

нтаження, коли динамічна реакція конструкцій будівлі накладається на її напружений стан, який виник в результаті дії нерівномірних деформацій ґрунтової основи, що в свою чергу призводить до зростання напружень в елементах порівняно з недеформованою схемою. Дослідження показали, що власні динамічні характеристики моделі, сформованої з урахуванням деформованої схеми, відрізняються на 5,4-12,8%, а параметри напружено-деформованого стану – на 15,9-28,5% порівняно з недеформованою схемою.

Таким чином, докладне і повне врахування структури будівлі в розрахункових моделях при динамічних впливах малої інтенсивності дозволяє отримати характеристики, які впливають не лише на міцність конструкцій, але й на людський організм, а врахування деформованої схеми будівлі дозволяє більш точно оцінити динамічні характеристики і параметри напружено-деформованого стану конструкцій будівель. Урахування наведених особливостей в розрахункових моделях дозволяє також прогнозувати негативні динамічні впливи при реконструкції.

1.Городецкий А.С., Евзеров И.Д., Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Городецкий Д.А. Метод конечных элементов: Теория и численная реализация. Программный комплекс «Лири-Windows». – К.: Факт, 1997. – 138 с.

2.Кулябко В.В. Динамика конструкций, зданий и сооружений. Ч.1. Статико-динамические модели для анализа свободных колебаний и взаимодействия сооружений с основаниями и подвижными нагрузками. – Запорожье, 2005. – 232 с.

3.ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций / Под ред. А.С.Городецкого. – М.-К.: ФАКТ, 2003. – 464 с.

4.Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – К.: ВПП «Компас», 2001. – 448 с.

Отримано 11.01.2010

УДК 624.012.4

Ю.В.ПУНАГИНА

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В.Лазаряна*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований, направленных на повышение сульфатостойкости бетона сооружений, эксплуатирующихся в условиях сульфатной агрессии. Показано, что использование математической модели коррозионной стойкости бетона дает возможность рассчитывать коэффициент сульфатостойкости и прогнозировать долговечность железобетонных конструкций.

Наведено результати експериментально-теоретичних досліджень, спрямованих на підвищення сульфатостійкості бетону споруд, що експлуатуються в умовах сульфатної агресії. Показано, що використання математичної моделі корозійної стійкості бетону дає

можливість розрахувати коефіцієнт сульфатостійкості й прогнозувати довговічність залізобетонних конструкцій.

Results of the experimentally-theoretical researches directed on the increase sulphate resistance of concrete structures, operated under conditions of sulphate aggression are presented. It is shown that use of the mathematical model of corrosion firmness of concrete gives the chance to calculate the rate of sulphate and to predict the durability of ferro-concrete structures.

Ключевые слова: бетон, диффузия, сульфатостойкость, долговечность, структура.

Долговечность бетона и железобетона зависит от большого числа факторов, основными из которых являются условия эксплуатации, вид и состав бетона, а также степень агрессивности грунтовых вод, воздействию которых подвергаются конструкции сооружений.

Как известно [1, 2], основной причиной разрушения бетонных массивов в зоне контакта с грунтовыми водами является коррозия цементной матрицы бетона. Причина этого состоит в образовании гидросульфоалюмината кальция, взаимодействии извести с магниезальными солями, а также в прямом выщелачивании извести из бетона.

Наибольшее разрушающее действие на бетон независимо от состава и структуры бетона, вида конструкций, характера и величины рабочих нагрузок и условий службы оказывает сульфатная коррозия. По существующим в настоящее время представлениям из числа солей, входящих в состав агрессивных сред, наиболее опасными для цементного камня являются сульфаты различной природы и концентрации. Разрушение цементной матрицы бетона в сульфатных средах сопровождается образованием кристаллов двуводного гипса и трехсульфатной формы гидросульфоалюмината кальция. Кристаллизация гипса и гидросульфоалюмината кальция вызывает разрушение цементной матрицы за счет значительного увеличения объема твердой фазы. По мнению [3], уже одно это обстоятельство является достаточным для объяснения разрушения цементного камня.

В связи с основными разрушающими факторами сульфатной коррозии разработаны методы повышения долговечности бетона при сульфатной агрессии. Они включают использование сульфатостойкого цемента, поргландцементов с содержанием C_3A не более 5% и ряда специальных цементов; повышение содержания гипса в цементе с опережающим связыванием алюминатов в пластичном состоянии; увеличение плотности бетона; введение добавок в бетон; использование карбонатных заполнителей.

Эти методы направлены на предотвращение или замедление диффузии сульфат-ионов в бетон, уменьшение содержания алюминатов кальция или их своевременную реакцию с добавками - компонентами бетона. Сульфатное взаимодействие должно стать составной

частью процессов, связанных с формированием структуры цементной матрицы бетона. Следует не столько защищать сооружение от проникновения в бетон сульфатных вод или понижать содержание C_3A в цементе, сколько получить в бетоне цементный камень, в котором вместо гидратированного алюмината будет находиться гидросульфоалюминат.

Целью исследования является определение возможности применения рядовых портландцементов для возведения сооружений, эксплуатирующихся в условиях сульфатной агрессии.

Невозможность получения универсальной однокомпонентной добавки для цементов различного минералогического состава, способной создавать пластифицирующий эффект с повышением стойкости затвердевшего бетона в условиях агрессивных сред, является основным фактором поиска эффективных добавок для таких систем. Повышение эффективности однокомпонентных добавок ПАВ возможно, с одной стороны, их модифицированием. Вторым путем повышения эффективности, универсальности, многофункциональности добавок в цементных системах является создание комплексных добавок на основе преимущественного действия одной добавки или полифункциональных комплексных модификаторов с равноценным вкладом каждого компонента в суммарное его действие, подбор компонентов комплексной добавки с достижением синергизма действий на цементные системы.

Изучение процессов коррозионного разрушения бетона с использованием активного комплекса, протекающих под воздействием агрессивных грунтовых вод, содержащих сульфат-ионы, позволило рассмотреть и определить характер и степень разрушения железобетонных конструкций в зависимости от различных параметров агрессивной среды, свойств самого бетона и условий его испытания.

Влияние вида цемента, количественного содержания активного комплекса, включающего ПАВ и минеральный наполнитель, концентрации сульфат-ионов в среде на стойкость бетона исследовали в условиях одностороннего и всестороннего воздействия агрессивной среды на образцы. На основании полученного экспериментального материала построена статистическая математическая модель исследуемого процесса.

Для получения математической модели процессов коррозионной стойкости бетона использовался метод факторного планирования эксперимента, сущность которого состоит в варьировании всех факторов, влияющих на процесс по определенному плану, представлении математической модели в виде линейного полинома и исследовании последнего методом математической статистики.

Общий вид статистической математической модели в таком случае выражается линейным полиномом

$$Y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_ix_i + \dots + b_nx_n, \quad (1)$$

где b_0 – свободный член; b_i – линейные эффекты ($i = 1, 2, \dots, n$); n – число факторов.

В качестве выходной переменной Y выбран коэффициент сульфатостойкости. По результатам предварительных исследований выбраны следующие факторы, наиболее существенно влияющие на коррозию бетона: x_1 – содержание C_3A в портландцементе; x_2 – содержание сульфат-ионов в агрессивной среде; x_3 – содержание в песке частиц $CaCO_3$; x_4 – количественное содержание активного комплекса.

Область применения этих факторов с учетом данных предварительных экспериментов определена следующими границами: $5=x_1=8$; $2=x_3=10$; $1=x_2=20$; $10=x_4=50$.

Из соображения удобств выбираем параметры, соответствующие каждому значению экспериментальных данных. Принцип соответствия между экспериментальными данными и параметрами таков: возрастающему значению экспериментального данного должно соответствовать большее значение параметра. Причем, если экспериментальное данное лежит в четко выраженной группе конкретных данных, то этому исходному данному соответствует код группы. По возрастанию или убыванию значения параметра можно определить, как возрастает или убывает значение экспериментального данного и как это влияет на коэффициент сульфатостойкости K_c .

Обработка полученных данных позволила вывести уравнение, связывающее сульфатостойкость бетона с параметрами агрессивной среды (содержание сульфат-ионов) и характеристиками самого бетона (содержание C_3A , цемента, количественное содержание активного комплекса в бетоне и $CaCO_3$ в мелком заполнителе):

$$Y = 0,9552 - 0,3438 \cdot 0,1x_1 + 0,6292 \cdot 0,1x_2 - 0,1709 \cdot 0,1x_3 + 0,71x_4. \quad (2)$$

Проверка на адекватность показала хорошую сходимость результатов модели. Отклонение расчетного значения K_c от экспериментального во всем диапазоне испытанных условий не превышает $\Delta K_c = \pm 0,1$.

Переведенное в физический масштаб уравнение (2) принимает вид:

$$K_c = 0,9552 - 0,3438C_3A + 0,6292CaCO_3 - 0,1709SO_4 + 0,71AK. \quad (3)$$

Большее влияние на коэффициент сульфатостойкости образцов бетона оказывает активный комплекс (x_4); следующее по значению

влияние оказывает содержание CaCO_3 в мелком заполнителе. Знак минус указывает на обратный характер зависимости сульфатостойкости от содержания C_3A в цементе.

Использование математической модели коррозионной стойкости бетона дает возможность рассчитывать коэффициент сульфатостойкости и прогнозировать долговечность железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях сульфатной агрессии.

1. Пшинько А.Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 412 с.

2. Пшинько А.Н., Руденко Н.Н. Проблемы ремонта инженерных транспортных сооружений // *Залізничний транспорт України*. – 2000. – №3. – С.12-14.

3. John M. Hooks. HPS bridges for the 21-st century // *Bridge Views*. – 1999. – Issue №6. – P.1-3.

Получено 28.01.2010

УДК 657.58 : 668.3

В.К.ЖДАНИЮК, д-р техн. наук, О.О.ВОЛОВИК

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

КОЛЕСТІЙКІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНУ НА ОСНОВІ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ РІЗНИХ МАРОК

Наведено результати експериментальних досліджень стійкості асфальтобетону на основі дорожніх нафтових бітумів різних марок до накопичення залишкових деформацій у вигляді колії.

Приведены результаты экспериментальных исследований устойчивости асфальтобетона на основе нефтяных дорожных битумов разных марок к накоплению остаточных деформаций в виде колееи.

The results of experimental research on the resistance of asphalt concrete on the basis of different grades of oil road bitumen to accumulation of residual deformation in the form of rut are presented.

Ключові слова: асфальтобетон, дорожній одяг, колія, гумове колесо, деформація, властивості, бітум, температура, щільність.

Асфальтобетонні покриття в конструкціях дорожніх одягів сприймають вплив різних факторів: навантаження від транспортних засобів, високі і низькі температури навколишнього середовища, волога тощо. Асфальтобетони при різних видах впливів на них можуть поводити себе як пружне, пружно-в'язке або пластичне тіло. Найбільш інтенсивне руйнування асфальтобетонних покриттів і накопичення ними залишкових деформацій спостерігається при комплексному впливі на них вказаних факторів.

Постійне зростання в транспортному потоці великовагових авто-транспортних засобів, що в останні роки спостерігається в Україні на