

А. П. Крамарчук, Б. М. Ільницький, Т. В. Бобало
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ВПЛИВ СЕЙСМІЧНИХ ДІЙ НА ЗБІРНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРИТТЯ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ У м. УЖГОРОД

© Крамарчук А. П., Ільницький Б. М., Бобало Т. В., 2017

Потреба в посиленні збірних залізобетонних конструкцій у процесі експлуатації виникає не лише в умовах реконструкції з причин фізичного зносу, а також внаслідок дії сейсмічних впливів. У сейсмічних регіонах (місто Ужгород належить саме до таких регіонів із сейсмічністю району 7 балів) надзвичайно важливе значення мають розрахунки конструкцій на сейсміку, проектування та якість виробництва збірних несучих залізобетонних конструкцій на дію особливих навантажень. Значення епізодичних сейсмічних навантажень залежать від маси конструкцій і сили поштовхів згідно зі шкалою Ріхтера. Негативний вплив сейсмічних навантажень можна суттєво знизити за рахунок застосування нерозрізних схем обпирання балочних конструкцій шляхом вирішення особливої конструкції опорних вузлів. Нерозрізні схеми забезпечують перерозподіл згинальних моментів (зниження прогонних за рахунок появи опорних). Крім того, актуальним є застосування монолітних армопоясів та ділянок по контуру перекриттів та покриття, що дає можливість збільшити жорсткість диску покриття і створити умови для рівномірнішого перерозподілу зусиль.

Ключові слова: балка, арматура, сейсмічні навантаження, залізобетонні конструкції.

A. Kramarchuk, B. Ilnytskyi, T. Bobalo
Lviv Polytechnic National University,
Department of building construction and bridges

SEISMIC ACTION FOR THE CONSTRUCTION OF COVERAGE PRECAST CONCRETE OF FACTORY BUILDING IN UZHGOROD CITY

© Kramarchuk A., Ilnytskyi B., Bobalo T., 2017

The need for strengthening of precast concrete structures in service occurs not only in reconstruction cases because of their physical deterioration but also as a result of seismic effects. In seismic regions (Uzhgorod belongs to those regions with seismicity of 7 points) it is extremely important to make calculations of the structure on seismicity, as well as design and quality of production of precast bearing concrete structures in case of specific loadings. The value of occasional seismic loadings depends on the weight of structures and the strength of shocks according to the Richter scale. The negative impact of seismic loadings can be reduced significantly with the use of continuous schemes of the leaning beam structures by addressing special design to supporting joints. The continuous schemes provide a redistribution of bending moments (the decrease of span due to the appearance of support). Also it is important to use the monolithic nets and areas along the contour of overhead cover and roofing, that makes it possible to increase disk surface stiffness and create the conditions for more equable redistribution of efforts.

Key words: beam, armature, seismic loadings, concrete structures.

Вступ. Вимоги щодо сейсмостійкості будівель повинні дотримуватись на всіх стадіях проектування, виготовлення, монтажу та експлуатації конструкцій. Також необхідно здійснювати

поопераційний контроль якості виготовлення конструкцій, особливо при виготовленні арматурних каркасів, при виконанні зварних з'єднань, бетонуванні конструкцій та замонолічуванні збірно-монолітних стиків у процесі зведення будівлі [7].

При проектуванні сейсмостійких будівель завжди застосовують додаткове армування тих зон і ділянок окремих несучих конструкцій, у яких під дією сейсмічного навантаження можуть виникнути або значно збільшитися напруження, непередбачені дією статичного навантаження. Зміна напруженого стану в окремих випадках може бути спричинена сейсмічними поштовхами та взаємним зміщенням конструкцій із проектного положення. При дії сейсмічних навантажень досить часто з'являються місцеві руйнування та тріщини у місцях розташування закладних деталей, які забезпечують взаємне кріплення конструкцій за допомогою зварки.

