УДК 624.074:[624.012.4+624.014.2]

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ В СТРУКТУРНИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЛОКАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕННЯХ

д.т.н., проф. Стороженко Л.І., аспірант Мурза С.О.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. Сталезалізобетонні структурні конструкції [2] є комплексними, в яких сумісно працюють сталеві елементи з залізобетонною плитою. Залізобетонна плита використовується в якості верхнього стиснутого поясу структурної конструкції. Розкоси та нижній пояс виконані з металевих елементів, які в основному сприймають зусилля розтягу. Вони можуть виготовлятися як в збірному так і в монолітному варіантах. Такі конструкції застосовуються в якості перекриттів та покриттів, що мають значні прольоти, та на які діють великі навантаження. У будь яких перекриттях та покриттях присутні різного роду технологічні отвори, що інколи мають значні розміри і впливають на напружено-деформований стан всієї будівлі.

Аналіз останніх досліджень. Сталезалізобетонні структурні конструкції складаються з залізобетонної плити та поєднаної з нею в процесі будівництва структури зі сталевих стрижнів. Зусилля в елементах структури можна визначати через прогини шляхом інтегрування методом кінцевих різниць відомого з будівельної механіки диференційного рівняння напруженого стану тонкої плити. Отримав розповсюдження приблизний метод розрахунку плит із використанням довідкових даних про згинальні моменти в суцільних пластинах і даних про особливості переходу від суцільних плит до стрижневих. Для забезпечення належної точності використовують поправкові коефіцієнти, які дозволяють ураховувати різницю в згині суцільної плити та стрижневої конструкції. Ця методика може використовуватись при рівномірному завантаженні конструкції, але вона дає значні похибки при інших завантаженнях. Тому така конструкція потребує отримання нових методів розрахунку. На даний момент розроблений метод розрахунку при нерівномірному завантаженні сталезалізобетонних структурних конструкцій[2]. Також досліджено вплив нерівномірного навантаження на конструкцію[4].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. На практиці в перекриттях та покриттях найчастіше присутні різного роду отвори, які у свою чергу викликають перерозподіл зусиль в елементах конструкції. Сталезалізобетонна структурна конструкція працює як суцільна плита, а тому наявність в ній пошкоджень (технологічних отворів, пошкодження від корозії) впливає на її роботу в цілому. Також слід відмітити що така конструкція є багато разів статично невизначеною, тому вихід з роботи окремих елементів може не суттєво впливати на її напружено-деформований стан і конструкція може продовжувати свою роботу під навантаженням.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті розробити методику визначення зусиль в структурних сталезалізобетонних конструкцій при локальних пошкодженнях.

Виклад основного матеріалу.

Особливістю сталезалізобетонної структурної конструкції є те, що сталева решітка в ній працює сумісно із залізобетонною плитою, при цьому плита заміщує верхні стиснуті пояси перехресних ферм структури та виконує огороджуючі функції. Така просторова конструкція має велику жорсткість, а залізобетонна плита використовується в якості верхнього пояса.

Для розв'язання цього завдання запропоновано скористатись методикою визначення зусиль у структурній сталезалізобетонній плиті при нерівномірному завантаженні. Для цього був застосований підхід, розроблений Т.Н. Азізовим [1], та досліджений в [2-4]. В цій методиці СЗБСК розділяється на окремі лінійні елементи площинами, перпендикулярними до вісі ребер. Розглядається *i*-й відсічений лінійний елемент із діючими в місці розрізу зусиллями, які необхідно визначити.

Для визначення невідомих зусиль *T(x), S(x), M(x), H(x), N(x)* записані умови сумісності деформацій для кожного і-го перерізу.

1. Рівність деформацій ε(x) ліворуч та праворуч від і-го перерізу.
2. Рівність кривизни у вертикальній площині ліворуч і праворуч від і-го перерізу.
3. Рівність кутів повороту ліворуч та праворуч від і-го перерізу.
4. Рівність кривизни в горизонтальній площині у верхньому поясі ліворуч і праворуч від і-го перерізу.
5. Рівність кривизни в горизонтальній площині у нижньому поясі ліворуч і праворуч від і-го перерізу.

Систему диференційних рівнянь (1) потрібно записувати для кожного поздовжнього перерізу. Її можна вирішувати, представляючи рішення у вигляді рядів Фур'є по синусах.

