

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

ООО ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ «НИИЖБ» / info@ik-niizhb.ru
М. Я. Якобсон



Якобсон Максим Яковлевич

**Руководитель центра технологии
строительства, к.т.н.**

ООО ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ "НИИЖБ"

БЕТОН

- ▶ — один из самых широко используемых материалов в инфраструктурных проектах, таких как дороги, мосты и тоннели. Его уникальные свойства делают его идеальным выбором для создания долговечных и прочных сооружений, которые играют важную роль в нашей повседневной жизни.
- ▶ Одно из главных преимуществ бетона – его прочность. Бетонные конструкции способны выдерживать большие нагрузки и долгий срок эксплуатации без значительного ухудшения качества. Кроме того, бетон обладает высокой устойчивостью к погодным условиям. Это обеспечивает долговечность сооружений из бетона и позволяет им сохранять свою функциональность в течение многих лет.

Преимущества использования бетона в инфраструктурных проектах:

1. Прочность и долговечность.
2. Устойчивость к различным воздействиям.
3. Экологичность.
4. Огнестойкость.
5. Безопасность.

Бетон возможно адаптировать для специфических потребностей инфраструктуры. С добавлением различных компонентов и добавок можно изменять свойства бетона, делая его более устойчивым к воздействию агрессивной среды или обладающим дополнительными свойствами, такими как водонепроницаемость, морозостойкость, звукоизоляция.

БЛОКИ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Одно из наиболее массовых изделий дорожной инфраструктуры – блоки дорожных ограждений. Потребительские свойства дорожных ограждений: значение удерживающей способности, динамический прогиб и рабочая ширина, обобщенный показатель инерционной перегрузки в центре масс транспортного средства (индекс тяжести травмирования).



БЛОКИ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Сборное бетонное дорожное ограждение	Монолитное бетонное дорожное ограждение
Организация работы «с колес» Необходимость в грузоподъемных механизмах	Доставка на объект только бетонной смеси и арматуры
	Отсутствие необходимости в грузоподъемных механизмах и складе готовых блоков
	Обеспечивается высокая производительность труда и скорость производства работ (до 1,5 м/мин)
Ограничение продольного и поперечного радиуса дорог при устройстве ограждений	Возможность устройства ограждений на дорогах с малым радиусом
Замена пропаривания в камерах ТВО на прогрев (до 45°C). Полный заводской цикл изготовления изделия Отсутствие необходимости работ по уходу за бетоном	Бетон естественного твердения, как правило, оказывается более долговечным, чем бетон ТВО
	Необходимость организации работ по уходу за бетоном
	Необходимость организации работ по ремонту и исправлению дефектов на поверхности конструкции
Отсутствие необходимости работ по устройству швов, изготовление стыковых элементов	Необходимость организации работ по устройству деформационных швов



ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ИЗ БЕТОНА

ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
- надежно обеспечивают заявленную удерживающую способность; - выдерживают длительное воздействие сложных погодных условий и агрессивных сред; - низкие текущие эксплуатационные затраты; - минимизируют повреждения транспортного средства при наезде на ограждение, особенно при малой и средней энергии удара; - при установке на обочинах автомобильных дорог исключают опасность гибели мигрирующих животных.	- необходимость наличия в рамках содержания автомобильных дорог специализированной снегоуборочной техники; - сложность установки на автомобильных дорогах с кривыми малого радиуса в плане и профиле, особенно при установке на пересечениях и примыканиях; - при установке по оси автомобильных дорог представляют опасность для мигрирующих животных.

БЛОКИ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Если бетон не обладает достаточной стойкостью при замораживании-оттаивании в условиях действия солей антиобледенителей, то морозное воздействие может привести к двум различным видам повреждений, а именно: шелушению (выветриванию) поверхности и нарушению внутренней структуры.



БЛОКИ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

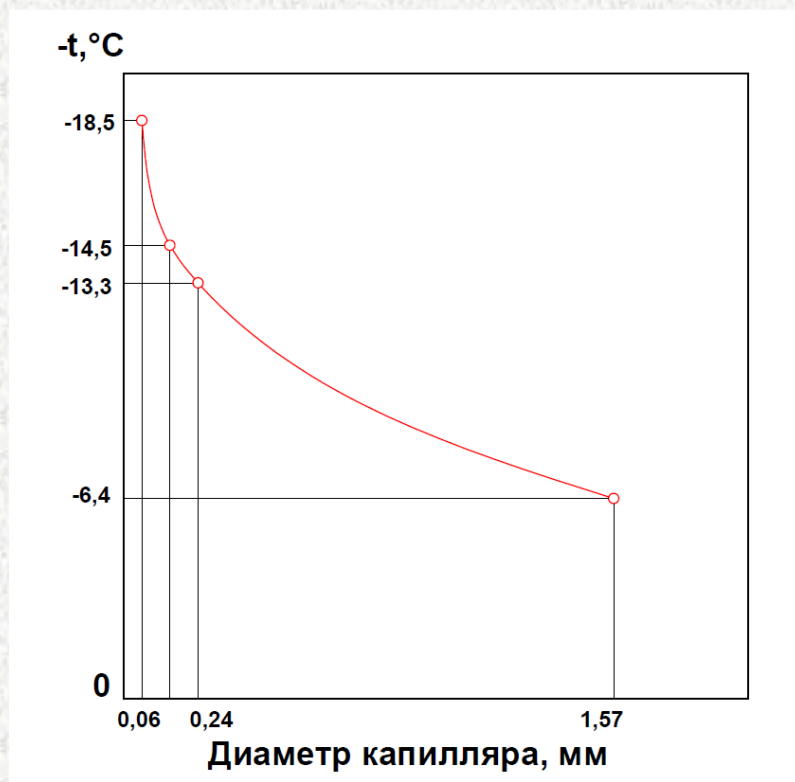
Шелушение поверхности (выветривание, отслаивание поверхности) является одним из проявлений морозной деструкции бетона.

Вид и степень морозных повреждений определяется различными факторами.

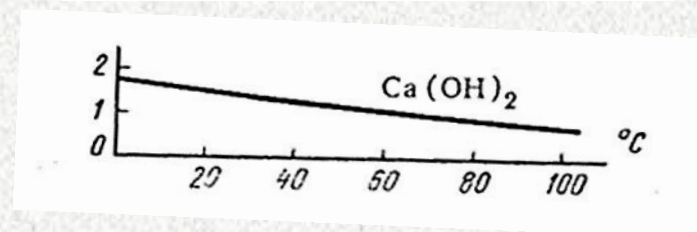
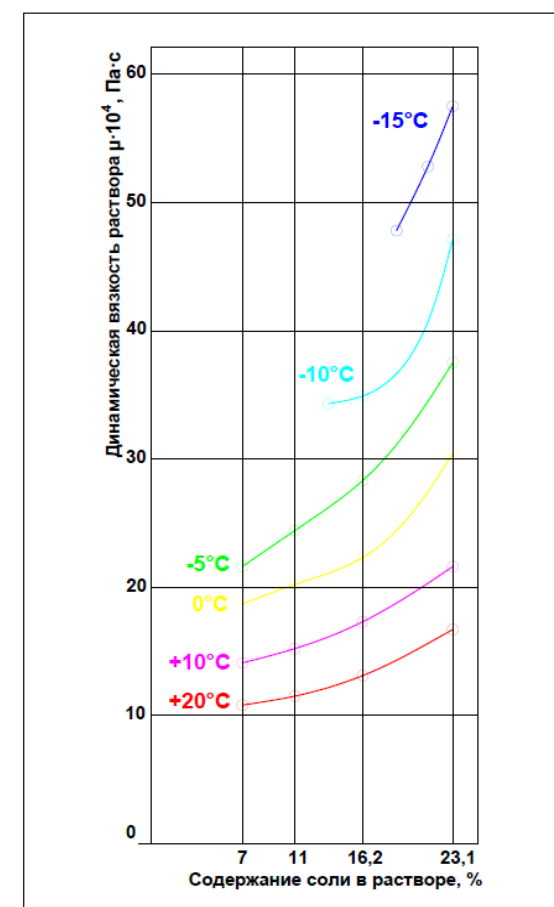
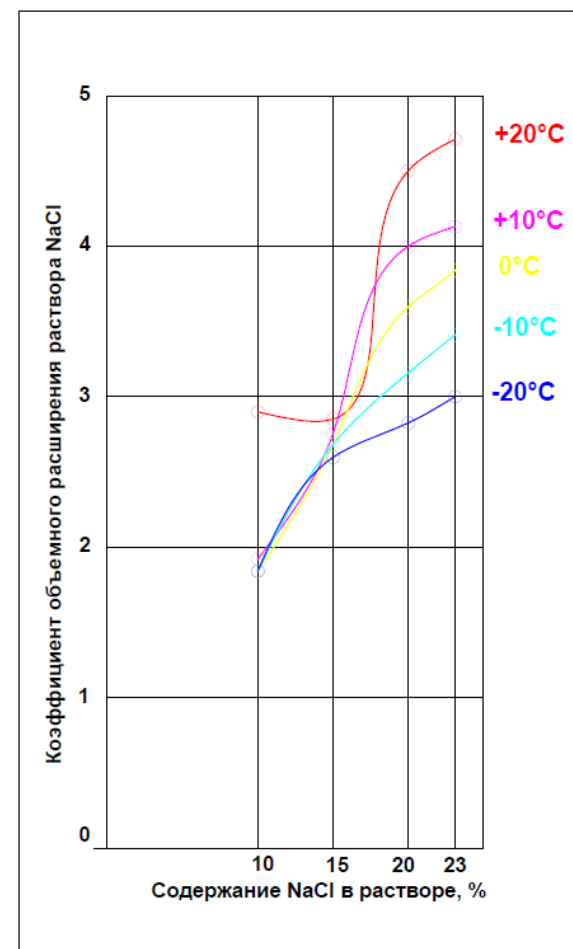
Факторы, определяющие морозостойкость бетона:

- Макроструктура бетона (соотношение крупного и мелкого заполнителя)
- Пористость бетона: соотношение открытых и условно-закрытых пор
- Водосодержание бетонной смеси
- Водоцементное отношение
- Объем и структура вовлеченного воздуха
- Качество цемента
- Качество заполнителей
- Условия твердения и ухода за бетоном

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ И РАСТВОРА NaCl



Количество NaCl в растворе, % по массе	Плотность при 15,5 оС, кг/л	Удельная теплоемкость при 15,5оС, кДж/(кгК)	Температура заморзания,оС
0	1	4,18	0
5	1,035	3,92	-2,8
10	1,072	3,71	-6,4
15	1,111	3,54	-11,1
20	1,15	3,4	-16,8
23	1,175	3,33	-21,1
25	1,191	3,29	-8,8



Наименование композиции	Состав	Растворимость Ca(OH)₂ г/100мл
Ca(OH)₂		
Ca(OH)₂+NaCl	1(+1г/100мл)	0,372
Ca(OH)₂+NaCl		
Ca(OH)₂+NaCl	1(+5г/100мл)	0,307
Ca(OH)₂+NaCl		

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

	РФ		СТБ, EN
Определение	СП 28.13330 Коррозия бетона, вызванная переменным замораживанием и оттаиванием, в присутствии или без солей противобледенителей ГОСТ 10060 Способность бетона в водонасыщенном или насыщенном растворе соли состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения (трещин, сколов, шелушения ребер образцов), снижения прочности, изменения массы и других технических характеристик: динамического модуля упругости, скорости ультразвука или деформаций.		EN 206. Класс опасности влияния окружающей среды. Морозное воздействие (XF) СТБ CEN/TS 12390-9-2020 CEN/TS 12390-9, PD CEN/TR 15177 Устойчивость к попеременному замораживанию и оттаиванию в присутствии воды/антиобледенительной соли
НТД	ГОСТ 10060—2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости ГОСТ 10060-95 ГОСТ 10060-87 ГОСТ 10060-76 ГОСТ 10060-62* Изменения ГОСТ 10060 с 1962 по 2012 г. направлены на: изменение базы сравнения; изменение критерия сравнения; добавление ускоренных методов испытания; расширение области применения ускоренных методов испытания, изменение методики испытания. Все эти дополнения, которые могут приводить к изменению конечного результата испытаний, не нашли отражение в нормативных документах, назначающих требования к бетону (СНиП, СП). Установленные количественные нормативные значения марок по морозостойкости не соответствуют статистическим данным по температурным процессам на поверхности и в объеме бетона и являются условными. ГОСТ 17608-2017	Методические рекомендации по испытанию дорожного бетона на коррозионную стойкость против совместного действия хлористых солей и мороза (СоюзДорНИИ, М, 1975г.)	СТБ CEN/TS 12390-9-2020 EN/TS 12390-9 Испытания бетона на стойкость к шелушению при замораживании-оттаивании с водой или раствором NaCl PD CEN/TR 15177 Испытание бетона на морозостойкость – Внутренние структурные повреждения

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

	РФ	СТБ, EN																																	
	СП 28.13330 Требования к морозостойкости бетона конструкций <table><tr><th colspan="2">Условия работы конструкций</th><th rowspan="2">Марка бетона по морозостойкости не ниже</th></tr><tr><th>Характеристика режима</th><th>Расчетная зимняя температура наружного воздуха</th></tr><tr><td rowspan="4">Попеременное замораживание и оттаивание: в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ниже -40°С</td><td>F₂450</td></tr><tr><td>Ниже -20 до -40°С включ</td><td>F₂300</td></tr><tr><td>Ниже -5 до -20°С включ</td><td>F₂200</td></tr><tr><td></td><td>- 5°С и выше</td><td>F₂100</td></tr></table>	Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости не ниже	Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха	Попеременное замораживание и оттаивание: в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов			Ниже -40°С	F ₂ 450	Ниже -20 до -40°С включ	F ₂ 300	Ниже -5 до -20°С включ	F ₂ 200		- 5°С и выше	F ₂ 100	СП 34.13330 Минимальные проектные марки по морозостойкости <table><tr><th rowspan="2">Конструктивный слой дорожной одежды</th><th colspan="3">Минимальные проектные марки бетона по морозостойкости F для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С</th></tr><tr><th>От 0 до минус 5</th><th>От минус 5 до минус 15</th><th>Ниже минус 15</th></tr><tr><td>Покрытие</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td></tr><tr><td>Основание</td><td>25</td><td>50</td><td>50</td></tr></table>	Конструктивный слой дорожной одежды	Минимальные проектные марки бетона по морозостойкости F для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С			От 0 до минус 5	От минус 5 до минус 15	Ниже минус 15	Покрытие	100	150	200	Основание	25	50	50	
Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости не ниже																																	
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха																																		
Попеременное замораживание и оттаивание: в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов																																			
	Ниже -40°С	F ₂ 450																																	
	Ниже -20 до -40°С включ	F ₂ 300																																	
	Ниже -5 до -20°С включ	F ₂ 200																																	
	- 5°С и выше	F ₂ 100																																	
Конструктивный слой дорожной одежды	Минимальные проектные марки бетона по морозостойкости F для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С																																		
	От 0 до минус 5	От минус 5 до минус 15	Ниже минус 15																																
Покрытие	100	150	200																																
Основание	25	50	50																																
	Образцы изготавливают и испытывают на сжатие сериями по ГОСТ 10180. Образцы распалубливают не ранее чем через 24 ч и не позднее чем через 72 ч. После распалубливания образцы помещают в камеру с нормальными условиями твердения: температура (20 ± 2)°С, относительная влажность воздуха (95 ± 5)%.	Образцы в формах укрывают влажной тканью, опилками и т.п. и хранят в помещении с температурой 15-20°С в течение двух суток, после чего вынимают из форм и на противоположной лицевой стороне поверхности маркируют номер партии и дату изготовления. Затем образцы помещают в камеру влажного хранения, где относительная влажность должна быть не менее 90%, а температура - в пределах 15-20°С, или укладывают в насыщенный водой песок или в опилки, постоянно поддерживаемые во влажном состоянии.	CEN/TS 12390-9:2006, PD CEN/TR 15177 В течение первых суток после изготовления кубики должны храниться в формах и защищаться от высыхания под полиэтиленовой пленкой. Температура воздуха составляет (20 ± 2) °С. Через (24 ± 2) ч кубики извлекают из формы и помещают в емкость, заполненную водопроводной водой, при температуре (20 ± 2) °С. В возрасте 7 дней кубики извлекаются из воды и помещаются в климатическую камеру, где хранятся до начала испытаний.																																

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

	РФ		СТБ, EN																		
Проведение испытаний Квалификация результатов испытаний	Марки бетона по морозостойкости по первому базовому методу: F₁50, F₁75, F₁100, F₁150, F₁200, F₁300, F₁400, F₁500, F₁600, F₁800, F₁1000. по второму базовому методу: F₂100, F₂150, F₂200. F₂300. F₂400, F₂500, F₂600, F₂800, F₂1000			XF1 XF2 XF2(H) XF3 XF3(H) XF4 XF(H)																	
		<table><tr><th rowspan="2">Наименование показателя</th><th colspan="3">Климатические условия</th></tr><tr><th>мягкие</th><th>умеренные</th><th>суровые</th></tr><tr><td>Количество циклов замораживания - оттаивания</td><td>75</td><td>100</td><td>125</td></tr><tr><td>Потери в массе после испытания, %, не более</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>Снижение прочности на сжатие, %, не более</td><td>15</td><td>15</td><td>15</td></tr></table>		Наименование показателя	Климатические условия			мягкие	умеренные	суровые	Количество циклов замораживания - оттаивания	75	100	125	Потери в массе после испытания, %, не более	3	3	3	Снижение прочности на сжатие, %, не более	15	15
Наименование показателя	Климатические условия																				
	мягкие	умеренные	суровые																		
Количество циклов замораживания - оттаивания	75	100	125																		
Потери в массе после испытания, %, не более	3	3	3																		
Снижение прочности на сжатие, %, не более	15	15	15																		

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

Проведение испытаний
Среда испытаний

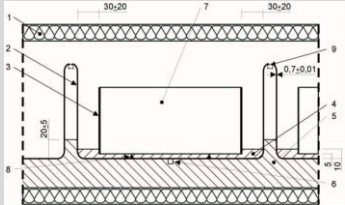
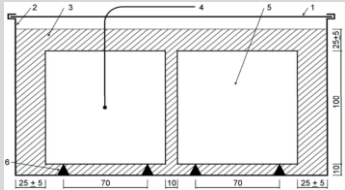
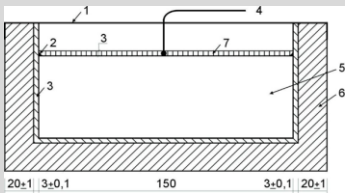
РФ



Замораживание на воздухе, замораживание в 5% растворе NaCl, оттаивание в пресной воде, оттаивание в 5% растворе NaCl при полном погружении.

