

УДК 624.012

**РАЗНОГО ОЧЕРТАНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ ПО ЦЕНТРУ**

**РІЗНОГО КОНТУРУ СТАЛЕБЕТОННІ ПЛИТИ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ У ЦЕНТРІ**

**REINFORCED CONCRETE OUTLINES DIFFERENT PLATE UNDER THE INFLUENCE OF A LOAD**

**Шевченко А.А.**, к.т.н., ассистент (Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков)

**Шевченко А.О.**, к.т.н., ассистент (Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

**Shevchenko AA.**, candidate of technical sciences, assistant (Ukrainian state university of railway transport, Kharkiv)

**В работе приводятся результаты экспериментальных исследований плит с внешним армированием листовой арматурой, соединенной с бетоном при помощи анкеров. Рассмотрены квадратные, круглые и восьмиугольные, опертые по контуру, плиты. Приведены данные об их напряженно-деформированном состоянии и исчерпании несущей способности.**

**У роботі наведені результати експериментальних досліджень плит із зовнішнім армуванням листовою арматурою, що з'єднані з бетоном за допомогою анкерів. Розглянуто квадратні, круглі та восьмикутні, обперті по контуру, плити. Наведено дані про їх напружено-деформований стан та вичерпанні несучої здатності.**

**The paper presents the results of experimental researches of steel concrete slabs. External steel reinforcement coupled with concrete by anchors. The authors considered square, round and octagonal steel concrete slab. The results of stress-strain and limit state of the plates, together with of carrying capacity exhaustion were provides in the article.**

**Ключевые слова:**

**Сталебетонная плита, внешнее армирование, петлевые анкера, прогибы, напряженно-деформированное состояние.**

**Сталебетонна плита, зовнішнє армування, петлеві анкери, згини, напружено-деформований стан.**  
**Steel concrete slabs, external steel reinforcement, carrying capacity, loop anchor, deflections, stress-strain state.**

**Введение.** Снижение стоимости и ресурсов строительства может быть достигнуто на основе освоения новых и совершенствования эффективных видов конструкций из армированного бетона, к числу которых относятся конструкции с внешним армированием плоской листовой сталью. Наибольший эффект от внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах перекрытий и покрытий зданий и сооружений. Плоский стальной лист работает в условиях двухосного растяжения, благодаря чему повышается жесткость и несущая способность плиты при одинаковом расходе металла по сравнению с железобетонной [1-4].

**Целью проведения исследований** является определение несущей способности квадратных, круглых и восьмиугольных сталебетонных плит перекрытия; оценка закономерностей их деформирования и исчерпания несущей способности при различных схемах расположения и конфигурации анкеров; определение предела трещинообразования в бетоне и пластических свойств в стальном листе; определение прогибов и деформаций до и после момента образования первых трещин; описание их схем разрушения.

Испытание сталебетонных плит перекрытия выполнялось на опытных образцах, отражающих работу реальной конструкции [5-6].

Для экспериментальных исследований было изготовлено тринадцать опытных образцов. Четыре образца (П1-П4) представляли собой круглые сталебетонные плиты, с размерами в плане диаметром 1.0 м и высотой 50 мм. Образцы П-1 и П-2 изготовлены в виде бетонной плиты с внешним армированием из листовой стали 1. Для совместной работы листовая арматура объединена с бетоном наклонными петлевыми анкерами 2, расположенными по радиусам с шагом 100мм. Их наклон к горизонтальной поверхности составляет  $45^\circ$  в направлении от центра к контуру плиты. Образцы П-3 и П-4 отличаются от плит П-1 и П-2 тем, что петлевые анкера 2 расположены с шагом 50 мм (рис.1).

Четыре образца (П5-П8) выполнены в виде восьмиугольных симметричных в плане плит размерами описанной окружности  $R=541$  мм, вписанной окружности  $r=500$  мм, стороной  $b=414$  мм и высотой 50 мм. Образцы П-9 и П-10 изготовлены в виде бетонной плиты с внешним армированием листовой сталью. Для совместной работы металлический лист объединён с бетоном наклонными петлевыми анкерами 1, расположенными по радиусам 2 с шагом 50 мм. Их наклон к горизонтальной поверхности составляет  $45^\circ$  в направлении от центра к полигональному контуру. Образцы П-11 и П-12 отличаются от П-9 и П-10 тем, что петлевые анкера 1 расположены с шагом 100 мм (рис. 2).