Отримана система рівнянь залежить від геометричних характеристик конструкції які при в ідеальному випадку є сталими величинами. В нашому випадку ми розглядаємо задачу в якій відбувається зміна геометричних характеристик по довжині конструкції в результаті різного роду пошкоджень.

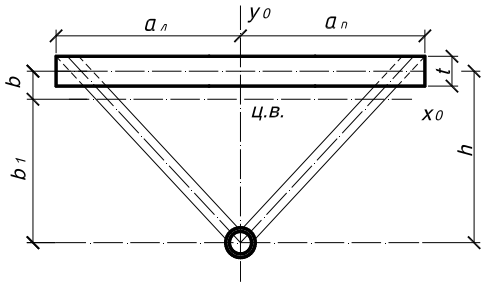

Рис. 1. Переріз конструкції без пошкоджень

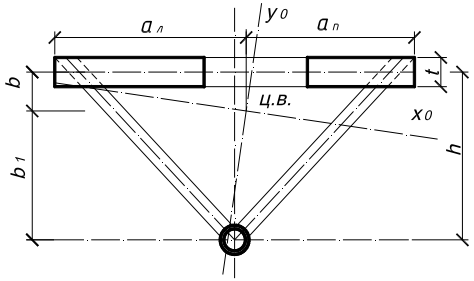

Рис. 2. Переріз конструкції з пошкодженням верхнього поясу

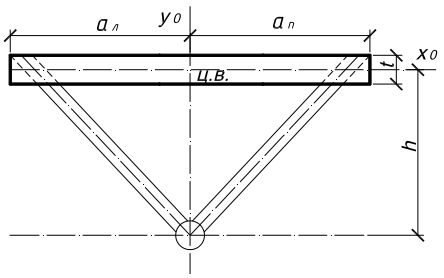

Рис. 3. Переріз конструкції з пошкодженням нижнього поясу

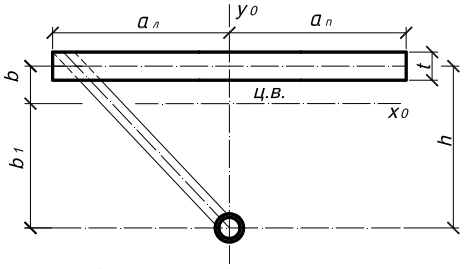

Рис. 4. Переріз конструкції з пошкодженням розкосів

При локальних пошкодженнях (рис. 2–4) змінюються згинальна, крутна, осьова жорсткості перерізу. Також змінюються відстані від центру ваги перерізу до країв конструкції.

Наявність локальних пошкоджень у конструкції призводить до зміни жорсткостей по довжині. Тому для отримання зусиль конструкція розбивається на окремі ділянки сталої довжини і сталої жорсткості, на ділянках із локальними пошкодженнями жорсткості необхідно визначати з їх урахуванням.

$$1.\ \left(\frac{a_{n_i}a_{n_i}}{EI_{\Gamma i}}-\frac{1}{EA_i}-\frac{b_i^{\,2}}{EI_i}\right)T''_{i-1}+\left(\frac{a_{n_i}^{\,2}}{EI_{\Gamma i}}+\frac{1}{EA_i}+\frac{b_i^{\,2}}{EI_i}+\frac{a_{n_{i+1}}^{\,2}}{EI_{\Gamma i+1}}+\frac{1}{EA_{i+1}}+\frac{b_{i+1}^{\,2}}{EI_{i+1}}\right)T''_i+$$
$$+\left(\frac{a_{n_{i+1}}a_{n_{i+1}}}{EI_{\Gamma i+1}}-\frac{1}{EA_{i+1}}-\frac{b_{i+1}^{\,2}}{EI_{i+1}}\right)T''_{i+1}+\frac{b_i}{EI_i}M''s_{i-1}+\left(-\frac{b_i}{EI_i}-\frac{b_{i+1}}{EI_{i+1}}\right)M''s_i+\frac{b_{i+1}}{EI_{i+1}}M''s_{i+1}+$$
$$+\frac{a_{n_i}}{EI_{\Gamma i}}M''h_{i-1}+\left(-\frac{a_{n_i}}{EI_{\Gamma i}}+\frac{a_{n_{i+1}}}{EI_{\Gamma i+1}}\right)M''h_i+\frac{a_{n_{i+1}}}{EI_{\Gamma i+1}}M''h_{i+1}-\frac{a_{n_i}}{EI_{\Gamma i}}M''n_{i-1}+\left(\frac{a_{n_i}}{EI_{\Gamma i}}+\frac{a_{n_{i+1}}}{EI_{\Gamma i+1}}\right)M''n_i-$$
$$-\frac{a_{n_{i+1}}}{EI_{\Gamma i+1}}M''n_{i+1}=\frac{b_i}{EI_i}M''q_i-\frac{b_{i+1}}{EI_{i+1}}M''q_{i+1};$$

