

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ РИГЕЛІВ ТРИБУН СТАДІОНУ «ВОРСКЛА» В М. ПОЛТАВА

Горик О.В., Ковальчук С.Б., Яхін С.В.

Полтавська державна аграрна академія
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: Розглянуто питання технічного стану ригелів залізобетонних рам трибун стадіону «Ворскла» у м. Полтава за результатами натурних досліджень жорсткості.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены вопросы технического состояния ригелей железобетонных рам трибун стадиона «Ворскла» в г. Полтава по результатам натурных исследований жесткости.

ABSTRACT: Questions of a technical condition of reinforced concrete crossbars of frame on stadium "Vorskla" in Poltava by the results of field studies of rigidity are considered.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: трибунна споруда, технічний стан, дефект, експлуатаційний ресурс, каркас

ВСТУП

Відповідно до діючого законодавства увесь існуючий будівельний фонд потребує періодичного обстеження, оцінювання технічного стану й паспортизації будівель і споруд, а об'єкти з масовим перебуванням людей (зали для глядачів, спортивні арени, торгові манежі) у першу чергу. Ці будівельні об'єкти знаходяться під особливою увагою контролюючих органів щодо виконання системи забезпечення надійності та конструктивної безпеки (ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ»). У Полтаві таким об'єктом є головна обласна спортивна арена – стадіон «Ворскла» імені Олексія Бутовського у вигляді замкнутої чаші, що вміщує 24850 місць для глядачів.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стадіон «Ворскла» в місті Полтава експлуатується, як більшість таких споруд, під відкритим небом. Ступінчата конструкція локрівлі трибун, на якій влаштовано безліч вузлів кріплення сидінь, та інтенсивний потік глядачів стали на заваді досягнення належної гідроізоляції підтрибунного простору (приміщень і окремих елементів конструкцій), хоча для вирішення цієї проблеми був розроблений спеціальний проект реконструкції. Дощові й талі води протягом тривалого часу просочувались (а місцями й протікали) через ненадійний гідроізоляційний килим покриття, насичуючи вологою залізобетонні конструкції. Це призводило до поступового погіршення технічного стану залізобетону, особливо, взимку за різкої зміни температури. Тому експлуатаційна надійність споруди стадіону, зважаючи на його сучасний технічний стан і рівень наслідків можливої аварії, потребує, окрім періодично проведених візуально-інструментальних обстежень та перевірочних розрахунків окремих конструктивних елементів, більш глибокого комплексного дослідження залишкової міцності та жорсткості несучих елементів каркасу трибун. Однією із частин таких комплексних досліджень беззаперечно є натурне дослідження жорсткості елементів рам залізобетонного каркасу, результати якого лягли б в основу прогнозування експлуатаційного резерву трибунної споруди.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зважаючи на вимоги до об'єктів із масовим перебуванням людей та умови експлуатації під відкритим небом, починаючи з 1988 року, періодично проводились обстеження технічного стану конструкцій стадіону. В результаті не дозволялась експлуатація окремих секторів (трибун) протягом ігрового сезону, або й більше. Зокрема, були розроблені й запроваджені системи підсилення верхніх похилих ригелів рам Східної трибуни влаштуванням зовнішніх тяжів у нижній їх зоні із пристроєм контролю напружень [1-3], вибіркоче підсилення колон влаштуванням металеві обійми з наступним торкретуванням [4], а також стягування цегляних стін коментаторських приміщень металевими тяжами [5] та інше. Ці обстеження й конструктивні рішення носили локальний характер і виконувалися під той чи інший захід або до початку нового футбольного сезону. При цьому видавалися короткострокові дозволи на експлуатацію стадіону та рекомендації стосовно подальшої експлуатації переважно протягом одного року. Залишались не виконаними комплексні дослідження технічного стану всієї споруди з глибоким підходом до пошуку резервів несучої здатності.

