

УДК 624.012.35-624.012.45

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПРОГОНАМИ

*К. Бактыгулов*

Приведены результаты экспериментального исследования совместной работы сборно-монолитного железобетонного перекрытия с внешним армированием на действие вертикальных нагрузок. Проанализировано влияние на работу комбинированных балок верхней полки в виде ребристых плит, соединенных с прогоном с помощью гибких одиночных анкеров. Сделаны выводы по несущей способности комбинированных конструкций при действии вертикальных нагрузок.

*Ключевые слова:* сборный железобетонный прогон; стальной профилированный настил; анкера; внешнее армирование; совместная работа; верхняя полка; комбинированная балка.

---

## СЫРТЫНАН АРМАТУРАЛАНГАН ТЕМИР БЕТОН СУНДУРМАЛАРЫ МЕНЕН МОНОЛИТ ТӨШӨЛМӨНҮ ИЗИЛДӨӨ

Бул макалада сыртынан арматураланган курама-монолит темир бетон төшөлмөнүн тигинен күч келтирүүдөгү туруктуулугуна эксперименталдык изилдөө жүргүзүлгөн. Ийилгич темир болттордун жардамы менен сундурмага бириктирилген үстүңкү кырдуу такта түрүндөгү айкалышкан устундарга күч келтирүүнүн тийгизген таасири талдоого алынган. Айкалышкан конструкцияларга тигинен күч келтирүүдө жүк көтөрүмдүүлүгү боюнча жыйынтык чыгарылды.

*Түйүндүү сөздөр:* курама-монолит темир бетон сундурма; профилденген болот төшөмөл; темир болттор; сыртынан арматуралоо; бирге иштөөсү; үстүңкү текче; айкалыштырылган устун.

---

## EXAMINATION OF MONOLITHIC OVERLAPPING WITH EXTERNAL REINFORCEMENT WITH REINFORCED CONCRETE GIRDERS

*K. Baktygulov*

This paper presents the results of an experimental study of the joint work of precast-monolithic reinforced concrete floors with external reinforcement on the effect of vertical loads. The influence of the combined beams of the upper flange in the form of ribbed plates connected to the girder using flexible single anchors is analyzed. Conclusions on the carrying capacity of the combined structures under the action of vertical loads.

*Keywords:* precast reinforced concrete girder; steel profiled flooring; anchor; external reinforcement; joint work; upper shelf; combined beam

В последнее время увеличился спрос на индивидуальное проектирование помещений различного назначения, поэтому возникла необходимость в гибкой планировке зданий в плане. Такая тенденция поставила перед конструкторами задачу разработки новых конструкций, которые отличались бы от прежних, наряду с прочностными характеристиками и технологичностью, экономическими показателями, соответствием требованиям

быстроразвивающихся коммуникаций различного направления. Последний аспект имеет немаловажное значение в деле создания условий для быстроменяющихся видов IT-технологий, для которых приходится часто менять коммуникационные линии. В связи с этим при возведении монолитных перекрытий из железобетона была предложена конструкция монолитного перекрытия каркасного здания с использованием стального

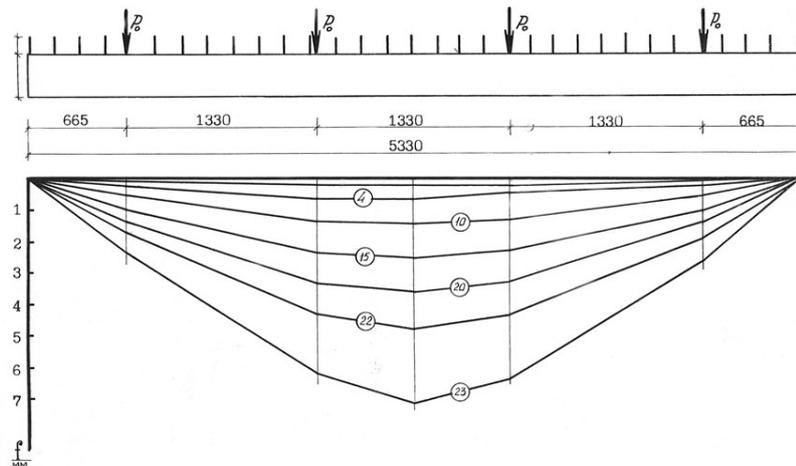


Рисунок 1 – Схема приложения нагрузок и эпюра изогнутой оси первого экспериментального образца (без полки)

профилированного настила в виде внешнего армирования.

