

УДК 691.32:547-31/39

УПРОЧНЕНИЕ БЕТОНА ПРОПИТКОЙ ГЕКСАМЕТИЛЕНДИИЗОЦИАНАТОМ

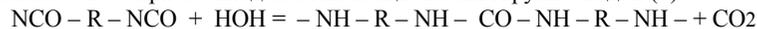
инж. Веселовский Д.Р., д.т.н., проф. Савицкий Н.В.*

*Научно-производственный комплекс «ПОЛИДОН», г.Донецк,***Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепрпетровск*

Постановка задач исследования.

Пропитка железобетонных конструкций и сооружений полимерными материалами является одним из основных методов их восстановления и увеличения срока службы. Действительно, такая пропитка препятствует протеканию процессов карбонизации и выщелачивания бетона, защищает его от воздействия отрицательных факторов внешней среды, увеличивает его морозостойкость, прочность и т.д. (1). Для пропитки бетона в настоящее время используются композиции, состоящие из мономеров или олигомеров в смеси с растворителями и отвердителями, наиболее часто используется метилметакрилат с добавкой инициатора и ускорителя полимеризации (2,3,5). Одной из проблем при пропитке бетона мономерами является то, что бетон является хорошим сорбентом и смесь жидких веществ, пропитывая его, разделяется на отдельные ингредиенты. Такая смесь отверждается только в поверхностных слоях бетона, по мере пропитки эквивалентность компонентов системы нарушается, полного отверждения композиции не происходит (3,6,7). Таким образом, возможность глубокой пропитки бетона с целью его упрочнения встречается с рядом трудно устранимых проблем. На первый взгляд, эти проблемы решаются при использовании в качестве пропиточных мономеров диизоцианатов: гексаметилендиизоцианата (ГМДИ), толуилендиизоцианата (ТДИ) и дифенилметандиизоцианата (МДИ). Действительно, для отверждения этих мономеров не требуется смешивать их с инициаторами полимеризации или катализаторами, оно происходит за счет взаимодействия изоцианатных групп с водой, всегда присутствующей на поверхности пор бетонного камня. Среди диизоцианатов наиболее перспективным мономером является ГМДИ: он имеет очень низкую вязкость – 7 сек, медленно отверждается и в отвержденном состоянии в виде пленки имеет достаточно высокую прочность – до 60 МПа. Однако, попытки использовать чистые диизоцианаты для глубокой пропитки бетона с целью увеличения его прочности не привели к ожидаемому результату. Целью нашего исследования было определение причин этого явления и поиск возможностей их устранения.

Анализ проблемы. В (3) одной из основных причин низкой прочности пропитанного диизоцианатами бетона предполагается образование углекислого газа при взаимодействии изоцианатных групп с водой (9).



Углекислый газ может создавать давление в объеме бетонного камня, препятствующее проникновению мономера в его объем, разрыхляет и создает свищи в полимере, заполняющем поры бетона и вызывает карбонизацию

бетона. В (4) мы рассмотрели возможность уменьшения количества выделяемого углекислого газа путем блокирования реакции взаимодействия изоцианатных групп с водой, отверждение диизоцианатов в этом случае происходит за счет образования изоциануратных структур. Прочность пропитанного бетона при этом возрастает, но все равно остается значительно ниже ожидаемой величины. Можно предположить, что основное количество углекислого газа поглощается щелочью в бетоне и не является основным фактором, снижающим прочность пропитанного бетона.

Образцы и методы эксперимента. Механические испытания образцов были проведены на сервогидравлической машине INSTRON 8802. Для определения деформаций образцов при нагружении использовался калиброванный аксиальный экстензометр с базой 25мм, точностью измерений 0,001мм, скорость нагружения изменялась от 0,01 до 0,002мм/сек.

Для измерения прочности пропитанного бетона использовались цилиндры 3×5 см, прочность цилиндров регулировалась соотношением цемент – песок при В/Ц 0,6, а также балки 4х4х16см., которые приготавливались из смеси: цемент марки 400 - 1 м.ч., песок – 3 м.ч., В/Ц 0,5, 0,6 и 0,65. Цилиндры полностью погружались в пропиточный состав, кроме верхней поверхности, а балки зачищались с торца и погружались на 1 см в герметичную емкость. Через 3 суток отменялся уровень пропитки и образцы выдерживались на воздухе 40 суток, после чего распиливались алмазным диском на призмы 1,5х2х4см, стороны призм шлифовались. В качестве растворителей были использованы толуол, этилацетат, ацетон ЧДА с влажностью не более 0,01% и ацетон технический с влажностью 1%.

Количество полимера в объеме бетонного камня на различных расстояниях от поверхности определяли с помощью ИК-спектроскопии по интенсивности полосы поглощения 1710 см^{-1} , соответствующей >C=O группе в дизамещенной мочеvine, образующейся при отверждении ГМДИ. Для этого через неделю после пропитки исследуемый слой бетона сошлифовывали, тщательно размалывали и смешивали с вазелиновым маслом. Количество впитавшегося в бетонный образец состава определяли весовым методом.