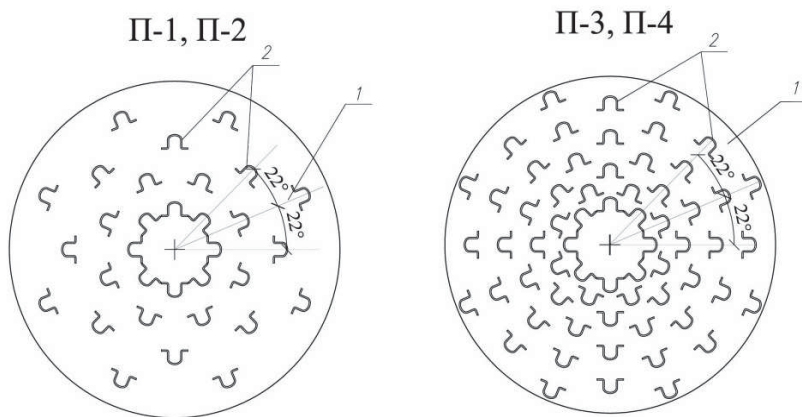


Рис. 1. Сталебетонные круглые плиты

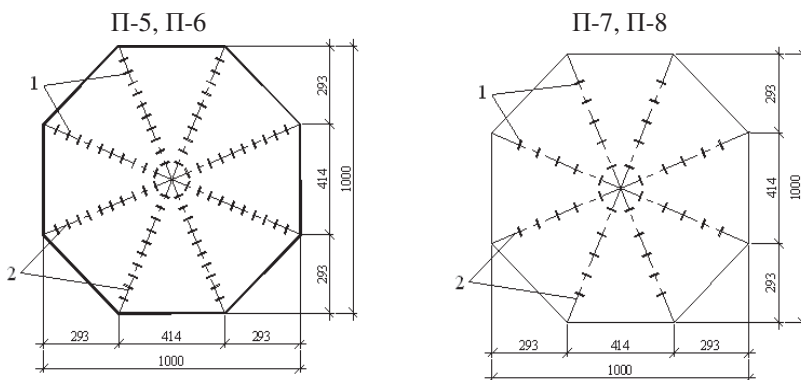


Рис. 2. Сталебетонные восьмиугольные плиты

Четыре образца (П9-П12) представляли собой квадратные сталебетонные плиты, с размерами в плане 1.0×1.0 м и высотой 50 мм. Образцы П-5 и П-6 изготовлены в виде бетонной плиты с внешним армированием листовой сталью 1. Для совместной работы металлический лист объединён с бетоном наклонными петлевыми анкерами 3, расположенными по диагоналям и в середине по направлению к краю шагом 100 мм. Их наклон к горизонтальной поверхности составляет  $45^\circ$  в направлении от геометрического центра к краю плиты. Образцы П-7 и П-8 отличаются от П-5 и П-6 тем, что петлевые анкера 3 расположены с шагом 50 мм (рис. 3).

Один образец (П13) выполнен в виде квадратной плиты, размерами в плане 1×1 м и высотой 0,05 м. Данный образец состоял из следующих

основных частей: армопалубочного элемента, который выполнен из плоского металлического листа и бетонного слоя. Стальной лист имел основание и отбортовки. Когда отбортовки листа отгибались, создавалось металлическое корыто, которое затем заполнялось бетоном (рис. 4). Также для улучшения сцепления металлического листа с бетоном в местах отсутствия П-образных просечек к листу крепились петлевые анкеры 9.

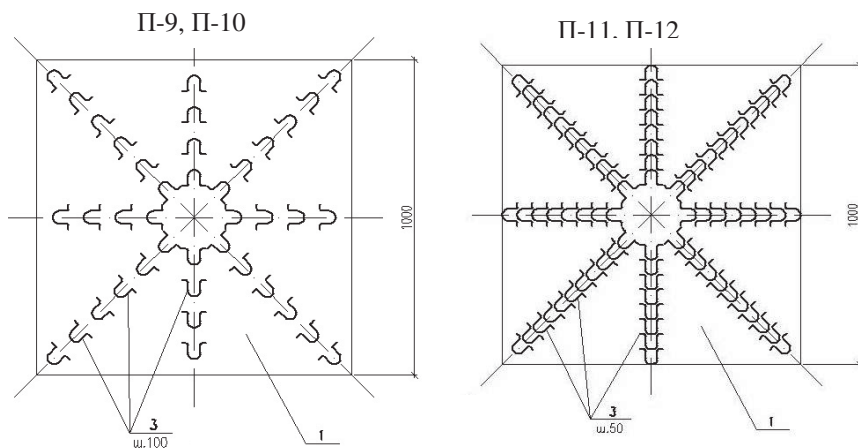


Рис. 3. Сталебетонные квадратные плиты

В качестве рабочей арматуры во всех образцах использовался металлический лист толщиной 1.0 мм.