Степень включения настила в совместную работу с бетоном влияет не только на показатель использования прочностных свойств стали, но и на расход бетона. Например, при коэффициенте использования внешней арматуры  $m_d = 0,8$ , для восприятия момента от внешней нагрузки, равного  $M = 20,0$  кН·м, достаточна полка толщиной 6,0 см, а при  $m_d = 0,3$  толщина полки должна увеличиться до 16 см.

Для исследования совместной работы составляющих элементов предлагаемой конструкции перекрытия и их влияния на несущую способность и деформативность конструкции в целом, были проведены опыты на комбинированных балках натуральной величины. Полкой для этих образцов служила монолитная бетонная плита толщиной 50 мм в опалубке-арматуре из стального профилированного листа, а в качестве ребра – сборный железобетонный прогон шириной 200 мм, высотой 300 мм, длиной 5330 мм. При нагружении опытных образцов вертикальными нагрузками в четырех точках, изучались: прогибы в разных местах пролета, характер трещинообразования, ширина раскрытия трещин в нормальном и наклонном сечении.

Были испытаны три образца. Первый образец состоял только из одного прогона, следующие два имели полку в виде плиты с опалубкой-арматурой из стального профилированного настила, которая укладывалась узкими ребрами вниз. Объединение плиты с прогоном осуществлялось с помощью вертикальных стержневых анкеров из арматурной стали диаметром 14 мм.

Испытание первого образца проводилось на действие четырех сосредоточенных нагрузок

(рисунок 1) с доведением его до разрушения (рисунок 2). Нормальные к продольной оси трещины, шириной 0,025–0,05 мм появились в середине пролета при величине изгибающего момента  $M = 26,75$  кН·м. При нагрузке, соответствующей 0,35–0,45 разрушающей, наибольшая ширина раскрытия этих трещин достигала 0,1 мм. На этой же ступени нагружения образовались наклонные трещины, развивающиеся от опор к месту приложения крайних нагрузок. При этом перемещение прогона в середине пролета составило 16,8 мм (см. рисунок 2).

Разрушение образца произошло в середине пролета между грузами при достижении бетоном сжатой зоны временному сопротивлению сжатию (рисунок 3).

При разрушающем моменте  $M = 147,0$  кН·м, нормальные трещины в растянутом бетоне в средней части пролета раскрылись до 1,2 мм, что свидетельствовало о четко выраженных пластических деформациях в рабочей арматуре. При этом величина прогиба в середине пролета прогона составила  $1/75$  пролета, что равно 71,4 мм (см. рисунок 1). Эпюра изогнутой оси, общий вид разрушения с картиной трещин и график прогибов представлены на рисунках 1 и 3.

Комбинированные балки с плитой испытывались по той же схеме, что и отдельный прогон (см. рисунок 2). При величине изгибающего момента в середине пролета, равном  $M = 53,5$  кН·м, образовались первые трещины. При этой же нагрузке появились наклонные трещины на торцах плиты вокруг анкерных стержней (рисунок 4), развивающиеся от верха плиты к настилам. Наклонные же трещины на приопорных частях прогона образовались при нагрузке, которая соответствовала

