

КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВО-ГРОМАДСЬКИХ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано: типи, причини виникнення землетрусів, сейсмоактивні зони Землі та основні проблеми, спричинені землетрусами для середніх і висотних будівель, розглянуто інженерні заходи для запобігання та зменшення пошкоджень і руйнування несучих будівельних конструкцій.

Ключі слова: літосферні плити, землетрус, сейсмічні хвилі, інтенсивність сейсмічних коливань, сейсмостійке будівництво, сейсмоізоляція.

Abstract

Analyze the types, and causes of earthquakes in seismic zones of the Earth and the main problems caused by them, for medium and high-rise buildings, engineering measures for preventing and reducing damages and destruction of load-bearing building structures have been considered.

Key words: lithospheric plates, earthquake, seismic waves, intensity of seismic fluctuations, seismic building, seismic isolation.

Сьогодні землетруси - це проблема, яка турбує значну частину населення світу, особливо тих, хто знаходяться по периметру Тихого океану, відомого як світове вогняне кільце.

Землетруси впливають не лише на населення та екосистему, а однією з основних проблем для людства є це жертви серед населення та збитки, завдані інженерно-будівельним об'єктам, які полягають в їх руйнуванні або навіть знищенні.

Метою роботи є аналіз: конструктивних рішень будівель та/або можливих упереджувальних інженерних заходів, що дозволяють уникнути колапсу та пошкоджень в багатоповерхових будівлях та зниження інтенсивності сейсмічних впливів на інженерно-будівельні об'єкти з використанням ізоляторів та/або розсіювачів сейсмічної енергії.

Результати дослідження

Основні сейсмічні зони світу знаходяться на/або поблизу розломів літосфери, що фактично розділяє літосферу на тектонічні плити, які розташовані в глибині земної поверхні.

Більшість осередків тектонічних землетрусів виникає в земній корі на глибині 30-40 км від поверхні Землі. Найбільш активні зони щодо землетрусів - Тихоокеанський пояс, що проходить уздовж майже всього узбережжя Тихого океану.

Складчастий пояс, котрий обрамляє западину Тихого океану й розташований на межі прадавніх платформ (кратонів): Гіперборейської на Півночі, Сибірської, Китайсько-Корейської, Південно-Китайської, Австралійської на заході, Антарктичної на Півдні й Північно- та Південно-Американської на сході. Цей пояс нерідко ділиться на дві ділянки – Західно- і Східно-Тихоокеанську; остання називається ще Кордильєрсько-Андська; в Австралійській частині виділяють Східно-Австралійську та Антарктичну частину, яку ще називають Західно-Антарктичною, рис 1.

В районі означеного поясу розташовано 452 вулкана, що складає 75% усіх вулканів планети. Окрім тектонічних тут зосереджена основна кількість і вулканічних землетрусів.



Рис. 1. Тихоокеанське вогняне кільце

Основний вплив землетрусів на споруди.

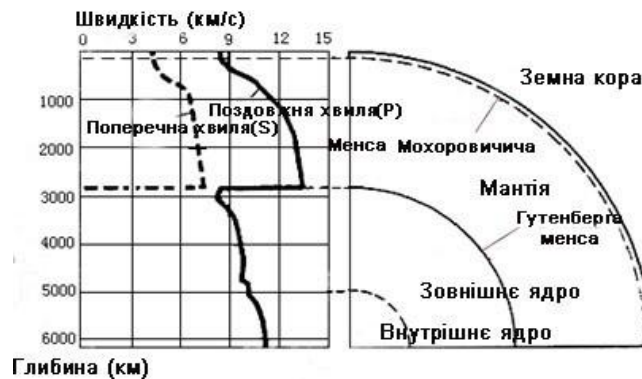
Характеристика сейсмічних хвиль, та їх вплив на будівлі.

Пружні хвилі, що виникають в земній корі і мантії Землі, внаслідок землетрусів, вибухів та ударів поширюються в гірських породах у вигляді згасаючих коливань. Поблизу вогнищ сильних землетрусів сейсмічні хвилі призводять до руйнування будівельних об'єктів.