Испытание плит П-1 – П-4 производилось на действие сосредоточенной нагрузки, приложенной в центре плиты, которая передавалась через жесткий штамп радиусом 10 мм, плиты П-5 – П-12 нагружались штампом с размерами 200×200×20 мм, а плита П-13 – на действие распределённой нагрузки, приложенной в центре плиты через жёсткий штамп с внешними размерами 40 × 40 см и внутренними – 20 × 20 см, обеспечивали передачу нагрузки по замкнутой полосе площадью 0,12 м<sup>2</sup>. Для предотвращения продавливания плиты под штампом устанавливалась маслобензостойкая резина толщиной 10 мм.

Опытные образцы укладывались на жесткий опорный контур испытательной установки. Для предотвращения отрыва плиты от опорного контура в угловых зонах экспериментальных образца П13 устанавливались скобы, допускающие свободные угловые перемещения.

Испытания производились нагружением экспериментальных образцов ступенями, равными примерно 0,1 от разрушающей нагрузки. За нулевой отсчет принимались показания регистрирующих приборов без нагрузки.

После каждой ступени нагрузки выдерживалась в течение 5 минут для снятия показаний приборов.

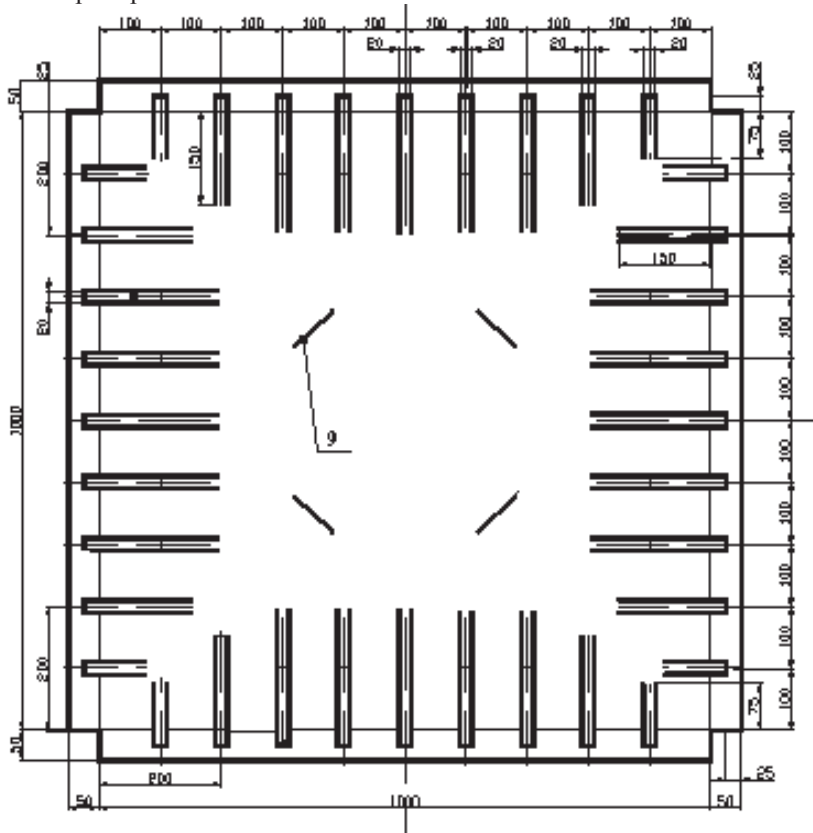


Рис. 4. Металлический лист с просечками, расположенными перпендикулярно к кромке листа (П-13)

Прогибы измерялись в середине (под точкой приложения груза) индикатором часового типа с ценой деления 0,01мм. На рисунках 5-6 представлены кривые «нагрузка-прогиб» для экспериментальных образцов в середине плиты.

