

# ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЧАСТОРЕБРИСТОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

М. СЫЧЕВСКИЙ, Р. ТРИБИЛЛО

Белостокский политехнический институт

В последнее время в Польше производятся новые виды строительных бетонных и железобетонных, сборных, малогабаритных элементов. В период 1992 – 95 гг. разработана техническая документация часторебристого перекрытия TERIVA, которые используются для жилых и общественных многоэтажных зданий. В связи с небольшим собственным весом составных элементов перекрытия могут применяться также в индивидуальном строительстве при ручном монтаже без применения монтажного оборудования. Перекрытие TERIVA состоит из балок и пустотелых блоков. Балки выполнены в виде балочной фермы. В нижней прямоугольного вида бетонной части балки (бетон класса В20) погружены арматурные стержни. Верхняя часть балки представляет собой один стержень. Обе части балки соединены стальными раскосами, выполненными из арматуры класса А-О и сваренными давлением с нижними и верхними стержнями арматуры.

Таблица 1 – Техническая характеристика часторебристого перекрытия TERIVA

| Вариант перекрытия | Пролёт, м   | Толщина перекрытия, см | Расстояние балок, см | Размеры пустотелых блоков, см | Полезная нагрузка, кН/м <sup>2</sup> | Собственный вес, кг/м <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| TERIVA-I           | 2,40 – 6,00 | 24,0                   | 60                   | 24×52×21                      | 1,50                                 | 236-268                            |
| TERIVA-Ibis        | 2,40 – 7,20 | 26,5                   | 45                   | 24×37×23,5                    | 1,50                                 | 310                                |
| TERIVA-II          | 2,40 – 7,80 | 34,0                   | 45                   | 24×37×30                      | 3,00                                 | 390                                |
| TERIVA-III         | 2,40 – 7,80 | 34,0                   | 45                   | 24×37×30                      | 5,00                                 | 390                                |
| TERIVANOVA         | 2,40 – 7,20 | 24,0                   | 60                   | 24×24×21                      | 3,60                                 | 268                                |

Во время монтажа требуется применять монтажные опоры, количество которых зависит от пролёта. В средней части пролёта перекрытия требуется выполнять диафрагму перекрытия.

Эффективный метод оценки несущей способности часторебристого перекрытия типа представлен на примере перекрытия типа TERIVA. В многоэтажном общественном здании выполнено перекрытие TERIVA-Ibis со следующей технической характеристикой: пролёт 7,20 м, арматура нижняя 2 Ø10 + 2 Ø12 ( $A_s=3,82 \text{ см}^2$ ), бетон В15, толщина верхней плиты 3,5 см. В зоне крайних и промежуточных опор в верхней части балок во время монтажа применена арматура в виде стержней 1Ø8 (34GS), заделанных в железобетонных поясах. Однако такая арматура не гарантирует закрепления балок на опорах.

В технической документации перекрытия определена его характеристика: нижняя арматура 2 Ø8 + 2 Ø16 ( $A_s=5,03 \text{ см}^2$ ), бетон В20, толщина верхней плиты 3,0 см, проектная несущая способность на изгиб равна 37,68 кНм.

Учитывая, что в приопорной части ребра имеется верхняя арматура 8 мм, несущая способность на изгиб опорного сечения (отрицательный момент)  $M = 418 \text{ кН·м}$ . Несущая способность часторебристого перекрытия определена на основе линейно-упругого анализа, согласно актуальной норме PN-B-03264:2002. В виду отклонений выполненного перекрытия (ниже прочность бетона, меньше площадь сечения арматуры) несущая способность его оказалась меньше проектной, а также ниже расчётного значения изгибающего момента от собственного веса и полезной нагрузки.

Авторы решили оценить работу железобетонного ребра на основе пластического анализа, принимая возможность образования пластических шарниров в половине пролёта и приопорных сечениях. В виду образования шарниров балка превращается в кинематическую цепь. Принимая следующие обозначения пластических шарниров А, В-опоры, С-половина пролёта балки, условие равновесия представлено в виде баланса мощностей

$$\dot{L} = \dot{D}, \quad (1)$$

где  $\dot{L}$  – мощность внешней нагрузки с учётом скоростей виртуальных перемещений;  $\dot{D}$  – мощность внутренних сил с учётом скоростей виртуальных деформаций, кинематически связанных со скоростями перемещений внешней нагрузки.

Мощность внешней нагрузки  $P_j$  с учётом скоростей перемещений  $U_j^*$  определяется по формуле

$$\dot{L} = \int_A P_j U_j^* dA, \quad (2)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения балки.

Внутренние усилия  $Q_i$  определяют предельное состояние в виде

$$\dot{D} = Q_i \dot{q}_i^* \quad (3)$$

Зависимости (1), (2) можно преобразовать и представить в виде

$$\dot{L} = \int_0^{l_0} q(x) \dot{w} dx, \quad (4)$$

где  $l_0$  – пролёт балки;  $q(x) = q$  – равномерно распределённая внешняя нагрузка;  $w$  – виртуальные перемещения точки  $C$  (половина полёта балки);  $\dot{w}$  – скорость виртуальных перемещений.

Мощность внутренних сил с учётом виртуальных деформаций  $\dot{\varphi}$ , связанных со скоростями перемещений  $\dot{w}$ ,

$$\dot{D} = M_{gr}^A \dot{\varphi}_A + M_{gr}^B \dot{\varphi}_B + M_{gr}^C \dot{\varphi}_C \quad (5)$$

Зависимость (5) можно представить в виде

$$\dot{D} = 2M_{gr}^A \dot{\varphi}_A + M_{gr}^C \dot{\varphi}_C, \quad (6)$$

где  $\dot{\varphi}_A = \frac{2\dot{w}_0}{l_0}$ ,  $\dot{\varphi}_C = 2\dot{\varphi}_A$ .

После вычисления получим следующие значения и условие

$$\dot{L} = 17,60\dot{w}_0 < \dot{D} = 19,56\dot{w}_0,$$

свидетельствующие об удовлетворении предельного состояния несущей способности. Проведены также натурные испытания пробной нагрузкой. Результаты пробной нагрузки подтвердили положительную оценку несущей способности перекрытия. В польских нормативных документах PN-B-03264:2002 не предусматривается применение пробной нагрузки в железобетонных строительных конструкциях. В 1997 году в ИТВ (Институт строительной техники) в Варшаве разработана методика проведения пробных нагрузок и критерии оценки их результатов. Представленная в настоящей работе процедура является эффективной и может быть использована при оценке несущей способности других выполненных железобетонных конструкций и элементов.

УДК 666.973:678.02

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ТЕПЛОГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОПОЛИМЕРБЕТОНА

А. Г. ТАШКИНОВ

*Белорусский государственный университет транспорта*

Исследование свойств и оптимизация состава пенополимербетона, получаемого совмещением каркаса из крупнопористого керамзитбетона со вспенивающейся эпоксидной композицией, производились методом математического планирования эксперимента. Критериями оптимизации пенополимербетона, как материала, предназначенного для внутренней облицовки пропарочных камер