

ПІДВИЩЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНИМИ ЗАХОДАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В дослідженні приділено увагу інженерно-конструктивним та архітектурно-планувальним рішенням, які визначають та впливають на сейсмостійкість. Аналіз причин руйнувань будівель під впливом сейсмічних коливань, дозволив виокремити коло інженерних рішень на які необхідно звернути особливу увагу. Визначено основні проблеми, спричинені землетрусами для багатоповерхових будівель, та розглянуто можливі конструктивні рішення та заходи для зменшення, запобігання та уникнення пошкоджень, руйнувань будівельних конструкцій.

Ключові слова: землетрус, сейсмічний вплив, демпфери коливань, системами дисипації сейсмічної енергії, числове моделювання, сейсмічні ізолятори, недоліки конструктивних рішень, напружено-деформований стан, рамно-в'язева конструктивна схема, просторова комп'ютерна модель, програмний комплекс «ЛІРА».

Abstract

The study focuses on engineering, structural and architectural planning solutions that determine and influence seismic resistance. The analysis of the causes of building destruction under the influence of seismic vibrations allowed us to identify a range of engineering solutions that require special attention. The main problems caused by earthquakes for multi-story buildings are identified, and possible design solutions and measures to reduce, prevent, and avoid damage and destruction of building structures are considered.

Keywords: earthquake, seismic impact, vibration dampers, seismic energy dissipation systems, numerical modeling, seismic isolators, shortcomings of structural solutions, stress-strain state, frame-tie structural scheme, spatial computer model, LIRA software package.

Вступ

За результатами вивчення та аналізу наслідків руйнівних землетрусів виявляють існуючі недоліки в поширених підходах сейсмостійкого проектування [1], зокрема щодо визначення інтенсивності (напрямку, амплітудно-частотних характеристик, тривалості тощо) розрахункового сейсмічного впливу та врахування його у поєднанні із іншими навантаженнями і впливами, що діють на конструкції будівель і споруд в процесі експлуатації. Тобто такий аналіз дозволяє звернути увагу, виявити ті інженерно-конструктивні рішення, які вимагають перегляду та також опрацювати такі інженерні рішення які спрямовані на зниження сейсмічної інтенсивності впливу на будівлю і за рахунок цього спроектувати її більш сейсмостійкою.

Результати дослідження

Землетруси можуть призвести до пошкодження конструкцій будівель, якщо вони не належним чином збудовані або/та не захищені системами дисипації сейсмічної енергії та/або належного розрахунку стійкості до сейсмічних впливів.

Основні сейсмічні зони у світі знаходяться на або поблизу літосфери.

Проектуючи сейсмостійкі конструкції, основну увагу приділяють горизонтальним коливанням, що виникають при землетрусах; вплив вертикальних коливань вважають неважливими або вторинними.

Забезпечення сейсмостійких характеристик конструкцій, стійких до землетрусу, передбачає впровадження систем сейсмічного захисту, як то сейсмічні ізолятори та/або системи дисипації енергії, для зменшення рівня сейсмічних зусиль, що діють на будівлю та покращення сейсмічних характеристик будівлі.

Оскільки обидві системи мають однакову мету, необхідно порівнювати ефективність, яку отримує будівля та з'єднання її елементів для підвищення сейсмостійкості в цілому і, таким чином визначити, яка є найбільш ефективною для досліджуваної структури.

Система сейсмічної ізоляції відокремлює будівлю від рухів ґрунту, які є наслідком землетрусу, розсіювання енергії це не робить, але частково поглинає енергію, що входить до структури за допомогою спеціальних пристроїв. Будучи системою демпфування сейсмічна ізоляція, яка обмежує кількість енергії, що надходить у структуру, є більш ефективною. Система дисипації енергії розглядає зсувні сили, що діють на структуру під час динамічного аналізу, для проектування своїх пристроїв, тоді як система сейсмічної ізоляції спирається лише на гравітаційні навантаження, що діють на неї, на основні елементи структури. Найефективнішою є система дисипації енергії, яка більш детально аналізує поведінку будівлі.

Основні вимоги до структури будівель в сейсмічних зонах

Конфігурація конструктивних елементів, повинна забезпечувати стійкість і жорсткість горизонтальним навантаженням у будь-якому напрямку. Необхідно передбачати використання конструктивно стійких систем у двох ортогональних напрямках.

Конфігурація та конструктивні рішення повинні забезпечувати безперервний, регулярний та ефективний опір потоку сейсмічних сил.

Слід уникати посилення коливань, концентрацій напружень та коливань кручення, тому перевагу слід надавати простим, регулярним та симетрично безперервним структурам.

Мати відповідну жорсткість і відповідно пружну деформаційну здатність, щоб розсіювати енергію землетрусу, використовуючи високе пружне демпфування.

Ізолятори сейсмічної енергії

Підвищення сейсмостійкості будівель та споруд, для здатності вистояти розрахунковим землетрусам без масштабного руйнування і з мінімальними людськими жертвами, з використанням спеціальних конструктивних елементів.

Будівля не обов'язково повинна сама чинити опір нищівному землетрусу. Можна надати цій будівлі, за допомогою сейсмічної ізоляції (base isolation, що означає "ізоляція фундаменту"), можливість як би зависати над коливаннями землі і, таким чином, істотно знижувати сейсмічне навантаження.

