

Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом

Э. Л. АЙРУМЯН,
канд. техн. наук (ЦНИИПСК им. Мельникова)

И. А. РУМЯНЦЕВА,
канд. техн. наук (Московская гос. академия водного транспорта)

Монолитные железобетонные плиты, для которых в качестве несъемной опалубки и внешней рабочей арматуры используется стальной оцинкованный профилированный настил, применяют с 1979 г. Данная конструкция перекрытий по сравнению с традиционными монолитными, армированными стержневой рабочей арматурой, позволяет уменьшить их массу на 30–50 %, снизить трудозатраты в 1,5–1,8 раза, исключить деревянную или металлическую опалубку. Например, для Москвы стоимость 1 м² монолитной плиты толщиной 200 мм снижается на 593,79 р., трудозатраты сокращаются в 3,1 раза, экономия стали составляет 7,07 кг/м².

В качестве рабочей арматуры сталежелезобетонных плит перекрытий рекомендуется применять только два типа профилированных листов Н80А-674-0,9 и Н80А-674-1 отечественного производства, которые различаются толщиной стали (0,9 и 1 мм соответственно). Профили этой марки выпускает с 1980 г. Челябинский завод стального профилированного настила по ТУ 67-452-82 [1] из стали СтЗкп с пределом текучести 230 МПа. На своих гранях они имеют местные локальные выштамповки овальной и призматической формы, предназначенные для повышения сцепления с бетоном (рис. 1).

Естественно, что два типа профилированного листа не могут быть рационально использованы для возможного диапазона нагрузок и пролетов. Совместная работа стального профилированного листа и бетона зависит от прочности их сцепления: чем надежнее сцепление, тем эффективнее применение профилированного листа в сталежелезобетонном перекрытии. Повышение прочности сцепления достигается разными способами, например местным риф-

лением (выштамповкой) на его гранях в процессе прокатки на стане. За рубежом на гранях профилированных листов, используемых в качестве рабочей арматуры, применяют разные виды рифления: круглое, прямоугольное, наклонное и др.

В ЦНИИПСК им. Мельникова провели экспериментальные исследования по оценке влияния разных видов выштамповок на сцепление профи-

Рис. 1. Профилированный лист марок Н80А-674-0,9(1)

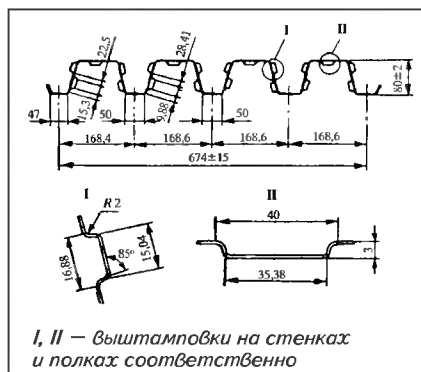
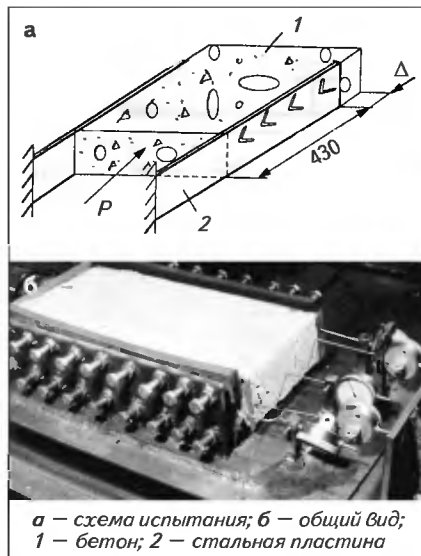


