

Несущая способность восстановленных и усиленных железобетонных плит перекрытия

Григор Виленович НАЛБАНДЯН¹, аспирант, e-mail: grigor33@mail.ru

Андрей Викторович КОПЫТИН², кандидат технических наук, первый зам. генерального директора, e-mail: a.kopytin@ktbbeton.com

Павел Владимирович ОСИПОВ³, кандидат технических наук, директор по продуктам в строительстве, e-mail: posipov@nccrussia.com

Валентин Анатольевич УШКОВ¹, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ushkovva@mgsu.ru

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

² АО «Конструкторско-технологическое бюро бетона и железобетона», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6, стр. 15А

³ ООО «Нанотехнологический центр композитов», 109316 Москва, Волгоградский просп., 42, корп. 5

Аннотация. Рассмотрено влияние различных ремонтных составов на несущую способность восстановленных и усиленных плит перекрытия, моделирующих плоские железобетонные плиты перекрытия коммуникационных коллекторов. Были использованы промышленные марки ремонтных составов на цементном вяжущем, ремонтный состав, содержащий кварцевый песок и воду затворения после обработки низкотемпературной неравновесной плазмой, и материалы для внешнего армирования строительных конструкций. Показано, что промышленные ремонтные составы на цементной основе и ремонтный состав на основе модифицированных сырьевых компонентов восстанавливают несущую способность модельных плит перекрытия почти одинаково. При этом разрушение плит перекрытия происходит по ремонтному составу. Установлено, что внешнее армирование восстановленных ремонтными составами железобетонных плит перекрытия с помощью углеродных сетки или ленты повышает значительно их несущую способность. Высокую эффективность применения эпоксидных полимерных композиционных материалов для ремонта и усиления железобетонных конструкций различного функционального назначения подтверждают результаты поверочных расчетов исходной и модельной плиты перекрытия, а также проведенные экспериментальные исследования.

Ключевые слова: внешнее армирование, плиты перекрытия, прогибы, ремонтные составы, композиционные материалы, ширина раскрытия трещин.

BEARING CAPACITY OF RESTORED AND STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS

Grigor V. NALBANDYAN¹, e-mail: grigor33@mail.ru

Andrey V. KOPYTIN², e-mail: a.kopytin@ktbbeton.com

Pavel V. OSIPOV³, e-mail: posipov@nccrussia.com

Valentin A. USHKOV¹, e-mail: ushkovva@mgsu.ru

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavl'skoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

² Design-Technological Bureau of Concrete and Reinforced Concrete (JSC "KTB RC"), 2nd Institut'skaya ul., 6, str. 15A, 109428 Moscow, Russian Federation

³ Limited liability company "Nanotechnology Center of Composites", Volgogradsky prospekt, 42, korp. 5, Moscow 109316, Russian Federation

Abstract. The influence of various repair compositions on the bearing capacity of restored and strengthened floor slabs modeling flat reinforced concrete floor slabs of communication collectors is considered. Industrial brands of repair compositions based on cement binder, repair compositions containing quartz sand and mixing water after treatment with low-temperature non-equilibrium plasma, and materials for external reinforcement of building structures were used. It is shown that industrial repair compositions based on cement and repair compositions based on modified raw materials restore the bearing capacity of model floor slabs in almost the same way. In this case, the destruction of floor slabs occurs on the repair composition. It was established that the external reinforcement of reinforced concrete slabs restored with repair compositions using carbon mesh or tape significantly increases their bearing capacity. The high efficiency of the use of epoxy polymer composite materials for the repair and strengthening of reinforced concrete structures of various functional purposes is confirmed by the results of verification calculations of the initial and model floor slabs, as well as conducted experimental studies.

Key words: external reinforcement, floor slabs, deflections, repair compositions, composite materials, crack opening width.