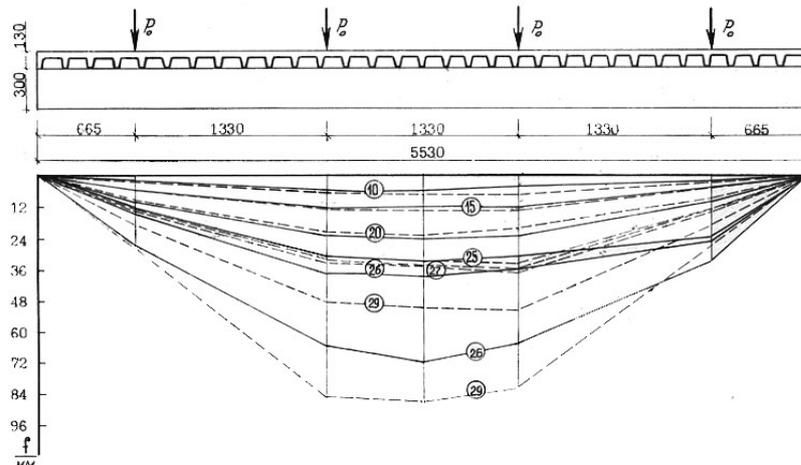


Рисунок 2 – Схема приложения нагрузок и эпюра прогибов комбинированных балок (с полкой):  
---- – балки № 1; ——— – балки № 2

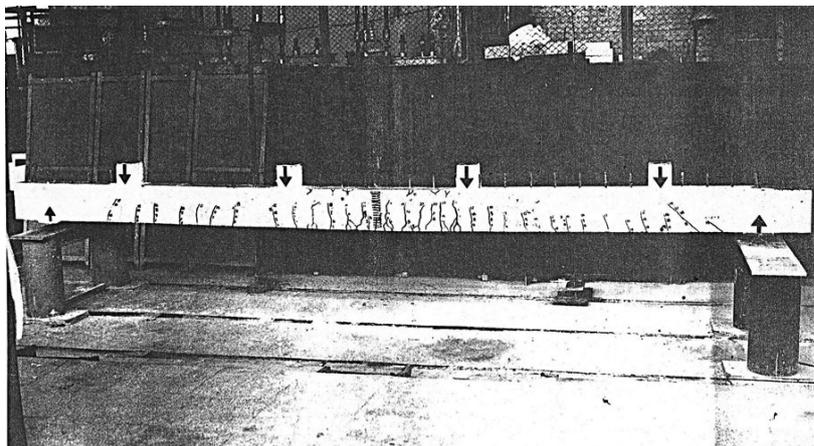
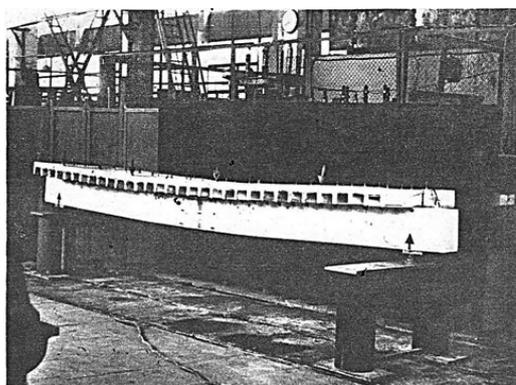
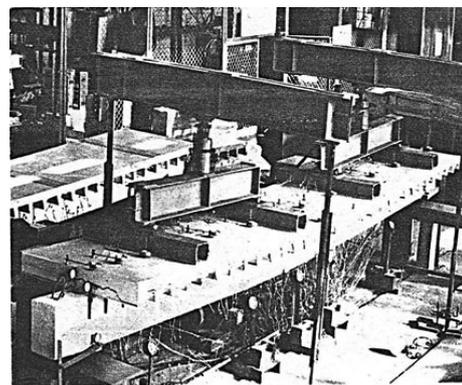