Рис. 2. Модельные испытания образцов

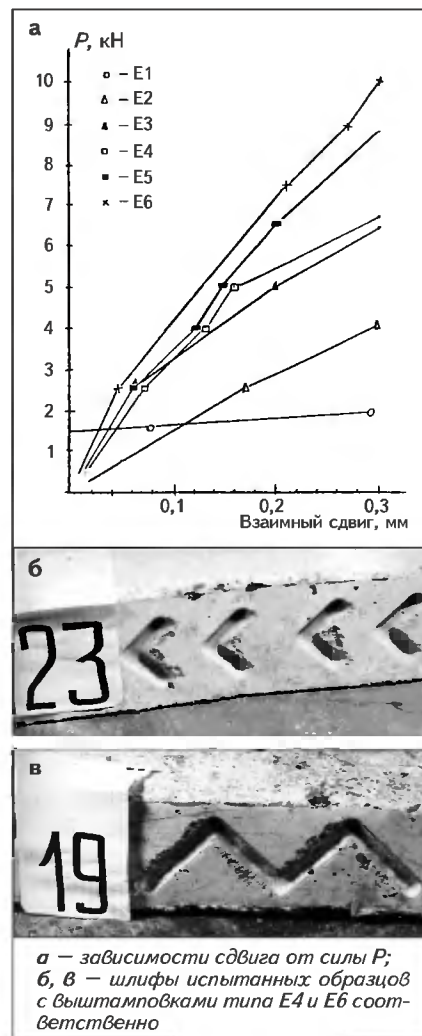


а — схема испытания; б — общий вид; 1 — бетон; 2 — стальная пластина

лированных листов с бетоном плиты и на несущую способность плиты. Типы выштамповок выбирали на основании анализа иностранных сортов профилей листов, предназначенных для армирования. Кроме того, рассматривали выштамповки типа «змейка» [2] (образцы Е6, см. таблицу). Исследования включали модельные испытания образцов на сдвиг и натурные испытания сталежелезобетонных плит на поперечный изгиб.

Модельные испытания образцов на сдвиг. Модели представляли собой прямоугольные бетонные образцы (430×200×80 мм). По обеим продольным боковым поверхностям образца располагали стальные пластины, на поверхности которых предварительно выполнили разные виды выштамповок (рис. 2а). Сдвиг

Рис. 3. Результаты модельных испытаний образцов на сдвиг



Результаты испытаний образцов на сдвиг

| Обозначение пластины с выштамповками | Вид выштамповки | Сдвигающая сила P , кН | | Прототип или разработчик типа выштамповки |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|---|
| | | при сдвиге 0,3 мм | при разрушении | |
| E1 | Гладкие (без выштамповок) | 1,9 | 2,5 | — |
| E2 | | 4 | 8,8 | Becker (Германия) |
| E3 | | 6 | 13,5 | Inland-Ryerson (США) |
| E4 | | 6,4 | 13,3 | Airtherm (США) |
| E5 | | 8,8 | 14,6 | ЦНИИПСК им. Мельникова (Россия) |
| E6 | | 10 | 17,3 | ЦНИИПСК им. Мельникова (Россия) |

бетонного блока относительно неподвижно закрепленных на жесткой раме стальных пластин с выштамповками выполняли с помощью гидравлического домкрата и фиксировали индикаторами часового типа с точностью 0,01 мм (рис. 2б).

Бетонные образцы со стальными пластинами, имеющими выштамповки, укладывали на катки из металлических трубочек, что исключало трение образца снизу. Пластины по высоте образца при испытании фиксировали с помощью болтов резиновыми зажимами, имитирующими жесткость горизонтальных полок профилированного листа. Призматическая прочность бетона на сжатие составила 23 МПа. Пластины из оцинкованной стали толщиной 1 мм перед бетонированием образцов в металлической опалубке очищали от грязи, смазки и окалины. Сцепление бетона с пластинами обеспечивалось только за счет выштамповок различной формы, выполненных методом холодной штамповки. Глубину всех типов выштамповки принимали постоянной и равной 4,5 мм. Кроме того, суммарная контактная поверхность с бетоном была одинаковой для всех типов.

Результаты всех испытаний сравнивали с результатами испытаний эталона в виде образца E1, имеющего гладкие пластины без рифления. Каждая серия включала три образца. В процессе испытаний получили зависимости взаимного смещения бетона и стальных пластин от величины сдвигающей силы P (рис. 3а),

а также ее предельные значения (см. таблицу). Работу образцов на сдвиг анализировали в зависимости от типа выштамповки и определяли прочность сцепления пластин с бетоном. Предельные значения силы P соответствовали резкому увеличению деформаций сдвига при практически постоянной нагрузке.

Анализ шлифов бетонного блока после испытаний (рис. 3б, в) показал, что наиболее равномерно сдвигающие усилия распределялись по контактной поверхности выштамповок E6, имеющих наилучшие показатели жесткости и прочности сцепления с бетоном (рис. 3в). В образцах E2 средний ряд выштамповок практически не участвовал в работе. В образцах E4 и E5 совместная работа пластин с бетоном зависела от угла наклона выштамповок и от направления сдвигающего усилия.