Огляд наукових джерел і публікацій. Як свідчать статистичні дані та публікації [7, 8, 9, 10, 11], у країні є значний обсяг незавершеного будівництва, а наявні будівлі у багатьох випадках характеризуються високим рівнем зносу. Внаслідок неякісного виготовлення, некваліфікованої експлуатації чи консервації у більшості зведених несучих конструкцій присутні пошкодження, що знижують їхню довговічність, або унеможливають подальшу експлуатацію. Одним із таких прикладів є пошкодження залізобетонних збірних конструкцій покриття виробничої будівлі у м. Ужгороді, внаслідок впливу сейсмічних дій та помилок допущених при виготовленні збірних конструкцій заводом виробником. Обстежувана виробнича будівля є колишнім заводом тракторних запчастин, який з певних причин не був зданий у експлуатацію. Сьогодні в обстежуваній будівлі розташовано склади, які експлуатуються за призначенням.

Мета та завдання дослідження полягає у встановленні фактичного технічного стану, необхідності посилення і можливості подальшої нормальної експлуатації несучих конструкцій покриття виробничої будівлі у м. Ужгород. Дослідженню (обстеженню) підлягали в основному кроkv'яні збірні залізобетонні балки пролітом 12 м та вузли опирання на них збірних залізобетонних плит покриття. Обстеження проводилося візуально та інструментально. Візуально встановлювалась кількість балок, що мають дефекти, їх місцезнаходження у системі покриття, а інструментально за допомогою мікроскопа вимірювалась ширина розкриття тріщин. Електромагнітним методом за допомогою приладу ИЗС-10Н вимірювали положення і діаметр поздовжньої стиснутої та розтягнутої арматури в балках покриття. Армування несучих збірних залізобетонних конструкцій покриття також визначалось за допомогою електромагнітного приладу "Поиск" 2.51. Найхарактерніші дефекти були зафіксовані фотофіксацією.

Виклад основного матеріалу. Колишня виробнича будівля, а сьогодні складські приміщення, в об'ємно-планувальному аспекті являє собою комплекс з одноповерхової (основна частина) і двоповерхової частин. Загальні розміри корпусу в плані 156*96,6 м. Поздовжній крок колон 6 м, поперечний 6 і 12 м. Висота до низу несучих конструкцій покрівлі в одноповерховій частині – 5,4 м, у двоповерховій – 9,6 м.

Конструктивна схема корпусу – повний збірний залізобетонний каркас із зовнішніми самонесучими керамзитобетонними стіновими панелями. Фундаменти під окремі колони – стовпчасті із монолітного залізобетону. Колони прямокутного перерізу 300*300 мм. Балки покриття двотаврові із паралельними поясами висотою 890 мм для прогону 12 м і таврового перерізу висотою 590 мм для прогону 6 м. Панелі покриття залізобетонні збірні ребристі плити розмірами в плані 3*6 м висотою перерізу 300 мм. Стіни – керамзитобетонні збірні самонесучі панелі.

Із повідомлень працівників технічних служб у 2006 році на території Закарпатської області відбувся землетрус. У м. Ужгороді сила поштовхів становила близько 2,8 бали за шкалою Ріхтера. Після цього технічні служби експлуатації об'єкта провели ретельний огляд усіх приміщень та частин споруди. Після обстеження були зроблені такі висновки:

- а) суттєвих руйнувань та аварійних пошкоджень не відбулося;
- б) виявлено появу великої кількості тріщин та місцевих дефектів у кроkv'яних балках, особливо у вузлах спирання ребристих плит покриття на верхній пояс біля торців балок;
- в) сколювання бетону в опорних перерізах біля верхніх граней балок.

Працівники лабораторії ГНДВЛ-105 Національного університету “Львівська політехніка” на замовлення власника торгового центру у 2016 році провели детальний огляд усіх несучих балок покриття, що мали тріщини та місцеві дефекти. В результаті обстеження були встановленні такі пошкодження конструкцій:

а) дефекти отримали близько 70 % залізобетонних збірних балок покриття прогоном 12 м;

б) вертикальні тріщини здебільшого виникли в опорних перерізах, ширина їх розкриття перебувала в межах 3–7 мм. Розвиток тріщин відбувався від верхньої розтягнутої грані донизу стиснутої на довжину близько 75 % висоти перерізу (див. рис. 2 п. 4). Початок усіх тріщин на рівні верхньої розтягнутої грані перебуває у безпосередній близькості від місця спирання ребер залізобетонних збірних ребристих плит покриття на закладні деталі балки (рис. 1, рис. 2 п. 4);

в) в окремих торцях балок відбулося сколювання бетону (рис. 1).