Основная задача при выполнении ремонтно-восстановительных работ железобетонных конструкций различных зданий и сооружений — выбрать материал, с помощью которого можно их восстановить так, чтобы конструкции приобрели не только первоначальную форму и внешний вид, но и соответствовали проектным эксплуатационным характеристикам на последующий срок эксплуатации. Материалы и технологии выполнения ремонтно-восстановительных работ детально рассмотрены в публикациях [1–3].

В настоящее время отечественный строительный рынок предлагает широкий ассортимент разнообразных ремонтных материалов, различающихся по стоимости, технологическим и физико-механическим характеристикам, условиям их применения. Это значительно осложняет выбор таких материалов для проведения ремонтно-восстановительных работ в коммуникационных коллекторах. До начала ремонта поврежденных или разрушенных бетонных и железобетонных конструкций и защиты бетона от коррозии выполняют обследование текущего состояния строительных конструкций, а затем осуществляют выбор эффективных ремонтных материалов и утверждают технологию их применения. В нормативных документах сформулированы требования к эксплуатационным характеристикам материалов и системам для ремонта железобетонных конструкций, в том числе для подземных сооружений, находящихся в эксплуатации. В их числе: ГОСТ 32016–2012 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования», ГОСТ 32017–2012 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к системам защиты бетона при ремонте», ГОСТ 33762–2016 «Ма-

териалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин» и ГОСТ Р 56378–2015 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к ремонтным смесям и адгезионным соединениям контактной зоны при восстановлении конструкций». Так, например, ГОСТ 32016 и ГОСТ 32017, устанавливают основные принципы и методы ремонта, защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии, требования к мероприятиям, которые должны проводиться при подготовке основания конструкций к антикоррозионной защите и ремонту.

Одновременно с ремонтом конструкций часто проводят и их усиление. К основным недостаткам традиционного метода усиления железобетонных конструкций (обоймы, хомуты, рубашки и т. п.) относятся повышение массы усиливаемой конструкции, снижающей эффективность усиления, технические трудности размещения конструкций усиления в ограниченном пространстве и необходимость дополнительной защиты конструкций усиления от воздействия внешних агрессивных сред.

Для устранения последствий разрушения бетона и коррозии металлической арматуры в процессе длительной эксплуатации зданий и сооружений эффективным направлением усиления конструкций стала система внешнего армирования. При ее использовании на поверхности растянутой зоны строительных конструкций усиливающие элементы из высокопрочных полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе эпоксидных полимеров, армированных углеродными, арамидными, полиэфирными и базальтовыми волокнами или стекловолокном, воспринимают до-

полнительные усилия. Систему внешнего армирования применяют как на стадии строительства и эксплуатации зданий для устранения повреждений несущих строительных конструкций в результате ошибок проектирования (занижение сечения арматуры, отклонение от проекта положения арматуры или несоответствие прочности бетона проектной марке) или выполнения работ по увеличению несущей способности конструкций при повышении расчетных нагрузок, или изменения конструктивной схемы элементов здания и образования проемов, так и на стадии проектирования для повышения прочности, сейсмостойкости, надежности и долговечности железобетонных конструкций [4–11].

Среди достоинств ПКМ можно отметить такие, как высокие прочность и модуль упругости при растяжении, низкая масса, технологичность, стойкость к воздействию агрессивных внешних факторов и способность повторять практически любые формы поверхности усиливаемой конструкции. Выбор композиционного материала для усиления строительных конструкций в соответствии с СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования» зависит от условий эксплуатации и назначения усиливаемых конструкций. Целью настоящей работы было определение эффективности ремонтных составов на цементной основе, широко используемых при ремонте и восстановлении несущей способности железобетонных конструкций коммуникационных коллекторов, и установление влияния внешнего армирования восстановленных плит перекрытия на их несущую способность.

