

УДК 624.072.336 (045)

М.С. Барабаш, доц.
Т.Л. Дармороз, студ.**ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ, ЯКІ МОЖУТЬ ЗАСТОСОВУВАТИСЯ ДО СПОРУД КАРКАСНОГО ТИПУ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА В СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ**

Розглянуто деякі конструктивні рішення, які можуть застосовуватися під час проектування сейсмостійких будівель каркасного типу в сейсмічних районах України, а також головні переваги та недоліки таких рішень на прикладі конкретної будівлі – каркаса типового блока логістичного комплексу, що зводиться в районі із сейсмічністю 8 балів за шкалою MSK-64.

The article considers some of the structural decisions that can be used when designing seismically resistant skeleton type buildings in the seismic regions of Ukraine. The major drawbacks and benefits are considered on the example of a concrete building – skeleton of logistics complex typical block that is to be constructed in the region having design seismicity equal to 8 points by MSK-64 scale.

Загальні принципи проектування сейсмостійких споруд

Проектування об'єктів у сейсмічно небезпечних районах на території України має виконуватись відповідно до рекомендацій ДБН-В.1.1-12-2006 “Будівництво в сейсмічних районах України”.

У світовій практиці існує два принципово відмінних напрями в проектуванні каркасів будівель, що розраховані сприймати навантаження від сейсмічних впливів ґрунту основи. Перший з них передбачає підвищення жорсткості каркаса та сприйняття сейсмічних навантажень його несучими елементами та в'язями. Другий – застосування “гнучких” розрахункових схем, які дозволяють зменшити значення інерційних сейсмічних навантажень на каркас за рахунок спеціальної конструкції фундаменту, який певним чином “гасить” коливання ґрунту. Також можливе влаштування шарнірного спірання колони на фундамент, що дозволяє уникнути значних згинальних моментів в опорах та спростити конструкцію фундаменту.

Експериментальна модель розрахунку

Експериментальна модель розрахунку на сейсмічні впливи дозволяє врахувати особливості просторової роботи нерегулярних у плані споруд за схемою “біжучої хвилі”.

Ця модель передбачає, що план будівлі вписаний у прямокутник довжиною L та шириною B . При цьому біжуча сейсмічна хвиля рухається вздовж довгої сторони, викликаючи поступальні, обертальні та згинальні коливання споруди.

Прямокутник, описаний навколо плану споруди називається “п'ямною будівлі”. “П'яма будівлі” розміщується в першому квадранті системи координат $X-L$, $Y-L$ з початком в точці А так, що його довжина паралельна до осі $X-L$, а ширина – осі $Y-L$.

У загальному випадку система координат $X-L$, $Y-L$ повернута під кутом α до системи координат X , Y в якій задається розрахункова схема.

Вплив “біжучої сейсмічної хвилі” на величини інерційних сейсмічних сил враховується за допомогою ординат поля коливань ґрунту f_{k1} , f_{k2} , f_{k3} , які вводяться у формулу для коефіцієнта розподілу η_{ki} (див. додаток В до ДБН-В.1.1-12-2006 “Будівництво в сейсмічних районах України”):

$$\eta_{ki} = \frac{\sum_{k=1}^n Q_k (f_{k1} X_{ki} + f_{k2} Y_{ki} + f_{k3} Z_{ki})}{\sum_{k=1}^n Q_k (X_{ki}^2 + Y_{ki}^2 + Z_{ki}^2)},$$

де X_{ki} , Y_{ki} , Z_{ki} – проекції ординат i -ї форми коливань у k -му вузлі за трьома взаємно перпендикулярними напрямками глобальної системи координат X , Y , Z ;

f_{k1} , f_{k2} , f_{k3} – ординати поля коливань ґрунту в системі координат X , Y , Z .

Ординати поля коливань ґрунту в координатах $X-L$, $Y-L$ обчислюються через хвильові спектральні коефіцієнти $M_1(\Delta t)$, $M_2(\Delta t)$, $M_3(\Delta t)$, що визначаються залежно від $\Delta t = L/V_s$ (де L – довжина будівлі; V_s – швидкість поширення поперечних сейсмічних хвиль) за формулами:

$$f_{kL} = M_1 + M_2 \left(1 - \frac{2Y_{Lk}}{B} \right) + M_3 \cos 2\pi \left(\frac{Y_{Lk}}{B} - \frac{1}{2} \right) - \text{для}$$

горизонтальної сейсмічної хвилі, що напрямлена вздовж осі $X-L$ та яка викликає коливання по осі $Y-L$;

$$f_{kB} = M_1 + M_2 \left(1 - \frac{2Y_{Lk}}{L} \right) + M_3 \cos 2\pi \left(\frac{Y_{Lk}}{L} - \frac{1}{2} \right) - \text{для}$$

горизонтальної сейсмічної хвилі, що напрямлена вздовж осі $Y-L$ та яка викликає коливання по осі $X-L$;

$f_{kZ} = \mu M_1 + M_2 \left(1 - \frac{2Y_{Lk}}{B} \right)$ – для горизонтальної

сейсмічної хвилі, що викликає коливання в вертикальному напрямку,

де μ – відношення максимальних вертикальних прискорень ґрунту до горизонтальних ($\mu = 0,5 \dots 0,75$).

Перетворення ординат поля коливань f_{kL} , f_{kB} від осей $X-L$ та $Y-L$ до осей X , Y виконуються за формулами:

$$f_{k11} = f_{kL} \cos^2 \alpha + f_{kB} \sin^2 \alpha;$$

$$f_{k22} = f_{kL} \sin^2 \alpha + f_{kB} \cos^2 \alpha;$$

$$f_{k12} = -(f_{kL} - f_{kB}) \sin \alpha \cos \alpha.$$

Урахування впливу напрямку сейсмічного навантаження на ординати поля коливань ґрунту виконується за формулами:

$$f_{k1} = f_{k11} C_x + f_{k12} C_y;$$

$$f_{k2} = f_{k12} C_x + f_{k22} C_y;$$

$f_{k3} = f_{kZ} C_z$, якщо схема жорстко закріплена в ґрунті, то $f_{kZ} = 1$,

де C_x , C_y , C_z – направляючі косинуси вектора сейсмічного впливу в системі X , Y , Z .

Розглянемо деякі конструктивні рішення, згадані вище, більш детально та на конкретному прикладі.

Метою дослідження є аналіз напружено-деформованого стану каркаса та визначення варіантів конструктивних рішень, які є для нього найбільш доцільними.

Застосування особливої конструкції порталних в'язевих систем

Горизонтальні навантаження від сейсмічних впливів найчастіше є результуючими для конструкцій горизонтальних в'язів покриття та вертикальних в'язів по несучих колонах. У практиці часто віддають перевагу застосуванню порталних в'язів перед хрестовими, особливо в місцях влаштування проходів та воріт (рис. 1).

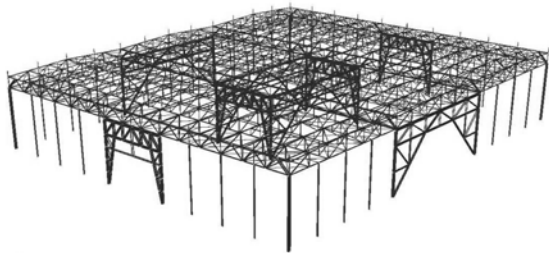


Рис. 1. Застосування порталних в'язів по колонах на прикладі каркаса типового блока логістичного комплексу розмірами 60×72 м

У процесі сприйняття порталними в'язами горизонтальних навантажень від сейсмічних впливів частина навантаження передається на конструкції покриття. Щоб забезпечити можливість уніфікації кроквяних та підкроквяних ферм покриття, можливим варіантом є застосування додаткових порталних ферм у верхній частині порталних в'язів. При цьому всі горизонтальні навантаження від сейсмічних поштовхів сприймаються виключно конструкцією порталних в'язів та порталних ферм. У разі застосування в'язевої системи з порталними фермами, ферми покриття не несуть майже ніякого навантаження за винятком власної ваги та ваги снігового покриття з коефіцієнтом 0,5. Отже, для ферм покриття особлива (сейсмічна) комбінація навантажень не є результуючою.

Ще однією перевагою використання такого рішення є значне зменшення горизонтальних переміщень будівлі, приблизно на 15...20 % порівняно з традиційною підкосною системою в'язів. Причиною цього є підвищення жорсткості каркасу в горизонтальному напрямку.

Серед недоліків такого рішення можна назвати деяке збільшення металомісткості каркаса, а також зменшення простору для влаштування воріт (проходів) між несучими колонами.

Варіанти граничних умов

У статично невизначених конструкціях зусилля в елементах розподіляються залежно від розміщення та величин навантажень, а також від співвідношення жорсткостей скінчених елементів.

У нашому випадку основна горизонтальна жорсткість зосереджена в середньому кроці несучих колон в обох напрямках через розміщення в них вертикальних порталних в'язів. Тому у разі будь-яких горизонтальних впливів (вітрове чи сейсмічне навантаження) найбільші згинальні моменти будуть зосереджені саме в опорах цих колон.

Після аналізу отриманих результатів виявилось, що значення згинальних моментів в опорах колон є досить значними у разі жорсткого закріплення колон у фундаментах, тому було розглянуто варіант із шарнірним закріпленням колон. Це рішення має ряд переваг та деякі недоліки, про які йтиметься далі.

Серед переваг – безперечно, відсутність моменту в опорах несучих колон, а значить можливість влаштування простого в конструктивному відношенні фундаменту.

Серед недоліків – складність реального забезпечення шарнірності з'єднання колони з фундаментом, а також деяке збільшення зусиль в елементах каркаса, (в'язях), що призводить до збільшення металомісткості.

Влаштування шарніра в опорній частині колони виконується в одному напрямку за допомогою центруючої планки або ж ребра, ввареного в тіло колони, яке має бути перевірене на зім'яття на максимальне нормальне зусилля в колоні.

Конструкції бази колони у разі жорсткого та шарнірного закріплення зображено на рис. 2.

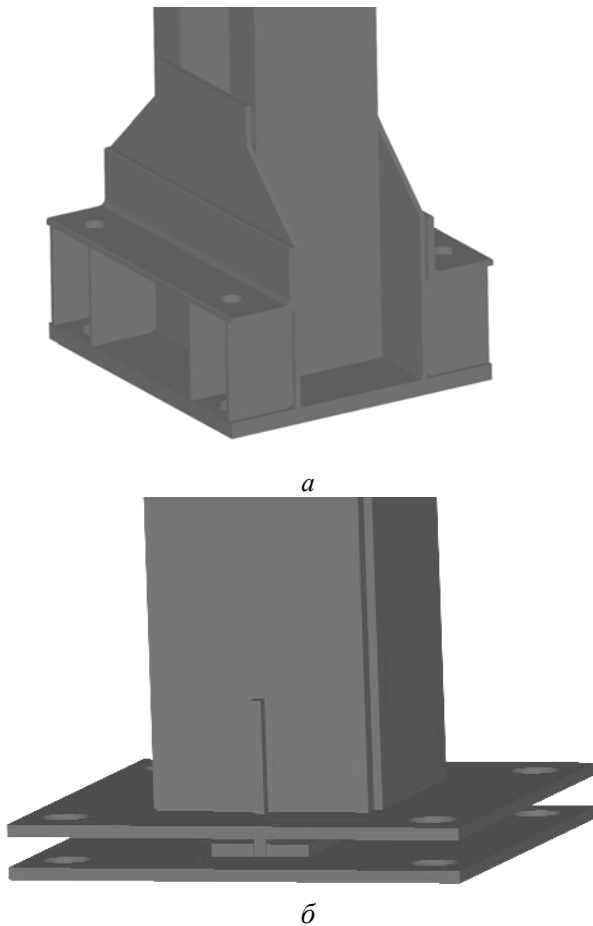


Рис. 2. Конструкція бази колони (анкерні болти умовно не показані):

a – жорстке закріплення з траверсою;
б – шарнірне спирання на фундамент

Застосування траверси має сенс, якщо є значні згинальні моменти в базі колони, бо траверса дозволяє відвести напруження від шва приварювання опорної плити до колони і передати його через ребра жорсткості та опорний кутик на суцільний лист, яким з'єднано гілки колони, і далі на тіло колони.

У разі шарнірного спирання на фундамент фундаментні болти працюють лише на горизонтальні поперечні сили, шарнірність забезпечується завдяки вільному повороту вздовж лінії спирання ребра та можливості деякого згинання опорної плити колони (її товщину беруть мінімальною).

Така конструкція бази колони дозволяє влаштувати шарнір в одному напрямку, зазвичай у тому, в якому виникають найбільші згинальні моменти за жорсткого закріплення.

Влаштування шарнірів в обох напрямках вимагає більш складних конструкторських рішень і часто є недоцільним при практичному проектуванні.

Висновки

Під час проектування споруд в сейсмічних районах потрібно:

- використовувати конструкції та конструктивні схеми, що забезпечують найменші значення сейсмічних навантажень;
- передбачати конструктивні заходи, що забезпечують стійкість і геометричну незмінність конструкцій.

Будь-які теоретичні припущення мають бути перевірені експериментально і лише після цього застосовуватися до конкретних споруд.

Література

1. Немчинов Ю.І., Гудков Б.П., Кендзера О.В. ДБН-В.1.1-12-2006 “Будівництво в сейсмічних районах України”. – К.: Укрархбудінформ, 2006.
2. Егунов В.К., Командрина Т.А. Расчет зданий на сейсмические воздействия. – К.: Будівельник, 1969.
3. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений: учеб. пособ. для студ. строит. спец. – М.: Архитектура-С, 2005. – 168 с.

Стаття надійшла до редакції 27.06.08.