Частотний діапазон сейсмічних хвиль від 0,0001 до 100 Гц. В інженерній практиці прийнято розрізняти об'ємні та поверхневі сейсмічні хвилі. Об'ємні в свою чергу підрозділяються на поздовжні (P) і поперечні (S) сейсмічні хвилі. Спостереження на поверхні Землі за поширенням сейсмічних хвиль дозволяє дослідити будову Землі, рис. 2.

Об'ємні хвилі P та S випромінюються в усі сторони від місця, де відбувається утворення тріщини. Перший коливальний рух, який відчувається в момент землетрусу-це зазвичай прихід хвилі P. Поверхневі хвилі поширюються уздовж земної поверхні, подібно хвилям на воді, і зазвичай приходять після хвиль P і S.

Рис.2 . Об'ємні сейсмічні хвилі і поширення їх в внутрішній структурі Землі



Колівальні рухи земної поверхні можуть призвести до пошкодження конструкцій будівельних систем, якщо вони не належним чином збудовані, чи не враховані при розрахунках стійкість до сейсмічних впливів, чи відсутні системами дисипації сейсмічної енергії.

Екватор знаходиться в зоні активного сейсмічного руху, відомого як тихоокеанське вогняне кільце, в межах якого понад 90% будівель зазнають дуже значних ушкоджень.

Україна розташована близько до розломів тектонічної плити "Євроазійська", на її території сейсмічні впливи завдають від 10 до 20% пошкодження будівель, переважно в гірських районах та на прилеглих до них територіях.

Згідно зі шкалою Ріхтера, магнітуда вимірюється величиною від 1 до 9,5 та вимірює енергію сейсмічного впливу. Шкала інтенсивності, в свою чергу, має 12 поділок. Землетруси магнітудою 7,8, який стався в Еквадорі, відповідає наближено 9-10 балам за шкалою інтенсивності.

Землетрус в Еквадорі 16 квітня 2016 року

Стихийне лихо з епіцентром поблизу міста Педерналес (Еквадор). Землетрус потужністю 7,8 балів стався 16 квітня 2016 о 18:58 за місцевим часом.

23 квітня 2016 р. на сайті Європейсько-середземноморського сейсмологічного центру повідомлено про ще один землетрус біля берегів Еквадору магнітудою 5,8. Осередок землетрусу розташовувався на глибині 30 км, а епіцентр знаходився в 24 кілометрах на захід від міста Муїсне [1]. Загалом же за тиждень зафіксовано близько 700 поштовхів. Травмовано 12,5 тис. чол., 26 тис. тис. чол. залишилися без даху над головою.



Рис.3. Наслідки землетрусу в Еквадорі (2016)

Аналіз наслідків від руйнівних землетрусів у місті Манта Еквадору 16 квітня 2016 року



Рис. 4. Руйнування будівель у місті Манта (Еквадор)

Місто Манта зазнало найбільшого впливу від землетрусу, потужність якого була більше ніж 7 балів за шкалою Ріхтера та призвело до загибелі людей.

Однією з причиною колапсу будівель стало невдалий варіант вирішення армування вертикальних несучих елементів будівель, які не забезпечували адекватного утримання, здатного протистояти зсувним (зрізаючим) силам, наслідки землетрусів представлено на рис. 4.

Як видно з рисунку 5, відстань між стрижнями-хомутами становить приблизно 15 см, що вказує на дефіцит утримання в зоні конфайнмента, який може поглинати напруги, спричинені землетрусом.



Рис.5. Не вдалий проект розташування арматурних хомутів в колонах будівель

В рамках гіпотези про стійке до землетрусів проектування залізобетонних конструкціях, критерій "STRONG COLUMN - WEAK BEAM", задовольняється так, що б проектне рішення несучих елементів будівлі, мали пластичний характер поведінки.



Рис. 6. Недостатня несуча спроможність вузлового з'єднання колони з плитою перекриття



Невдале: армування та застосований тип арматури

Рис. 7. Не достатня несуча спроможність арматурних каркасів

Коли колона практично продавлює міжповерхове перекриття це призводить до людських і великих матеріальних втрат. Руйнування від продавлювання плити перекриття представлено на рис. 6.

В будівлях, зображених на рис. 6 та 7 можна чітко бачити, що вузлове з'єднання має не достатню несучу спроможність, окрім того, стрижні були використані з гладеньких прутів Ø 6 мм, характер руйнування вказує на те, що для хомутів мінімальний діаметр мав би дорівнювати 10 мм, крім того, стержень повинен бути рифленим.

Особливості конструктивних рішень багатоповерхових будівель

Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах зводяться до вжиття таких заходів:

1. Вибір ділянки для будівництва.
2. Вибір конструктивного рішення (КР) та об'ємно-планувального рішення (ОПР).
3. Забезпечення високої якості будівництва.
4. Поділ будівель і споруд антисейсмічними швами.

Будівельні майданчики під населені пункти і споруди вибираються з урахуванням геологічних даних, якнайдалі від можливих або явних розривних порушень, далеко від крутих схилів, що загрожують обвалами і зсувами. Неприятливими для будівництва вважають пухкі ґрунти і тріщинуваті породи.

При виборі ділянки для забудови враховують такі поняття, як *сейсмостійкість* будівельних об'єктів та *сейсмічність* будівельного майданчика.

Здатність ґрунтів, будівель і споруд протистояти сейсмічним впливам називають *сейсмостійкістю*.

Заходи з підвищення сейсмостійкості будівель застосовуються у районах із сейсмічністю у 6 балів і вище. Нормативне обґрунтування цих заходів здійснюється за ДБН В.1.1-12:2014. «Будівництво у сейсмічних районах України». За сейсмічності більше 9 балів зведення капітальних будівель заборонено.

Сейсмічність будівельного майданчика залежить від сейсмічності району та сейсмостійкості ґрунтів, на яких розташовано майданчик та які поділяються на категорії. Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР), яке виконується для районів із сейсмічністю 6 і більше балів. У разі відсутності карт сейсмічного мікрорайонування допускається спрощене визначення сейсмічності майданчика будівництва на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань.

Відомо, що будівлі, збудовані в сейсмічно небезпечній зоні, повинні бути запроєктовані таким чином, щоб вони відповідали відповідним критеріям поведінки при різних рівнях інтенсивності землетрусу.

При проектуванні сейсмостійких структур слід дотримуватися наступних принципів:

1. Принцип симетрії: маса і жорсткість конструкції повинні бути розподілені рівномірно і симетрично відносно площин симетрії, що проходять через центр ваги споруди. Тобто будівлі

проектують простої форми у плані та симетричними (круг, квадрат, прямокутник). Будівлі складної форми у плані поділяють на відсіки простої форми *антисейсмічними швами* (рис. 8) у вигляді парних стін (у стінових будівлях) або парних рам (у каркасних будівлях).

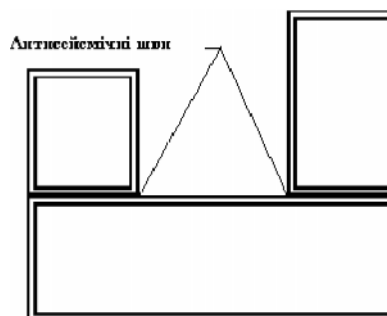


Рис. 8. Приклад проектування будівель складної форми в сейсмічних районах

2. Принцип гармонії: необхідно дотримуватися пропорційності у розмірах будівлі, при цьому її довжина або висота не повинні бути занадто великими. Граничні розміри, поверховість, висоту поверхів будівель приймають згідно з вимогами ДБН В.1.1-12:2014, [2].

3. Принцип антиважкості: необхідно проектувати споруду якомога більш легкою, з центром ваги, розташованим якнайнижче.

4. Принцип еластичності: матеріали в конструкції бажано застосовувати міцні, легкі, такі, що мають пружні властивості; конструкції з них повинні мати однорідні властивості.

5. Забезпечення замкнутого контуру: несучі елементи конструкції повинні бути зв'язані між собою, утворюючи замкнуті контури як у вертикальному напрямку, так і в горизонтальному.

6. Забезпечення надійності фундаментів: для сейсмостійких конструкцій фундаменти повинні бути міцними, достатньо глибоко закладеними, бажано на податливих прошарках або спеціальних субстракціях, що замінюють слабкі ґрунти, для забезпечення однорідності і міцності ґрунтової основи. Стрічкові збірні фундаменти закладають на одній відмітці та роблять неперервними. Ростверк пальового фундаменту роблять низьким, заглибленим у ґрунт. Рекомендується застосовувати суцільний плитний фундамент. Підвал розташовується під усім відсіком. В каркасних будівлях фундаменти під колони зв'язують між собою неперервними залізобетонними фундаментними балками у вигляді перехресних стрічок.

7. Застосування сейсмоізоляції: доцільно застосовувати пристрої, що знижують інтенсивність коливальних процесів, які передаються від ґрунту на будівлю.

При будівництві дамб і мостів підсилюють їх основи, влаштовують більш пологі укуси. Додаткові інженерно-конструктивні заходи в конструкціях будівельних систем здорожують будівництво, але це врешті-решт виправдовує себе: рятує життя багатьом людям, зберігає від руйнування дорогі цивільні та промислові об'єкти.

Будівлі і споруди слід розділяти антисейсмічними швами у випадках, якщо:

- будівля або споруда має складну форму в плані;
- суміжні ділянки будівлі або споруди мають перепади висот 5 м і більше. В одноповерхових будівлях заввишки до 10 м за розрахункової сейсмічності 7 балів антисейсмічні шви допускається не передбачати.

Антисейсмічні шви повинні розділяти будівлі і споруди по всій висоті. Допускається не влаштовувати шов у фундаменті, за винятком випадків, коли антисейсмічний шов співпадає з осадовим.

Сходові клітки слід передбачати закритими, такими, що мають в зовнішніх стінах віконні отвори. Розташування і кількість сходових кліток слід визначати за результатами розрахунку, що виконується відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-2002 «Захист від пожеж. Пожежна безпека будівель та споруд», але приймати не менше однієї сходової клітки між антисейсмічними швами в будівлях заввишки більше трьох поверхів.

Окрім архітектурно-планувальних та загальних конструктивних заходів, при проектуванні будівель для сейсмічно активних районів, будівельні норми Еквадору передбачають елементи захисту надземних будівельних структур такими системами, як ізоляція, так і дисипаторами сейсмічної енергії, для зменшення інтенсивності вхідних коливальних рухів, що передаються до будівель від сейсмічних коливань їх фундаментів.

Оскільки обидві системи призначені для підвищення сейсмостійкості будівельних систем, в роботі передбачається порівняння переваг, які сприяють сейсмічно стійкому виконанню будівлі і, таким чином визначити, яка є найбільш ефективною для будівель.

Сейсмічні характеристики будівлі покращуються при впровадженні систем ізоляції та/або дисипації сейсмічної енергії в структурі будівлі.

Система сейсмічної ізоляції відокремлює структуру від рухів ґрунту, які є продуктом землетрусу, до розсіювання енергії це не призводить, але пом'якшує енергію, що входить до структури за допомогою спеціальних пристроїв. Сейсмічна ізоляція обмежує кількість енергії, що надходить у структуру будівлі. Більш ефективною є система дисипації енергії, яка розглядає зсувні сили, що діють на елементи структури будівлі під час динамічних впливів, при введенні таких пристроїв, тоді як система сейсмічної ізоляції спирається лише на гравітаційні навантаження, що діють на неї через основи будівель. Із аналізу порівнянь слідує, що система дисипації енергії вимагає більш детально аналізу поведінку будівлі при сейсмічних рухах.

Конструкційна ізоляція (Ізоляція між фундаментами та надземною частиною будівлі)

При спостереженні проблеми землетрусу з найпростішої точки зору, сейсмічні впливи полягають в тому, що землетрус породжує переважним чином горизонтальні рухи землі, через хвилі, що поширюються через неї. Ці горизонтальні рухи є основними причинами, які завдають шкоди будівлям,

оскільки будівлі розташовані та опираються на землю через фундаменти. Окрім цих горизонтальних рухів, також є менша частина вертикальних рухів, що приходять до несучої структури будівель. Концепція базової ізоляції (в фундаментах будівлі) полягає в тому, щоб відокремити будівлю або споруду від горизонтальних та вертикальних компонентів руху основи шляхом встановлення конструктивних елементів з низькою горизонтальною жорсткістю між надземною структурою та фундаментом. Це дозволяє «пом'якшити» сейсмічну реакцію структури, досягаючи частоти основного тону, яка набагато нижча, ніж частота коливань постійної основи, так і переважної частоти руху надземних елементів будівель. Іншими словами, впровадження такого типу зменшення зсувної

жорсткості, збільшує період структури, а разом з тим, пересуває його від діапазону коливань з найбільшою сейсмічною енергією. Цей інженерно-конструктивний захід є одним з найкращих практичних рішень для одночасної мінімізації переміщень основ будівель та зменшення прискорень коливань надземних конструктивних рішень несучої структури будівлі, концентруючи переміщення в рівні ізоляції.

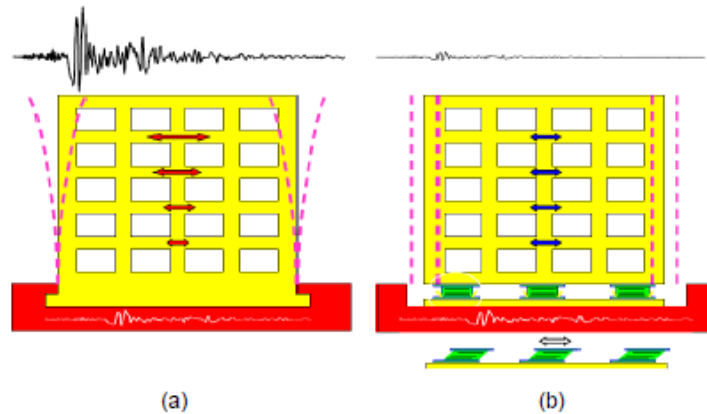


Рис.9. а) - Будівлі без ізоляторів, б) - Будівлі з ізоляторами

Ізолятори сейсмічної енергії

В даний час існує декілька типів розсіювачів сейсмічної енергії, використання яких визначається конкретними умовами.

Його основна функція полягає в забезпеченні структури будівлі більшим затуханням, таким чином, щоб зменшити амплітуди сейсмічних сил, оскільки амплітуди спектрів зменшуються при збільшенні затухання.

Типи фундаментної ізоляції

Існує декілька типів фундаментних ізоляційних систем, кожна з яких має свої особливості з точки зору механізмів їх дії, матеріалів, що його складають, витрат на впровадження, теоретичних досліджень їх та типів конструкцій, де і як їх доцільніше використовувати. Всі вони прагнуть до однієї і тієї ж мети, відокремлюють наземну частину будівлі від ґрунтового руху, але найбільш розповсюджені є наступні три системи ізоляції, які згадуються нижче:

- Звичайний еластомірний ізолятор.
 - Низькотемпературний еластомірний ізолятор (LDB).
 - Еластомірний ізолятор з високим демпфуванням (HDR).
- Еластомірний ізолятор із свинцевим ядром.
- Фрикційний маятниковий ізолятор (F.P.S).

Звичайний еластомірний ізолятор

Цей тип ізолятора утворений деякою кількістю плоских гумових листів, що чергуються з листами зі сталі, прикріпленою до гуми за-типом «сендвіча», і покритий в його верхніх і нижніх кінцях двома

пластинами для кріплень, які їх сполучають з надбудованою верхньою частиною та фундаментом в її нижній частині за допомогою анкерних болтів. Між сталевими листами розташований гумовий шар, який може деформуватися у горизонтальній площині і, таким чином, дозволяє горизонтальне зміщення структури відносно землі.

Ці ізолятори - еластомірні опори (еластичний полімер), також відомі як термопластичний каучук, такі опори мають високу вертикальну жорсткість, позбавляючи бiчного розширення каучуку, в результаті вертикального тиску конструкції. У більшості конструкцій використовуються еластомірні ізолятори з геометричною формою у вигляді циліндра, тому що з присутніми ізолюючими властивостями, не порушується напрямки впливу горизонтального навантаження, яке рівномірно розділяється між несучими елементами.

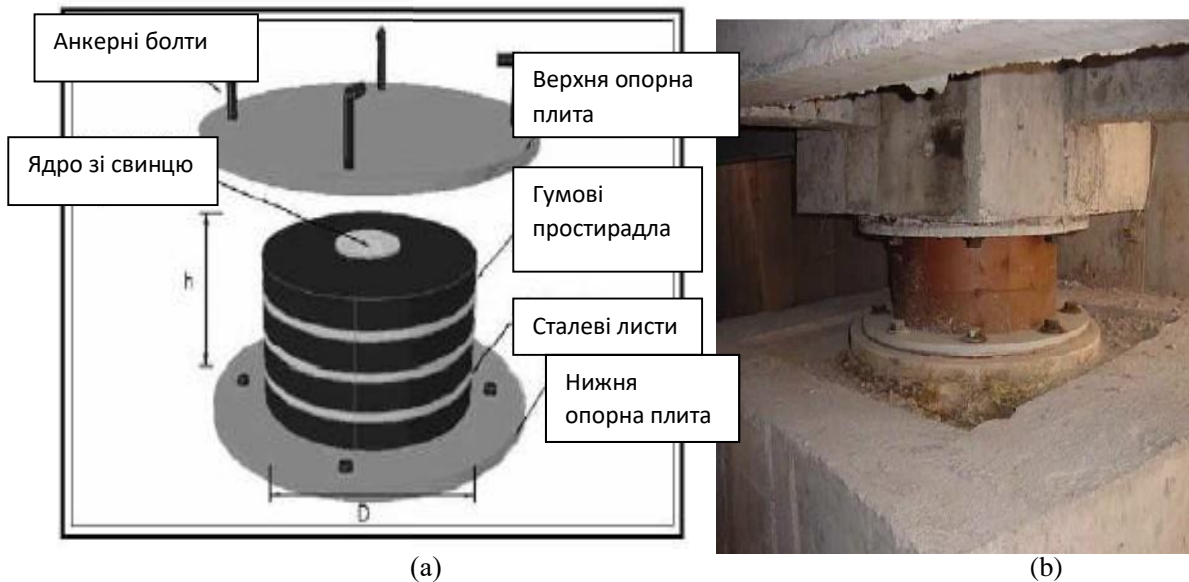


Рис. 10. (a) – Конструктивне рішення еластомірного ізолятора; (b) - Ізолятор сейсмічної енергії в будівлі.



Рис. 11. Системи сейсмічної ізоляції на фундаменті та під плитами на колоні

Низько-демпферний еластомірний ізолятор (LDR)

В цьому типі ізоляторів використовують натуральний каучук з низькою точкою амортизації: цей тип ізоляторів виготовляються аналогічно до того, що згадується в попередньому пункті, за винятком того, що використовується гума з низькою ємністю амортизаторів, сталеві аркуші запобігають боковим розширення гуми та вони забезпечують високу вертикальну жорсткість, але не впливають на горизонтальну жорсткість, яка контролюється низьким модулем при напрузі зсуву еластоміру.



Рис.12. Низько-демпферний еластомірний ізолятор

Каучуково-стальний ізоляційний демпфер з високим ступенем затухання(HDR)

Еластомірний ізолятор високого затухання має такий самий спосіб влаштування, що і згадані в попередніх пунктах; перемішуванням гумових листів із тонкими шарами сталі, але в цьому випадку використовується гума, яка, крім забезпечення необхідної гнучкості та жорсткості, відрізняється від еластомерів взагалі, оскільки тут використовується її природна властивість - високе затухання, досягається шляхом додавання хімічних речовин до сполуки.

Ці пристрої були використані та встановлені в різних будівлях у Чилі, Японії, Сполучених Штатах та Італії. Приклад застосування демпферних ізоляторів - це реконструкція та вдосконалення з новими частинами Hearst Memorial Mining Building.



Рис.13. Каучуково-стальний ізоляційний демпфер з високим ступенем затухання

Еластомірний ізолятор з ядрами зі свинцю(LRB)

Найважливішою категорією еластомірних пристроїв є ізолятори зі свинцевим сердечником (LRB) (Robinson, 1982). Це ламінований еластомірний пристрій, що складається з сталевих та гумових пластин, побудованих у змінних шарах.

Всередині він має свинцевий сердечник, який дозволяє йому розсіювати деяку кількість коливальної енергії. Він має здатність сприймати комбінації вертикальних навантажень, забезпечує горизонтальну гнучкість, відновлення сил і загасання. Потужність, що поглинається ядром, зменшує бічне зміщення ізолятора.

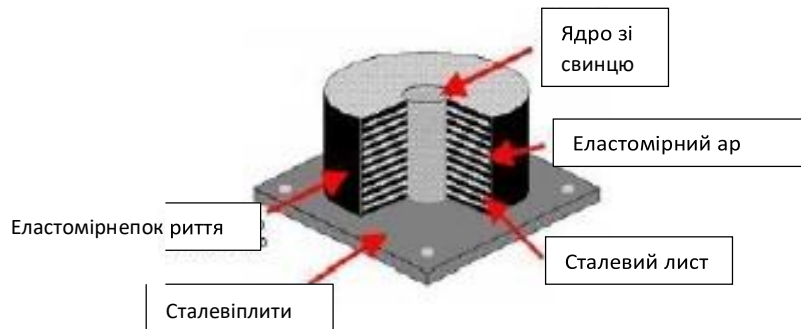


Рис. 12. Еластомірний ізолятор з ядрами зі свинцю

Свинцеве ядро, у свою чергу, контролює початкову жорсткість, силу повзучості та зміщення повзучості пристрою. Зсувна сила, призводить до того, що свинцевий сердечник тече, пропорційно ділянці його перерізу та зусиллям повзучості свинцю.

Фрикційний ізоляційний слайдер (FPS)

Використання ковзаючих пристроїв є одним з найефективніших і популярних методів сейсмічної ізоляції. Він дуже добре працює під сильними сейсмічними навантаженнями і дуже ефективний для зменшення великих рівнів прискорення надбудови. Крім того, вони, як правило, зменшують енергію землетрусу у широкому діапазоні частот.

Концепція розсувних пристроїв поєднується з концепцією тертя маятника, що дозволяє одержати досить ефективну систему сейсмічної ізоляції, відомої як фрикційно-маятникової системи (Zayas, et al, 1990). В FPS, ізоляція досягається за допомогою шарнірного слайдера на увігнутій і сферичній поверхнях.



Рис. 14. Фрикційний ізоляційний слайдер

Дисипатори сейсмічної енергії

Сейсмічне розсіювання є однією з найважливіших частин в сейсмічному захисті, розсіювачі мають таку ж функцію, як це виражає його назва, розсіює концентрацію накопиченої енергії, забезпечуючи те, що інші елементи структури не піддаються впливу руйнівних зусиль, які могли б завдати серйозної шкоди для структури. Для складних динамічних реакцій структури потрібні додаткові пристрої - для управління горизонтальними зміщеннями. Вони працюють шляхом розсіювання великої кількості енергії, забезпечуючи, щоб інші структурні елементи не зазнавали надмірних впливів, які б могли призвести до шкоди. Але найкращим способом забезпечення структури під час землетрусу є поєднання обох систем сейсмічного захисту, що забезпечує більшу здатність демпфувати під час сейсмічного впливу та кращого відгуку під час цього. Коли є структури, де використання сейсмічних ізоляторів не рекомендується (EJ: Soft Soils), системи загасання з високою здатністю до розсіювання є найкращою альтернативою сейсмічному захисту.



Рис. 15. Дисипатори сейсмічної енергії

Види дисипаторів сейсмічної енергії

Дисипатори RESTON SA гідралічного демпфування, щоб розсіювати енергію та керувати переміщеннями.

Ці агрегати використовуються для жорсткого з'єднання частин структури під дією раптового високого динамічного навантаження (наприклад, від землетрусу або від гальмування поїзда або важкого дорожнього транспортного засобу). Проте вони дозволяють вільно пересуватися при впливах повільної дії, наприклад, зміни температури, усадки та повзучості.

Елементи RESTON-STU можуть бути використані при будівництві нових конструкцій або для посилення міцності та стійкості існуючої структури до сейсмічних сил. На мостах вони встановлюються в безпосередній близькості від шарнірів і компенсаційних швів.



Рис. 16. Дисипатори RESTON SA

Дисипатори RESTON STU є тимчасовими пристроями підключення, які забезпечують жорстке підключення під час високошвидкісних рухів.