Для проведения экспериментальных исследований в заводских условиях (на ДСК-3 компа-

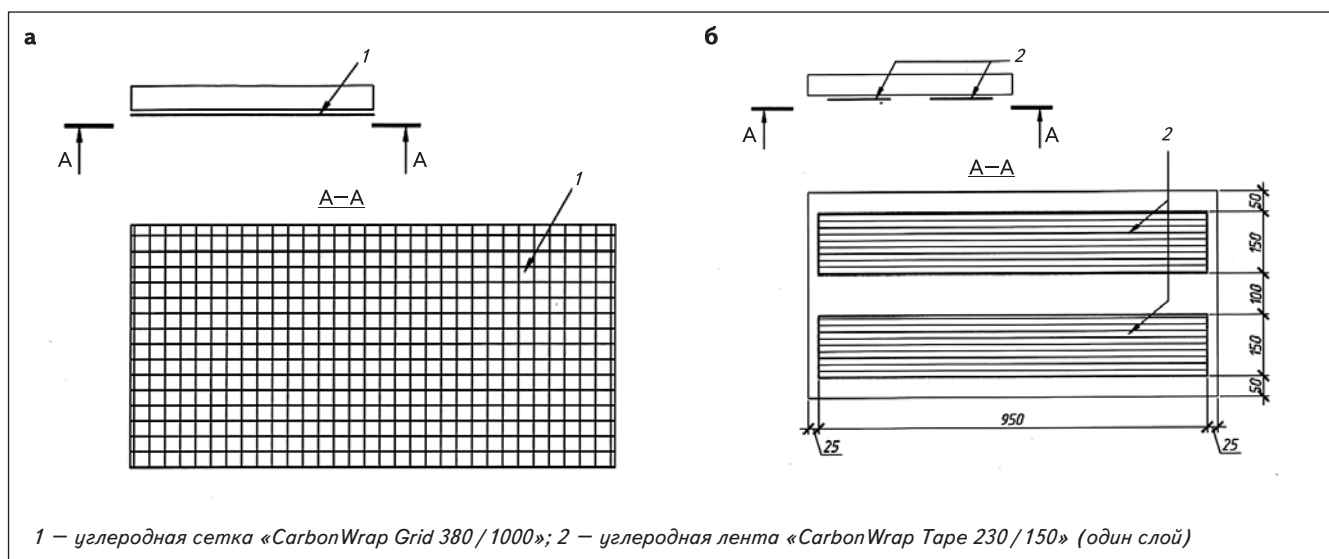


Рис. 1. Схемы внешнего армирования модельных плит перекрытия

нии ПИК) были изготовлены железобетонные плиты перекрытия, моделирующие плоские перекрытия коммуникационных коллекторов, размером 1000×500×50 мм. Плиты из бетона класса В15 были армированы металлической сеткой согласно требованиям ГОСТ 23279–2012 «Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия». Арматурные стержни В500 сетки имели диаметр 4 мм и ячейки 100×100 мм.

Для восстановления модельных плит перекрытия использовали ремонтные составы марок: «CarbonWrap Repair ST» (ТУ 23.64.10-053-38276489-2017) производства компании ООО «ИЦК»; «Структурит-100» компании Thoro; «Maregrout Tixotropic» компании MAREI и ремонтный состав, содержащий обработанные низкотемпературной неравновесной плазмой (НТП) кварцевый песок и воду затворения. Ремонтные составы представляли собой сухие тиксотропные строительные смеси на цементном вяжущем, содержащие фиброволокно (полипропиленовая фибра или ПАН-фибра), минеральный наполнитель и актив-

1. Технологические и физико-механические свойства ремонтных составов на цементной основе

Показатели	Ремонтный состав			
	«Структурит-100»	«Maregrout Tixotropic»	«CarbonWrap Repair ST»	на основе модифицированных сырьевых компонентов
Максимальный диаметр заполнителя, мм	1,5	2,5	2,5	2
Жизнеспособность смеси, мин	60	60	60	50
Прочность, МПа, через: 1 сут 28 сут	25/5 65/> 7	25/≥ 4,5 ≥ 60/> 8,5	25/≥ 4,5 50/≥ 8,5	35/6 70/8,5
Адгезия к бетону после 28 сут твердения, МПа	> 1,5	≥ 2	≥ 1,5	> 2
Водонепроницаемость	W10	–	≥ W8	W10

Пр и м е ч а н и е. В числителе дана прочность при сжатии, в знаменателе – при изгибе.