Мета та завдання досліджень - за результатами натурних досліджень прогинів ригелів східної трибуни, як найменш жорстких елементів каркасу стадіону, оцінити резерв несучої здатності та встановити можливість надійного використання споруди за цільовим призначенням з урахуванням наявних дефектів і пошкоджень.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Стадіон «Ворскла» – це каркасна споруда, котра об'єднує чотири об'ємно-конструктивні складові, названі відповідно до орієнтації за географічними напрямками: Східна, Південна, Західна та Північна трибуни. В основу каркасу споруди покладено систему поперечних та радіальних збірних залізобетонних одно-, двох- і триярусних рам із похилими верхніми консольними ригелями, на яких влаштовані плити з місцями для глядачів. Сусідні рами сполучені між собою залізобетонними монолітними і збірними дисками та окремими елементами-розпірками. На між'ярусних дисках (перекриттях) розташовані приміщення різного призначення.

Уже понад 30 років елементи каркасу стадіону експлуатуються під відкритим небом і знаходяться під впливом опадів, які містять хлористі сполуки. Ці розчинні сполуки, потрапивши у тріщини залізобетонних конструкцій, викликають активну корозію арматури і бетону.

Детальним обстеженням встановлено, що визначальним конструктивним дефектом є влаштування ненадійного гідроізоляційного асфальтобетонного килиму на поверхні трибун, що стало пріоритетною причиною погіршення технічного стану конструкцій та зниження їх експлуатаційної надійності. Цей конструктивний недолік, що призводить до насичення вологою залізобетонних конструкцій, є першопричиною виникнення і розвитку багатьох інших дефектів (руйнування бетону, оголення арматури з різною мірою корозії, корозія металевих елементів).

Під час останньої реконструкції з метою захисту підтрибунних приміщень, а також конструктивних елементів трибуни від атмосферних опадів, на плитах створено гідроізоляційний килим, який захищений шаром армованого монолітного бетону товщиною 50...70 мм, що виявилось черговим помилковим проектним рішенням.

Найбільш вразливими, внаслідок конструктивних параметрів, виявилися похилі ригелі рам Східної трибуни, які складаються із двох елементів: перші (P1), власне відповідальні елементи (категорія A1), мають номінальні прогони 12,0 м плюс консоль 3,2 м, а другі (P2) мають прогони 6,0 м. Кут нахилу складає біля 25°. Елементи ригелів з'єднані між собою та колонами за допомогою зварювання закладних (накладних) деталей.

Неруйнівними методами контролю встановлено міцність бетону ригелів на стиск та армування [3]. Процент армування складає 3,15%.

Постійне нормативне навантаження [4] на ділянці сидінь $g_{ser}=6,98$ кПа. Тимчасове нормативне навантаження від глядачів $v_{ser}=4,0$ кПа.

За цими навантаженнями проведені розрахунки за I групою граничних станів окремого консольного елемента Р1 ригеля, як шарнірно обпертої балки, при дії найбільш несприятливих комбінаціях навантажень свідчать про майже вичерпаний запас його несучої здатності. Оцінка міцності статичним випробуванням у даному випадку є непрямим методом, так як ригель довести до руйнування не можливо, а найбільша величина статичного навантаження при випробуванні приймається рівною експлуатаційній (тобто без вилучення її зі складу споруди). Це вимусило шукати резерви міцності ригелів іншим шляхом.

Перш за все, увагу було звернено на моделювання розрахункової схеми ригелів, яка враховувала б просторову роботу каркасу, вплив жорсткості колон, рівень піддатливості опорних вузлів та включення в роботу існуючої системи підсилення стягелями з 2025А-III. Для цього було проведено дослідження їх жорсткості (прямий метод контролю) пробним навантаженням, оцінка якої контролювалась величиною прогинів. Дослідження проводилося в два етапи під час проведення футбольних матчів на суперкубок України між командами «Динамо» Київ та «Шахтар» Донецьк у 2008 і 2011 роках. Статус посидінок надавав можливість повного заповнення трибун стадіону глядачами.