Замораживание и оттаивание в 5% растворе NaCl при частичном погружении на глубину: не менее 0,5 см - для образца-плитки, 1,5 см - образца-куба со стороной 15см; 2,0 см - образца-керна.

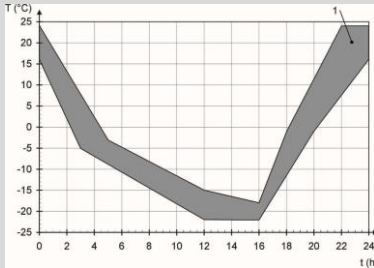
СТБ, EN



Замораживание и оттаивание в воде/3% растворе NaCl.

Для испытаний кубов с ребром 150 мм рекомендуется использовать четыре образца (900 см²), а для образцов, отобранных из конструкций, рекомендуется площадь 400 см².

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

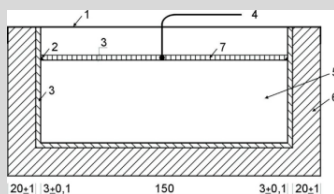
	РФ	СТБ, EN
Определение температуры	Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16 °С (базовый метод). После загрузки камеры температуру понижают в течение 2-3 ч до установления в водном растворе хлорида натрия температуры минус 10°С. Затем температуру понижают в течение (2,5±0,5) ч до установления в водном растворе хлорида натрия температуры минус 50°С-55°С (ускоренный метод) 	Температура замеряется на уровне половины высоты камеры. Начало процесса замораживания считается с момента установления температуры минус 15°
		Температура замеряется в центре образца, на поверхности образца, в растворе NaCl 

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

	РФ	СТБ, EN																																																																																																																	
Оценка	Относительное изменение массы, %	Относительное изменение массы, %	Масса фильтрата по отношению к площади образца, кг/м²																																																																																																																
Определение потери массы	Взвешивание образца	Взвешивание образца	Взвешивание фильтрата (отслоившейся массы)																																																																																																																
Критерий качества	ГОСТ 10060 Снижение прочности на сжатие не более 10% по сравнению с контрольными образцами с учетом доверительного интервала, уменьшение массы не более 2 %, и на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер. ГОСТ 17608 Снижение прочности бетона на сжатие не более 5%, при условии, что количество материала, отделившегося от лицевой поверхности образцов, не более 500 г/м² <table><tr><td colspan="10">4. Определение морозостойкости бетона свай. Методы испытаний - ГОСТ 10060-2012</td></tr><tr><td colspan="10">Таблица 5</td></tr><tr><td rowspan="2">№ обр</td><td colspan="2">Прочность на сжатие, МПа</td><td colspan="2">Масса основных образцов, г</td><td rowspan="2">Среднее уменьшение массы образцов, %</td><td colspan="2">Нижняя граница доверительного интервала</td><td rowspan="2">Заслуживание по результатам испытаний</td></tr><tr><td>контрольных образцов</td><td>основных образцов</td><td>до испытания</td><td>после испытания</td><td>контрольных образцов X_{кн}¹ с коэффициентом 0,9</td><td>основных образцов после испытания X_{сп}</td></tr><tr><td colspan="10">Класс бетона В30</td></tr><tr><td>1</td><td>40,4</td><td>40,2</td><td>2388</td><td>2379</td><td>0,38</td><td rowspan="6">39,1±0,9=35,2</td><td rowspan="9">38,9</td><td rowspan="9">F₂₀₀</td></tr><tr><td>2</td><td>40,2</td><td>39,8</td><td>2385</td><td>2377</td><td>0,34</td></tr><tr><td>3</td><td>40,5</td><td>40,2</td><td>2399</td><td>2391</td><td>0,33</td></tr><tr><td>4</td><td>40,2</td><td>40,1</td><td>2394</td><td>2388</td><td>0,25</td></tr><tr><td>5</td><td>41,5</td><td>41,2</td><td>2402</td><td>2400</td><td>0,08</td></tr><tr><td>6</td><td>41,8</td><td>40,8</td><td>2392</td><td>2387</td><td>0,21</td></tr><tr><td colspan="2">Ср. 40,8</td><td>Ср. 40,4</td><td colspan="2">Ср. 2392</td><td>Ср. 0,26</td><td colspan="3">Нормативное значение не >2</td></tr><tr><td colspan="6"></td><td colspan="3">X_{кн}¹ > 0,9 X_{кн}¹</td></tr><tr><td colspan="10">¹ - трещины, сколы, шелушения после 5 циклов испытаний при T= минус (50±2)° отсутствуют</td></tr></table>	4. Определение морозостойкости бетона свай. Методы испытаний - ГОСТ 10060-2012										Таблица 5										№ обр	Прочность на сжатие, МПа		Масса основных образцов, г		Среднее уменьшение массы образцов, %	Нижняя граница доверительного интервала		Заслуживание по результатам испытаний	контрольных образцов	основных образцов	до испытания	после испытания	контрольных образцов X _{кн} ¹ с коэффициентом 0,9	основных образцов после испытания X _{сп}	Класс бетона В30										1	40,4	40,2	2388	2379	0,38	39,1±0,9=35,2	38,9	F ₂₀₀	2	40,2	39,8	2385	2377	0,34	3	40,5	40,2	2399	2391	0,33	4	40,2	40,1	2394	2388	0,25	5	41,5	41,2	2402	2400	0,08	6	41,8	40,8	2392	2387	0,21	Ср. 40,8		Ср. 40,4	Ср. 2392		Ср. 0,26	Нормативное значение не >2									X _{кн} ¹ > 0,9 X _{кн} ¹			¹ - трещины, сколы, шелушения после 5 циклов испытаний при T= минус (50±2)° отсутствуют										Снижение прочности на сжатие не более 15% по сравнению с контрольными образцами эквивалентного возраста, уменьшение массы не более 3 %, и на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер.	1) Количество отслоенного материала измеряется на 7, 14, 28, 42 и 56 циклов и учитывается в пересчете на сухой материал на м² бетона. В 56 циклов бетон оценивается по следующей шкале: ПРИЕМЛЕМЫЙ < 1 кг/м²; ХОРОШО < 0,5 кг/м²; ОЧЕНЬ ХОРОШО < 0,1 кг/м², При дополнительном требовании о том, что шелушение после последних 28 циклов должно быть меньше первых 28 циклов. 2) Если после исследования морозостойкости (после предписанного количества циклов и точность формы и размеров образцов-кубов позволяет выполнять испытание прочности, необходимо определять прочность после предписанного числа циклов. Снижение прочности на сжатие : ≤25% в классе среды XF1, ≤20% в классах среды XF2, XF2(H), XF3 и XF3(H), ≤15% в классах среды XF4 и XF4(H). 3) Изменения динамического модуля упругости
4. Определение морозостойкости бетона свай. Методы испытаний - ГОСТ 10060-2012																																																																																																																			
Таблица 5																																																																																																																			
№ обр	Прочность на сжатие, МПа		Масса основных образцов, г		Среднее уменьшение массы образцов, %	Нижняя граница доверительного интервала		Заслуживание по результатам испытаний																																																																																																											
	контрольных образцов	основных образцов	до испытания	после испытания		контрольных образцов X _{кн} ¹ с коэффициентом 0,9	основных образцов после испытания X _{сп}																																																																																																												
Класс бетона В30																																																																																																																			
1	40,4	40,2	2388	2379	0,38	39,1±0,9=35,2	38,9	F ₂₀₀																																																																																																											
2	40,2	39,8	2385	2377	0,34																																																																																																														
3	40,5	40,2	2399	2391	0,33																																																																																																														
4	40,2	40,1	2394	2388	0,25																																																																																																														
5	41,5	41,2	2402	2400	0,08																																																																																																														
6	41,8	40,8	2392	2387	0,21																																																																																																														
Ср. 40,8		Ср. 40,4	Ср. 2392		Ср. 0,26	Нормативное значение не >2																																																																																																													
						X _{кн} ¹ > 0,9 X _{кн} ¹																																																																																																													
¹ - трещины, сколы, шелушения после 5 циклов испытаний при T= минус (50±2)° отсутствуют																																																																																																																			

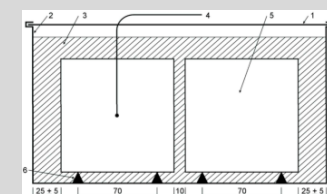
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению поверхности бетона



Параметр исследований	Вариант „А” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению	Вариант „Б” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению
Замораживающая среда	деионизованная вода глубиной 3 мм	3% раствор NaCl глубиной 3 мм
Вес шелушенного материала в зависимости от класса среды г/м ²	В случае XF1 – в среднем: 1500, – не более: 2000	в случае XF2 и XF2(Н): – в среднем: 1500, – не более: 2000
	В случае XF3 и XF3(Н) – в среднем: 1000, – не более: 1350	В случае XF4 и XF4(Н): – в среднем: 1000, – не более: 1350

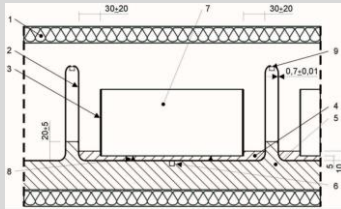
Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению бетона при погружении куба



Параметр исследований	Вариант „А” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению	Вариант „Б” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению
Замораживающая среда	Образец на (25±5) мм покрытый деионизованной водой	Образец на (25±5) мм покрытый 3% раствором NaCl
Вес шелушенного материала в зависимости от класса среды, в процентах массы	В случае XF1 – в среднем: 6,5, – не более: 7,5	В случае XF2 и XF2(Н) – в среднем: 6,5, – не более: 7,5
	В случае XF3 и XF3(Н) – в среднем : 4,0, – не более: 5,0	в случае XF4 и XF4(Н): – в среднем : 4,0, – не более: 5,0

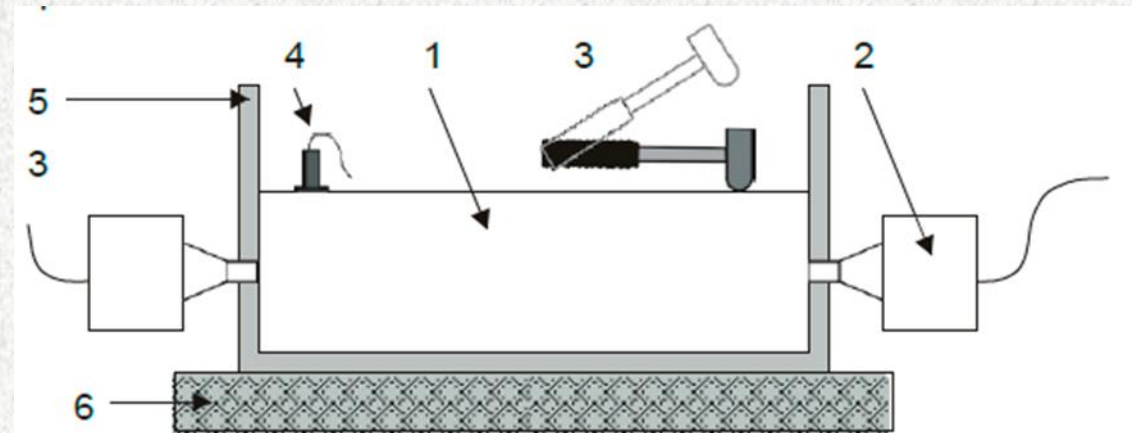
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению бетона при капиллярном подсосе



Параметр исследований	Вариант „А” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению	Вариант „Б” Исследование морозостойкости и стойкости к шелушению
Замораживающая среда	деионизованная вода глубиной 10 мм	3% раствор NaCl глубиной 10 мм
Вес шелушенного материала в зависимости от класса среды, г/м ²	В случае XF1 – в среднем: 1500, – не более: 2000	В случае XF2 и XF2(H) – в среднем: 1500, – не более: 2000
	В случае XF3 и XF3(H) – в среднем: 1000, – не более: 1350	В случае XF4 и XF4(H): – в среднем: 1000, – не более: 1350

Исследования степени структурных повреждений при замораживании -оттаивании



Допустимые изменения динамического модуля упругости ($RDM_{УРТТ,n}$):
 в классе среды XF1 - $RDM_{УРТТ,n} \geq 70\%$,
 в классах среды XF2, XF2(H), XF3 и XF3(H) - $RDM_{УРТТ,n} \geq 80\%$,
 в классах среды XF4 и XF4(H) - $RDM_{УРТТ,n} \geq 90\%$.

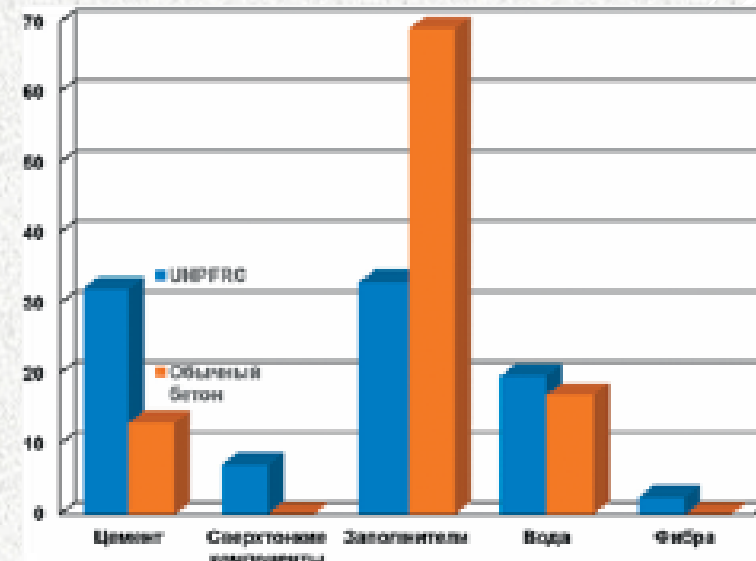
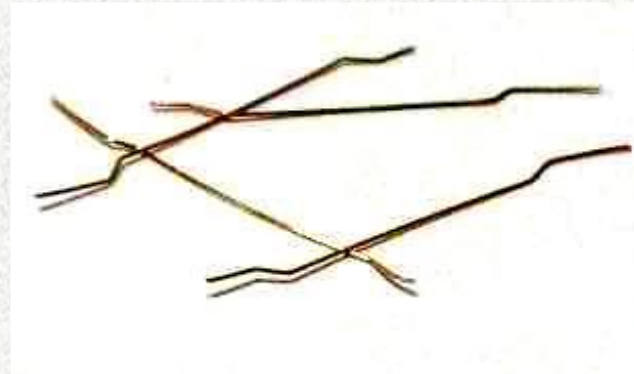
СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Наполнитель из стали делает материал-фибробетон прочным, надежным и долговечным. Он устойчив к сжатию, износу, растяжению и другим негативным факторам. Благодаря этому, такое решение используют для строительства тоннелей, мостов, дорог, подпорных стенок и ограждающих конструкций, монолитных высотных зданий, гидротехнических объектов.

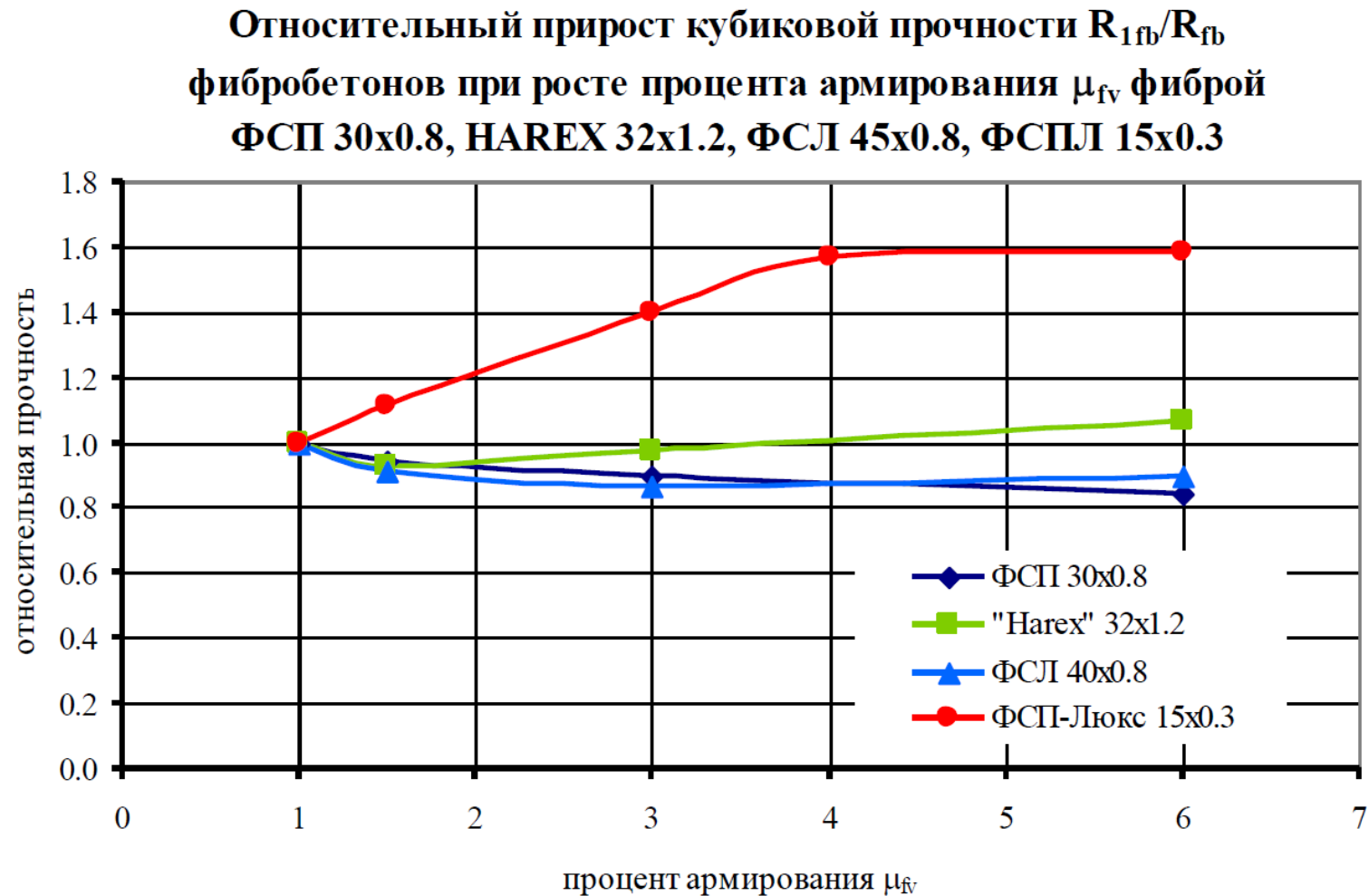


Сверхпрочный фибробетон применен на одной из эстакад Третьего транспортного кольца в Москве. Материал уложен на скрытый ригель, где он служит как гидроизоляция и полотно проезжей части одновременно. Еще один пример применения — пункт взимания платы автодороги Северный обход Одинцова.