ные химические добавки. Основные технологические и физико-механические свойства использованных в работе ремонтных составов приведены в табл. 1.

Влияние условий обработки сырьевых компонентов НТП на свойства ремонтных составов рассмотрено в работе [12]. Подготовку поверхности разрушенных плит перекрытия к восстановлению и расшивку трещин проводили с учетом рекомендаций

по применению указанных ремонтных составов.

Для усиления восстановленных модельных плит перекрытия применяли углеродные сетки марки «CarbonWrap Grid 380/1000» (ТУ 23.99.14-043-38276489-2017) и ленту марки «CarbonWrap Tape 230/150» (ТУ 23.99.14-041-38276489-2017) производства компании ООО «ИЦК». Углеродную сетку к восстановленным плитам перекрытия крепили с помощью

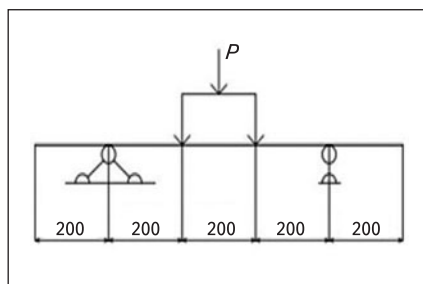


Рис. 2. Схема нагружения железобетонных плит перекрытия

ремонтного состава «CarbonWrap Repair FS» (ТУ 23.64.10-052-38276489-2017). Для наклейки углеродной ленты на поверхность восстановленных плит применяли двухкомпонентный тиксотропный эпоксидный состав «CarbonWrap Resin 230+» (ТУ 20.16.40-047-38276489-2017) производства этой же компании.

Основные физико-механические свойства состава «CarbonWrap Resin 230+» приведены ниже:

плотность, кг/м³, не более . . . 1500
соотношение компонентов А и Б состава, мас. части . . . 100:50
жизнеспособность, мин, при температуре, °С:

–10 80
–20 35
–30 20

прочность при сдвиге через 7 сут отверждения при температуре 23 °С, МПа, не менее 15

Схемы внешнего армирования модельных железобетонных плит перекрытия представлены на рис. 1.

Прочность, жесткость и трещиностойкость плит перекрытия при воздействии нагрузки исследовали на установке Instron 1000 HDX с учетом требований ГОСТ 8829–94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Схема нагружения плит приведена на рис. 2.

Ширину раскрытия трещин мо-

2. Разрушающие нагрузки для исходных и восстановленных модельных железобетонных плит перекрытия

Марка ремонтного состава	Разрушающая нагрузка, кН		Расположение арматуры	Восстановление несущей способности плит, %
	для исходных плит	для восстановленных модельных плит перекрытия		
«Структурит-100»	17,45	12,59	В сжатой зоне	72,1
На основе модифицированных сырьевых компонентов	28,04	27,06	В растянутой зоне	96,5
«Mapegrout Tixotropic»	19,58	17,9	В сжатой зоне	91,4
«CarbonWrap Repair ST»	28,46	27,37	В растянутой зоне	96,2

3. Разрушающие нагрузки для исходных, восстановленных и усиленных модельных железобетонных плит перекрытия

Марка ремонтного состава	Разрушающая нагрузка, кН		Расположение арматуры	Восстановление несущей способности плит, %
	для исходных плит перекрытия	для восстановленных и усиленных плит перекрытия		
«Структурит-100»	17,87/27,66	56,98/60,42	В сжатой зоне/растянутой зоне	318,9/218,4
«Mapegrout Tixotropic»	23,4/14,25	40/50,84	В растянутой зоне/сжатой зоне	170,9/356,8
«CarbonWrap Repair ST»	30,56/34,67	61,6/61,88	В растянутой зоне	201,6/178,5

Примечание. В числителе даны значения для плиты, усиленной углеродной лентой «CarbonWrap Tape 230/150», в знаменателе – углеродной сеткой «CarbonWrap Grid 380/1000».