На першому етапі 15.07.2008 р. досліджувались три, за результатами обстеження найбільш вразливі, ригелі, а на другому 06.07.2011 р. – два ригелі, один із яких для порівняння результатів досліджувався повторно. Тобто, було досліджено 4 з 22 ригелів по осях 8-11 Східної трибуни.

Ригелі рам поступово завантажувались в процесі заповнення трибуни глядачами, з наростаючим збільшенням навантаження до досягнення 100% заповнення глядацьких місць, що складає більше 30% від загального розрахункового навантаження.

Під час проведення випробувань за [6] в «живому» експлуатаційному режимі було вжито заходів щодо виконання вимог безпеки. Суворо контролювалась нормативна кількість глядачів відповідно до перепусток, рух сектором сторонніх осіб та глядачів був унеможливлений, що дозволило отримати більш достовірні результати. Доступ непричетних осіб у зону проведення випробувань заборонявся.

Перед початком випробувань виконано обстеження конструкцій [7] та зібрана інформація про спосіб їх виготовлення, умови експлуатації, склад, технічний стан і наявність дефектів: тріщини, відшарування захисних шарів і покриттів, відколи, відхилення розташування елементів конструкцій від проектного положення, корозійне руйнування матеріалів конструкцій та сталеві арматури залізобетонних конструкцій. Також досліджено фізико-механічні характеристики матеріалів неруйнівними

методами, виконано перевірочні розрахунки несучої здатності похилих ригелів, зафіксовано стани основних вузлів конструкцій та пристроїв забезпечення необхідного натягу елементів підсилень. Аналіз даних засвідчив безпечність проведення спортивних заходів.

Під час випробувань фіксувались розвиток тріщин та прогини відповідно до міри наповнення трибуни глядачами. Хід заповнення місць для сидіння та реальна кількість глядачів контролювалась спостерігачами, що знаходились безпосередньо на трибуні. Дані про заповнення синхронізувались із даними прогинів та часом, коли знімались покази.

Результати досліджень у графічному вигляді показані на рис. 1.