Можно отметить, что диаграммы «нагрузка-прогиб» для всех образцов сталебетонных плит имели нелинейный характер, который обусловлен образованием трещин в растянутой зоне бетона и развитием пластических деформаций в компонентах сечения.

Результаты измерений прогибов в центре плиты для круглых экспериментальных образцов П1-П4 показали, что пластические деформации

в листе появляются уже при нагрузке 100 кН, а при нагрузке 110-130 кН происходит разрушение верхнего волокна бетона в середине плиты.

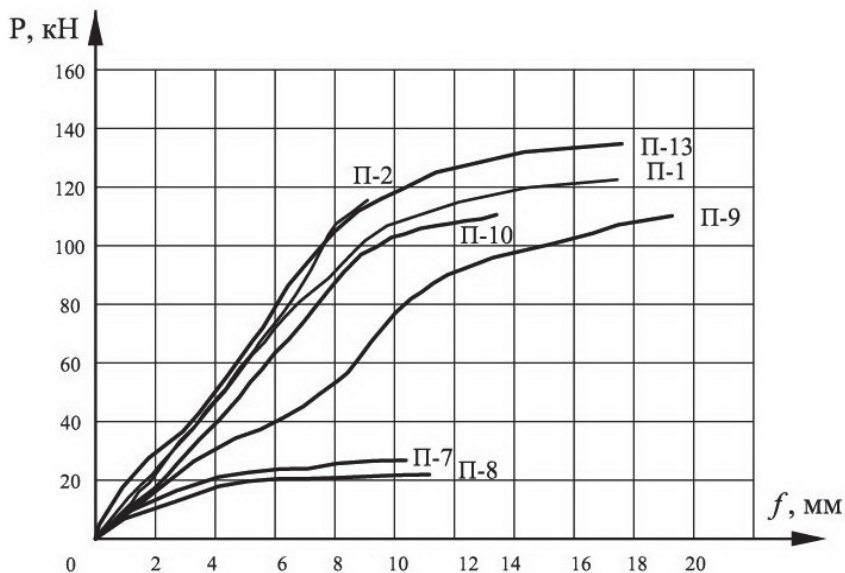


Рис. 5. Экспериментальные кривые прогибов с шагом анкеров 100 мм

Плиты образцов П1-П4 доводились до разрушения, которое происходило вследствие продавливания бетона под штампом [7-8]. Между тем, анализируя характер деформирования плит и развитие пластических деформаций в стальном листе во время разрушения можно сделать вывод, что исчерпание несущей способности испытываемых образцов произошло по прочности нормальных сечений.

Результаты измерений прогибов в центре плиты для восьмиугольных экспериментальных образцов П5-П8 показали, что пластические деформации в листе появляются уже при нагрузке 12 кН, а при нагрузке в среднем 25 кН происходит разрушение верхнего волокна бетона в середине плиты. Это сопровождается стремительным ростом прогибов плиты в середине на 50%. Как и в образцах П1-П4, разрушение образцов происходило из-за продавливания бетона под штампом. Характер деформирования и развитие пластических свойств стального листа к моменту разрушения позволяет говорить об исчерпании несущей способности по прочности нормальных сечений, что коррелируется с результатами испытания квадратных плит, где объединение листа с бетоном также осуществлялось при помощи стальных анкеров.

Результаты измерений прогибов в центре плиты квадратного образца П9-П12 показали, что пластические деформации в листе появляются уже при нагрузке 40 кН, а при нагрузке 50-60 кН происходит разрушение верхнего

волокна бетона в середине плиты. Плиты образцов П9-П10 не доводились до полного разрушения. Испытания в этих образцах были остановлены из-за возникновения значительных прогибов. Плиты образцов П11 и П12 доводились до разрушения, которое происходило вследствие продавливания бетона под штампом. Между тем, анализируя характер деформирования плит и развитие пластических деформаций в стальном листе во время разрушения можно сделать вывод, что исчерпание несущей способности испытываемых образцов произошло по прочности нормальных сечений.