Условную вязкость пропитывающих композиций определяли по ВЗ-246 (ГОСТ 8420-74).

Изложение основного материала. В табл.1 представлены результаты измерения прочности пропитанных и непропитанных бетонных цилиндров. Как видно из таблицы, кратковременная пропитка бетона ГМДИ, что наблюдается, например, при нанесении мономера на поверхность бетона кистью или валиком, может приводить не к повышению, а даже к некоторому уменьшению его прочности.

Таблица 1

Влияние пропитки бетона ГМДИ на его прочность при сжатии

№№ п/п	Кол-во ПАВ, %	Время пропитки час	Прочность непропитанного бетона, МПа	Прочность бетона после пропитки, МПа	Коэффициент упрочнения
1	-	0,1	7,2	7,1	0,99
2	-	1	7,2	10,7	1,5
3	-	72	7,2	83,6	11,6
4	0,5	0,1	7,2	12,9	1,8
5	1,0	0,1	7,2	38,0	5,5
6	0,5	1	7,2	53,4	8,1
7	1,0	72	7,2	93,3	14,0
8	-	0,1	38,6	40,5	1,1
9	-	1	38,6	57,0	1,5
10	-	72	38,6	91,6	2,4
11	0,5	0,1	38,6	65,4	1,7
12	1,0	0,1	38,6	79,1	2,0
13	0,5	72	38,6	92,3	2,4
14	-	1	43,5	66,2	1,7
15	-	72	43,5	93,9	2,2
16	0,5	1	43,5	94,0	2,2
17	1	1	43,5	83,3	1,9

Даже пропитка в течение одного часа вызывает лишь незначительное увеличение прочности пропитанного бетона и только пропитка в течение 72 часов увеличивает прочность бетона более, чем 11 раз. Практически организовать такую пропитку для увеличения прочности конструкций и сооружений нереально.

Распространение ГМДИ в объем бетона происходит по микротрещинам и крупным магистральным порам. Одновременно протекает процесс ухода мономера из них в микропористую область. При кратковременной пропитке, когда нет постоянного подвода ГМДИ в объем бетона, практически весь мономер из крупных пор и микротрещин уходит в микропористую область, в связи с чем прочность бетона не возрастает. Для предотвращения этого явления мы добавляли в мономер вещество, состоящее из нано-частиц молекулярного размера. Мы предположили, что такие частицы будут кальматировать микропоры в бетоне и, таким образом, уменьшат диффузию мономера в микропоры. В качестве такой добавки наиболее перспективным материалом оказался олеата кальция (ОК). Он имеет онзагеровский радиус, сопоставимый с размером микропор в бетоне и является поверхностно-активным веществом. Таким образом, ОК не только препятствует уходу ГМДИ из микротрещин и магистральных пор, но и гидрофобизирует поверхность пор, уменьшая скорость отверждения ГМДИ и, тем самым, увеличивает глубину его проникновения в объем бетона. Кроме того, кальматация микропор приводит к уменьшению количества полимера в объеме бетона и, следовательно, к меньшей степени карбонизации бетона.

Высказанное предположение было подтверждено сопоставлением прочности пропитанных бетонных цилиндров и количеством в них полимера. Испытания показали, что содержание полимера в образце №6 составляло 2,1%, а в образце №1 – 3,9, хотя прочность образца №6 была 53,4 МПа, а образца №1 – 7,1 МПа. Количество полимера определялось в средней, наиболее слабой зоне цилиндров.

Нами были проведены испытания по определению влияния ГМДИ, содержащего 1% олеата кальция, на прочность реального строительного бетона с щебнем и суперпластификатором. Была использована серия балок 4x4x16 см. с суперпластификатором С-3, щебнем (фракция 5-10см.) и водоцементным соотношением 0,35. Прочность исходных образцов при изгибе составила 8,0 МПа, при сжатии – 50 МПа. После пропитывания прочности соответственно были равны 20,5 и 100 МПа. Таким образом, наличие в составе бетона суперпластификатора и щебня практически не сказывается на упрочняющем влиянии пропитывания мономером ГМДИ. В данном случае интересно резкое увеличение прочности пропитанного высокопрочного бетона, что позволяет рекомендовать пропитывание мономерами не только для санации деградированного бетона, но и упрочнения свежееуложенного.

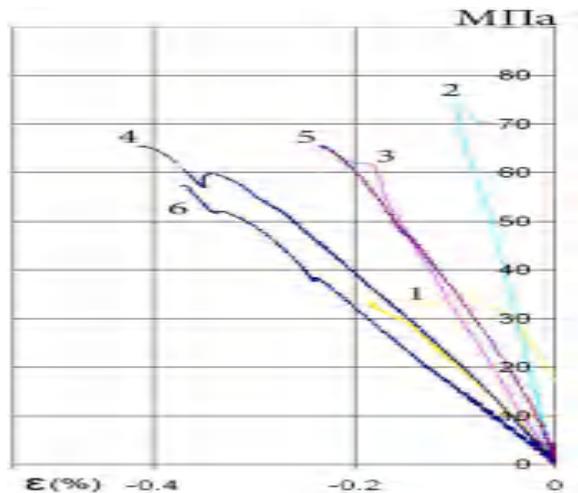


Рис.1. Сопоставление диаграмм деформирования при сжатии.

1. Контрольная призма (ВЦ 0,6).
2. Цилиндр 3x5см. сплошной пропитка ГМДИ.
3. Первая призма балки, пропитка ГМДИ.
4. Первая призма балки, пропитка 40% ТГТП в толуоле (образец 1).
5. Вторая призма, пропитка 40% ТГТП в толуоле (образец 1).
6. Первая призма балки, пропитка 40% ТГТП в толуоле (образец 2).
7. Вторая призма балки, пропитка 40% ТГТП в толуоле (образец 2).

ГМДИ является летучей токсичной жидкостью, в связи с чем были проведены исследования по возможности его замены на продукт взаимодействия ГМДИ и триметилпропана - (ТГТП), который является нелетучей и нетоксичной жидкостью. Так как ТГТП имеют высокую вязкость, использовали его 40% раствор в толуоле, вязкость раствора составляла 9 сек. Однако, после отверждения ТГТП такой раствор представляет собой гелеподобный материал, который, находясь в объеме бетона, не может увеличить его прочность. Мы предположили, что после заполнения композицией микротрещин и проходных пор в бетоне, толуол будет диффундировать в микропористые зоны бетона, концентрация полимера, заполняющих микротрещины и проходные поры будет увеличиваться, следовательно, будет возрастать его прочность.

Это предположение подтверждает испытание призм 4x4x2см. на сжатие на сервогидравлической машине INSTRON 8802. Призмы вырезались из балки на расстоянии 2 (первая призма) и 4 см (вторая призма) от поверхности пропитки. Как видно из рисунка (Рис 1), призма №3, пропитанная мономером ГМДИ показывает самый высокий модуль и прочность –75 МПа. Первые призмы № 4 и № 6 двух одинаковых образцов, показали прочность около

65 МПа и одинаковый модуль, средний между модулем образца пропитанного мономером ГМДИ и модулем непропитанного контрольного образца. Вторые призмы №5 и №7 показали практически такую же прочность на сжатие как и первые призмы - 60-65 МПа, но угол наклона кривой деформирования оказался таким же, как у контрольной призмы. Вероятно, оставшегося в микро трещинах количества полимера оказалось достаточно для залечивания дефектов в бетоне и упрочнения контактной зоны, но не достаточно для существенного увеличения модуля пропитанного бетона.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Баженов Ю.М. Бетонополимеры(Москва, Стройиздат, 1983)
2. Tazawa E, Kobayachi S., «Properties and Applications of Polymer impregnated cementions Materials», Polymders in Concreate, Publ. SP-30, Amer Concr. Institute, Detroit, 1973
3. Патент США №4142344 кл.Е04В 1/35,1979;
4. Н. В. Савицкий, Р. А. Веселовский // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005.- Вып.35.-С. 105-108
5. Патент Франции №2689921, кл. Е04В 1/64, 1993
6. Веселовский Р.А.Сб. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем, том 1 (Киев, Наукова Думка, 1986) сс.379
7. Веселовский Р.А., Регулирование адгезионной прочности полимеров (Киев, Наукова Думка, 1988) сс.176
8. Veselovsky R., Kestelman V., Adhesion of Polymers (McGraw Hill, New York, 2003) pp.400
9. Фриш К., Химия полиуретанов (Москва, Химия, 1976)

УДК 624.131.23

ТРИВАЛО ОБТИСНЕНІ ЛЕСОВІ ОСНОВИ ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ПІДТОПЛЕННІ ТЕРИТОРІЙ д.т.н., проф. Винников Ю.Л., д.т.н., проф. Семко О.В., к.т.н., доц. Гранько О.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. Через дорожнечу нового будівництва чи його неможливість в умовах щільної міської забудови збільшуються обсяги реконструкції будівель і споруд. Проектуються та влаштовуються переважно надбудови і перепланування внутрішнього простору приміщень, що викликають зростання навантаження на фундаменти [1, 2].

Підтоплення територій, характерне для сучасної міської забудови, негативно впливає на властивості основ, що складені лесовими ґрунтами (що вкривають близько 70 % території України), та стан матеріалу фундаментів. Експериментальні дослідження [3, 4], зокрема, доводять, що при замоканні леси знижують свої механічні властивості й переходять у деградований стан.