*Рис. 1. Руйнування балок покриття прольотом 12 м
в опорній зоні з утворенням аварійних тріщин та сколюванням бетону*

Для визначення причин утворення тріщин, було встановлено конструкцію балок покриття, тобто їх армування та міцність бетону. Характер армування балок покриття визначено електромагнітним методом за допомогою приладу ИЗС-10Н та ультразвуковим приладом “Поиск” 2.51. Для достовірнішої інформації було розкрито захисний шар бетону біля нижньої та верхньої граней перерізу балок. Розкриття робочої арматури виконано у балках покриття таких же серій, які не були змонтовані під час будівництва торгового центру. Обстеження виявило, що поздовжня арматура стиснутої зони у балках покриття відсутня. Наявна лише поздовжня робоча арматура нижньої

розтягнутої зони балок (рис. 2). Загалом у споруді при проектуванні і будівництві не було передбачено антисейсмічних конструктивних заходів. Опирання несучих конструкцій здійснювалось за розрізною схемою, відсутні анкерні болти в колонах для кріплення балок покриття.

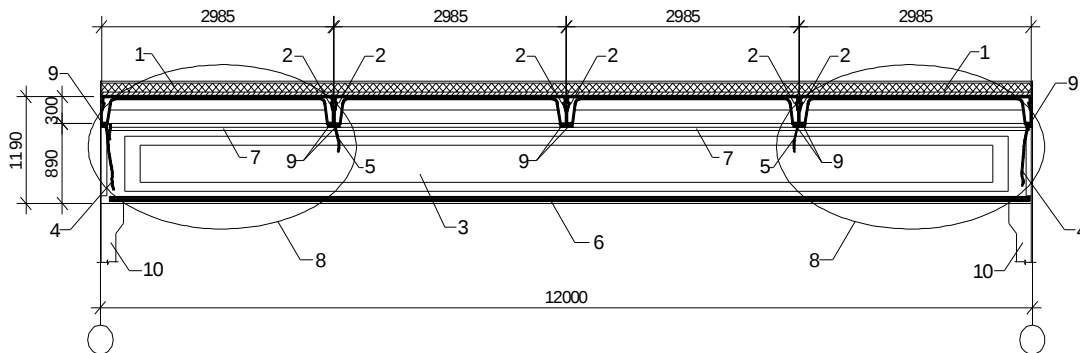


Рис. 2. Несучі конструкції покриття виробничої будівлі після впливу сейсмічних дій:

1 – м'яка покрівля плоскої виробничої будівлі, 2 – залізобетонні збірні ребристі плити покриття 3*6 м, 3 – суцільна залізобетонна збірна балка покриття L=12 м, 4 – нормальні тріщини шириною розкриття 3–7 мм довжиною близько 75 % висоти перерізу балки, 5 – нормальні тріщини шириною розкриття 1–3 мм довжиною близько 25 % висоти перерізу балки, 6 – поздовжня робоча арматура нижньої розтягнутої зони балок, 7 – відсутня поздовжня арматура біля верхньої грані балок, 8 – приопорні частини балок, де виникли нормальні тріщини і які підлягають підсиленню, 9 – закладні деталі ребер плит покриття та верхнього поясу балки, 10 – залізобетонна збірна колона перерізом 0,3*0,3 м

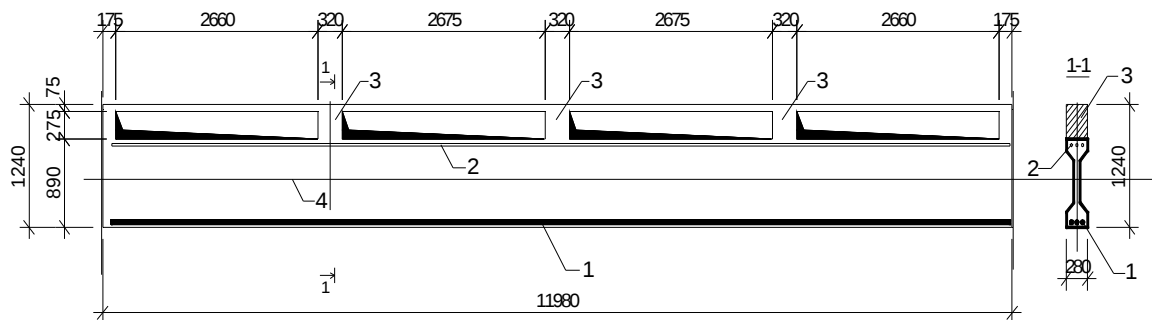


Рис. 3. Приведений переріз несучої конструкції покриття виробничої будівлі;

1 – поздовжня робоча арматура нижньої розтягнутої зони балок, 2 – відсутня поздовжня арматура біля верхньої грані балок, 3 – частина перерізу, що додається до балки за рахунок сумісної роботи ребристих плит і ригеля покриття, 4 – нейтральна вісь балки покриття

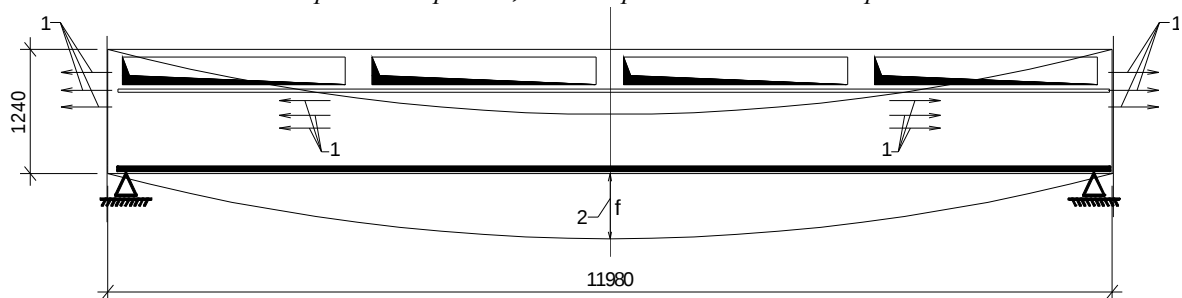


Рис. 4. Здеформована модель балки під впливом сейсмічних навантажень: 1 – розтягуючі напруження зсуву під впливом сейсмічних навантажень, 2 – збільшення прогину балки при сейсмічних коливаннях

Характер появи та розкриття вертикальних тріщин в опорних перерізах біля верхніх граней свідчить про появу біля опор значних розтягуючих напружень (див. рис. 4). Виникнення цих напружень можна пояснити дією значних сейсмічних навантажень у конструктивній схемі ребристої плити та балки.

Ряд залізобетонних ребристих плит покриття у поперечному напрямку до поздовжньої осі балки являє собою жорсткий диск незмінної довжини за рахунок щільного прилягання зовнішніх граней поздовжніх ребер та зачеканювання розчином щілин між ними. Кріплення закладних деталей ребер плит покриття на опорах до закладних деталей верхнього поясу балки на зварюванні ускладнює вільні деформації поясу при згині (рис. 2). Тобто ребристі плити разом із цементною стяжкою при сейсмічних коливаннях працюватимуть сумісно з балкою покриття, утворюючи єдиний переріз заввишки 1,24 м. Переріз несучої конструкції покриття наведено на рис. 3. За значних поштовхів має місце короткочасне збільшення згинальних моментів, при цьому збільшується прогин балки і верхня грань прагне до скорочення своєї початкової довжини. Скороченню перешкоджає жорсткий диск плит у місцях кріплення ребер до верхнього поясу. При цьому виникають напруження зсуву, які передаються через закладні деталі на бетон і викликають у ньому розтяг і сколювання (рис. 4). Найбільшого значення вони досягають на опорах балок покриття, де, крім того, діють максимальні поперечні сили. За даними розкриття балок поздовжня арматура біля верхньої грані балок відсутня, а бетон на розтяг працює погано. Тому в місцях кріплення збірних залізобетонних ребристих плит покриття до балок на опорах останніх виникли нормальні тріщини біля верхніх граней [8] (рис. 2). Розрахунок у програмних комплексах також показав виникнення розтягуючих напружень зсуву, який спричинив утворення тріщин у місцях опирання плит за відсутності робочої арматури у стиснутій зоні балки.

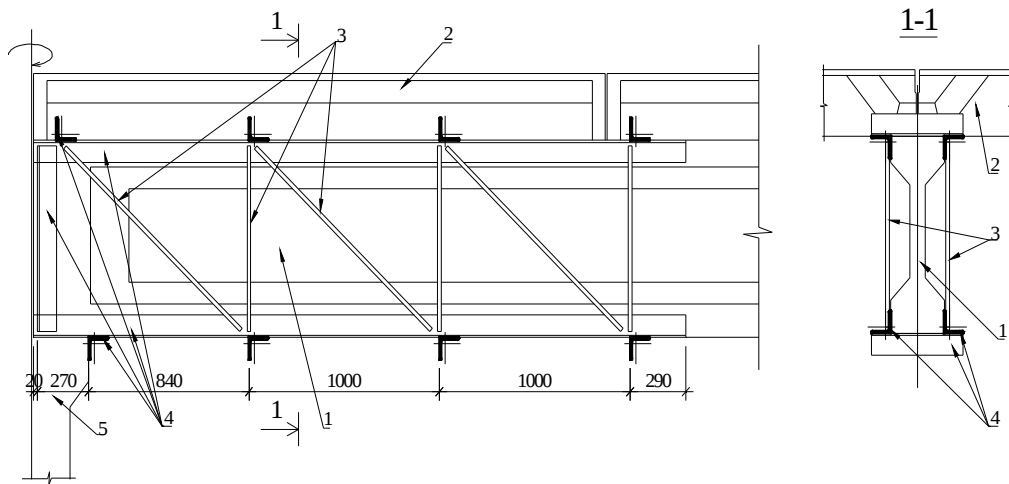


Рис. 5. Підсилення балок сталеву обіймою: 1 – суцільна залізобетонна збірна балка покриття $L=12$ м, 2 – залізобетонні збірні ребристі плити покриття 3×6 м, 3 – арматурні стержні підсилення $\varnothing 20$ A240, 4 – сталеві кутники підсилення $100 \times 100 \times 10$, 5 – залізобетонна збірна колона перерізом $0,3 \times 0,3$ м

Зусилля в елементах конструкцій від сейсмічних навантажень визначали за формулою:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (1)$$

де N_i – значення відповідного фактору в розглядуваному перерізі, який викликаний сейсмічними навантаженнями за i -тою формою коливань; n – число врахованих форм коливань.

Внаслідок дефектного виготовлення збірних залізобетонних балок покриття і впливу сейсмічних дій відбулося руйнування балок покриття з виникненням аварійних тріщин (рис. 1, 2). Для забезпечення подальшої нормальної експлуатації конструкцій складів у м. Ужгороді було розроблено посилення збірних залізобетонних балок покриття влаштуванням сталеві обійми із кутників та стержневої арматури гладкого профілю (рис. 5).

Висновки. 1. Через наявність дефектів у виготовленні несучих балок покриття та сейсмічні впливи, конструкції покриття виробничої будівлі отримали значні пошкодження на опорних ділянках у вигляді нормальних тріщин у місцях кріплення збірних ребристих плит покриття до балок.

2. Вплив сейсмічних коливань та відсутність у верхній зоні балок поздовжньої арматури призвели до виникнення напружень зсуву, що, передаючись через закладні деталі, викликали у верхніх частинах опорних перерізів балок розтяг і сколювання. Найбільшої ширини розкриття (3–7 мм) тріщини досягли на опорах балок покриття, де виникли максимальні поперечні сили. Все це призвело до виникнення аварійного стану конструкцій покриття і споруди загалом.

3. Для забезпечення подальшої безаварійної експлуатації торгового ринку запроектовано підсилення балок (див. рис. 5) за допомогою сталевих обойми з кутників і стержневої арматури.

1. Голишев А. Б. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / Голишев А. Б., Ткаченко И. И. – К, ЛОГОС, 2001. – С. 3–97.
2. ДСТУ Б В 2.6-156:2010 Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Мінрегіонбуд України, 2011. – С. 1–115.
3. Ремонт і підсилення несучих та огорожуючих будівельних конструкцій і основ промислових будинків і споруд. ДБН В.1.-1-2002. Держкомітет України з будівництва і архітектури. – К, 2003. – С. 1–22.
4. ДБН В.2.6-98:2009 “Бетонні та залізобетонні конструкції”.
5. Территориальный каталог типовых сборных железобетонных конструкций зданий и сооружений для промышленного строительства в Львовской области. Т. 2. Многоэтажные здания. – К., 1987.
6. Шерешевский И. А. “Конструкции промышленных зданий и сооружений”. – Л., 1980.
7. ДБН В.1.2-2:2006 “Будівництво у сейсмічних районах України”. – К., 2006. – С. 2–74.
8. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия. Справочник проектировщика. – М., 1981. – С. 15–65.
9. Реконструкция зданий и сооружений. под ред. д-ра техн. наук, проф А.Л. Шагтна. – М.: Высшая школа, 1991. – С. 42–91.
10. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. – Л., 1965.
11. Министерство образования Республики Беларусь. Новополоцкий политехнический институт. В.Д. Гринев. Усиление железобетонных и каменных конструкций. – Новополоцк, 1992.

References

1. Holyshev A. B., Tkachenko I. I. *Proektirovaniye usileniy niesushchikh zhelezobetonnykh konstruktсий proizvodstviennykh zdaniy i sooruzheniy* [Designing of reinforced concrete structure strengthenings of industrial buildings and structures]. (2001). Kyiv: Logos [in Russian].
2. *Konstruktсий budynkiv ta sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktсий z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannia* [Construction of houses and buildings. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Designing rules]. (2011). DSTU B V.2.6-156:2010. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine [in Ukrainian].
3. *Remont i pidsylennia nesuchykh ta ohorodzhuyuchykh budivelnnykh konstruktсий i osnov promyslovykh budynkiv i sporud* [Repairs and strengthenings of bearing and fencing constructions and bases of industrial buildings and structures]. (2003). DBN V.1-1-2002. Kyiv: State Committee of Ukraine in building and architecture [in Ukrainian].
4. *Betonni ta zalizobetonni konstruktсий* [Concrete and reinforced concrete structures]. DBN V.2.6-98:2009 [in Ukrainian].
5. *Territorialnyy katalog tipovykh sbornykh zhelezobetonnykh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy dla promyshlennogo stroitelstva v Lvovskoy oblasti. T. 2. Mnogoetazhnyye zdaniya* [Territorial catalogue of typical prefabricated reinforced concrete structures of houses and buildings for industrial development in Lvov region. Volume 2. Multi-storey buildings]. (1987). Kyiv [in Russian].
6. *Shereshevski I. A. Konstruktсий promyshlennykh zdaniy i sooruzheniy* [Industrial house and building structures]. (1980). Leningrad [in Russian].
7. *Budivnytstvo u seysmichnykh rayonakh Ukrayiny* [Building construction at seismic regions in Ukraine]. (2006). DBN V.1.2-2:2006. Kyiv [in Ukrainian].
8. *Dinamicheskyy raschet sooruzheniy na spetsyalnyye vozdieystviya. Spravochnik proektirovshchika* [Dynamic calculation of structures on special impacts]. (1981). Moscow [in Russian].
9. *Rekostruktсий zdaniy i sooruzheniy* [House and building reconstruction]. (1991). Moscow: High school [in Russian].
10. *Onufriyev N. M. Usileniye zhelezobetonnykh konstruktсий promyshlennykh zdaniy i sooruzheniy* [Reinforced concrete structure strengthenings of industrial houses and buildings]. (1965). Leningrad [in Russian].
11. *Grinev V. D. Usileniye zhelezobetonnykh i kamiennykh konstruktсий* [Reinforced concrete and stone structure strengthening]. (1992). Novopolotsk: Ministry of education of Belarus Republic. Novopolotsk polytechnic institute [in Russian].