Натурные испытания плит на изгиб. Испытания проводили на натуральных образцах длиной 2,2 м, толщиной 160 мм. В качестве арматуры плит использовали профилированные листы с трапециевидными гофрами высотой 60 или 80 мм, расположенными широкими полками вниз (рис. 4а). Для сцепления листов с бетоном на стенках гофров выполняли выштамповки, аналогичные тем, которые исследовали при испытаниях на сдвиг. Профили с выштамповкой E2 с наихудшими после модельных испытаний показателями в дальнейших исследованиях не использовали. Материал испытанных листов — оцинкованная сталь тол-

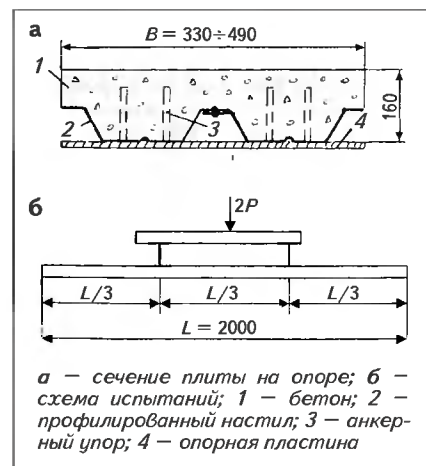


Рис. 4. Натурные испытания плит на изгиб

щиной 1 мм с пределом текучести от 260 до 320 МПа. Прочность бетона образцов на сжатие — 21–30 МПа.

Плиты испытывали на «чистый» изгиб. Линейно распределенную нагрузку прикладывали в третях пролета, равного 2 м (рис. 4б). Профилированные листы крепили к опорным пластинам плит шириной 60 мм и толщиной 10 мм сварными электрозаклепками или анкерными упорами, выполненными из горячекатаной стержневой арматуры периодического профиля диаметром 14 мм, длиной 120 мм. Упоры приваривали вертикально через профилированный лист к опорным пластинам (по два стержня в каждом гофре). Всего было испытано 36 плит по три образца каждого типа.

Плиты разделяли на шесть серий, отличающихся марками армирующего листа и бетона, видом выштамповок на профилированном листе, наличием анкеров на опорах. При испытании измеряли прогибы образцов с точностью 0,1 мм и сдвиг бетона относительно профилированного листа с точностью 0,01 мм.

В результате испытаний установлены зависимости взаимного сдвига профилированного листа и бетона от величины нагрузки, прогибы плит при возрастающей нагрузке, ее предельные значения, соответствующие разрушению. При взаимном сдвиге листа и бетона $\Delta = 0,3$ мм в процессе испытаний образовалась видимая поперечная (вертикальная) трещина в растянутой зоне в одном из нагруженных сечений. Значения испыта-

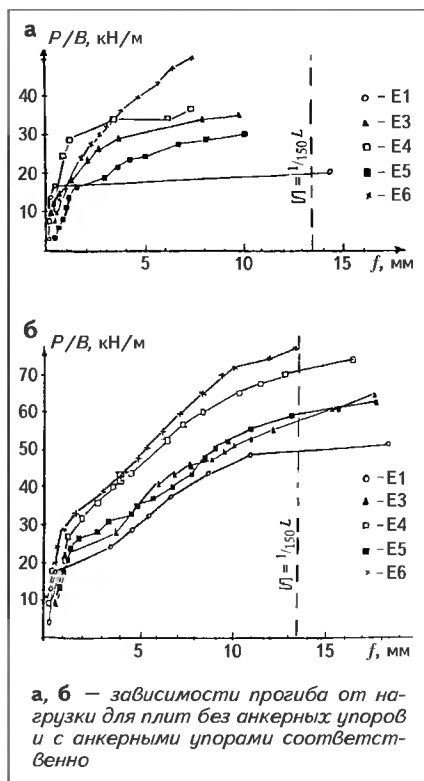


Рис. 5. Результаты испытаний плит на сдвиг

тельной нагрузки P_e , соответствующие этому состоянию, сравнивали между собой. Наибольшие значения P_e получили для плит с профилированным листом, имеющим выштамповки типа Еб. Жесткость таких плит, зависящая от прогиба f , также оказалась наибольшей в плитах как с анкерными упорами, так и без них (рис. 5а, б). Допускаемый прогиб принимали равным $1/150$ пролета.