дельной плиты при воздействии нагрузок измеряли с помощью микроскопа Бринелля МПБ-2, величину прогиба – электронным индикатором Micron. Испытания восстановленных плит перекрытия проводили через 7 сут твердения ремонтных составов при температуре 20...23 °С.

Поверочный расчет усиленных железобетонных плит перекрытия выполнен в программе «АРБАТ» программного комплекса SCAD согласно СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003

Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Расчет проведен с учетом предельного состояния первой и второй группы (прочность и трещиностойкость) для расчетных сочетаний усилий, выбираемых автоматически в зависимости от заданных расчетных нагрузок в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия».

Высокая эффективность состава «CarbonWrap Repair ST» обусловлена предварительной

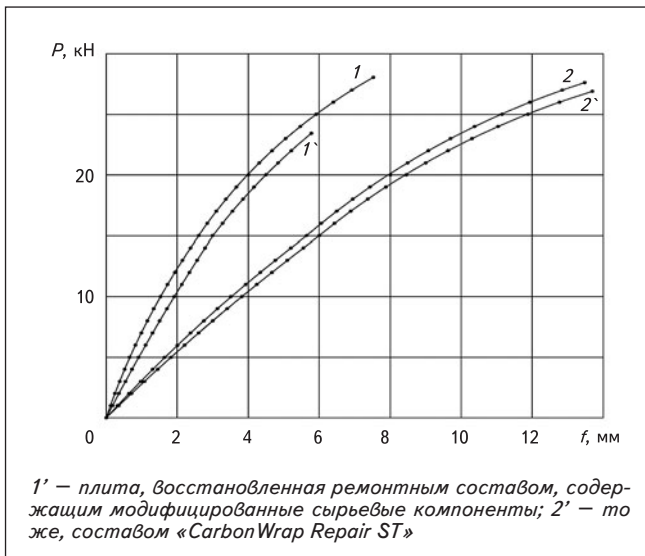


Рис. 3. Зависимости прогибов исходных (1, 2) и восстановленных (1', 2') плит перекрытия от величины приложенной нагрузки

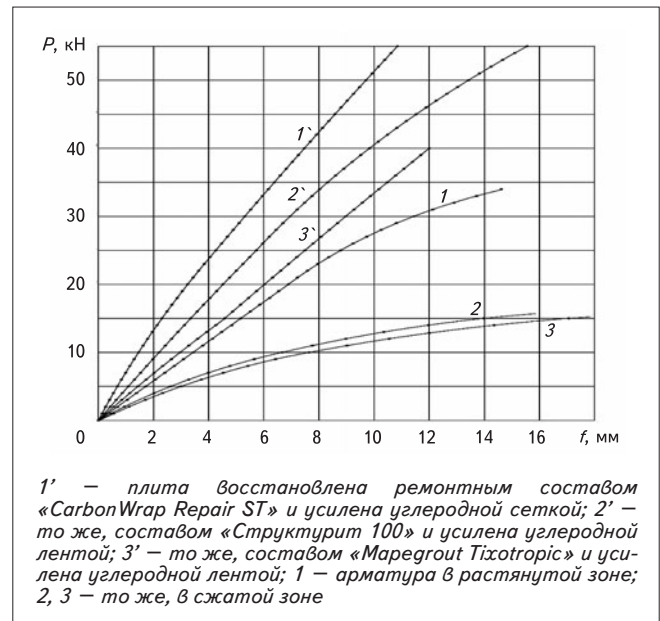


Рис. 4. Зависимости прогибов исходных (1–3), восстановленных и усиленных (1'–3') плит перекрытия от величины приложенной нагрузки