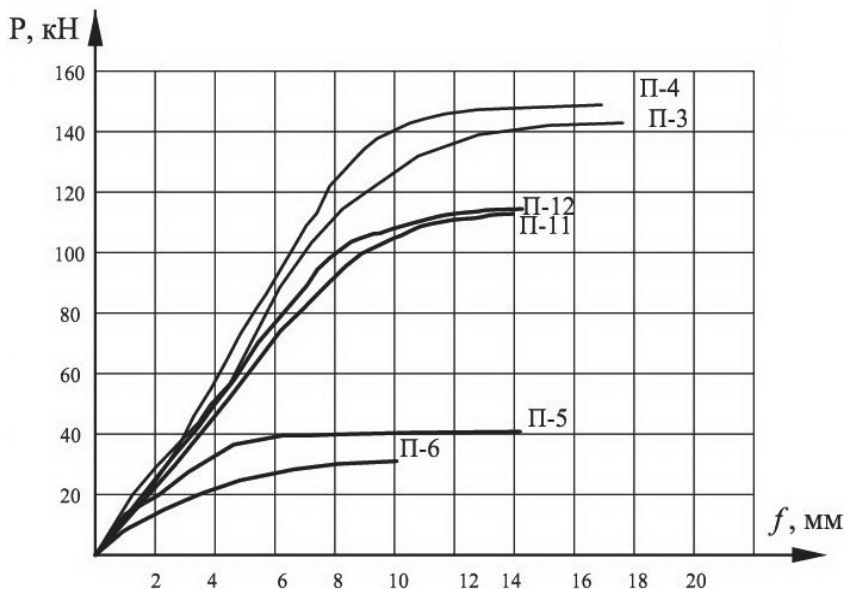


Рис.6. Экспериментальные кривые прогибов с шагом анкеров 50 мм.

Для плиты с треугольными шпонками (П13) характерным явилось то, что исчерпание несущей способности сопровождалось отрывом кромок просечек от отбортовок стального листа в местах сварки. Такое явление наблюдалось только в плитах, где просечки приваривались перпендикулярно кромке образца (П13). После отрыва даже одной просечки деформации продолжали расти, что приводило к отрыву остальных просечек. Отрыв петлевых анкеров, приваренных к стальному листу, происходил при нагрузке порядка 40 – 60 кН, но на работу плиты не оказывал существенного влияния, т.к. во внешней листовой арматуре не наблюдалось увеличения прогибов и деформаций.

**Выводы.** В результате испытания опытных образцов сталебетонных плит перекрытия были получены данные о характере их напряженно-деформированного состояния на различных этапах нагружения, а также

данные о характере трещинообразования и предельном состоянии конструкций. Запроектированные модели экспериментальных образцов позволяют оценить влияние на несущую способность плит различного очертания и способов армирования, а также шага расположения анкеров. Анализируя полученные графики зависимости прогибов от нагрузки для разных конструкций сталебетонных образцов можно сделать вывод, что круглые плиты, а также квадратные плиты с просечками приваренными перпендикулярно кромке образца имеют наибольшую несущую способность по сравнению с квадратными и восьмиугольными плитами.

1. Chikhladze E.D., Vatulya G.L. Experimental Researches of Steel-Concrete Plates // Proceedings of the IASS 40<sup>th</sup> Anniversary Congress, Madrid, - 1999 - vol.1., pp.13-18.
2. Чихладзе Э.Д, Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Совершенствование методов расчета и проектирования конструкций и сооружений: Сборник научных трудов - Харьков, ХарГАЖТ. - 1996. – Вып. 27 – С. 4-39.
3. Ong K.C.G., Mays G.C., Cusens A.R. Flexural Test of Steel-Concrete Open Sandwiches // Magazine of Concrete Research. - 1982. - vol. 34. - No.120, pp.130-138.
4. Смолянюк Н.В. Напряженно-деформированное и предельное состояние сталебетонных плит перекрытий: дис. ... канд. техн. наук – Харьков, 2003.– 184 с.
5. Ватуля Г.Л. , Орел Е.Ф., Ковальчук А.М. Экспериментальные исследования сталебетонных плит перекрытия // Сб. науч. трудов – Харьков, 2011. – вып. №126.– с.314-318.
6. Шевченко А.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния сталебетонных круглых плит // Сб. науч. трудов – Харьков, 2012. – вып. № 130. – с.113-120.
7. Шевченко А.А. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных круглых плит: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Шевченко А.А. – Харьков 2012. – 167 с.
8. Ватуля Г.Л. Экспериментальная оценка напряженно-деформированного и предельного состояния сталебетонных круглых плит / Г.Л. Ватуля, А.А. Шевченко, Д.В. Головки // Сб. науч. трудов УкрГАЖТ – Харьков, 2012. – Вып. 129. – С. 145-149.