

УДК 666.972.691.175

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОРОЗІЇ АРМАТУР В ПОЛІМЕРБЕТОНАХ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ В ПОЛИМЕРБЕТОНАХ

STUDY OF THE PROCESS OF REINFORCEMENT CORROSION IN POLIMERBETONAH

Ганник М.І., к.т.н., доц., Несеоря П.І., к.т.н., доц., Папірник Р.Б., к.т.н., доц. (ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпропетровськ)

Ганник Н.И., к.т.н., доц., Несеоря П.И., к.т.н., доц., Папирнык Р.Б., к.т.н., доц. (ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск)

Gannik N.I., PhD, associate professor, Nesevra P.I., PhD, associate professor, Papirnyk R.B., PhD, associate professor (SHEI "Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture", Dniepropetrovsk)

Приведені результати дослідження корозійної стійкості арматурної сталі в полімербетоні на щебні із бою з кислотостійкої цегли та на гранітному щебні. Отримані дані швидкості корозії, що є основою для прогнозування та визначення терміну служби армополімербетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивному середовищі.

Приведены результаты исследования коррозионной стойкости арматурной стали в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне. Получены данные по скорости коррозии, что является основой для прогнозирования и определения сроков службы армополимербетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах.

Results of research of corrosion of reinforcing steel in polymer concrete on the rubble of bricks and acidproof on the granite rubble. Obtained data on the rate of corrosion, as a basis for forecasting and workings services reinforce polymer concrete construction used in aggressive environment.

Ключові слова:

Корозія, полімербетон, арматура, термообробка.

Коррозия, полимербетон, арматура, термообработка.

Corrosion, polymer concrete, armature, heat treatment.

Введение. Полимербетоны являются искусственными строительными конгломератами, получаемыми при совмещении синтетических связующих с минеральными наполнителями.

Анализ последних исследований. Анализ зарубежных и отечественных источников показал, что полимербетоны играют значительную роль в современной практике строительства.

Цель и задачи. Исследование коррозионной стойкости арматурной стали в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне. Определение скорости коррозии стальной арматура в полимербетоне для прогнозирования и определения сроков службы армополимербетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах.

Методика и результаты исследований. Исследование коррозионной стойкости арматурной стали в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне в наших исследованиях проводилось по методу прямых коррозионных испытаний на шлифованных до 7 класса чистоты стальных стержнях (диаметром 6 мм, длиной 100 мм) из стали класса А-I, помещенных в полимербетонные образцы с толщиной защитного слоя 7, 15, 20 мм. Перед укладкой в полимербетонные образцы стержни обезжиривали ацетоном и взвешивали на аналитических весах. После этого образцы устанавливали на коррозионные испытания в агрессивные среды.

По истечении намеченных сроков испытаний (3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 месяцев) образцы вынимали из сред, тщательно осматривали, разбивали и извлекали из них арматурные стержни. Обработку стальных стержней после проведения коррозионных испытаний производили по общепринятой методике: стержни погружали в 10-процентный раствор соляной кислоты (НСI) с добавлением ингибитора (уротропина) в количестве 1 % от массы соляной кислоты, промывали водой, обрабатывали насыщенным раствором нитрита натрия и вытирали фильтровальной бумагой. Состояние извлеченных из образцов стержней оценивалось:

1. По площади распространения коррозии в процентах к площади образца арматуры.

2. По потере массы на коррозию - взвешиванием стержней на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

3. По глубине проникания коррозии, определяемой на измерительном микроскопе МИС-11.

4. По скорости коррозии:

а) в $г/м^2$. Час по формуле:

$$V = \frac{M}{F \cdot t};$$

Где М - потеря массы образца арматуры, г; F - площадь поверхности стержня, $м^2$; t - время испытания в часах.

б) глубинный показатель скорости коррозии проницаемость в мм/час по формуле:

$$P = 8.76 \frac{K}{S};$$

где К - потеря массы, г/м² час; S- плотность металла, г/см³

Коррозионная стойкость арматуры оценивалась по глубинному показателю коррозии, в соответствии с ГОСТ 52-72-68.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коррозия стальной арматуры в полимербетоне на фурановых смолах

Вид полимербетона	Условия испытаний	Продолжительность испытания, месяцы	Толщина защитного слоя, мм	Показатели коррозии				
				Площадь коррозии, %	Потеря массы, г/м ²	Скорость коррозии, г/м ² ·ч·10 ⁻⁴	Проницаемость, мм/час	Наибольшая глубина коррозии, мм
Полимербетон на щебне из боя кислотоупорного кирпича	Воздушно сухие	36	7	0	0	0	0	0
	H ₂ O (т)	36	7	35-40	28,9	21,2	0,0016	194
		36	15	24-27	10,0	14,7	0,0005	145
		36	20	15-20	6,2	10,3	0,0003	87
	H ₂ O (н)	36	15	40-45	16,4	18,1	0,0009	471
		36	20	35-39	9,8	7,6	0,0005	293
	5% H ₂ SO ₄ (т)	36	7	50-60	40,2	27,3	0,0022	120
		36	15	40-45	15,6	22,4	0,0009	83
		36	20	30-33	11,3	13,6	0,0006	51
	5% H ₂ SO ₄ (н)	36	15	70-75	20,0	30,0	0,0011	853
		36	20	58-65	14,8	13,7	0,0008	762
	20% H ₂ SO ₄ (t=60°C) (т)	24	15	190	23,2	19,3	0,0013	1010
24		20	145	15,7	12,7	0,0009	983	
Полимербетон на гранитном щебне	Воздушно сухие	36	7	0	0	0	0	0
	H ₂ O (т)	36	7	50-55	41,2	37,2	0,0023	297
		36	20	35-40	12,4	14,5	0,0007	104
	H ₂ O (н)	36	15	70-80	26,2	34,0	0,0015	569
		36	20	60-65	15,7	17,9	0,0008	481

Примечание: Т - термообработанные образцы; Н – образцы, отвержденные в нормальных условиях.

На рис. 1 и 2 показана кинетика коррозии арматурных стержней в фурановом полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне при толщине защитного слоя 7 мм. При испытании полимербетона, армированного стальной арматурой, в воздушно-сухих условиях коррозии арматуры не обнаружено. Незначительные коррозионные поражения арматурных стержней в виде мелких пятен тонкой ржавчины (0,2-0,5 г/м²), появившиеся во время изготовления и отверждения образцов, за счет агрессивного воздействия кислого отвердителя (бензолсульфокислоты)

на арматурную сталь, с течением времени не увеличиваются, так как отсутствие жидкой фазы в отвержденном полимербетоне делает невозможным протекание электрохимических процессов коррозии арматуры.



Рис.1. Кинетика коррозии стальных стержней в фурановом полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича при толщине защитного слоя 7 мм: ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – в воздушно-сухих условиях; 2-2 – в 5% растворе H_2SO_4 ; 3-3 – в 20% растворе H_2SO_4 ; 4-4 – в 30% растворе H_2SO_4 (Растворы H_2SO_4 с $t=60^0C$)

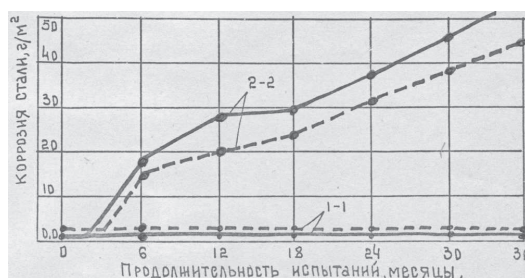


Рис.2. Кинетика коррозии стальных стержней в фурановом полимербетоне на гранитном щебне при толщине защитного слоя 7 мм: ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – в воздушно-сухих условиях; 2-2 – в воде

В периоде от двух до четырех месяцев наблюдается коррозионное поражение стальных стержней при испытании полимербетона на щебне из боя кислотоупорного кирпича в 5-ти процентном растворе H_2SO_4 и в 20-ти процентном растворе H_2SO_4 (при $t = 60^0C$).

Потери массы металла при испытании полимербетона в 5-ти процентном растворе H_2SO_4 и, особенно, в 20-ти процентном растворе H_2SO_4 ($t = 60^0C$) выше, чем в H_2O . При воздействии на полимербетон 30-ти процентного раствора коррозионное поражение стальных стержней наблюдается по истечении 6-ти месяцев испытаний. Потери массы металла не велики и к годовому сроку испытаний составляют 8-10 г/м².

При одинаковых условиях агрессивного воздействия на армированный полимербетон потери масса металла в термообработанном полимербетоне

меньше, чем в полимербетоне, отвержденном в нормальных условиях. Последнее объясняется меньшей степенью полимеризации связующего при отверждении полимербетона в нормальных условиях и выносом непрореагировавших веществ, что увеличивает пористость и проницаемость полимербетона [1].

На рис. 3 и 4 показана кинетика коррозии арматурных стержней с защитным слоем 15 мм в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне.

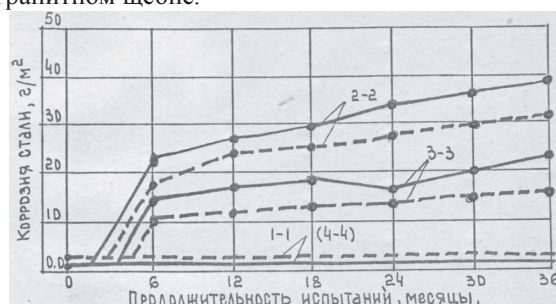


Рис.3. Кинетика коррозии стальных стержней в фурановом полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича при толщине защитного слоя 15 мм: ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – в воздушно-сухих условиях; 2-2 – в 5% растворе H₂SO₄; 3-3 – в 20% растворе H₂SO₄; 4-4 – в 30% растворе H₂SO₄ (Растворы H₂SO₄ с t=60⁰C)



Рис.4. Кинетика коррозии стальных стержней в фурановом полимербетоне на гранитном щебне при толщине защитного слоя 15 мм: ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – в воздушно-сухих условиях; 2-2 – в воде

Анализ данных (рис.1-4) показывает, что с увеличением толщины защитного слоя полимербетона время начала коррозионного поражения стальных стержней увеличивается. При определенных толщинах защитного слоя коррозия стали вообще отсутствовала как в холодной, так и в горячей кислоте H₂SO₄, что связано с отсутствием электролита на поверхности арматура. В образцах с большой величиной защитного слоя, кроме того, наблюдается и улучшение состояния самого полимербетона. Коррозионные разрушения в виде трещин, выколов ребер и т.п., наблюдавшиеся при

испытаниях образцов с толщиной защитного слоя 7 мм из-за расклинивающего давления продуктов коррозии стали, отсутствовали при толщинах защитного слоя полимербетона 15 и 20 мм и более даже при испытаниях в горячей кислоте.

При испытании полимербетона на щебне из боя кислотоупорного кирпича около 3 лет в 30 % растворе H_2SO_4 признаков коррозии арматурных стержней с защитным слоем 15-20 мм не обнаружено, что является следствием незначительной величины скорости диффузии концентрированных кислот, а, следовательно, отсутствием электролита на поверхности арматуры.

Степень коррозионного поражения стальной арматуры при одной и той же величине защитного слоя в значительной степени зависит от вида агрессивной среды и, особенно, от состава полимербетона. Коррозия арматуры в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича значительно меньше, чем в полимербетоне на гранитном щебне.

На рис. 5 и 6 приведены кривые, характеризующие зависимость скорости коррозии арматуры с защитным слоем полимербетона на щебне из боя кислотоупорного кирпича 7, 15, 20 мм. От продолжительности испытаний в H_2O и в 5-ти процентном растворе H_2SO_4 .

Анализ результатов исследований показывает, что коррозия арматуры начинается через некоторое время после начала контактирования полимербетона с агрессивной средой, продолжительность которого зависит от скорости диффузии агрессивной жидкости в толщу защитного слоя полимербетона. После диффузионного проникновения коррозионно-активной среды и накопления ее на границе металл-полимербетон начинается активное нарастание скорости коррозии арматурной стали (нестационарный процесс).

По мере образования на арматуре плотных пленок, состоящих из продуктов коррозии, и экранирования ими поверхности металла, скорость коррозии снижается, и при длительных испытаниях стабилизируется (стационарный процесс).

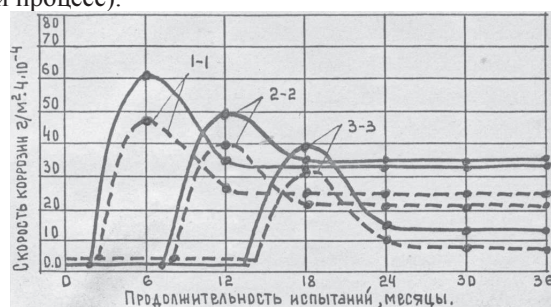


Рис.5. Скорость коррозии стальных стержней при испытании фуранового полимербетона на щебне из боя кислотоупорного кирпича в 5% растворе H_2SO_4 : ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – при толщине защитного слоя – 7 мм; 2-2 – то же – 15 мм; 3-3 – то же – 20 мм

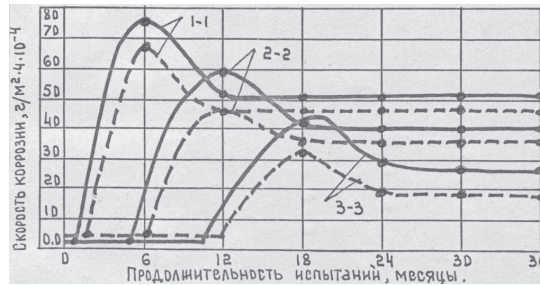


Рис.6. Скорость коррозии стальных стержней при испытании фуранового полимербетона на гранитном щебне в 5% растворе H_2SO_4 : ---- термообработанные образцы; — образцы нормального твердения; 1-1 – при толщине защитного слоя – 7 мм; 2-2 – то же – 15 мм; 3-3 – то же – 20 мм

В последующем увеличение скорости коррозии происходит только после появления трещин в защитном слое полимербетона вследствие разбухания при проникании влаги и от раскалывающего действия продуктов коррозии стали.

При одинаковых толщинах защитного слоя, условиях отверждения и агрессивного воздействия величина скорости коррозии арматуры в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича в 1,5 раз меньше чем в полимербетоне на гранитном щебне, что объясняется меньшей диффузионной проницаемостью полимербетона на щебне из боя кислотоупорного кирпича.

Выводы по материалам исследований: таким образом, проведенные исследования позволили получить экспериментальные данные по скорости коррозии стальной арматуры в полимербетоне на щебне из боя кислотоупорного кирпича и на гранитном щебне, что является основой для прогнозирования и определения сроков службы армополимербетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах.

1. Долежел Б. Коррозия пластических материалов и резин. М.: Химия, 1984. – С.97-101. 2. Харлай В.Д., Чепель Г.В. О физической природе ползучести и усадке бетона. – Сборник ползучесть и усадка бетона. – М.: 1986, С.84-92. 3. Дерев'янюк В.М., Приходько А.П., Папірник Р.Б. Вплив агресивного середовища на повзучість полімербетону // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: Науково-технічний збірник. – К.: 2007. – Вип. 26 – С.49-58.