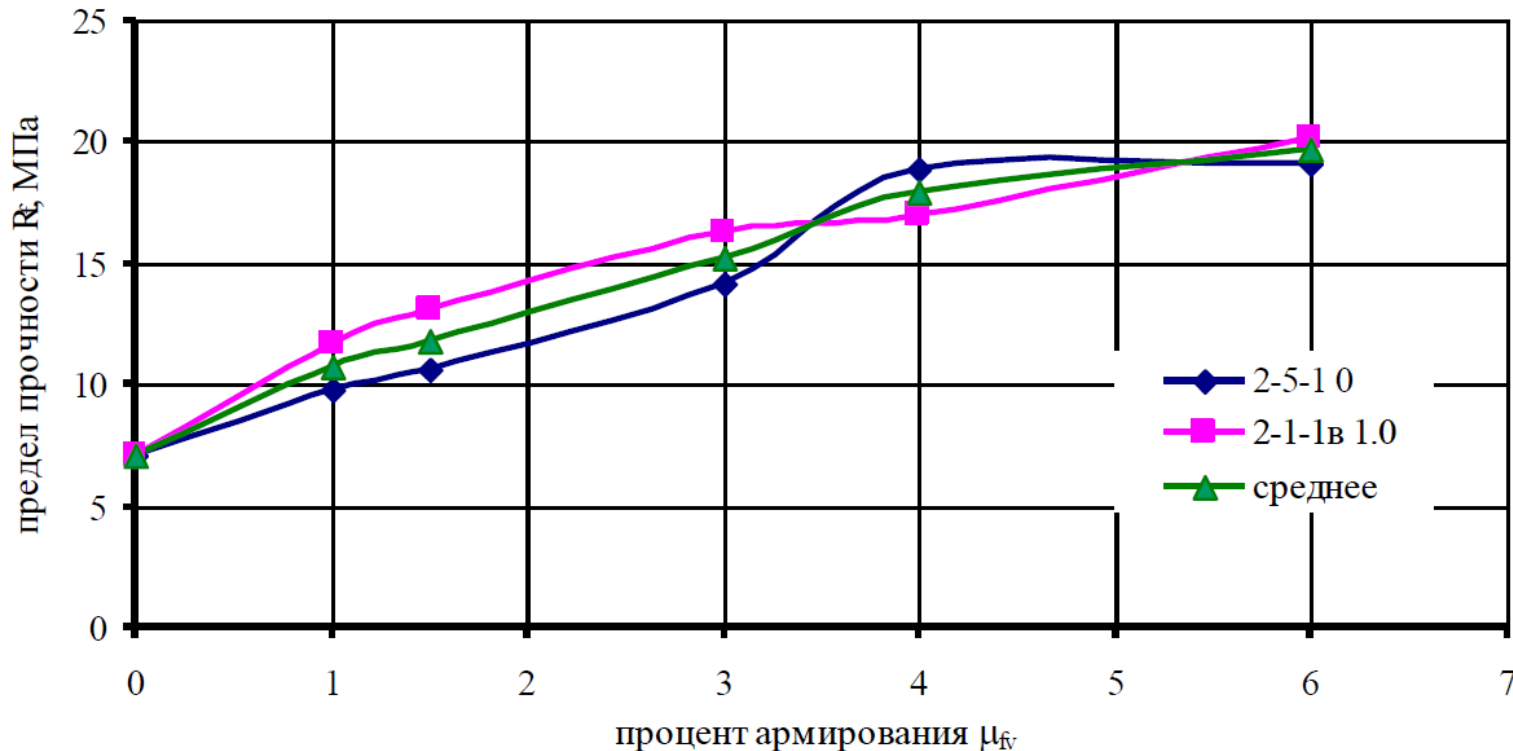
СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



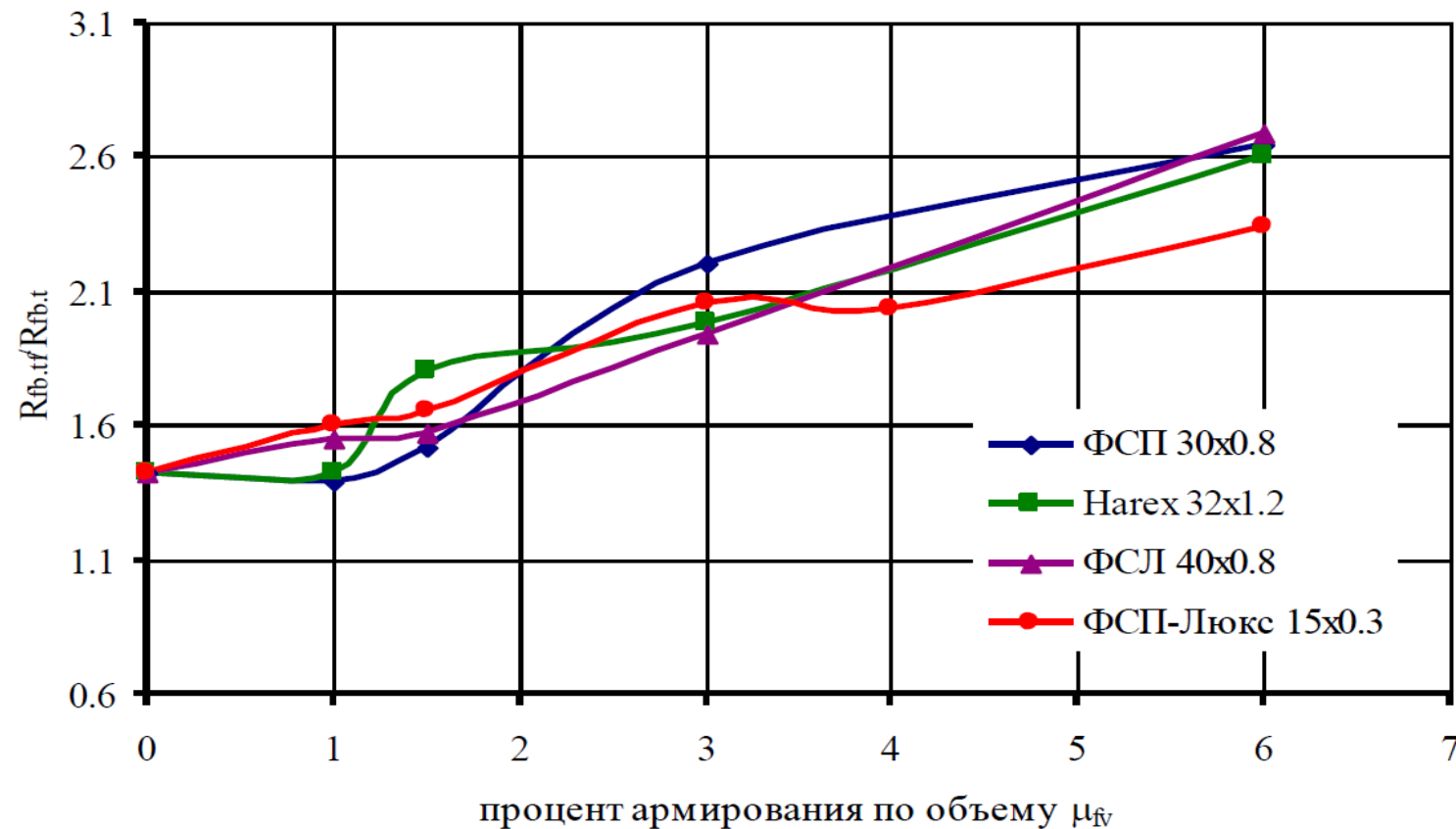
СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



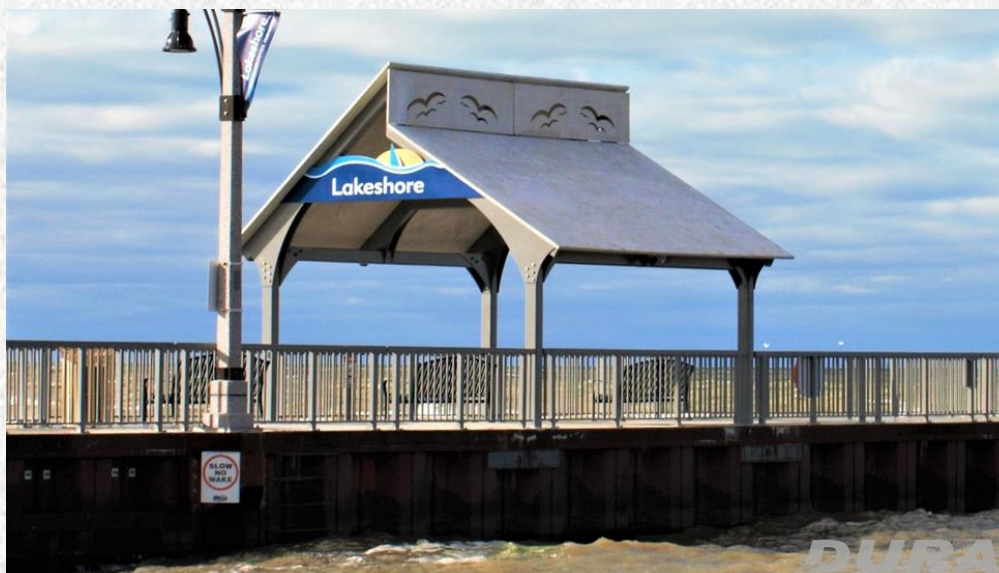
**Прочность сталефибробетона с фиброй ФСП-Люкс 15х0.3
на растяжение при изгибе при проценте армирования μ_{fv}
от 0 до 6 % в зависимости от положения образца при
испытании**