4. Несущая способность модельных железобетонных плит перекрытия, усиленных полимерными композитными материалами

Расчетный параметр	Коэффициент использования K^1/K^2	Повышение несущей способности плиты в N раз, где $N = K^1/K^2$
Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,211/0,164	1,287
Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	1,869/1,453	1,286

пропиткой образовавшихся трещин в плитах перекрытия эпоксидным составом «CarbonWrap Resin 230+». Близкие значения несущей способности восстановленных модельных железобетонных плит перекрытия (табл. 2) говорят о том, что выбор ремонтных составов целесообразно проводить прежде всего исходя из их технологичности и стоимости.

Результаты экспериментальных исследований показали, что прочность, прогибы и ширина раскрытия трещин в модельных плитах перекрытия зависят от расположения металлической арматуры (в растянутой или сжатой зоне). При расположении арматуры в сжатой зоне разруше-

ние модельных плит перекрытия происходит при нагрузке 14,25–19,58 кН, а при ее расположении в растянутой зоне – при нагрузке 23,4–34,67 кН (табл. 2, 3).

Зависимости прогибов исходных и восстановленных модельных плит перекрытия от величины приложенных нагрузок показаны на рис. 3.

При этом у плиты с арматурой в сжатой зоне раскрытие трещин шириной 0,45–0,5 мм наблюдается при нагрузке 14 кН. У плиты с арматурой, расположенной в растянутой зоне, ширина раскрытия трещин, равная 0,5 мм, происходит при нагрузке 30 кН, а разрушающая нагрузка составляет более 34 кН.

Несущая способность восста-

новленных модельных плит перекрытия при их внешнем армировании углеродными лентой «CarbonWrap Tape 230/150» или сеткой «CarbonWrap Grid 380/1000» возрастает по сравнению с исходной плитой в 1,7–3,6 раза (см. табл. 3). Зависимости прогибов исходных, восстановленных и усиленных плит перекрытия приведены на рис. 4.

Результаты испытания модельных плит перекрытия, восстановленных ремонтными составами на цементной основе (см. табл. 2), показали, что через 7 сут твердения исследованных составов несущая способность плит перекрытия восстанавливается на 72,1–96,5 %. При этом разрушение восстановленных плит перекрытия происходит, как правило, по линии ранее образовавшихся трещин. Более высокая эффективность ремонтного состава, содержащего обработанные низкотемпературной неравновесной плазмой кварцевый песок и воду затворения, обусловлена высокой скоростью твердения таких составов [12].

Согласно результатам расчета исходной модельной железобетонной плиты перекрытия и плиты, усиленной ПКМ, деформации в сжатой зоне бетона и растянутой арматуре существенно уменьшаются, а прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры увеличивается на 22,3 %. Прочность по предельному моменту сечения возрастает более чем в 5 раз (коэффициент использования снижается с 5,926 до 1,166), а прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры повышается в 1,29 раза.

Коэффициент использования приведен ниже:

прочность по предельному моменту сечения. 5,926/1,166
деформации:

в сжатом бетоне. . 331,188/1,672

в растянутой

арматуре. 376,288/0,404

прочность:

по бетонной полосе

между наклонными

сечениями 0,211/0,164

по наклонным сечениям

без поперечной

арматуры 1,869/1,453

Примечание. В числителе даны значения для исходной модельной плиты перекрытия, в знаменателе — для усиленной плиты перекрытия.

При этом момент, воспринима-

емый сечением плиты перекрытия, после усиления ПКМ вырос в 5,1 раза. Повышение несущей способности усиленных плит перекрытия по другим расчетным параметрам представлено в *табл. 4*.