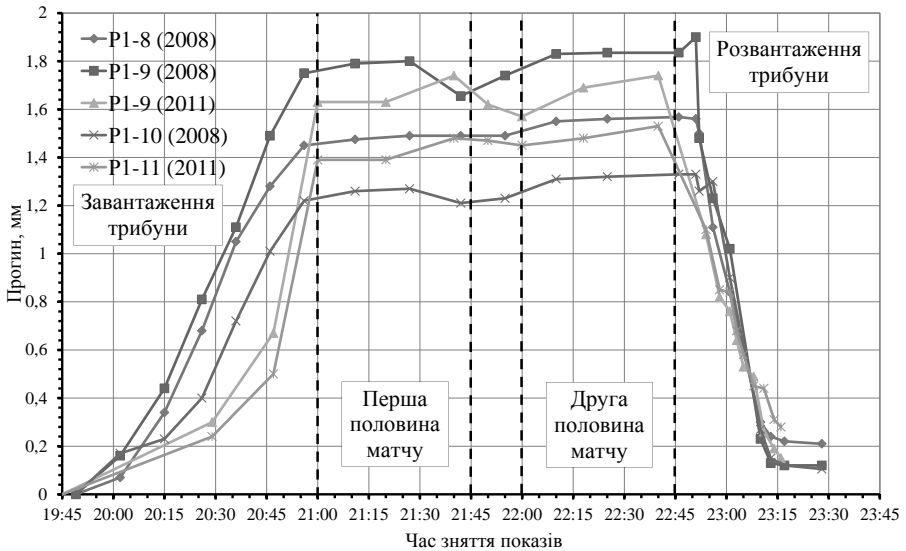


Рис. 1. Прогини ригелів, що досліджувались

Слід відмітити, що під час першого і другого матчів наповнення трибун глядачами було стовідсоткове. Графіки прогинів мають очікуваний вигляд з вітками (частинами) навантаження, перебування глядачів на трибуні протягом гри та розвантаження. Перші глядачі появилися на трибуні більше ніж за годину до початку матчу. Динаміка зростання прогинів перед самим початком гри стрімко зростала. Під час поєдинку прогини залишались практично однаковими з деяким збільшенням в часі. За декілька хвилин до фінального свистка глядачі почали залишати місця на трибунах й прогини різко протягом 40...45 хв. зменшились практично до початкових. Процес навантаження випереджав розвиток прогинів, окрім вітки розвантаження, де на кінцевій її частині розвантаження випередило деформації. Така картина цілком зрозуміла.

Уже після першого етапу дослідження стало зрозуміло, що ригелі працюють у більш складних умовах, ніж це моделювалось ідеалізованою розрахунковою схемою у вигляді окремої одноконсольної балки на двох шарнірних опорах. Розрахункові значення прогинів за такою моделлю роботи при реальному тимчасовому навантаженню глядачами виявилися значно більшими від дослідних при пружній роботі залізобетону.

Тому після комплексу аналітично-експериментальних досліджень було встановлено наближену до реальної розрахункову модель ригелів з обґрунтуванням додаткових в'язей (умов) їх деформування. Другий контрольний етап натурних досліджень тільки підтвердив наші підходи до пошуку резерву несучої здатності визначальних елементів каркасу стадіону. Слід звернути увагу на практичну збіжність прогинів ригеля Р1-9 (по вісі 9) за результатами випробовувань у 2008 та 2011 роках.

Таким чином, відповідно до встановленої експериментально обґрунтованої розрахункової моделі аналітично було визначено резерв міцності ригелів Східної трибуни, який дозволив зробити висновки про надійність й безпечність експлуатації стадіону «Ворскла» імені Олексія Бутовського в місті Полтава.

ВИСНОВКИ

На основі прямого методу контролю – статичних натурних випробувань жорсткості найбільш вразливих елементів (похилих ригелів) залізобетонного каркасу аналітично визначено резерв їх міцності, що дало змогу оцінити технічний стан усієї споруди на задовільно (категорія II) і надати дозвіл на експлуатацію стадіону протягом п'яти років до чергового обстеження.

Отримані результати в ході виконання комплексу робіт по визначенню технічного стану споруди покладені в основу рекомендацій щодо подальшої надійної експлуатації головної спортивної арени обласного центру й тренувальної та ігрової бази футбольного клубу «Ворскла».

ЛІТЕРАТУРА

1. Висновок про технічний стан та експлуатаційну надійність залізобетонних ригелів і їх сталевих тяжів-затяжок підсилення Східної трибуни стадіону «Ворскла» у м. Полтава // ТОВ «СПЕЦБУДРЕКОНСТРУКЦІЯ – 95», 2002.
2. Звіти про обстеження будівельних конструкцій Східної трибуни стадіону «Ворскла» (№ 2114/01-31), (№ 2114/01-31), (№ 2423/05), (2696/07) // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2003, 2004, 2005, 2007.

3. Звіт про технічний стан залізобетонних конструкцій Східної трибуни стадіону «Ворскла» у м. Полтава // Багатогалузевий науково-технічний центр «Віра», 2008. – 136 с.
4. Звіт про науково-дослідну роботу «Обстеження технічного стану будівельних конструкцій стадіону «Ворскла» (№ 2062/01) //Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2001.
5. «Реконструкція стадіону «Ворскла» в г. Полтава» (шифр 108001-01) // Харківський «ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ», 1993.
6. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. – Київ, 1997. – 23 с.
7. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд // Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці України. – 27.11.1997. – № 32/288.

Стаття надійшла до редакції 04.03.2013 р.