$$2.\ -\frac{b_i}{EI_i}T_{i-1}+\left(\frac{b_i}{EI_i}+\frac{b_{i+1}}{EI_{i+1}}\right)T_i-\frac{b_{i+1}}{EI_{i+1}}T_{i+1}-\frac{1}{EI_i}M''s_{i-1}+\left(\frac{1}{EI_i}+\frac{1}{EI_{i+1}}\right)M''s_i-\frac{1}{EI_{i+1}}M''s_{i+1}+$$
$$-\frac{a_{n_i}a_{n_i}}{GI_i}M''s_{i-1}+\left(-\frac{a_{n_i}^{\,2}}{GI_i}+\frac{a_{n_{i+1}}^{\,2}}{GI_{i+1}}\right)M''s_i+\frac{a_{n_{i+1}}a_{n_{i+1}}}{GI_{i+1}}M''s_{i+1}+\frac{a_{n_i}}{GI_i}M''_{i-1}+\left(-\frac{a_{n_i}}{GI_i}+\frac{a_{n_{i+1}}}{GI_{i+1}}\right)M''_i-\frac{a_{n_{i+1}}}{GI_{i+1}}M''_{i+1}+$$
$$+\frac{a_{n_i}b_i}{GI_i}M''h_{i-1}+\left(-\frac{a_{n_i}b_i}{GI_i}+\frac{a_{n_{i+1}}b_{i+1}}{GI_{i+1}}\right)M''h_i-\frac{a_{n_{i+1}}b_{i+1}}{GI_{i+1}}M''h_{i+1}+\frac{a_{n_i}b_{1_i}}{GI_i}M''n_{i-1}+\left(\frac{a_{n_i}b_{1_i}}{GI_i}-\frac{a_{n_{i+1}}b_{1_{i+1}}}{GI_{i+1}}\right)M''n_{i+1}-$$
$$-\frac{a_{n_{i+1}}b_{1_{i+1}}}{GI_{i+1}}M''n_{i+1}=-\frac{1}{EI}M''q_i+\frac{1}{EI}M''q_{i+1};$$

$$3.\ \frac{a}{GI_i}M''s_{i-1}+\left(\frac{a}{GI_i}-\frac{a}{GI_{i+1}}\right)M''s_i-\frac{a}{GI_{i+1}}M''s_{i+1}+\frac{1}{GI_i}M_{i-1}+\left(-\frac{1}{GI_i}-\frac{1}{GI_{i+1}}\right)M_i+\qquad(1)$$
$$+\frac{1}{GI_{i+1}}M_{i+1}+\frac{b}{GI_i}M''h_{i-1}+\left(-\frac{b}{GI_i}-\frac{b}{GI_{i+1}}\right)M''h_i+\frac{b}{GI_{i+1}}M''h_{i+1}+$$
$$+\frac{b_1}{GI_i}M''n_{i-1}+\left(-\frac{b_1}{GI_i}-\frac{b_1}{GI_{i+1}}\right)M''n_i+\frac{b_1}{GI_{i+1}}M''n_{i+1}=0;$$

$$4.\ \frac{a}{EI_{\Gamma i}}T_{i-1}+\left(-\frac{a}{EI_{\Gamma i}}-\frac{a}{EI_{\Gamma i+1}}\right)T_i+\frac{a}{EI_{\Gamma i+1}}T_{i+1}+\frac{ba}{GI_i}M''s_{i-1}+\left(\frac{ba}{GI_i}-\frac{ba}{GI_{i+1}}\right)M''s_i-\frac{ba}{GI_{i+1}}M''s_{i+1}+\frac{b}{GI_i}M_{i-1}+$$
$$+\left(-\frac{b}{GI_i}-\frac{b}{GI_{i+1}}\right)M_i+\frac{b}{GI_{i+1}}M_{i+1}+\frac{1}{EI_{\Gamma i}}Mh_{i-1}+\left(-\frac{1}{EI_{\Gamma i}}-\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}\right)Mh_i+\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}Mh_{i+1}+$$
$$+\frac{b^2}{GI_i}M''h_{i-1}+\left(-\frac{b^2}{GI_i}-\frac{b^2}{GI_{i+1}}\right)M''h_i+\frac{b^2}{GI_{i+1}}M''h_{i+1}-\frac{1}{EI_{\Gamma i}}Mn_{i-1}+\left(\frac{1}{EI_{\Gamma i}}+\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}\right)Mn_i-\frac{1}{EI_{\Gamma}}Mn_{i+1}+$$
$$+\frac{b\cdot b_1}{GI_i}M''n_{i-1}+\left(-\frac{b\cdot b_1}{GI_i}-\frac{b\cdot b_1}{GI_{i+1}}\right)M''n_i+\frac{b\cdot b_1}{GI_{i+1}}M''n_{i+1}=0;$$

$$5.\ \frac{a}{EI_{\Gamma i}}T_{i-1}+\left(-\frac{a}{EI_{\Gamma i}}-\frac{a}{EI_{\Gamma i+1}}\right)T_i+\frac{a}{EI_{\Gamma i+1}}T_{i+1}-\frac{ba}{GI_i}M''s_{i-1}+\left(-\frac{ba}{GI_i}+\frac{ba}{GI_{i+1}}\right)M''s_i+\frac{ba}{GI_{i+1}}M''s_{i+1}-\frac{b}{GI_i}M_{i-1}+$$
$$+\left(\frac{b}{GI_i}+\frac{b}{GI_{i+1}}\right)M_i-\frac{b}{GI_{i+1}}M_{i+1}+\frac{1}{EI_{\Gamma i}}Mh_{i-1}+\left(-\frac{1}{EI_{\Gamma i}}-\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}\right)Mh_i+\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}Mh_{i+1}-$$
$$-\frac{b\cdot b_1}{GI_i}M''h_{i-1}+\left(\frac{b\cdot b_1}{GI_i}+\frac{b\cdot b_1}{GI_{i+1}}\right)M''h_i-\frac{b\cdot b_1}{GI_{i+1}}M''h_{i+1}-\frac{1}{EI_{\Gamma i}}Mn_{i-1}+\left(\frac{1}{EI_{\Gamma i}}+\frac{1}{EI_{\Gamma i+1}}\right)Mn_i-\frac{1}{EI_{\Gamma}}Mn_{i+1}-$$
$$-\frac{b_1^2}{GI_i}M''n_{i-1}+\left(\frac{b_1^2}{GI_i}+\frac{b_1^2}{GI_{i+1}}\right)M''n_i-\frac{b_1^2}{GI_{i+1}}M''n_{i+1}=0;$$

У результаті додавання відповідних частин виразів умови сумісності деформацій та приведення подібних отримаємо систему п'яти диференціальних рівнянь.

Тобто при виключенні з роботи елемента нижнього поясу (рис. 3) згинальна, крутна, осьова жорсткості перерізу конструкції в цілому будуть дорівнювати відповідним жорсткостям залізобетонної плити верхнього поясу. При виключенні з роботи розкосу знижується крутна жорсткість.

Отже для розрахунку потрібно розв'язувати систему для кожної ділянки окремо, враховуючи відповідні жорсткості. У результаті таких обчислень можна побудувати епюри зусиль, що діють у повздовжніх перерізах. У місцях локальних пошкоджень будуть характерні перепади. Це свідчить, що при зменшенні жорсткості окремої конструкції збільшуються зусилля, які передаються на сусідні конструкції.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Азизов Т.Н. Просторова робота залізобетонних перекрить: Автореф. Дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.01 "будівельні конструкції будівлі та споруди " / Т.Н. Азизов. – Полтава, 2006. – 34 с.
2. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
3. Стороженко Л.І. Мурза С.О. Статичний розрахунок сталезалізобетонних структурних конструкцій при нерівномірному завантаженні // "Дороги і мости " – К.: ДДНДІ імені М.П. Шульгіна, 2007.– 379 с.
4. Стороженко Л.І., Мурза С.О. Розподіл зусиль в елементах сталезалізобетонної структурної конструкції при нерівномірному завантаженні / Л.І. Стороженко, С.О. Мурза // Будівельні конструкції – К.: ДНДІБК, 2008.– 397 с.