Рисунок 3 – Картина трещин опытной отдельной балки после испытания



а



б

Рисунок 4 – Вид с торца и общий вид после разрушения комбинированных балок

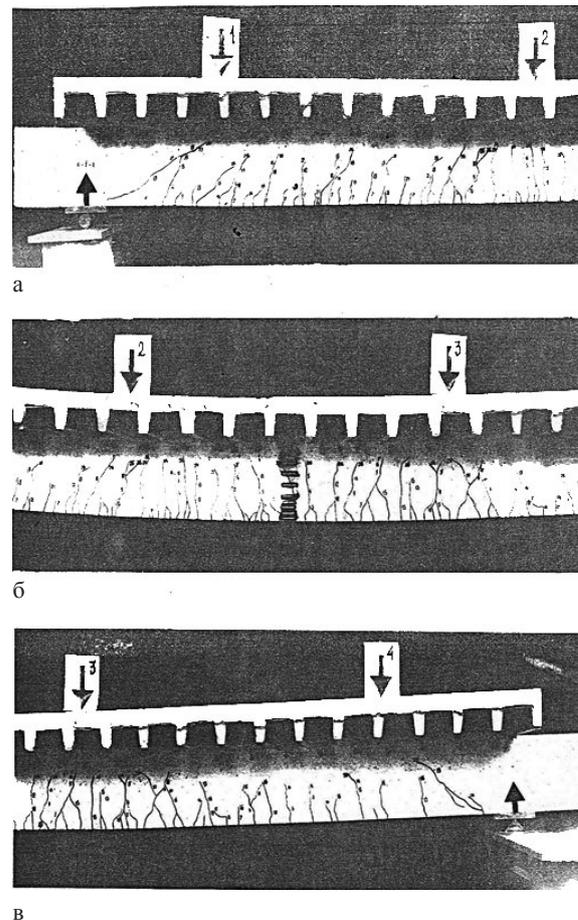


Рисунок 5 – Картина образования трещин комбинированных балок:  
а, в – на приопорных частях; б – в средней части

примерно 0,6 разрушающей. Максимальный прогиб при этом нагружении для образцов второго вида составил 16,3 и 10,3 мм (см. рисунок 2).

На рисунках 3 и 5 видно, что характер трещинообразования в опытных образцах первого и второго видов существенно отличается: в отдельном прогоне трещины повторяют эпюру изгибающих моментов, а в комбинированных балках – по трещинам можно судить о том, что в них, наряду с изгибом, возникает растяжение как и в нижних ветвях составных стержней.

Прогибы комбинированных балок на этой стадии испытания в середине пролета составили 38–51 мм (см. рисунок 2).

Как показали испытания, трещиностойкость комбинированной балки по сравнению с балкой без верхней полки, почти два раза выше, в отдельном прогоне первые трещины появились при изгибающем моменте  $M = 2\ 6,75$  кНм, а в комбинированных балках с полкой – при  $M = 53,5$  кНм.

Отдельный прогон на стадии разрушения в середине пролета (при  $M = 140$  кН·м) имел прогиб в 1,66 раза больше перемещения комбинированных балок на том же месте. Это объясняется вовлечением в работу комбинированных балок монолитной плиты с ребристыми связями; при одинаковой прочности прогонов несущая способность комбинированной балки была на 22,22 % выше по сравнению с несущей способностью первого образца.

Таким образом, несущая способность и деформативность комбинированных балок определяется прочностью и жесткостью связей объединения плиты с несущим элементом; под вертикальными нагрузками комбинированные балки работают подобно составным стержням, т. е. в их поперечных сечениях, наряду с изгибающими моментами, возникают и продольные растягивающие усилия; вовлечение в работу прогонов монолитных плит с внешним армированием стальным профилированным настилом с помощью гибкого стержневого

анкера, заключенного в узких ребрах, увеличивает несущую способность конструкции больше чем на 20 %, жесткость – на 60 %, и повышает трещиностойкость в два раза. При действии в контакте «плита – прогон» и усилий сдвига до 40 кН, прогон с плитой можно объединить с помощью одиночных анкеров; при укладке стального профилированного настила широкими ребрами вниз увеличивается несущая способность комбинированной балки.

**Список использованной литературы**

Додонов М.И. Сборно-монолитное железобетонное перекрытие с использованием стальных профилированных настилов / М.И. Додонов, К.Б. Бактыгулов // Бетон и железобетон. 1988. № 4. С. 7–9.

Бактыгулов К. Конструкция монолитных перекрытий на стальных профилированных настилах с использованием железобетонных прогонов / К. Бактыгулов // Известия вузов. 2014. № 12. С. 13–15.

Бактыгулов К. Обеспечение совместной работы сборно-монолитного перекрытия с использованием гладкого стального профилированного настила / К. Бактыгулов // Наука и новые технологии. 2014. № 6. С. 8–12.

Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. М.: НИИЖБ, ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1987. 41 с.