

Инновационные методы повышения долговечности цементобетонных покрытий

Москва, VI Международная научно-
практическая конференция в ГТУ МАДИ

30 января, 2020

Д-р Майкл Эйрз (Michael Ayers)
Президент компании
Global Pavement Consultants, Inc.

Цементобетонные покрытия в США: качество и долговечность

- Цементобетонные покрытия автодорог с высокой интенсивностью движения в США показывают превосходные эксплуатационные характеристики.
- За 40 лет эксплуатации большинство межштатных магистралей выдержали нагрузку, в два раза выше проектной, и при этом оставались в эксплуатации.
- Нередки случаи использования менее нагруженных трасс в течение более 90 лет.
- Сравнение экономической эффективности на основе анализа затрат в течение расчетного срока службы почти всегда показывает превосходство ЦБ над АБ.

Факторы влияния на срок службы цементобетонных покрытий

- Проектирование
 - Обязателен учет нагрузки, качества основания, климата, материалов.
- Строительство
 - Соответствие выбираемого метода особенностям конкретного объекта.
 - Наличие программы контроля и обеспечения качества на всех этапах проекта.
- Строительные материалы
 - Важнейшим фактором обеспечения долговечности покрытия часто является качество ЦБ.

Примеры дефектов, снижающих срок службы



Что общего между этими проблемами?

Влага – основная причина возникновения дефектов цементобетонных покрытий

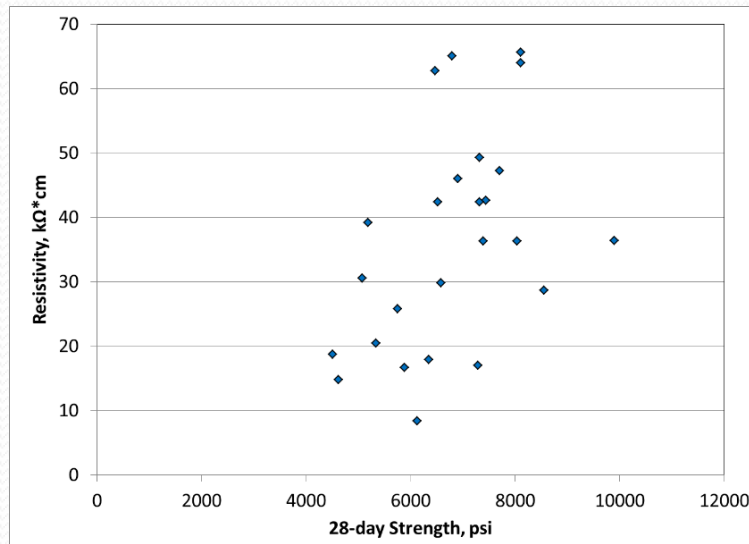
- Для решения большинства проблем с долговечностью достаточно предотвратить проникновение влаги (во всех 3 состояниях) в затвердевший бетон.
- Как это сделать, учитывая тяжелейшие условия эксплуатации покрытий?
- Существует несколько вариантов предотвращения:
 - Подбор состава смеси.
 - Наносимое на поверхность «защитное вещество»
 - Улучшающая свойства смеси химическая добавка

Подбор состава смеси

- Вода или пар перемещаются в затвердевшем цементобетоне по капиллярным порам.
- Снижение проницаемости смеси возможно, но часто за счет серьезных дополнительных затрат.
- Снижение проницаемости путем подбора состава возможно лишь до определенного предела из-за вопросов удобоукладываемости смеси, доступности материалов, а также затрат.
- Наиболее изученным решением является метод получения смеси с заданными свойствами.

Ошибочные представления

- Больше цемента – выше прочность
- Самым важным свойством является прочность
- Значение осадки конуса отражает качество смеси
- Гранулометрические составы отдельных фракций имеет решающее значение



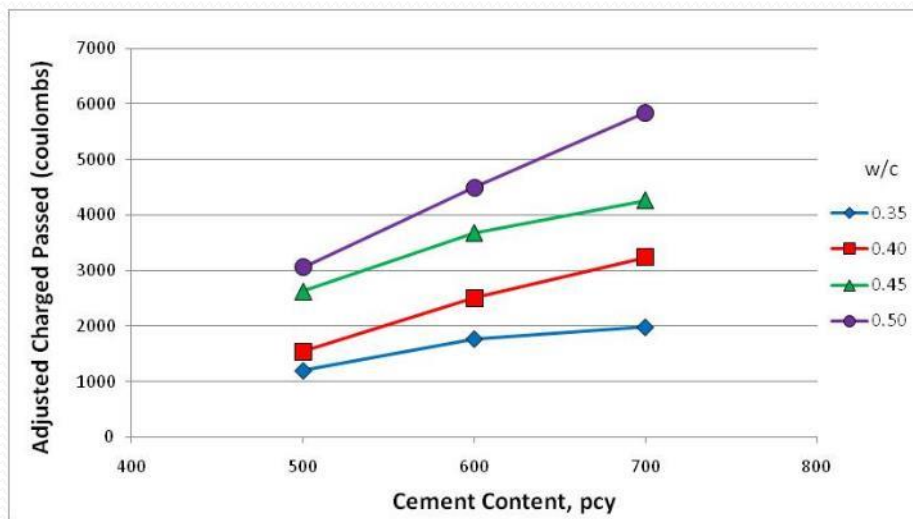
Подбор состава под проект:

влияние каждого из 3 параметров на свойства смеси

желтым выделен идеальный вариант

остальное – ответственность подрядчика

		Workability	Transport	Strength	Cold weather	Shrinkage	Aggregate stability
Aggregate System	Type, gradation	✓✓	-	-	-	-	✓✓
Paste quality	Air, w/cm, SCM type and dose	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓
Paste quantity	Vp/Vv	✓	-	-	-	✓✓	-



Другие варианты

- Компанией International Chem-Crete разработано 2 продукта для минимизации вызываемых влагой дефектов цементобетонных покрытий и конструкций.
- RAVIX ССС-100 – это уникальная пропитка с двойной кристаллической структурой, наносится на поверхность свежего или твердого бетона.
- RAVIX MSE – улучшающая добавка с мульти-кристаллической структурой, добавляемая в бетон в процессе замеса для обеспечения полной и равномерной защиты по всей массе смеси.

Поверхностная обработка PAVIX CCC-100

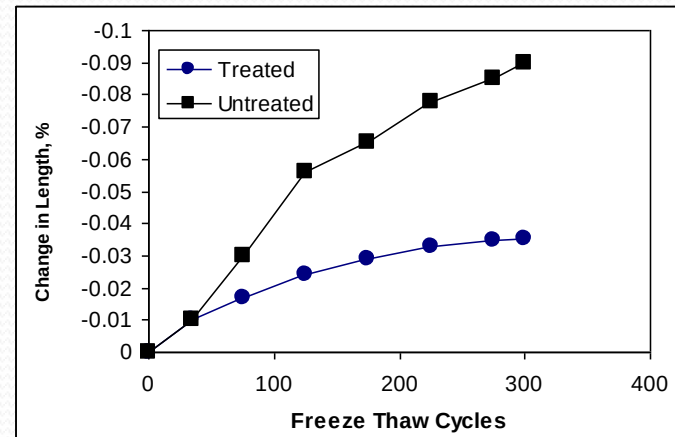
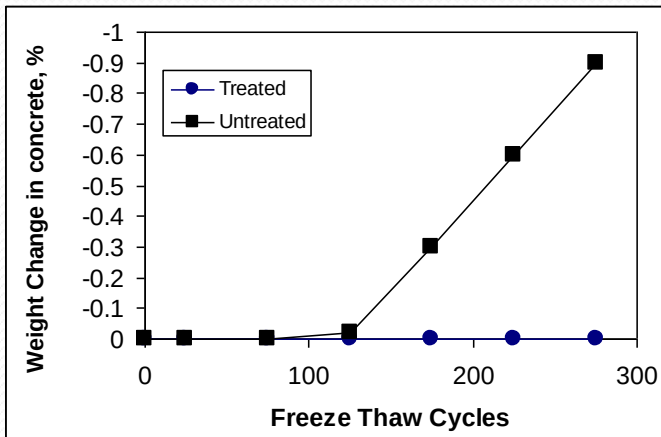


Эффект от применения Chem-Crete PAVIX CCC-100®

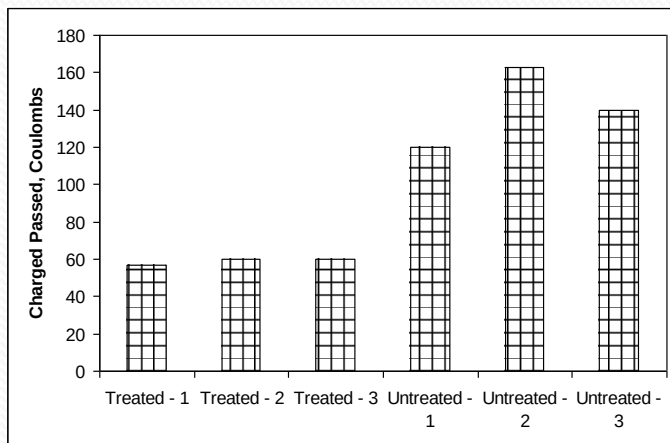
- Снижение перемещения влаги
- Снижение проникновения воды через поверхность
- Гарантированная защита от:
 - Влага и воды
 - Химических реагентов
 - Изменений температуры
 - Загрязнения поверхности
 - Коррозии стальной арматуры



Результаты испытаний применения RAVIX ССС-100



ASTM C666-97: влияние замораживания и оттаивания на обработанные и необработанные образцы



ASTM C1202-91 & AASHTO T259:
испытание на проникновение ионов
хлоридов

Мультикристаллическая добавка Chem-Crete PAVIX (MCE)

- Chem-Crete PAVIX MCE обеспечивает эффект, получаемый от PAVIX ССС-100, а также дополнительные значительные преимущества.
- Предназначена для добавления в бетон в процессе перемешивания, при этом существует несколько способов добавления для ЦБЗ различного типа.
- Необходимо ее тщательное смешивание с приготавливаемой смесью для равномерного и однородного распределения в цементном тесте.

Результаты испытаний применения RAVIX MSE

- Для определения влияния MSE на качество и долговечность ЦБ проведено множество испытаний с использованием широкой гаммы составов.
- В большинстве случаев оптимальным в отношении стоимость / эффект количеством MSE стало 2% по массе цемента.
- На следующих слайдах показано несколько примеров из целого ряда положительных результатов испытаний при добавлении 2%.

Устойчивость к циклу перехода через 0С по изменению массы

Figures 3.a and 3.b show the results of the mass change for the baseline untreated specimens and the intermixed 2% PAVIX MCE™ respectively. These results show a 91.6% reduction in mass loss for the treated specimens compared with the control.

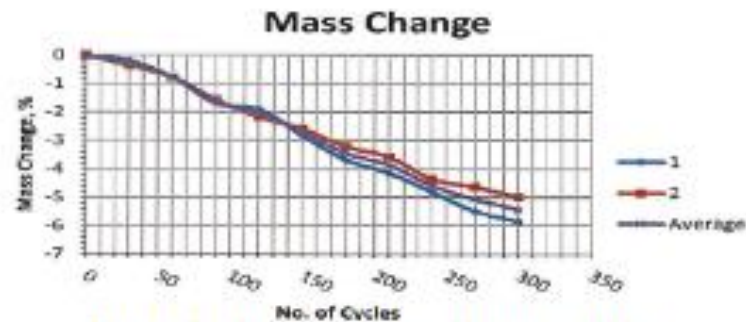


Figure 3.a Mass Change of Untreated Mix

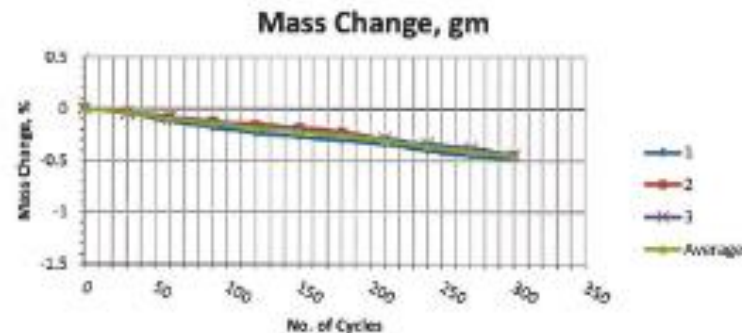


Figure 3.b Mass Change – Treated Mix 2% Internal

Устойчивость к циклу перехода через ОС по динамическому модулю

Figures 4.a and 4.b show the relative dynamic modulus change in the untreated and treated specimens respectively. The 2% intermixed PAVIX MCE™ resulted in a 20.3% higher retained dynamic modulus.

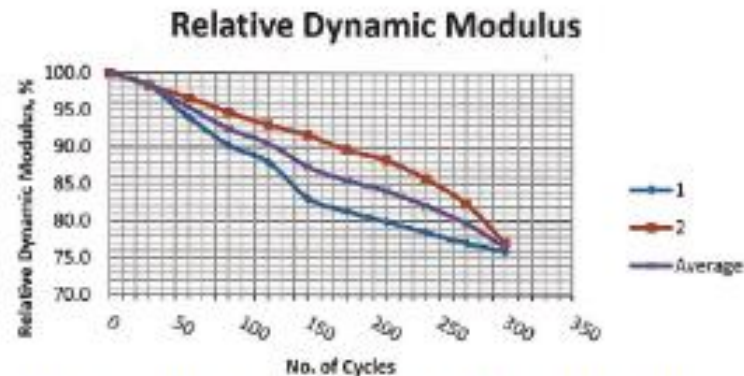


Figure 4.a: Relative Dynamic Modulus – Untreated Mix

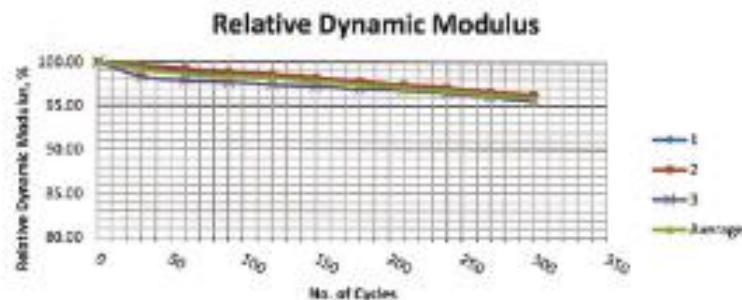


Figure 4.b: Relative Dynamic Modulus – Treated Mix 2%

Реакция щелочной коррозии (ASR)

Alkali-Silica Reactivity (ASR): the following tests results were based on ASTM C-1567, "Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar Bar Method)". The Platte river aggregates used in the test have been characterized as highly reactive.

The addition of 2% of PAVIX MCE™ by weight of cement reduced expansion from 32% for the 0.47 w/c ratio to 74% for the 0.39 w/c ratio. This significant level of reduction in ASR is due to improved hydration, alteration of the hydration products (CH versus C-S-H) and enhanced moisture control.

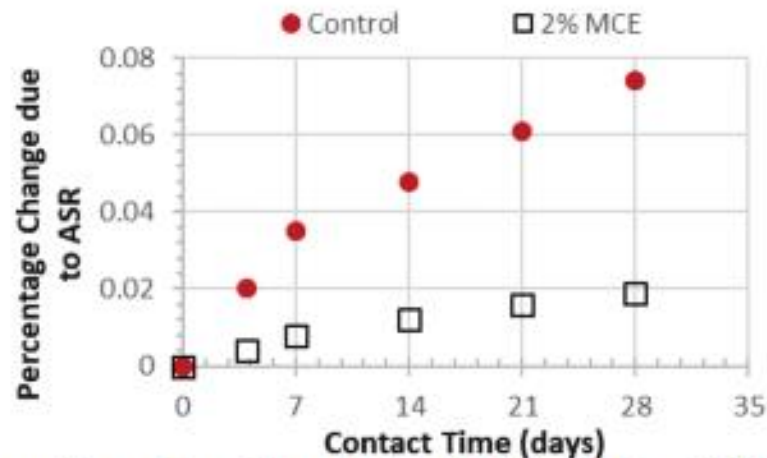


Figure 1: Increasing resistance to the alkali-silica reactions with MCE: According to ASTM C 1567, using IDOT C4 PCC mix.

Тепловые свойства

Specimen	Non Treated 1 Top/Middle	Non Treated 2 Top/Middle	Average Top Temperature	Average Middle Temperature
Temperature at Casting, °F	77/74	77/74	77	74.0
Temperature at Immersion, °F,	77/74	77/75	77	74.5
Temperature at 1 day, °F, Freeze	34/36	34/35	34	35.5
Temperature at 2 days, °F, Freeze	33/34	33/33	33	33.5
Temperature at 3 days, °F, Freeze	29/33	30/32	29.5	32.5
Temperature at 7 days, °F, Freeze	24/25	24/27	24	26.0
Temperature at 14 days, °F, Freeze	21/22	22/26	21.5	24.0
Temperature at 21 day, °F, Freeze	20/20	20/21	20.0	20.5
Temperature at 28 days, °F, Freeze	21/22	22/23	21.5	22.5

Table 17. Average Temperature of Untreated Specimens as a Function of Time.

Specimen	Treated 1 Top/Middle	Treated 2 Top/Middle	Average Top Temperature	Average Middle Temperature
Temperature at Casting, °F	77/74	77/74	77.0	74.0
Temperature at Immersion, °F,	76/73	76/74	76.0	73.5
Temperature at 1 day, °F, Freeze	38/40	39/41	38.5	40.5
Temperature at 2 days, °F, Freeze	36/37	36/39	36.0	38.0
Temperature at 3 days, °F, Freeze	33/34	34/35	33.5	34.5
Temperature at 7 days, °F, Freeze	32/34	33/35	32.5	34.5
Temperature at 14 days, °F, Freeze	31/34	32/33	31.5	33.5
Temperature at 21 day, °F, Freeze	31/33	32/33	31.5	33.0
Temperature at 28 days, °F, Freeze	32/33	33/34	32.5	33.5

Table 18. Average Temperature of 2% Intermixed PAVIX MCE™ Specimens as a Function of Time.

Устойчивость к воздействию хлоридов

The results of the testing on both the baseline untreated sample and the intermixed PAVIX MCE™ are presented in Table 22. Although the baseline permeability rating is relatively low, the 2% intermixed sample showed a reduction of 90.7 percent. In practical terms, this implies that the concrete is less permeable, has a higher density and is more resistant to intrusion by chloride ions from deicing salts. IN other words, the higher level of crystallization prevents intrusion of salt into the concrete.

ASTM C-1202	Baseline	Pavix, Internal
Charge Passed, Coulombs	646	60
Chloride Permeability Rating*	Very Low	Negligible
Reduction in Chloride Ion Penetration Over Control	---	90.7%

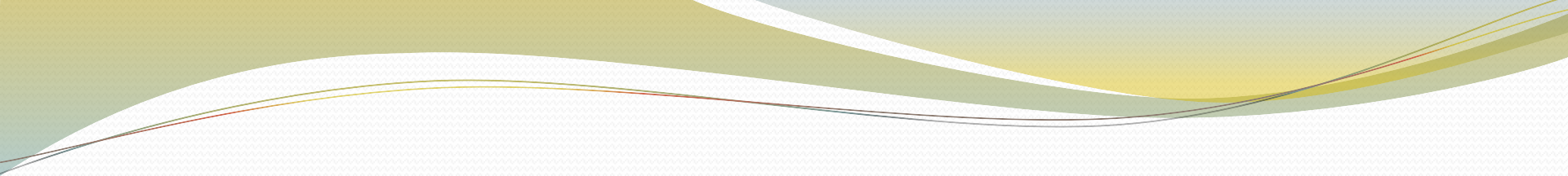
Table 22. Chloride Ion Penetration of Baseline and 2% Intermixed PAVIX MCE™ Specimens.

Выводы

- Современный механистическо-эмпирический метод проектирования обеспечивает высокую точность при условии должного качества вводных данных и квалифицированной инженерной оценки.
- Современное оборудование способно обеспечит строительство покрытий в точном соответствии с заданными требованиями и допусками.
- Вопрос долговечности цементобетона – последняя, часто недостающая «часть паззла».
- Он успешно решается за счет подбора состава смесей с заданными свойствами, а также применения двух вышеупомянутых продуктов.

Дополнительная информация

- Подробные протоколы испытаний PAVIX ССС-100 и PAVIX МСЕ производства компании International Chem-Crete можно получить, запросив их:
- у меня либо госп. Radi Al-Rashed, президента компании International Chem-Crete Co., www.chem-crete.com



Благодарю за внимание!

Dr. Michael Ayers
Global Pavement Consultants, Inc.
mayers@globalpavements.com