УДК 693. 546

ФЕТИШИЗАЦИЯ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНОВ

д.т.н., профессор Сторожук Н.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Постановка проблемы. Специалистами в области бетоноведения принято, что водоцементное отношение может при определенных ограничениях являться одной из основных характеристик качества как бетонных смесей, так и бетонов. Такому выводу способствовали основополагающие работы И. Г. Малюги, М. Боломея, Н. М. Беляева, Б. Г. Скрамтаева и др. Замеченные закономерности обобщены как правило водоцементного отношения, кроме того, обобщение результатов их исследований предоставило возможность разработать с использованием правила водоцементного отношения различные методы определения составов бетонов. Даны соответствующие расчетные зависимости, используемые в настоящее время для определения расхода материалов на 1 м^3 бетона.

На основании обобщения многолетнего опыта в области технологии бетонов построены зависимости, которые специалисты называют классическими (рис. 1) [1, 2]. Приведенные зависимости многократно подтверждены практикой и не вызывают сомнений (при известных ограничениях).

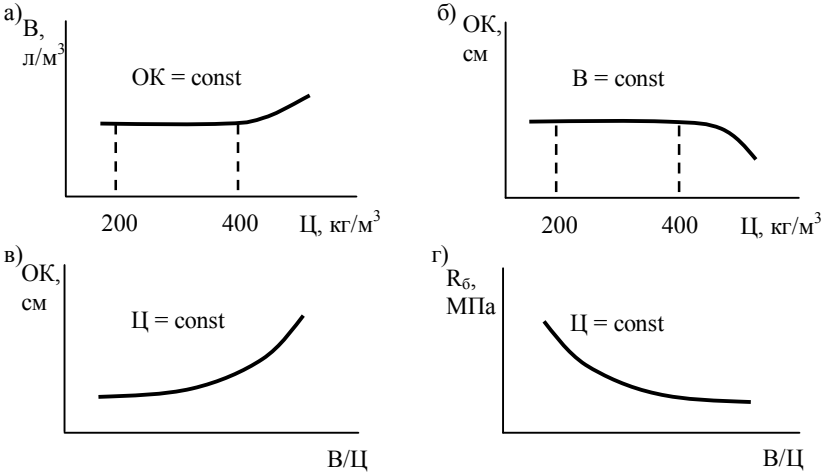

Рис. 1. Водопотребность и подвижность бетонной смеси, прочность бетонов в зависимости от расхода воды и цемента:
− водопотребность (а) и подвижность (б) бетонной смеси в зависимости от расхода цемента;
− подвижность бетонной смеси (в) и прочность бетонов (г) в зависимости от В/Ц

Однако, за последние 10…15 лет, вследствие того, что научные работы практически не рецензируются специалистами, а количество публикаций и их объем зависит от материальной возможности автора научной работы или его спонсора, значением водоцементного отношения (В/Ц) и его ролью в бетоноведении начали злоупотреблять. Некоторые исследователи просто упустили, что зависимость подвижности бетонной смеси и прочности бетона от В/Ц строго соблюдается лишь при строгих ограничениях.

Основной материал. Обобщение результатов исследований, приведенных в монографиях, диссертациях, авторефератах, материалах конференций разных уровней, в различных периодических изданиях предоставило нам возможность построить рис. 2 и 3. По понятным причинам в настоящей работе не сделаны конктерные ссылки на соответствующие источники.

В изученных нами материалах и публикациях авторы их приделяют большое значение В/Ц при объяснении полученных научных результатов. Однако это приводит в большинстве случаев к ошибочным результатам. Как видно из приведенных рисунков, если не указаны ограничения, при которых рассматриваются закономерности изменения В/Ц, можно получить любой результат по подвижности бетонной смеси и прочности бетона. Так с увеличением В/Ц подвижность бетонной смеси может уменьшаться или наоборот – с уменьшением В/Ц подвижность бетонной смеси может увеличиваться. Это в полной мере относится и к прочности бетона – она может быть постоянной с изменением В/Ц или увеличиваться с увеличением В/Ц (рис. 2 и 3).