

Напружено-деформований стан монолітного ребристого перекриття силосу при максимальних навантаженнях

Вячеслав Адаменко., к.т.н., доцент, доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)

Для монолітних ребристих перекриттів силосів характерна робота при значних корисних навантаженнях, циклічності його прикладення. Для таких споруд, враховуючи їх специфіку, можливе перевантаження перекриттів. У даному випадку, постає завдання контролю технічного стану перекриття у процесі циклів завантаження – розвантаження силосу. Для якісного контролю, із одного боку слід мати дослідні дані напружено – деформованого стану, а із іншого – адекватну числову модель, яка б із достатнім ступенем точності моделювала фактичний напружено – деформований стан перекриття.

Силос для зберігання 500 тис. кН цукру – піску складається із підсилосного поверху, який виконано із монолітного залізобетону; власне силосу, який являє собою циліндричну сталеву несучу конструкцію із внутрішніми ребрами жорсткості; надсилосного бункеру; галереї подавання цукру; палевого фундаменту з ростверком.

Залізобетонне ребристе перекриття, є складовою частиною підсилосного поверху, і являє собою монолітну конструкцію діаметром 45 м, яка складається із монолітної залізобетонної плити товщиною 430мм, обрамленої по зовнішньому контуру кільцевою балкою (Бк1) висотою 955мм, монолітних балок (Б1...Б9) висотою 770мм, розміщених по сітці колон із кроком 4,0x4,0м, перерізом 800x800, 1000x1000, 800x1000мм.

Дослідна частина роботи, враховуючи масштабність даної споруди і тривалість циклу завантаження – розвантаження силосу (близько 10-ти місяців), включала отримання експериментальних величин прогинів монолітних балок центральної частини перекриття (типу Б9) під час циклу завантаження – розвантаження силосу. Вимірювання прогинів монолітних балок виконували за допомогою індикаторів годинникового типу (хід 0...10мм).

Нелінійне моделювання роботи монолітного перекриття виконано за допомогою ПК «Ліра-САПР» [2]. У прийнятій фізично нелінійній скінченно-елементній моделі, монолітна плита, залізобетонні балки, зовнішня монолітна стіна змодельовані фізично нелінійними СЕ №241, 242 і 244, кільцева балка та колони – фізично нелінійними СЕ №210. Реальні діаграми деформування бетону і арматури закладені у вигляді експоненційних кривих, залежно від класів бетону і арматури елементів монолітного перекриття. Класи бетону призначені на основі додатково проведених обстежень, С16/20 та С20/25. Навантаження від цукру – піску, при виконанні нелінійних розрахунків, прийнято виходячи із максимального завантаження силосу на даному циклі – 400 120кН. Дане навантаження в ПК «ЛІРА-САПР», задано з урахуванням конусу природного відкосу 33°. Були отримані розрахункові нелінійні і дослідні прогини для 1-ї групи балок при початкових (256 680кН), пікових (400 120кН) і кінцевих після розвантаження (256 680кН) навантаженнях, та 2-ї групи балок, 282 350кН — 400 120кН — 282 350кН відповідно.

Співставлення приростів нелінійних прогинів (400 120кН - 256 680кН) з приростами дослідних прогинів, для 1-ї групи балок, показує у середньому 10% перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими. Аналогічне співставлення для 2-ї групи балок (400 120кН — 282 350кН), показує у середньому 14% перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими. Загалом, середнє перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими складає 12%, тобто, отримано задовільну збіжність приростів дослідних прогинів балок та відповідних приростів нелінійних розрахункових прогинів монолітних балок ребристого перекриття силосу.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011.
2. Программный комплекс ЛИРА-САПР® 2013: Учебное пособие / Городецкий Д.А., Барабаш М.С. и др.; Под ред. Городецкого А.С. – К. –М.: Электронное издание, 2013, – 376 с.

Stress-strain state of monolithic ribbed slab of the silo at maximum loads

V. Adamenko, Ph.D., Associate Professor, Metal and Wooden Structures Department,

Kyiv National University of Construction and Architecture

Monolithic ribbed slabs of silos is characterized by work with significant payloads, its cyclic application. For such structures, taking into account their specifics, exists possibility of overloading the slabs. In this case, arises the problem of monitoring the technical condition of the slab in the process cycles of loading - unloading silo. For qualitative control, on the one hand it is necessary to have experimental data of the stress - strain state, and on the other - an adequate numerical model, which would model the actual stress - strain state of the slab with a sufficient degree of accuracy.

Silo for storage of 500 thousand kN of sugar - sand consists of an under-silo level which is made of monolithic reinforced concrete; the actual silo, which is a cylindrical steel load-bearing structure with internal stiffeners; over-silo bunker; sugar delivery galleries; pile foundation with a grillage.

Reinforced concrete ribbed slab, is an integral part of the under-silo level, and is a monolithic structure with a diameter of 45 m, which consists of a monolithic reinforced concrete slab 430 mm thick, framed on the outer contour by an annular beam (Bk1) with height of 955 mm, monolithic beams with height of 770 mm placed on a grid of columns with a step of 4,0x4,0m, section 800x800, 1000x1000, 800x1000mm.

The experimental part of the work, taking into account the scale of this building and the duration of the loading-unloading cycle of the silo (about 10 months), included obtaining experimental values of deflections of monolithic beams of the central part of the slab (type B9) during the loading-unloading cycle of the silo. Measurements of deflections of monolithic beams were performed using clock-type indicators (stroke 0 ... 10 mm).

Nonlinear modeling of the monolithic slab was performed using PC «Lira-SAPR» [2]. In the adopted physically nonlinear finite element model, the monolithic slab, reinforced concrete beams, the outer monolithic wall are modeled by physically nonlinear finite elements №241, 242 and 244, the ring beam and columns are modeled by physically nonlinear FE №210.

Real diagrams of deformation of concrete and reinforcement were used in the form of exponential curves, depending on the classes of concrete and reinforcement of elements of the monolithic slab. Classes of concrete are appointed on the basis of additional inspections, C16/20 and C20/25.

Load from sugar - sand, when performing nonlinear calculations, were taken based on the maximum load of silo on this cycle - 400 120kN. This load in the PC «Lira-SAPR» is set taking into account the cone of the natural slope of 33°.

The calculated nonlinear and experimental deflections for the 1st group of beams at initial (256 680 kN), peak (400 120 kN) and final after unloading (256 680 kN) loads, also as the 2nd group of beams, 282 350 kN - 400 120 kN - 282 350 kN in accordance were obtained.

The comparison of the increments of nonlinear deflections (400 120 kN - 256 680 kN) with the increments of the experimental deflections, for the 1st group of beams, shows on average 10% of the excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones. A similar comparison for the 2nd group of beams (400 120kN - 282 350kN), shows an average of 14% excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones. In general, the average excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones is 12%, ie, a satisfactory convergence of the increments of the experimental deflections of the beams and the corresponding increments of nonlinear calculated deflections of monolithic beams of the ribbed slab of the silo.

1. DBN V.2.6-98:2009. Betonni ta zalizobetonni konstruksii. Osnovni polozhennia. – Kyiv: Minrehionbud, 2011.
2. Programmyj kompleks LIRA-SAPR® 2013: Uchebnoe posobie / Gorodeckij D.A., Barabash M.S. i dr.; Pod red. Gorodeckogo A.S. – K. –M.: Elektronnoe izdanie, 2013, – 376 s.