Будинки, побудовані в сейсмічних активних районах, значно краще протистоять руйнівним землетрусам, якщо вони будуються з простотою та симетричною конфігурацією в плані.

Будинки з формами L, T, etc .. слід уникати або розділити на прості форми.

Будинки у формі T, L, H, Z, U показали погану сейсмічну поведінку внаслідок того, що кожна з зон піддається силам інерції, які можуть коливатись одночасно за різними траєкторіями.

Основні недоліки конструктивних рішень, що призводять до руйнувань під впливом сейсмічної активності

- * незабезпечення механічного опору та стійкості;
- * недостатня міцність плит перекриття на продавлювання;
- * недоліки конструктивних рішень в балках і колонах;
- * недоліки в армовані стіни;
- * втрати, пов'язані з надмірною пластичністю;
- * виведення з ладу вертикальних несучих елементів;
- * відмова (руйнування) в з'єднаннях без реалізації належної пластичності;
- * недостатність довжини анкерування.

Зіткнення між будинками

Якщо між сусідніми будинками недостатньо сейсмічного поділу, їх сейсмічні коливання можуть викликати вдаряння між ними.

Ще більш небезпечно, коли сусідні будівлі не збігаються по висоті, тобто є будівлями з різною висотою.

Збитки, спричинені землетрусом 16 квітня 2016 року в місті Екуа Еквадору

Найбільшу інтенсивність коливань при землетрусі було зафіксовано, більш ніж 7 балів за шкалою Ріхтера, що призвело до загальної чисельності випадків загибелі людей до 219 осіб.



Аналіз зруйнованих будівель під час землетрусу 16 квітня 2016 року

Причиною колапсу будівель стало невдалі інженерно-конструктивні рішення в будівельних об'єктах, які не забезпечували адекватного опору, щоб протистояти зсувним силам.



Як видно на малюнку, відстань між стрижнями становить приблизно 15 см, що вказує на недостатність стримуючих можливостей поперечною арматурою в зоні конфайнмента, який може поглинати напруги, спричинені землетрусом.



В рамках гіпотези про надійне сейсмостійке проектування в залізобетонних конструкціях критерій "STRONG COLUMN - WEAK BEAM" повинно задовольняється так, що вузол їх з'єднання мав би характер пластичної поведінки.



Коли колона не працює на сейсмічний вплив, практично це слід розглядати як зникнення вертикальної несучої основи в будівлі, що призводить до великих людських і матеріальних втрат, тоді мета, на якій виконаний критерій, може бути легко інтерпретована.



У цьому будинку можливо чітко бачити недостатність міцності в вузлах, крім того, стрижні були зроблені гладкими прутами 6 мм, регулювання вказує на те, що для поперечних стержнів мінімальний діаметр має дорівнювати 10 мм, крім того, стержень повинен бути гофрованим.



Будівля з великим кроком між колонами, перетворює її в дуже гнучку структуру

Висновки

В дослідженні проаналізовано наслідки руйнувань багатоповерхових будівель та споруд, а також причини та недоліки конструктивних рішень, що призвели до руйнувань. На основі вивчення наслідків руйнувань запропоновано перелік архітектурно-планувальних та інженерно-конструктивних заходів, дотримання яких сприятиме підвищенню сейсмостійкості як окремих елементів будівлі, так і будівлі в цілому. Визначено перелік конкретних інженерних рішень, недостатнє опрацювання яких може призвести до руйнувань.

Розглянуто багатоповерхову будівлю за рамно-в'язевою конструктивною схемою із використанням залізобетонного каркасу, що проектується для будівництва у сейсмічному районі України. На основі розрахунку просторової комп'ютерної моделі з використанням програмного комплексу «ЛІРА», отримано параметри НДС несучих конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 - 9 балів, заданому за спектральним та прямим динамічним методами ДБН В.1.1-12 [1]. Виконано порівняння параметрів сейсмічної реакції (частот коливань, перекосів поверхів) та НДС конструкцій, отриманих за результатами розрахунків без та з урахуванням заходів з підвищення сейсмостійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-12:2014. БУДІВНИЦТВО У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ УКРАЇНИ. – К.: МІНРЕГІОНБУД УКРАЇНИ, 2014 Р. – 117 С.
2. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 ЄВРОКОД 8. ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ КОНСТРУКЦІЙ. ЧАСТИНА 1. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА, СЕЙСМІЧНІ ДІЇ, ПРАВИЛА ЩОДО СПОРУД (EN 1998-1:2004, IDT).
3. ДСТУ Б В.1.1-28: 2010. ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ. - К.: МІНРЕГІОН УКРАЇНИ, 2010.
4. БІРБАЕР А.Н. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ. – СПБ.: НАУКА, 1988. – 255 С., ІЛ. 70.
5. HARRINGTON C., LIEL A. COLLAPSE ASSESSMENT OF MOMENT FRAME BUILDINGS, CONSIDERING VERTICAL GROUND SHAKING// EARTHQUAKE ENGINEERING & STRUCTURAL DYNAMICS 45(15) · JULY 2016. DOI: [10.1002/EQE.2776](https://doi.org/10.1002/EQE.2776)

Мельник Назар Олександрович – студент гр. 2Б-24м , факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Андрухов Валерій Михайлович — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Nazar MELNYK — student group 2B-24m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Valeriy ANDRUKHOV — Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia.