

УДК 531.31

ОГЛЯД МЕТОДІВ СЕЙСМОЗАХИСТУ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У КОНСТРУКЦІЯХ

Г.М. Іванченко¹

д-р техн. наук, професор кафедри будівельної механіки

М.В. Гончаренко¹

канд. техн. наук, доцент кафедри будівельної механіки

¹ *Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

В роботі наведений огляд методів сейсмосахисту будівель і споруд. Головна увага приділена спеціальним засобам, які знаходять все більше застосування у сучасних спорудах. Проаналізована загальна класифікація, коротко охарактеризовані особливості методів. Наведені приклади їх застосування як при будівництві споруд, так і у вже існуючих будівлях.

Ключові слова: сейсмосахист, сейсмоізоляція, сейсмогасіння, динамічні гасники коливань.

Вступ. Проектування будівель і споруд на сучасному етапі неможливе без врахування впливу динамічних факторів. Одночасно постала проблема гасіння коливань, що виникають внаслідок дії динамічних процесів. Сейсмичне навантаження є одним з найбільш небезпечних, внаслідок великої інтенсивності та непередбачуваності. Аналіз тенденції розвитку природних катастроф та їх прогноз на перспективу, свідчать, що на території України є високий ступінь ризику виникнення землетрусів і пов'язаними з ними техногенних загроз, що робить актуально проблему захисту від цих явищ. Саме тому, актуальність питань сейсмосахисту будівель та споруд не викликає сумнівів.

1. Основні методи сейсмосахисту. Загальна класифікація систем сейсмосахисту споруд представлена на рис.1. Всі методи забезпечення сейсмостійкості можна поділити на традиційні та спеціальні. Традиційні методи направлені на підвищення несучої здатності конструкцій, що має гарантувати сейсмостійкість споруд. Основний недолік полягає у зростанні матеріалоємності конструкцій, збільшення перерізів і маси елементів. Найбільш сучасними та актуальними на сьогоднішній день в сфері будівництва є спеціальні методи сейсмосахисту.

Нетрадиційні методи сейсмосахисту поділяються на дві категорії: активні та пасивні. Активні засоби мають додаткове джерело енергії та елементи, які регулюють роботу цих джерел. Такі системи дозволяють ефективно зменшувати рівень коливань конструкції, причому незалежно від природи виникнення. Але водночас вони потребують не тільки особливих

розрахунків при проектуванні, але і додаткового обслуговування в процесі експлуатації.



Рис. 1

Пасивні системи сейсμοзахисту в більшості випадків влаштовуються при будівництві і не потребують додаткового обслуговування, що обумовлює їх популярність. Вони, в свою чергу, поділяються на системи сейсμοгасіння та сейсμοізоляції.

В системах сейсμοізоляції зниження механічної енергії забезпечується шляхом відведення частот коливання споруди від переважаючих частот сейсмічного впливу. Це досягається шляхом введення певного ізолюючого шару між спорудою і основою.

Принцип дії сейсμοізоляції гравітаційного типу полягає в тому, що під час землетрусу центр тяжіння опор підіймається, утворюючи гравітаційну поновлюючу силу. При цьому коливання будівлі відбувається біля положення рівноваги. Типовим прикладом систем сейсμοізоляції гравітаційного типу є кінематичні опорні елементи.

Ефективність застосування сейсμοізоляції залежить від динамічних характеристик споруди, більшого ефекту можна досягти у більш жорстких конструкціях. Значне зменшення коливань конструкції при застосуванні сейсμοізоляції спостерігається на скельних ґрунтах, тоді як на слабких мінімальний ефект.

В системах сейсмогасіння, що, в свою чергу, поділяються на динамічні гасителі коливань та системи демпфування, механічна енергія перетворюється в інші види енергії. Це призводить до демпфування коливань конструкції будівлі чи споруди, або ж до перерозподілу механічної енергії від захисної конструкції до гасителя.

Демпфуючі пристрої можна поділити на гідравлічні та механічні. У гідравлічних демпферах розсіювання енергії відбувається за рахунок сил в'язкого опору, що перешкоджають протіканню рідини під тиском. Такі демпфери поступово включаються у роботу і не викликають високочастотних коливань. Однак вони досить дорогі та потребують обслуговування при експлуатації.

З точки зору практичної реалізації найбільш зручними є демпфери сухого тертя (ДСТ). Вони можуть бути реалізовані з різним поєднанням матеріалів: метал по металу, бетон по бетону або сипучому матеріалу, полімерні покриття по металу та інші. При сейсмічних коливаннях відбувається зсув верхньої частини ДСТ відносно нижньої і за рахунок сил тертя поглинається енергія сейсмічних коливань.

При роботі динамічного або ударного гасника енергія коливань захищеної споруди передається гаснику, налаштованому на частоту коливання споруди, причому гасник коливається з підвищеною амплітудою. Їх застосовують для гасіння коливань високих промислових будівель, споруд баштового типу, елементів будівель (балок, плит і т.п.).

Найчастіше ДГК виконується у вигляді додаткової маси, яка приєднана з допомогою пружного і демпферуючого елементів до захищеної конструкції чи безпосередньо до неврівноваженої машини - джерела коливань. Широко застосовуються також гасники, маса яких рухається по криволінійній поверхні або підвішена як маятник. Маса гасника являє собою тверде тіло, до якого можуть приєднуватись вантажі, пружну конструкцію чи контейнер, заповнений окремими вантажами, сипучими матеріалами або рідиною. В якості пружних елементів використовуються сталеві пружини, гумові елементи, пружні стержні чи пластини; для розсіювання енергії використовують матеріали з підвищеними дисипативними властивостями (гума, пластмаси), відрізки сталевих канатів, демпфери сухого тертя, гідравлічні, пневматичні і магнітні демпфери. При цьому зменшується кількість циклів зміни напружень, що суттєво впливає на довговічність і надійність конструкцій.

2. Приклади застосування. Прикладом стаціонарних систем сейсмоізоляції при наявності повертаючої сили (рис. 2) може бути будівля з гнучким нижнім поверхом, виконаним у вигляді каркасних стійок, пружних опор, свай та ін.



Рис. 2

Сейсмоізолюючі фундаменти на кінематичних опорах гравітаційного типу (рис. 3) є характерними для країн СНД. В таких опорах під час землетресу одна частина опори має можливість рухатися відносно частини, на якій стоїть, але, врешті, під дією гравітації повертається у вихідне положення.

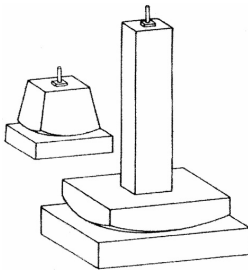


Рис. 3

Гідравлічні демпфери, зображені на рис. 4, складаються з циліндра, в'язкої рідини і поршня. В нормальних умовах вони дозволяють безперешкодне переміщення елементів конструкції відносно одне одного при температурних деформаціях, але при різких динамічних навантаженнях, виникаюча велика кількість енергії гаситься.

Іншим прикладом демперуючих пристроїв є механічні демпфери. На рис. 5,а показані попередньо напружені пружинні демпфери, а на рис. 5,б – пружинні дискові демпфери, які включають поршень і стопку дискових пружин, які еластично деформуються під дією поршня, поглинаючи його переміщення.

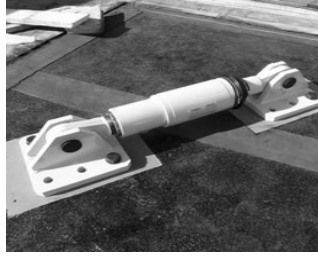


Рис. 4

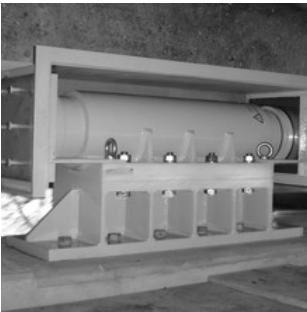
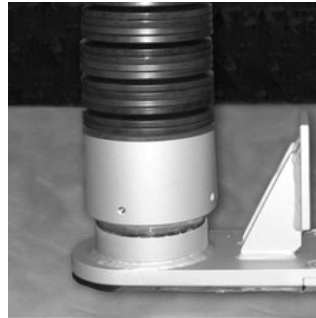
*a**б*

Рис. 5

Найбільш цікавим є застосування інерційного демпфера коливань у хмарочосі Тайбей в Тайвані, що офіційно перебував в статусі найвищої будівлі в світі з 2004 до 2010 року. Він має 101 поверх над землею та 5 – підземних, загальна висота 508 м, зображений на рис. 6.

Фірмою Thornton-Tomasetti Engineers разом з Evergreen Consulting Engineering був спроектований 660-тонний сталевий маятник (рис. 7), що є інерційним демпфером коливань. Підвішений на 88-92 поверхах, маятник коливається, компенсуючи рухи будівлі, викликані сильними поривами вітру й так само має працювати при землетрусах. Його сфера, найбільша у світі, складається з 41 сталеві пластины, кожна завтовшки 125 мм, що разом складає 5,4 м в діаметрі. Два інших гасителя коливань, кожен вагою 6 тонн, знаходяться на вершині шпиля. Вони пом'якшують удари вітру, діючи на верхню частину будівлі.

Енергія коливань, накопичена демпферами, гаситься системою пружин, розташованих під демпферами. Перевагою систем інерційного демпфування є можливість їх застосування як для нових, так і для існуючих будівель та споруд.

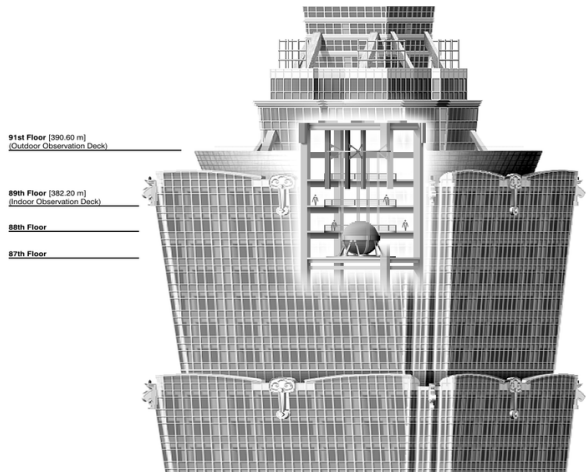


Рис. 6

Висновок. Використання вищезазначених систем є ефективним способом зменшення амплітуди коливання будівлі при землетрусі, різноманітних вібраційних динамічних та вітрових навантаженнях. Системи дають можливість здійснювати сейсмозахист будівель без підвищення жорсткості конструкції та площі поперечного перерізу. Проектування кожної системи інерційного демпфування індивідуальне для кожної будівлі, що, безсумнівно, є суттєвим недоліком та обмежує масове їх застосування.

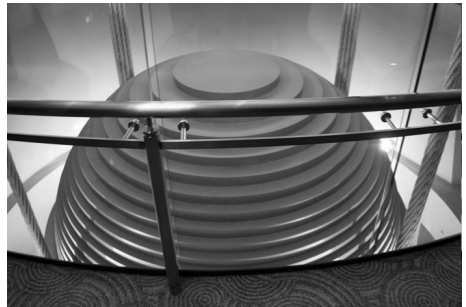


Рис. 7

Розглянуті системи сейсмозахисту характеризуються великою різноманітністю конструктивних рішень, кожне з яких має свої переваги та недоліки. Практично жоден із розглянутих способів сейсмозахисту в чистому вигляді не застосовується. Більш раціональним є сумісне застосування різних систем, що дозволяють поєднувати їх переваги та зменшити недоліки, властиві окремо кожній з систем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Баженов В.А.* Динаміка споруд / В.А. Баженов, Ю.В. Ворона. – К.: Каравела, 2014.
2. *Белаш Т.А.* Нетрадиционные методы повышения сейсмостойкости зданий и сооружений (отечественный и зарубежный опыт) / Белаш Т.А., Казарновский В.С. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – Вып. 8 (620). – С. 3-11.
3. *Бирбраер А.М.* Расчет конструкций на сейсмостойкость. – М.: Наука, 1998.
4. *Коренев Б.Г.* Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения / Б.Г. Коренев, Л.М. Резников. – М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1984.

REFERENCES

1. *Bazhenov V.A.* Dynamika sporud / V.A. Bazhenov, Yu.V. Vorona. – K.: Karavela, 2014.
2. *Belash T.A.* Netradycyjnye metody povыsheniya seismostoikosty zdaniy y soorzheniy (otchestvennyy i zarubezhnyy opyt) / Belash T.A., Kazarnovskiy V.S. // Yzvestiya vysshikh uchebnykh zavedeni. Stroitelstvo. – 2010. – Выр. 8 (620). – S. 3-11.
3. *Byrbraer A.M.* Raschet konstruktsiy na seismostoikost. – M.: Nauka, 1998.
4. *Korenev B.H.* Dynamicheskiye hasytely kolebaniy: Teoriya y tekhnicheskyye prylozheniya / B.H. Korenev, L.M. Reznikov. – M.: Nauka, hl. red. fyz.-mat. lyt., 1984. Bazhenov V.A. Dyeoriya uprugosti / V. I. Bloh. – H. : Izd. Harkovsk. Gos. Universiteta, 1964. – 484 s.

Ivanchenko G.M., Goncharenko M.V.

REVIEW OF EARTHQUAKE PROTECTION METHODS AND THEIR USE IN STRUCTURES

The review of methods for buildings earthquake protection is presented in this paper. Main attention is paid to special devices, which are increasingly used in modern buildings. The common classification is analysed and special features of methods are briefly described. Examples of their use such in the buildings under construction as in existing buildings are represented.

Keywords: earthquake protection, earthquake insulation, earthquake extinction, dynamic quencher fluctuations.

Иванченко Г.М., Гончаренко М.В.

ОБЗОР МЕТОДОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ

В работе приведен обзор методов сейсмозащиты зданий и сооружений. Основное внимание уделено специальным устройствам, которые все чаще применяются в современных сооружениях. Проанализирована общая классификация, коротко охарактеризованы особенности методов. Приведены примеры использования как при строительстве зданий, так и в уже существующих сооружениях.

Ключевые слова: сейсмозащита, сейсмоизоляция, сейсмогашение, динамические гасители колебаний.