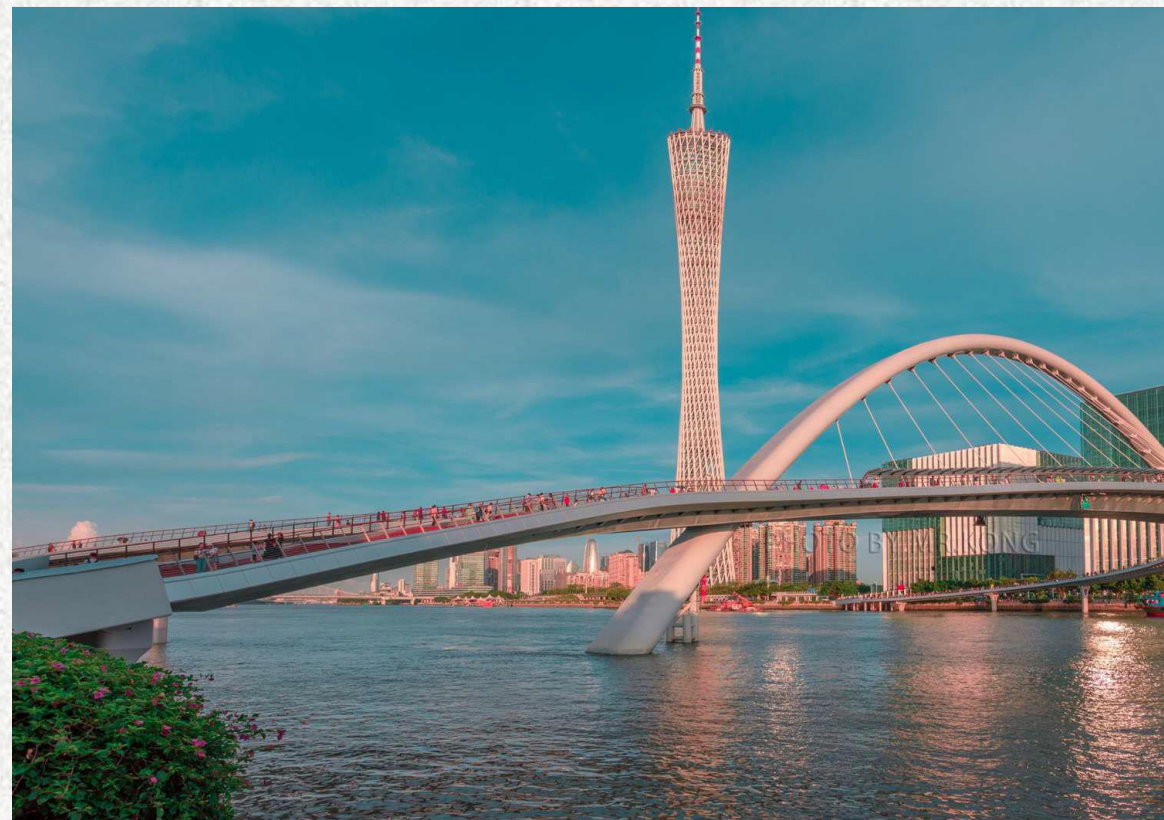
Отношение средней прочности на растяжение при изгибе $R_{fb.tf}$ к прочности на осевое растяжение $R_{fb.t}$ фибробетонов в фиброй ФСП 30x0.8, Harex 32x1.2, ФСЛ 40x0.8, ФСП-Люкс 13x0.3



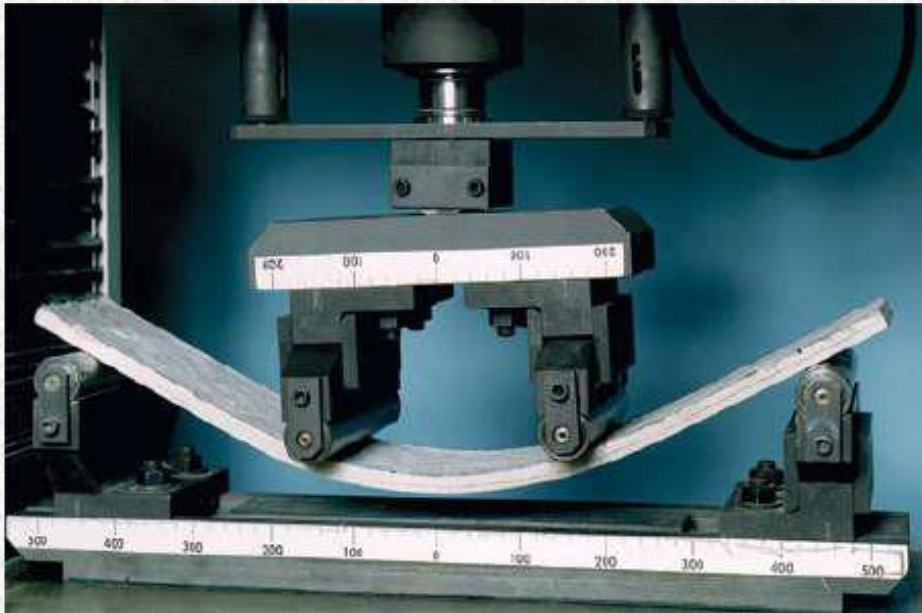
СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



«Отходы» сталефибробетона могут использоваться для изготовления несъемной опалубки, других конструкций

СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Меры по развитию сталефибробетона, контролю качества и системы для обеспечения повторяемости характеристик:

- Разработка методов контроля качества сталефибробетона и конструкций из УНРС
- Исследование вида фибры, воздействие ориентации и техника компенсации, а также методика проверки
- Разработка технологии управления технологией и свойствами сталефибробетона
- Оптимизация конструктивных элементов, разработка крупных секций конструкций из УНРС
- Разработка узлов, соединений, стыков в т.ч. на границах: сверхвысокопрочный бетон - обычный бетон
- Исследование поперечной устойчивости облегченных конструкций
- Оценка напряжений, возникающих в конструкции

Длинномерные конструкции пролетных строений мостов до 90 м и технология их изготовления, разработанные компанией STRUCTURAMA, имеют ряд преимуществ и ограничений по отношению к традиционно используемым в конструкциях из сборных двутавровых балок:

- ❑ Применение высокопрочного бетона и современной преднапряженной арматуры, обеспечивает меньшие расходы бетона на 1 м² сооружения по сравнению с традиционными конструкциями и экономию арматуры, т.е. общую экономию строительства.
- ❑ Отсутствие продольных и поперечных швов омоноличивания в конструкции плиты проезжей части, что повышает усталостную выносливость и долговечность конструкций. Длинномерные конструкции имеют ряд преимуществ в эксплуатации (не требуется проведения ремонтных работ по заделке трещин в продольных и поперечных швах омоноличивания, возникающих в подобных конструкциях в ходе эксплуатации).
- ❑ Отсутствие необходимости устройства выравнивающих слоев асфальтобетона и устройство гидроизоляции непосредственно на монолитную плиту проезжей части, повышает качество и сокращает сроки строительства в целом.
- ❑ Высокая культура и стабильность производства.
- ❑ Требование площадки для полигона и механизмов для перемещений с высокой грузоподъемностью.

ДЛИННОМЕРНЫЕ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ



Класс бетона С60/75-
С100/115
Арматура Rm 1860-2160
МПа



ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Строительные композиционные материалы на основе природных заполнителей растительного происхождения являются перспективным направлением в строительной индустрии в рамках экологической составляющей и энергоэффективных строительных технологий.

Область применения арболита в дорожном строительстве – это сооружение звукоизоляционных панелей вдоль трасс или железнодорожного полотна. Такие сооружения достаточно надежно защищают от шума жителей близлежащих населенных пунктов.

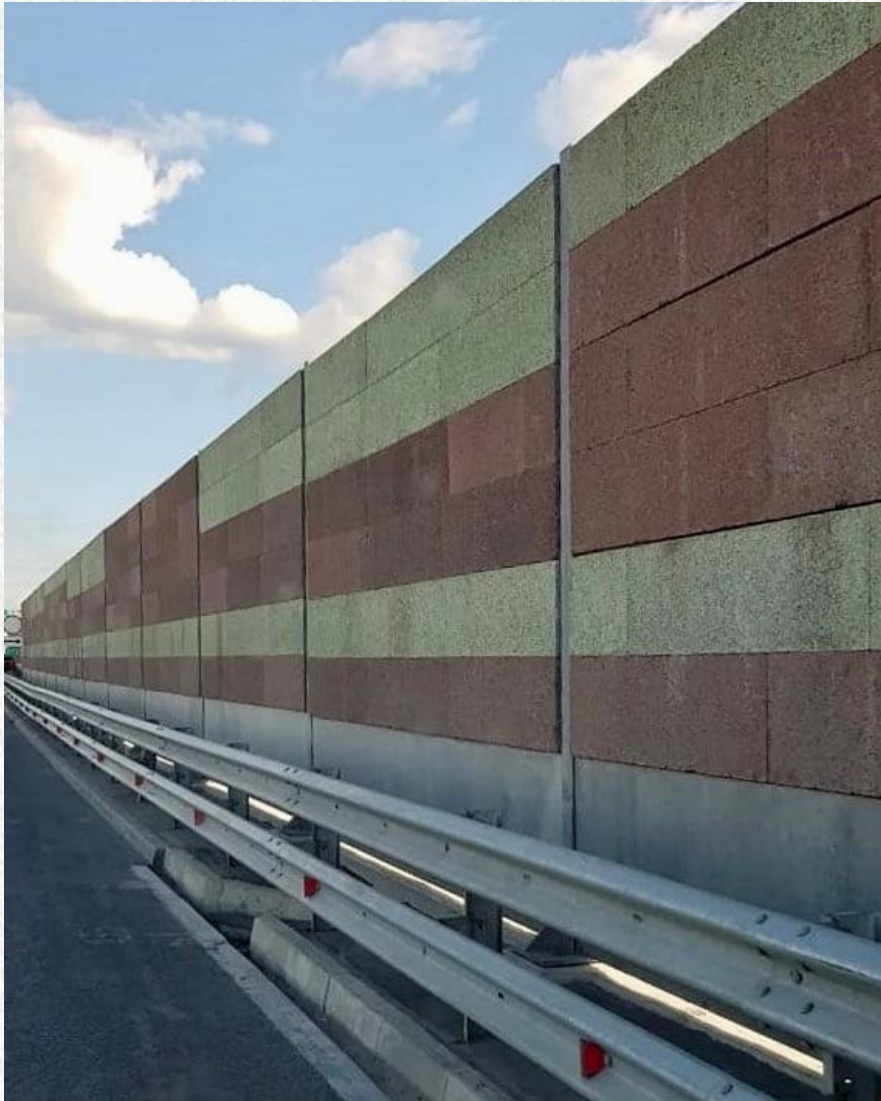
По шумопоглощению арболитовые блоки превосходят такие материалы как кирпич и древесина. Коэффициент шумопоглощения арболитовых блоков составляет 0,17 - 0,6 в акустическом диапазоне от 135 до 2000 Гц.

ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

- Прочность при сжатии, МПа 0,5-3,5
 - Прочность при изгибе, МПа 0,7-1,0
 - Модуль упругости, МПа 250-2300
 - Морозостойкость, цикл 25-300
 - Водопоглощение, % 40-85
 - Усадка, % 0,4-0,5
 - Биостойкость, V группа
 - Огнестойкость, час 0,75-1,5
 - Звукопоглощение, 126-2000 Гц 0,17-0,6
- Плотность 300-650 кг/м³

К недостаткам арболита можно отнести пониженную влагостойкость. Поэтому для защиты от влаги сверху изделия покрывают защитными материалами, полимерными покрытиями и гидрофобизаторами.

ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



За рубежом используют ограждения из панелей арболита (VELOX,) для защиты от шума широкополосных дорог.

В России такие ограждения установлены на трассе М-11 (Москва-Санкт-Петербург).

Помимо высоких звукопоглощающих свойств, ограждения из арболита не требуют внешней отделки и малоподвержены воздействию окружающей среды.

ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Звуковой барьер «Durisol»



Панели из железобетона,
покрытого плоским или профилированным
древесноволокнистым бетоном.

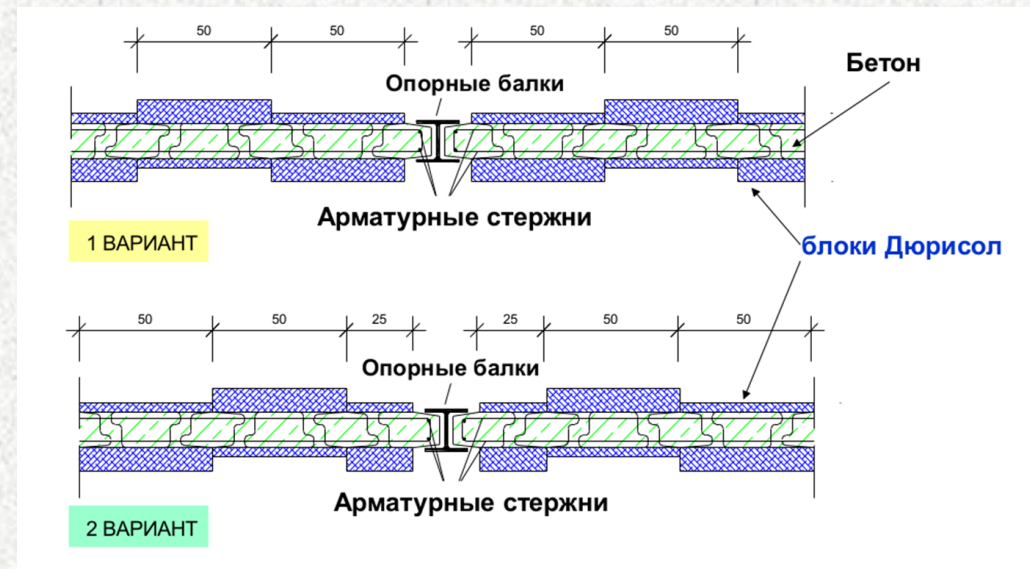


Экран снабжен с обеих сторон слоем
древесноволокнистого бетона

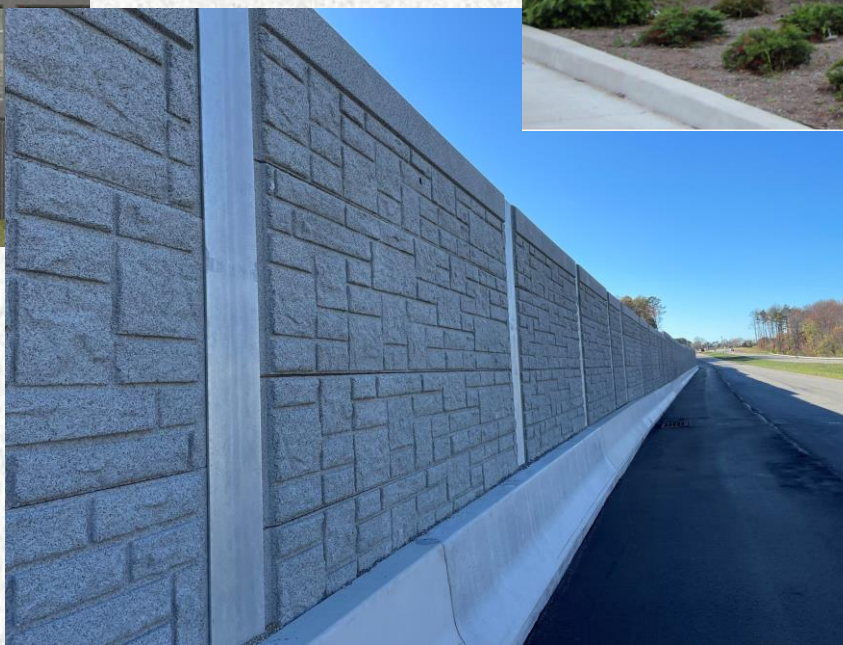
ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Акустические экраны, панели которых изготавливаются по технологии «Durisol», на 10% состоят из цемента и на 90% из щепы. Коэффициент звукопоглощения таких конструкций достигает 0,9. Структура материала обеспечивает более высокий, по сравнению с металлическими панелями, индекс изоляции воздушного шума, который составляет 44 дБ. Материал обладает высокощелочными характеристиками (уровень pH около 11–12), что обеспечивает стойкость к агрессивным воздействиям и долговечность конструкции. Материал является морозостойким и выдерживает резкие перепады температур (более 300 циклов), практически не впитывает влагу, что позволяет использовать его в климатических районах с высокой влажностью и большим количеством осадков. Все блоки, используемые в панели заармированы и замоноличены с помощью бетона между собой.

Конструкция «Durisol» обеспечивает необходимую жесткость ограждений и высокую звукоизоляцию. Массивность и вес конструкции (свыше 350 кг/м²) гарантирует прочность экрана, безопасность и отсутствие необходимости в обслуживании, а также долговечность экрана не менее 40 лет без потери качественных показателей



ИЗДЕЛИЯ ИЗ АРБОЛИТА В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Использование архитектурного бетона в элементах транспортной инфраструктуры придает им особый эффект и добавляет уникальные черты в окружающую среду.

Его текстура, цвет и оттенок могут быть специально подобраны для соответствия визуальному стилю данного региона или для создания определенной атмосферы.



АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Архитектурный бетон обладает не только эстетическими преимуществами, но и рядом других полезных характеристик:

Прочность Благодаря своей структуре и композиции, архитектурный бетон обладает высокой механической прочностью, что делает его идеальным материалом для создания надежных элементов транспортной инфраструктуры.

Долговечность Архитектурный бетон имеет высокую стойкость к воздействию окружающей среды, включая ультрафиолетовое излучение, влагу, химические вещества и температурные перепады, что гарантирует его долговечность в транспортных проектах.

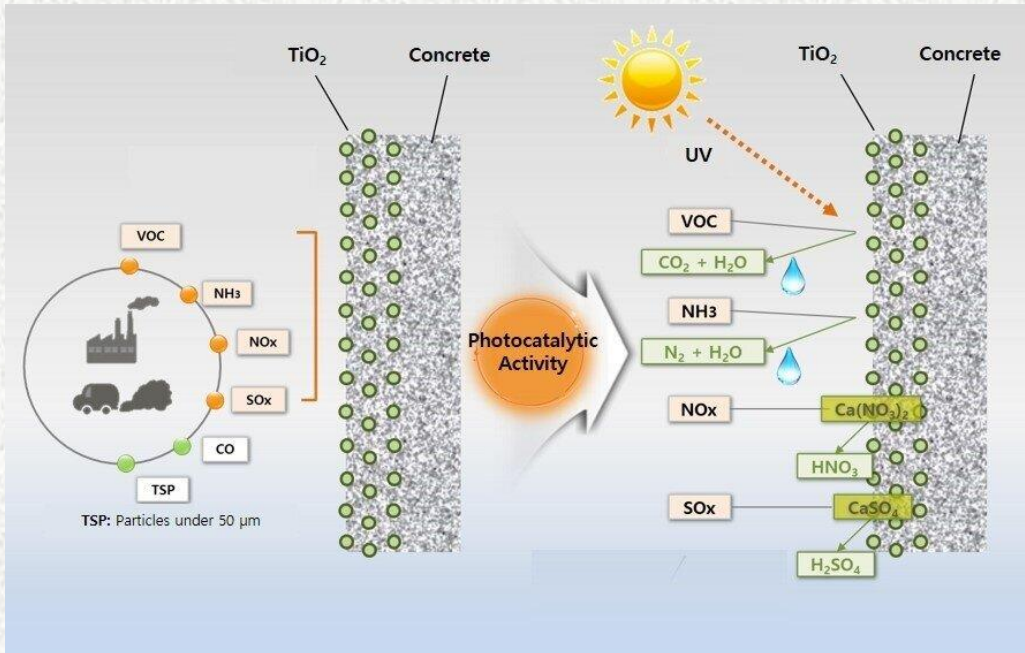
Устойчивость Благодаря своим физическим и химическим свойствам, архитектурный бетон является устойчивым к пожарам, гниению и разрушению, что делает его безопасным и надежным материалом для элементов транспортной инфраструктуры.

Экономичность Использование архитектурного бетона в проектах транспортной инфраструктуры позволяет сократить затраты на обслуживание и ремонт, так как он требует минимального ухода и обладает долгим сроком службы.

АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ



АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН В ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

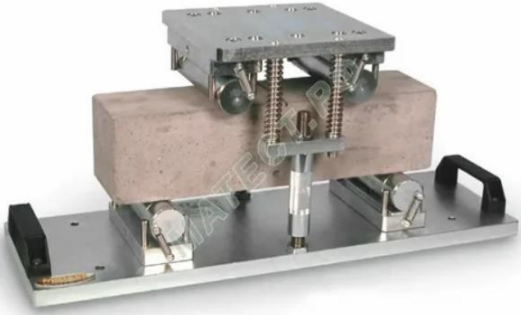
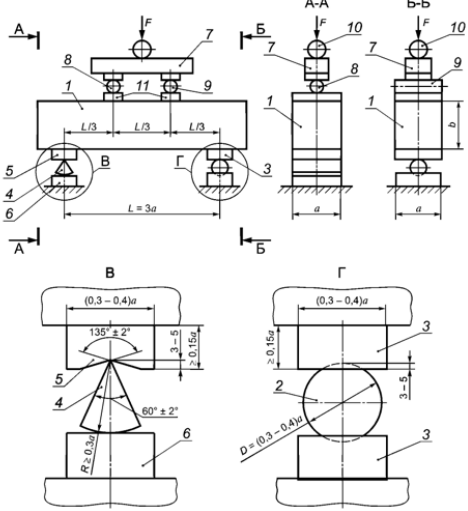
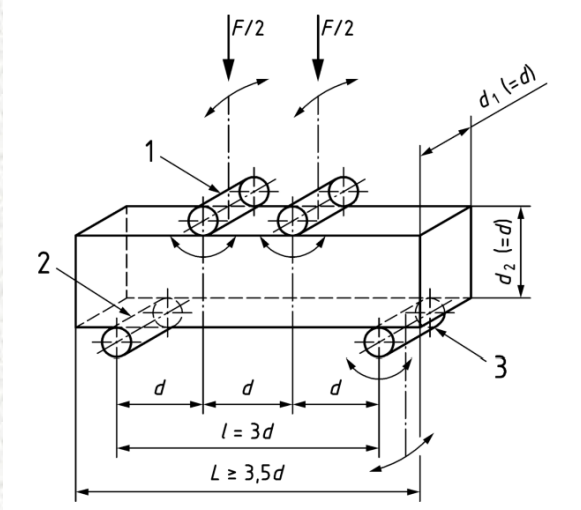


Информация о самоочищающемся или фотокаталитическом бетоне появилась около 20 лет назад. Фотокаталитический эффект – химический процесс под воздействием ультрафиолетового спектра. По информации разработчиков это позволяет разлагать токсичные вещества и превращать их в безвредные, которые в дальнейшем смываются дождем или с помощью промывки. Впервые такая работа проводилась в Италии, где при строительстве церкви использовали бетон, в состав которого входил диоксид титана.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИ-АКТИВНЫЕ САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ

Основные проблемы разработки, производства и применения фотокаталитически-активных самоочищающихся материалов на основе цемента:

- сложность равномерного распределения фотокатализаторов при их малых дозировках (до 5 %);
- снижение физико-механических характеристик бетонных изделий при высоких дозировках фотокатализатора;
- снижение эффективности фотокатализа при смешивании фотокатализатора с компонентами бетона вследствие уменьшения количества поглощаемого света (ингибирование транспорта фотонов) для протекания фотокаталитических реакций;
- недолговечность фотокаталитических покрытий в результате их слабой адгезии к подложке;
- потеря фотокаталитического эффекта в короткие сроки в результате карбонизации поверхности цементного материала. При этом присутствие TiO_2 ускоряет карбонизацию в результате повышенной концентрации CO_2 вблизи фотокаталитически активной поверхности.

		
ПИ-100	C-106 MATEST	C-106 UTEST
 1 — образец; 2 — шар; 3 — опорная подушка; 4 — качающаяся призма; 5 — опорная сегментная подушка; 6 — опорная плоская подушка; 7 — распределительная траверса; 8 — шарнирно-неподвижная опора; 9 — шарнирно-подвижная опора; 10 — шаровой шарнир; 11 — стальная опорная пластина Рисунок Ж.1 — Схема устройств для испытания на растяжение при изгибе		
Одна из опор, на которую образец устанавливают в испытательную машину (установку), является шарнирно-неподвижной, обеспечивающей только поворот образца, а вторая - шарнирно-подвижной, обеспечивающей поворот образца и его смещение в плоскости изгиба	Устройство приложения нагрузок должно состоять из: 1) два опорных нижних ролика; 2) два верхних ролика, закрепленные на шарнирной поперечине, которая равномерно распределяет нагрузку, прикладываемую испытательной машиной, между двумя роликами.	

Результаты испытаний С.В. Эккеля

Приспособление С-106, ролики свободно вращаются	Приспособление С-106, вращение роликов ограничено
Образцы из камеры норм. хр.	Образцы после камеры норм. хр. обмотаны влажной мешковиной до испытания
От 12.10.2023г	От 12.10.2023г
F=31,494кН, Rtb= 31494x0,03x0,92=8,69МПа.	F=27,157кН, Rtb= 27157x0,03x0,92=8,15Мпа (93,8%).
От 10.10.2023г.	От 10.10.2023г
F=33,758кН, Rtb= 33758x0,03x0,92=9,32МПа.	F=26,116кН, Rtb= 26116x0,03x0,92=7,21Мпа (77,4%).
Образцы из камеры норм. хр.	Образцы после камеры норм. хр. обмотаны влажной мешковиной до испытания.
От 31.11.2023г	От 31.11.2023г
F=30,048кН, Rtb= 30048x0,03x0,92=8,29МПа.	F=25,162кН, Rtb= 25162x0,03x0,92=6,94Мпа (83,7%).
F=32,302кН, Rtb= 32302x0,03x0,92=8,92МПа.	F=26,739кН, Rtb= 26739x0,03x0,92=7,38Мпа (82,7%).
Образцы больше месяца в лабораторных условиях, высушены.	Образцы больше месяца в лабораторных условиях, высушены.
От 25.05.2024г	От 25.05.2024г
F=21,468кН, Rtb= 21468x0,03x0,92=5,93МПа.	F=18,474кН, Rtb= 18474x0,03x0,92=5,10Мпа (86,0%).
От 27.05.2024г	От 27.05.2024г
F=21,523кН, Rtb= 21523x0,03x0,92=5,94Мпа.	F=19,271кН, Rtb= 19271x0,03x0,92=5,32Мпа (89,6%).

Результаты испытаний ООО ИК «НИИЖБ»

Приспособление С-106, ролики вращаются	Приспособление ПИ-100
Образцы 1 сутки в формах, затем водное хранение (6 суток)	Образцы 1 сутки в формах, затем водное хранение (6 суток)
От 14.09.2024г	От 14.09.2024г
F=17,840кН, Rtb= 17840x0,03x0,92=4,93МПа.	F=15,160кН, Rtb=15160x0,03x0,92=4,19МП.
F=16,140кН, Rtb= 16140x0,03x0,92=4,46МПа.	F=14,980кН, Rtb= 14980x0,03x0,92=4,14МПа. (88,7%)