Результаты поверочных расчетов исходной и усиленной модельной железобетонной плиты перекрытия подтвердили высокую эффективность применения эпоксидных ПКМ для ремонта и усиления железобетонных конструкций различного функционального назначения.

Выводы

1. Применение ремонтных составов на цементной основе марок «Структурит-100», «Mapegrout Tixotropic», «CarbonWrap Repair ST» и ремонтного состава, содержащего исходные компоненты, которые обработаны НТНП, позволяет восстановить несущую способность плит перекрытия на 72,1 – 96,6 %. Низкая эффективность исследованных ремонтных составов обусловлена, по нашему мнению, недостаточной прочностью указанных составов из-за малого срока их твердения. Возможно, что при твердении ремонтных составов в течение 28 сут несущая способность плит перекрытия восстановится до 95–100 %. При этом

разрушение восстановленных плит перекрытий происходит по ремонтному составу.

2. Применение для внешнего армирования плит перекрытия ПКМ на основе углеродных сетки «CarbonWrap Grid 380/1000» или ленты «CarbonWrap Tape 230/150» повышает их несущую способность более чем в 1,7 раза. При ремонте железобетонных конструкций коммуникационных коллекторов с плоской поверхностью целесообразно использовать углеродные сетку или ленту. Для ребристых плит перекрытия коллекторов лучше подходит углеродная сетка.

3. Результаты расчета исходной модельной плиты перекрытия и после ее усиления ПКМ показали, что деформации в сжатой зоне бетона и растянутой арматуре существенно уменьшаются, а прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры возрастает на 22,3 %. Прочность по предельному моменту сечения увеличивается более чем в 5 раз (коэффициент использования снижается с 5,926 до 1,166). Применение внешнего армирования плит перекрытия эпоксидными ПКМ повышает несущую способность и трещиностойкость более чем в 2 раза, что способствует повышению долговечности усиленных плит перекрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю. М., Батаев Д. К.-С., Муртадаев С.-А. Ю. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. М. : Комтех-Принт, 2006. 235 с.
2. Титова Л. А. Перспективы снижения стоимости и сроков ремонтно-строительных работ // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 55–56.
3. Шилин А. А. Ремонт железобетонных конструкций. М. : Горная книга, 2010. 519 с.
4. Шилин А. А., Пшеничный В. А., Картузов Д. В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М. : Стройиздат, 2007. 184 с.
5. Шевцов Д. А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 61–65.
6. Третьякова А. Н., Балакирев А. А., Быков А. А., Калугин А. В. Определение несущей способности железобетонных изгибаемых элементов, усиленных композиционными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 7. С. 18–21.
7. Есипов С. М. Анализ методик проектирования усиления железобетонных конструкций композитными материалами // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 6. С. 114–118.

8. *Monaldo E., Nerilli F., Vairo G.* Basalt-based fiber-reinforced materials and structural applications in civil engineering [Волокнистые конструкционные материалы на основе базальта и их применение в гражданском строительстве] // *Journal Composite Structures*. 2019. Vol. 214. Pp. 246–263.
9. *Nihad Tareq Khshain Al-Saadi, Alyaa Mohammed, Riadh Al-Mahaidi, Jay Sanjayan.* A state of the art review: Near-surface mounted FRP composites for reinforced concrete structures [Современное состояние композиционных материалов ФРП, используемых для внешнего армирования железобетонных конструкций] // *Journal Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 209. Pp. 748–769.
10. *Berardi V. P., Feo L., Mancusi G., De Piano M.* Influence of reinforcement viscous properties on reliability of existing structures strengthened with externally bonded composites [Влияние свойств композитов, используемых для внешнего армирования на надежность существующих строительных конструкций] // *Journal Composite Structures*. 2018. Vol. 200. Pp. 532–539.
11. *Limaïem M., Ghorbel E., Limam O.* Comparative experimental study of concrete repairation with carbon epoxy and bio-resourced composites [Экспериментальное исследование усиления бетона эпоксидными углеродсодержащими и биоресурсными композитами] // *Journal Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 210. Pp. 312–323.
12. *Калядин А. Ю., Налбандян Г. В., Соловьев В. Г., Богданова А. А., Ушков В. А.* Плазменная модификация компонентов строительных растворов – эффективный метод повышения их эксплуатационных свойств // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. Вып. 5(128). С. 548–558.