Заздалегідь завантажений демпфер - це пристрій, призначений для розсіювання сейсмічної енергії. Також він постійно поєднує структуру з-за його напруженості/компресії або блоку стиснення/стиснення. PSD працює за принципом, що неможливе швидке проходження в'язкої рідини через вузьке отвір або порт, що і створює високу стійкість, яка потім розсіює велику кількість енергії.



Рис. 17. Дисипатори RESTON STU

Дисипатори RESTON PSD - це пристрої для демпфування в яких застосовано в'язкі рідини, призначені для функціонування пружини, яка повертається до свого положення в кінці сейсмічної події.

Тип "Попередньо завантажений демпфер" (PSD) - це пристрій, призначений для розсіювання сейсмічної енергії на таких конструкціях, як мости. PSD зменшує поздовжній та поперечний зсув колони. Конструктивно може бути виготовлений за двома типами PSD: працювати в напруга/компресія або включаючись тільки при стисненні. Дисипатор може встановити стиснення PSD у довжину між колоною та абатом або встановити блок розтягування/стиснення. PSD діє як ключ зсуву, який має можливість автоматично перезавантажуватись після динамічної події. Сейсмічна енергія розсіюється в PSD-блоці, а не в основній структурі; додаткове сейсмічне переміщення зменшується. Для загальних навантажень внаслідок руху, повзучості, усадки і теплового розширення або скорочення, PSD-блок не впливає на поведінку елементів структури при таких навантаженнях.



Рис. 18. Дисипатори RESTON PSD

Висновки

В умовах можливих сейсмічних впливів на будівлі та споруди повинні обов'язково враховані методи та способи захисту будівель від них, для забезпечення безпеки конструкції. Це є можливим завдяки адекватному вивченню будівель, які є стійкими до сейсмічних впливів так і з використанням додаткових систем, як ізоляторів так і розсіювачів, що захищають безпеку будівельної системи.

Ізолятори та дисипатори в будівельних структурах, розташованих в районах високого сейсмічного ризику, можуть збільшити їх стійкість до різних типів рухів та коливань, спричинених землетрусами. Системами ізоляції та розсіювання сейсмічної енергії, зменшують вібрацію елементів структури та зменшують зусилля в кожному компоненті структури. У районах з більшою сейсмічною активністю доцільно використовувати обидві системи і ізоляції, і дисипації сейсмічної енергії, оскільки це дозволяє збільшити опір наземної структури будівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.rbc.ua/rus/news/ekvadore-proizoshlo-eshche-odno-zemletryasenie-1461380207.html>
2. <http://www.pks.mk.ua/images/stories/pdf/5.pdf>
3. <https://estudioarquivolta.wordpress.com/2016/04/20/terremotos-como-afecta-el-sismo-a-los-edificios/>
4. http://www.academia.edu/11297512/PLANOS_ESTRUCTURALES_PLANTA_ESTRUCTURA
5. http://www.academia.edu/7284149/PREDIMENSIONAMIENTO_DE_UN_EDIFICIO_POR_CONCRETO_ENCABEZADO_Datos_Generales
6. http://www.academia.edu/9065684/ESTRUCTURACION_Y_PREDIMENSIONAMIENTO_edificios
7. <http://uapatents.com/8-52072-sposib-viznachennya-koordinat-epicentru-silnogo-zemletrusu-shho-nasuvaehtsya.html>
8. ДБН В.1.1-12-2014 Будівництво у сейсмічних районах України

Гальярдо Проаньо Едісон — студент групи В-17мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: edrumetal@hotmail.com

Науковий керівник: *Андрухов Валерій Михайлович*—к.т.н., доцент кафедри БМГА (Будівництва, міського господарства та архітектури), член-кореспондент академії будівництва України, заст. завідувача кафедри, очолює роботу СПКБ (Студентське проектно-конструкторське бюро) «ВІННИЦЯ-XXI». Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Gallardo Proaño Edison - student group В-17mi, Faculty of Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: edrumetal@hotmail.com

Scientific tutor: *Andruchov Valery Myhailovych* - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Academy of Construction of Ukraine, associate professor. the head of the department, heads the work of the SPKB "VINNITSA-XXI". Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia