

Кожушко В.П., канд. техн. наук, Грано Н.В.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК СИСТЕМЫ «РЕЛАКСОЛ» НА ГРУНТОМИНЕРАЛЬНУЮ КОМПОЗИЦИЮ

Аннотация. В статье на основе современных представлений физикохимии поверхностных явлений и теории контактных взаимодействий исследованы параметры гидратационного взаимодействия в грунтоминеральной композиции. Рассмотрен технологический эффект использования химической добавки «Релаксол» в комплексе с минеральными вяжущими. Для подтверждения результатов применены физико – механические исследования.

Ключевые слова: известь, цемент, Релаксол, связный грунт, структурообразование, доменный шлак.

Анотація. У статті на основі сучасних уявлень фізикохімії поверхневих явищ і теорії контактних взаємодій досліджені параметри гідратаційної взаємодії в грунтомінеральній композиції. Розглянутий технологічний ефект використання хімічної домішки "Релаксол" в комплексі з мінеральними в'язучими. Для підтвердження результатів використані фізико - механічні дослідження.

Ключові слова: вапно, цемент, Релаксол, зв'язний грунт, структуроутворення, доменний шлак.

Annotation. In the article on the basis of modern presentations of colloidal chemistry of the superficial phenomena and theories of pin co-operations the parameters of hydration co-operation of mix of bound ground with the mineral astringent are investigated. We consider some technological effects of the use of chemical addition of «Relaxol» in a complex with mineral astringent. Physics - mechanical investigations have been used to confirm the results.

Keywords: lime, cement, Relaxol, bound ground, structure formation, blast-furnace slag.

Постановка проблемы

Потребность материальных ресурсов при строительстве автомобильных дорог чрезвычайно большая.

Уменьшение потребности в дорожно-строительных материалах и повышения эффективности их использования может быть достигнуто за счет:

- массового использования в конструктивных слоях менее энергоёмких материалов, например, укрепленных грунтов;
- использования для укрепления грунтов из возможных вяжущих материалов наименее энергоёмких;
- более широким использованием в дорожном строительстве отходов промышленного производства.

Известны способы укрепления грунтов и отходов промышленного производства минеральными и органическими вяжущими материалами [1].

Структура укрепленного грунта – это многофазная система, которая состоит из равномерно распределенных заполнителей разных размеров, вяжущего и пустот в виде капилляров и пор, заполненных водными растворами минеральных веществ, воздухом или газом.

Первичными контактами при формировании структуры на основе вяжущих веществ, за классификацией академика Ребиндера, являются коагуляционные контакты [2].

Быстрое увеличение числа и последующий рост первичных кристаллизационных мостиков, соединивших частицы, приводит к качественному изменению структуры. Так первоначально пластичная, тиксотропно - обратимая коагуляционная структура превращается в прочную, упругохрупкую и необратимо разрушающуюся кристаллизационную структуру. Образование новых фазовых контактов и рост их площади приводят к дальнейшему ее упрочнению [3].

Для кристаллизационных дисперсных структур характерно наличие внутренних напряжений. Они являются результатом давления, возникающего при направленном росте кристаллов, связанных друг с другом в жесткую пространственную сетку. Если напряжения, развивающиеся в ходе формирования структуры, достигают ее прочности, то кристаллизация в процессе гидратации исходного вяжущего вещества приводит к разрушению структуры по отдельным наиболее слабым участкам. Такое разрушающее действие может, обнаруживается в снижении прочности структуры по мере проникания гидратации. Если внутренние напряжения ниже прочности

структуры, то явного разрушения, сопровождающегося их релаксацией, не происходит, они сохраняются в материале в виде упругой деформации кристаллов и связанной с ней избыточной энергией. При последующей эксплуатации такого материала, действие этих остаточных напряжений приводит к снижению его прочности и долговечности [4]. Поэтому снижение внутренних напряжений, развивающихся в структурах в процессе их формирования, является одним из важных путей повышения эксплуатационных характеристик дисперсных материалов.

Важнейшей механической характеристикой укрепленного грунта является прочность P_c (Н/м^2), которая определяет способность материала сопротивляться разрушению под действием внешних напряжений. Величина P_c обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта, т.е. прочностью p_1 индивидуальных контактов между частицами и их числом на единицу поверхности разрушения χ [3]

$$P_c \approx \chi p_1 \quad (1)$$

Эта зависимость указывает на принципиально возможные пути управления механическими свойствами укрепленного грунта. К ним относятся: 1) изменение числа контактов варьированием размера частиц и плотности их упаковки; 2) изменение прочности индивидуальных контактов варьированием физико-химических условий их возникновения и развития [3].

Для достижения наиболее плотной упаковки частиц, т.е. реализации максимального числа контактов в структуре, и вместе с тем, для предотвращения возникновения высоких внутренних напряжений широко применяются добавки различных ПАВ. Добавки, адсорбируясь на поверхности частиц, снижают прочность контактов в коагуляционных структурах и препятствуют на определенных этапах развитию фазовых контактов.

Механизм пластифицирующего действия связан с образованием гидрофильной адсорбционной пленки на поверхности частиц вяжущего и новообразований. Такие стабилизирующие слои выполняют две функции. Во-первых, они уменьшают силы сцепления между частичками, обеспечивая гидродинамическую смазку. Уменьшения трения между ними – есть основная причина увеличения подвижности. Во-вторых, эти гидрофильные адсорбционные слои тормозят гидратацию и гидролиз в начальный период вследствие возникновения значительного диффузного сопротивления в переходных слоях [5].

Вид и положение функциональных групп в молекулах определяют взаимодействие ПАВ с гидроксидом кальция, строение и конформационное состояние макромолекулярной цепи – непрерывность слоя на поверхности гидратирующихся частичек.

Действие ПАВ приводит к адсорбционному модифицированию продуктов гидратации вяжущего путем образования мелкокристаллических структур гидросиликатов.

Добавки – суперпластификаторы типа сульфированные меламинформальдегиды, нафталинформальдегиды, модифицированные лигносульфонаты обладают одним недостатком – при гидратации молекулы ПАВ покрываются новообразованиями и их пластифицирующее действие уменьшается. Добавки новой генерации на основе поликарбоксилатов характеризуются наличием разветвленных боковых цепей, которые не позволяют частичкам вяжущего сблизиться. Кроме электростатического, реализуется стерический эффект. Боковые цепи добавок медленнее окутываются продуктами гидратации, что предопределяет их длительное пластифицирующее действие. Отдельные боковые цепи в коллоидном растворе могут откалываться от частичек вяжущего, оседать на продуктах гидратации и продолжать пластифицирующее действие. Вместе с тем, добавки этой группы довольно дороги. В связи с этим, практический интерес представляет использование недефицитных добавок на основе отходов промышленности в качестве пластификаторов [5].

Для регулирования процессов структурообразования при твердении минеральных вяжущих веществ в систему вместе с ПАВ вводят добавки электролитов, что позволяет направленно изменять пересыщение, условия кристаллизации и срастания гидратных новообразований и тем самым осуществлять процесс твердения в оптимальных условиях.

Соответственно, результативно применение комплексных добавок, в составе которых объединены компоненты водопонижающего, пластифицирующего, ускоряющего и др. типов.

В Украине применяется большое количество химических добавок различной эффективности.

Анализ исследований и формирование целей статьи

В Сумском национальном аграрном университете на кафедре строительного производства проведено ряд исследований [6,7] по укреплению грунтов вяжущими с химическими добавками системы «Релаксол» ООО «Будіндустрія ЛТД» г. Запорожье. Это перспективные недефицитны, недорогие

химические добавки, рекомендованные для широкого использования в строительстве. К основным компонентам добавок «Релаксол» относятся тиосульфат и роданид натрия – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и NaCNS – хорошо известные и широко используемые в мире компоненты добавок, которые интенсифицируют твердение, обладают противоморозным действием. В качестве пластификаторов в составе комплексных добавок «Релаксол» используются следующие вещества: лигносульфонат технический (ЛСТ), сульфированный нафталинформальдегид (С-3), поликарбоксилат (ПК).

В проводимых в СНАУ исследованиях применялись несколько типов химических добавок системы «Релаксол». Предложенные композиции позволяют укреплять грунты, повышать прочность композиций, как в ранние сроки твердения, так и в последующие; уменьшать расход минерального вяжущего [6, 7, 9].

Известно, что добавки системы "Релаксол" традиционно подразделяются на 4 основных группы и 19 типов в зависимости от назначения и технологических эффектов [8]. Следовательно, есть необходимость в изучении и анализе действия разных за видами и типами химических добавок системы «Релаксол».

Изложение исследований

Для оценки эффекта действия на свойства грунтоминеральной композиции применялись комплексные добавки Темп – 2, Супер-ПК, С-3Р, в количестве 1,5%, 1%, 1,5% соответственно.

Основные характеристики исходных материалов:

– грунт суглинок: число пластичности – 10,4; оптимальная влажность – 22%; кислотность рН – 6;

максимальная плотность – 1,68 г/см³;

– известь ОАО «Химпром», г.Сумы: активность $\text{CaO} + \text{MgO}$ – 96;

– доменный шлак ОАО МК «Азовсталь»: насыпная плотность – 1,4 г/см³; кислотность рН – 7.

– «Релаксол» ТОВ «Будіндустрія ЛТД», г.Запорожье:

Темп-2, С-3Р

Цвет и форма поставки: тёмно-коричневая жидкость.

Плотность при 20°С – 1,22 г/см³±3%; содержание хлоридов: не меньше 0,1%; рН – 8-9.

Супер-ПК

Цвет и форма поставки: светло-коричневая вязкая жидкость.

Плотность при 20°C – 1,06 г/см³±2%; содержание хлоридов: не меньше 0,5%, рН – 6-7.

Исследовано следующее соотношение компонентов: грунт - суглинок оптимальной влажности, известь - 10 % массы грунта, доменный шлак - 30 % массы грунта, 1-1,5 % добавки "Релаксол" от массы извести.

Образцы смесей формовались при оптимальной влажности грунта на гидравлическом прессе ПСУ-50 под нагрузкой 15 МПа, выдержанных на протяжении 3 мин.

Определение физико-механических характеристик проводили с числом повторений, которые обеспечивали достоверность 0,90.

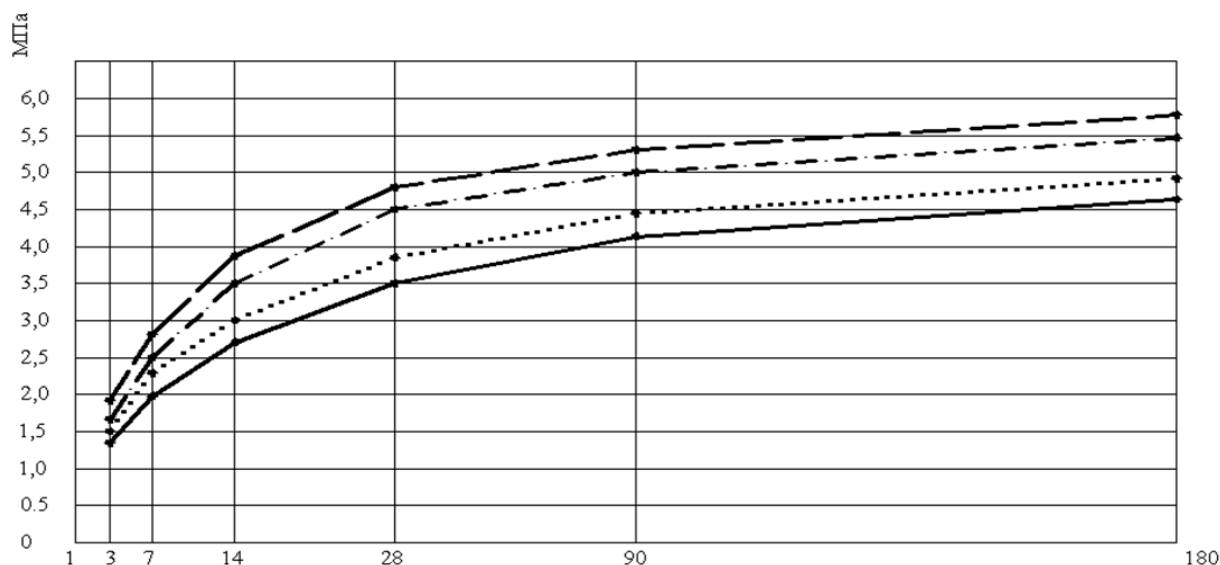


Рисунок 1 - Кинетика роста прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа суглинка, укрепленного известью с добавлением шлака в количестве 30% в присутствии модификаторов системы «Релаксол»:

- — — — — известь 10%+шлак 30%+ТЕМП-2 1,5%;
- · · · · известь 10%+шлак 30%+СУПЕР-ПК 1%;
- - - - - известь 10%+шлак 30%+С-3Р 1,5%;
- известь 10%+шлак 30%.

Во время исследования образцов грунта, укрепленного известью с добавлением шлака, тенденция повышения прочности наблюдалась для всех видов использованных добавок, но лучшие показатели отмечены для модификаторов типа Темп- 2, С-3Р. По нашему мнению, это связано с величиной, которая характеризует меру активности ионов водорода (H⁺) в растворе, то есть рН. Так как примеси Темп- 2, С-3Р имеют рН=9, следовательно есть возможность большей активизации шлаковой

составляющей, благодаря чему обеспечивается интенсивный набор как ранней прочности, так и в более поздние сроки. Для примеси Супер-ПК характерная величина $pH=6-7$, следовательно и показатели прочности несколько уменьшены.

Таблица 1 - Технологический эффект от введения добавок системы "Релаксол" в грунтоминеральную смесь

Добавка		Технологический эффект		
Тип	Дозировка	Увеличение показателей прочности по отношению к образцам без добавки		Увеличение коэф. морозоустойчивости
		на 7 сутки	на 90 сутки	
СУПЕР-ПК	1,0%	16%	8%	3%
Темп- 2	1,5%	40%	28,6%	9%
С-ЗР	1,5%	12%	18%	20%

Выводы

Полученные результаты исследований позволят сделать вывод о том, что основной эффект действия добавок приводит к возрастанию прочности грунтоминеральной композиции. Лучшие результаты получены для смесей с добавкой Темп-2. Добавка типа С-ЗР позволяет значительно увеличить коэффициент морозостойкости. Одна из причин – формирование более прочной структуры. Добавки тиосульфата и роданида натрия обуславливают уменьшение размеров капиллярных пор и одновременно увеличивают количество гелевых. Изменение соотношения гелевой и капиллярной пористости способствует повышению морозостойкости. Комплексные добавки повышают однородность распределения твердой фазы в структуре формирующейся композиции с увеличением количества контактов между новообразованиями.

Предложенная грунтоминеральная композиция относится к области строительных материалов и может быть использована как для укрепления грунтов под сооружения промышленного и гражданского строительства, так и для устройства конструктивных слоев дорожной одежды автомобильных дорог и аэродромов.

Литература

1. ВБН України «Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом». ВБН В.2.3-218-002-95. Видання офіційне. Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг (Укравтодор). – К., 1995. – 47 с.
2. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика. Новая область науки / П. А. Ребиндер. – М. : Знание, 1958. – 64 с.
3. Щукин Е. Д. Коллоидная Химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – М. : Высшая школа, 2004. – 445 с.
4. Физико-химическая механика дисперсных систем / Под ред. Е. Д. Щукина и др. – М. : МГУ, 1985.-266 с.
5. Саницкий М. А. Физико-химические особенности гидратации портландцементов с комплексными модификаторами системы «Релаксол» / М. А. Саницкий, У. Д. Марущак // Химические и минеральные добавки в бетон. – Х. : Колорит, 2005. – С. 160-175.
6. Пат. 17559 Україна, МПК Е 01 С 3/00, Е 02 D 3/12, С 09 К 17/40. Суміш для влаштування дорожнього покриття для автомобільних доріг та аеродромів / Смовський Ю. М., Кожушко В. П. Кожушко В. В.; заявник Сумський нац. аграрний ун-т. - № 20040605116 ; заявл. 29.06.2004 ; опубл. 16.10.2006, Бюл. №10.
7. Пат. 58654 Україна, МПК Е 01 С 3/00, Е 02 D 3/300, Е 01 С 21/00, Е 01 С 23/00, Е 02 D 27/10, Е 02 D 5/34. Композиція для укріплення зв'язних ґрунтів / Кожушко В. П., Грано Н. В.; завник Сумський нац. аграрний ун-т. - №201009294 ; заявл. 23.07.2010 ; опубл. 26.04.2011, Бюл. №8.
8. Система химических и минеральных добавок к бетонам, строительным растворам, сухим строительным смесям и цементам : каталог [Електронний ресурс] // каталог. - Режим доступу: <http://budpluss.grafline.com.ua/Prodaga.html>.
9. Грано Н.В. Про деякі аспекти структуроутворення при тужавінні композиції «ґрунт – цемент – релаксол» / Н.В. Грано, В.П. Кожушко // Современные технологии строительства и эксплуатации автомобильных дорог : Материалы международной науч.-техн. конф. молодых ученых и аспирантов. – Харьков : ХНАДУ, 2008. - С. 159 – 164.