R E F E R E N C E S

1. *Bazhenov Yu. M., Bataev D. K.-S., Murtadaev S.-A. Yu.* *Energo- i resursosberegayushchie materialy i tekhnologii dlya remonta i vosstanovleniya zdaniy i sooruzheniy* [Energy and resource-saving materials and technologies for repair and restoration of buildings and structures]. Moscow, Komteh-Print Publ., 2006. 235 p. (In Russian).
2. *Titova L. A.* Prospects for reducing the cost and terms of repair and construction works. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2013, no. 1, pp. 55–56. (In Russian).
3. *Shilin A. A.* *Remont zhelezobetonnykh konstruksiy* [Repair of reinforced concrete structures]. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2010. 519 p. (In Russian).
4. *Shilin A. A., Pshenichny V. A., Kartuzov D. V.* *Vneshnee armirovanie zhelezobetonnykh konstruksiy kompozitsionnymi materialami* [External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2007. 184 p. (In Russian).
5. *Shevtsov D. A.* Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2014, no. 8, pp. 61–65. (In Russian).
6. *Tretyakova A. N., Balakirev A. A., Bykov A. A., Kalugin A. V.* Determination of the bearing capacity of reinforced concrete flexible elements reinforced with composite materials. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2011, no. 7, pp. 18–21. (In Russian).
7. *Esipov S. M.* Analysis of design techniques for reinforcing reinforced concrete structures with composite materials. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*, 2015, no. 6, pp. 114–118. (In Russian).
9. *Monaldo E., Nerilli F., Vairo G.* Basalt-based fiber-reinforced materials and structural applications in civil engineering. *Journal Composite Structures*, 2019, vol. 214, pp. 246–263. DOI: 10.1016/j.compstruct.2019.02.002.
10. *Nihad Tareq Khshain Al-Saadi, Alyaa Mohammed, Riadh Al-Mahaidi, Jay Sanjayan.* A state of the art review: Near-surface mounted FRP composites for reinforced concrete structures. *Journal Construction and Building Materials*, 2019, vol. 209, pp. 748–769. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.121.
11. *Berardi V.P., Feo L., Mancusi G., De Piano M.* Influence of reinforcement viscous properties on reliability of existing structures strengthened with externally bonded composites. *Journal Composite Structures*, 2018, vol. 200, pp. 532–539. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.05.111.
12. *Limaïem M., Ghorbel E., Limam O.* Comparative experimental study of concrete repairation with carbon epoxy and bio-resourced composites. *Journal Construction and Building Materials*, 2019, vol. 210, pp. 312–323. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.137.
13. *Kalyadin A. Yu., Nalbandyan G. V., Soloviev V. G., Bogdanova A. A., Ushkov V. A.* Plasma modification of construction mortar components, an efficient method of increasing their performance. *Vestnik MGSU*, 2019, vol. 14, is. 5(128), pp. 548–558. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.5.548-558. (In Russian).

Для цитирования: Налбандян Г. В., Копытин А. В., Осипов П. В., Ушков В. А. Несущая способность восстановленных и усиленных железобетонных плит перекрытия // *Промышленное и гражданское строительство*. 2020. № 1. С. 21–27. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.21-27.

For citation: Nalbandyan G. V., Kopytin A. V., Osipov P. V., Ushkov V. A. Bearing Capacity of Restored and Strengthened Reinforced Concrete Floor Slabs. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 1, pp. 21–27. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.21-27. ■