Сравнение результатов испытаний и расчета показало, что ни один из рассмотренных видов листовой арматуры не позволил реализовать полностью ее прочностные свойства в плитах-образцах, не имеющих анкерных упоров. Наибольший коэффициент $\gamma_s = 0,6$ получен для плит,

армированных профилированным листом с выштамповками «змейка» (Еб) без установки анкерных упоров, в то время как для арматуры при профиле Н80А-674-1 коэффициент $\gamma_s = 0,2$.

Отношение предельной нагрузки образцов с выштамповками Еб к предельной нагрузке образцов с гладким листом без анкеров в опорных сечениях составило 2,5. Такое же отношение в этих образцах получено при сравнении нагрузок, соответствующих сдвигу 0,3 мм и появлению вертикальной трещины.

Отношение предельных нагрузок в образцах с другими типами выштамповок к предельной нагрузке с гладким листом составило 1,5–1,75. При испытаниях установлено, что для всех образцов предельная нагрузка отличалась от нагрузки, при которой произошел сдвиг $\Delta = 0,3$ мм, в пределах 10–20 %, т. е. за предельно допустимый сдвиг листовой арматуры относительно бетона плиты можно принимать значение, равное 0,3 мм.

Установка вертикальных анкеров в опорных сечениях повышала эффективность работы профилированного листа в качестве арматуры. Так, в образцах с гладким листом предельная нагрузка увеличивалась в 2,5 раза, в других — в 2 раза после установки стержневых анкерных упоров. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что из пяти исследуемых типов выштамповок для гофрированных листов наилучшие показатели сцепления имел тип Еб. Установка вертикальных анкеров в опорных сечениях приводила к повышению значений как предельных нагрузок, так и нагрузок, вызывающих появление трещин. Поэтому для увеличения эффективности использования гофри-

рованных листов с выштамповками в сталежелезобетонных плитах рекомендуется устанавливать в опорных сечениях анкерные упоры.

Расчет армированных стальным профилированным настилом перекрытий выполняют по методике, приведенной в Рекомендациях [3], согласно которым в качестве рабочей арматуры следует применять стальной профилированный настил Н80А-674-0,9(1).

В 2005 г. ЦНИИПСК им. Мельникова совместно с ЗАО «Хилти Дистрибьюшн Лтд» разработал СТО 0047-2005 [4]. В соответствии с ним кроме профилей Н80А-674 можно использовать профили, изготовленные по ГОСТ 24045–94, а также новые профили с выштамповкой «змейка», опытная партия которых была прокатана в 2006 г. группой компаний «Стальные конструкции» (Рязань).

Внедрение результатов данных исследований позволит повысить эффективность применения профилированного стального настила в качестве рабочей арматуры монолитных железобетонных плит перекрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ 67-452-82. Профили стальные гнутые с трапециевидными гофрами и рифами. Челябинск. 1982.
2. А. с. 155 7289 СССР, МКИ Е04С5/03. Арматура для бетона / Э. Л. Айрумян, И. А. Румянцев. // БИ. 1990. № 4.
3. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. М.: Стройиздат, 1987.
4. СТО 0047-2005. Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование / ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова. ■

ЦНИИПСК им. МЕЛЬНИКОВА распространяет научно-техническую литературу

- Горицкий В. М. Диагностика металлов. М.: Металлургиздат, 2004. 390 с. Цена 420 р.
- Грудев И. Д. Толстые упругие стержни, пластины и оболочки. М.: Академпринт, 2001. 172 с. Цена 110 р.
- Грудев И. Д. Устойчивость стержневых элементов в составе стальных конструкций. М.: Изд-во МИК, 2005. 320 с. Цена 250 р.
- Москалев Н. С., Попова Р. А. Стальные конструкции легких зданий. М.: Изд-во АСВ, 2003. 216 с. Цена 250 р.

Цены указаны без НДС.

Заказы направлять по адресу: 117997 Москва, ул. Архитектора Власова, 49
Тел. (495) 128-95-11, факс (495) 960-22-77, e-mail: centr@stako.ru, http://www.stako.ru