, має здійснюватись згідно з вимогами економічної доцільності використання окремих конструктивних схем в конкретних умовах будівництва, з урахуванням максимального зниження матеріалоемності, трудомісткості і вартості будівництва, зниження маси конструкцій, що досягаються за рахунок впровадження ефективних будівельних матеріалів і конструкцій. Збільшення обсягів будівництва з індустріального та монолітного залізобетону вимагає всебічного полегшення конструкцій, а отже, постійного вдосконалення методів їх розрахунку. При виборі конструктивних схем необхідно прагнути до найбільш простої форми в плані будівель, уникати перепадів висот, вибирати такі об'ємно-планувальні рішення, щоб вони забезпечували максимальну уніфікацію та скорочення числа типорозмірів конструкцій. При цьому прийняті у проєкті рішення повинні забезпечувати необхідну міцність, жорсткість, стійкість елементів конструкції та будівлі в цілому.

Розрахунок несучої здатності будівель та споруд при дії сейсмічного навантаження в значній мірі залежить від вибору методів розв'язання та точності моделювання розрахункових схем. При динамічному впливі маси елементів конструкції отримують прискорення, які зумовлені силами інерції. Внаслідок наявності пружних та інерційних сил елементи розрахункових систем здійснюють коливальний рух, який викликає їх

переміщення. Такі переміщення в декілька разів перевищують переміщення елементів конструкції від дії статичного навантаження.

Основною характеристикою розрахункової динамічної моделі є кількість незалежних параметрів, що визначають положення системи у будь-який момент часу в процесі руху. Кількість таких параметрів розрахункової динамічної моделі визначається мінімальним числом в'язей, які необхідно накласти на систему, щоб виключити рух усіх матеріальних точок, що мають масу. Перехід від розрахункової схеми до дискретної динамічної моделі з скінченим числом ступенів вільності за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) базується на побудові функціоналу повної потенціальної енергії [3]. Для його побудови необхідно знайти диференційні оператори, які пов'язують між собою переміщення з напруженнями і деформаціями. Якщо стержнева система, на яку накладені кінематичні в'язі, знаходиться у рівновазі під дією прикладених сил, то згідно з принципом можливих переміщень сума можливих робіт усіх зовнішніх і внутрішніх сил, що діють у межах цієї системи, на будь-яких нескінченно малих можливих переміщеннях, які не заперечуються кінематичними в'язями дорівнює нулю. Так згідно з принципом Гамільтона коливання стержневої системи згідно з [1,2,4] можна записати у наступному вигляді

$$\int_{t_1}^{t_2} \delta(T - U) dt + \int_{t_1}^{t_2} \delta A dt = 0, \quad (1)$$

де  $T$  – загальна кінетична енергія системи;  $U$  – потенціальна енергія системи, що включає енергію деформації та потенціал будь-яких консервативних зовнішніх сил;  $A$  – робота, яку виконано неконсервативними силами, що діють на систему, враховуючи затухання та інші довільні зовнішні навантаження. Визначення розрахункових значень горизонтального сейсмічного навантаження, які входять до рівняння руху (1), виконувалось за спектральним методом розрахунку за методикою [5], згідно з якою виконано порівняльний аналіз величин динамічної реакції плитного пальового фундаментного ростверку двадцяти поверхової житлової будівлі висотою ( $H$ ) 60 м при дії аварійного сполучення навантажень з урахуванням у основі ростверку сил демпфірування. Для дослідження просторового каркасу будівлі приймалися наступні вихідні дані: район будівництва – м. Київ, категорія ґрунту за сейсмічними властивостями – III, сейсмічність площадки будівництва – 7 балів, матеріал конструктивних елементів – бетон класу В25, висота поверху будівлі  $h = 2,8$  м.

Житловий будинок, який зображений на рис. 1, моделювався як просторовий збірний залізобетонний каркас з розмірами в плані по довжині ( $L$ ) 32.4 м і 16.2 м по ширині ( $B$ ). Стінові панелі та плити

переkritтя приймалися як скінченно-елементні пластини прямокутної форми з розмірами в плані  $1,5 \times 1,5$  м та товщиною  $0,16$  м. За результатами статичного випробування несуча здатність бурин'єкційної палі діаметром  $62$  мм. та довжиною  $17$  м. при осадці  $20$  мм. становить  $200$  тон. За несучий шар основи палі приймався пісок середньої крупності при товщині залягання до  $10$  метрів. Фундамент житлового будинку моделювався як стрічковий пальовий ростверк з  $156$  палями. Дослідження напружено-деформованого стану фундаментного ростверку та будинку в цілому виконувалось на основне та аварійне сполучення навантажень з використанням програмного комплексу **МОНОМАХ** згідно з [6]. Для моделі, що досліджувалась на ділянці будівництва з ґрунтами III категорії за

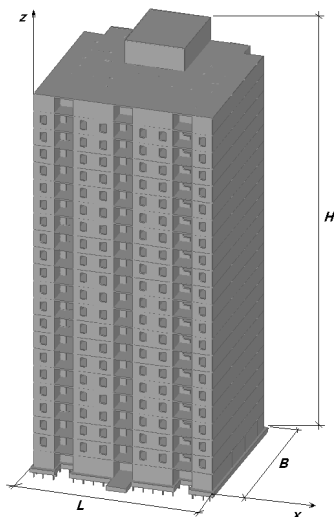


Рис. 1. Розрахункова просторова модель

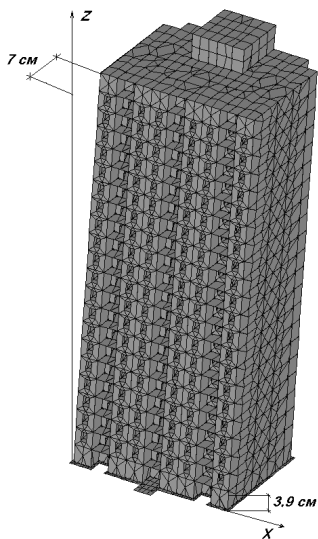


Рис. 2. Деформована просторова модель

сейсмічними властивостями, приймалось сейсмічне навантаження величиною  $7$  балів, яке діяло в напрямках осей  $X$  та  $Y$ . Результати розрахунку житлового будинку показали, що при дії горизонтальних складових сейсмічного навантаження в напрямках осей  $X$  та  $Y$ , рух елементів моделі здійснювався за I формою (рис. 2) відносно осі  $X$  при частоті власних коливань  $0,52$  Гц. При цьому максимальних значень переміщень отримала верхня частина будинку та крайня грань фундаментного ростверку, які відповідно у напрямках осей  $Y$  та  $Z$  становлять  $7,0$  см та  $3,9$  см. Переміщення будівлі здійснювалось за I формою і розвиток деформацій в напрямку осі  $Y$  був зумовлений переважно дією сил інерції.

На рис. 3 та рис. 4 відповідно

зображені схеми ізольній згинальних моментів  $M_x$  (т·м) плити фундаментного ростверку від дії основного та аварійного сполучення навантажень. Максимальні значення згинальних моментів отримані у фундаментній плиті на ділянці ростверку, де стінові панелі опираються на палі з ексцентриситетом. Значення максимальних згинальних моментів при цьому становлять відповідно до рисунків  $M_x=28$  т·м та  $M_x=42$  т·м.

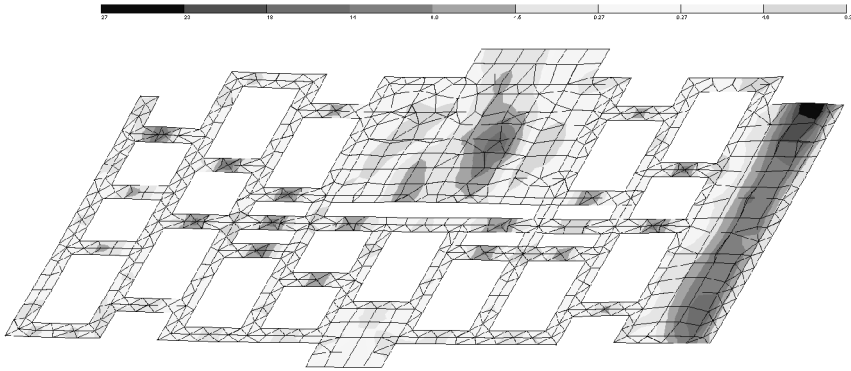


Рис. 3. Схема ізольній згинальних моментів від дії основного сполучення навантажень

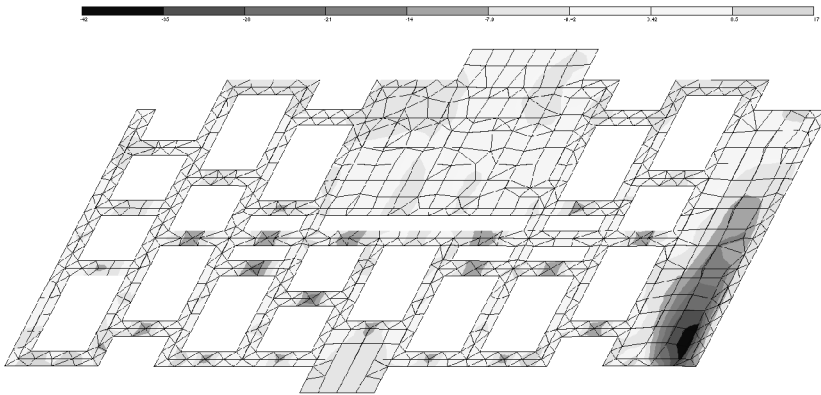


Рис. 4. Схеми ізольній згинальних моментів від дії аварійного сполучення навантажень

Аналіз результатів дослідження реакції плити фундаментного ростверку житлового будинку свідчить про те, що значення зусиль згинальних моментів при сталих жорсткісних характеристиках та дії основного сполучення навантажень згідно з рис.3 суттєво залежать від дії аварійного сполучення навантажень. Значення згинальних моментів

тільки при дії сейсмічного навантаження величиною 6 балів збільшились майже в два рази. Щодо деформації будівлі, то як показують результати прогини верхньої частини будівлі при дії основного сполучення навантажень незначні і задовольняють вимогам норм. Однак деформації, які виникають в елементах конструкції при дії аварійного сполучення навантажень, в десятки разів перевищують деформації будівлі від дії основного сполучення навантажень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Баженов В.А., Дехтярюк Є.С.* Будівельна механіка. Динаміка споруд. Навч. посібник.- К.: ІЗМН, 1998. -208с.
2. *Баженов В.А.,Перельмутер А.В., Шишов О.В.* Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: Підручник/ За заг. ред. д.т.н., проф. В.А.Баженова.-К.: Каравела, 2009. -696 с.
3. *Легостаєв А.Д.* Метод скінченних елементів. Конспект лекцій.-К.:КНУБА, 2004.-112с.
4. *Чеверда П.П., Геращенко О.В., Міщенко О.О.* Дослідження динамічної реакції просторового каркасу висотної будівлі при дії сейсмічного навантаження. Сб. Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.86.-Київ, КНУБА.-2010.-С.140-147 .
5. *ДБН В.1.1-12:2006.* Будівництво у сейсмічних районах України. Норми проектування. Мінбуд України, 2006.
6. *ДБН В.1.2-2:2006.* Навантаження і впливи. Норми проектування. Мінбуд України, 2006.

*Стаття надійшла до редакції 14.03.2011 р.*

*Чеверда П.П., Геращенко О.В.*

#### **ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СВАЙНОГО РОСТВЕРКА ЖИЛОГО ДОМА**

Выполнено исследование напряженно-деформированного состояния плиты фундаментного ростверка железобетонного жилого дома при действии основного и аварийного сочетания нагрузок. Высотное здание моделировалась как пространственный конечно-элементный каркас с постоянными жесткостными характеристиками. С помощью программного комплекса МОНОМАХ исследовалось влияние сейсмической нагрузки на максимальные значения усилий и напряжений фундаментного свайного ростверка и на величины прогибов верхней ее части. Анализ результатов исследования напряженно-деформированного состояния плитного ростверка здания свидетельствует о том, что действие сейсмической нагрузки существенно влияет на несущую способность и жесткость как ростверка так и здания в целом.

*Cheverda P.P., Gerashchenko O.V.*

#### **INFLUENCE OF ACTION OF SEISMIC LOADING ON BEARING STRENGTH OF PILE GRILLAGE OF DWELLING-HOUSE**

Investigation of stress and strain of reinforced concrete slab foundation grillage apartment building in action and emergency traffic loads. High-rise building is modeled as a spatial finite-element framework with constant zhorstkisnymy characteristics. With the help of software monomials The influence of seismic loading on maximum effort and stress pile grillage foundation and the size of deflections of the upper part of it. Analysis of survey results of the stress-strain state of plate grillage building indicates that the effect of seismic load significantly affects the bearing capacity and stiffness as grillage and buildings in general.