



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ СТЕКЛОКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

докладчик

Лапшинов Андрей Евгеньевич, к.т.н.

Заведующий лабораторией обследования зданий и сооружений (ЛОЗиС НИИ ЭМ)

Доцент кафедры Железобетонные и каменные конструкции (ЖБК)

НИУ МГСУ

Объекты с АКП. 1-й мост 1975 год.

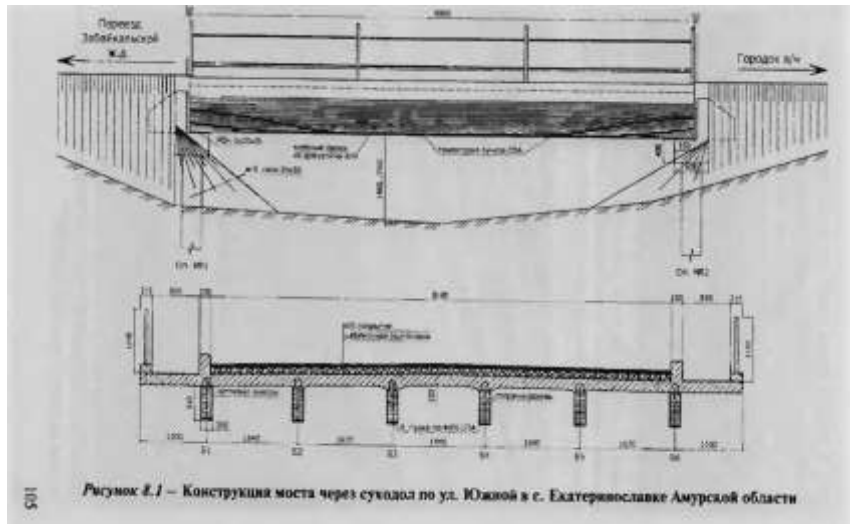


Рисунок 8.2 – Общий вид моста с несущими конструкциями из клееной древесины, армированными преднапряженной стеклопластиковой арматурой и объединенными в совместную работу с железобетонной плитой проезда



Объекты с АКП. 2-й мост 1981 год.

911



Рисунок 8.9 – Общий вид моста через реку Тигровую на автодороге Шкотово – Партизанск (Приморский край)



Рисунок 8.11 – Вид снизу на металлические балки, преднапряженные стеклопластиковой арматурой. На нижних поясах видны устройства (анкеры-упоры) для натяжения и закрепления пучков преднапряженной стеклопластиковой арматуры



Рисунок 8.10 – Вид снизу на сталежелезобетонное экспериментальное пролетное строение моста. На нижнем поясе крайней балки видны упоры для стеклопластиковой арматуры



Рисунок 8.12 – Фрагменты нижнего пояса балок (вид снизу) с упорами и анкерами для натяжения и закрепления стержней стеклопластиковой арматуры

Объекты с АКП. 2-й мост 1989 год.



Рисунок 8.5 – Вид моста через реку Хинган в г. Облучье (ЕАО) с левого берега с верховой стороны

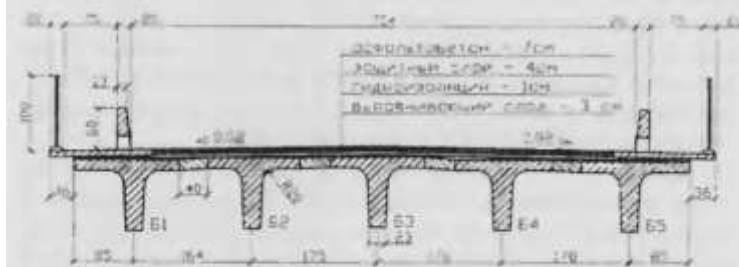


Рисунок 8.6 – Поперечное сечение пролетного строения со стеклопластбетонными балками

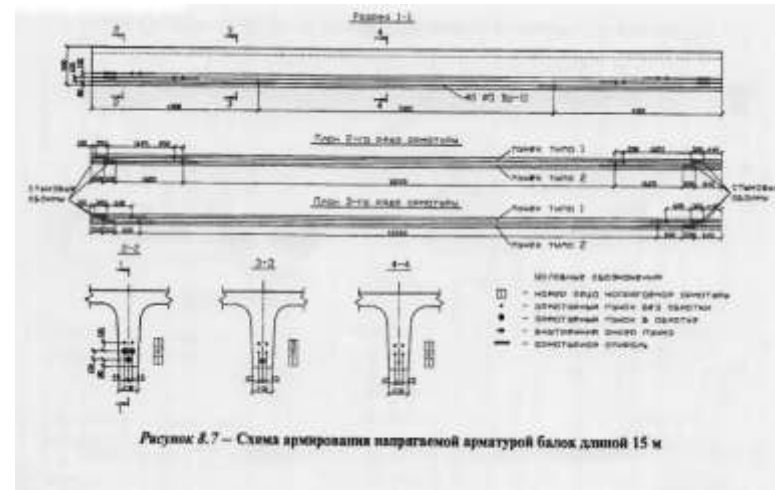


Рисунок 8.7 – Схема армирования натяжной арматуры балок длиной 15 м

Объект #1 $T_{\text{экспл.}} = 42$ года

(мост с преднапряженными затяжками из СПА)

Г.1 Общие виды конструкций



Фото Г.1 – Общий вид мостового сооружения



Фото Г.3 – Общий вид мостового сооружения



Фото Г.2 – Общий вид мостового сооружения



Фото Г.4 – Общий вид мостового сооружения



Фото Г.12 – Разрушение и участки нарушения целостности стержня АСК



Фото Г.19 – Разрушение и участки нарушения целостности стержней АСК. Отслоение окрасочного покрытия и поверхностная коррозия металлических конструкций

Объект #1 $T_{\text{экспл.}}=42$ года

(мост с преднапряженными затяжками из СПА)



Рисунок 7.1 – Места установки тензорезисторов



Рисунок 7.2 – Место установки ТР №4



Рисунок 7.23 – Нагружение 129



Рисунок 7.24 – Нагружение 130



Рисунок 7.17 – Нагружение 121



Рисунок 7.18 – Нагружение 122



Рисунок 7.19 – Нагружение 124

Объект #1 $T_{\text{экспл.}} = 42$ года

(мост с преднапряженными затяжками из СПА)



Рисунок 7.7 – Диаграммы «Напряжение (МПа) - Время (минуты)» для измерений 112-119

Таблица 7.3 – Параметры предварительного напряжения балок

Элемент	Усилие предварительного напряжения, кН	Напряжение от предварительного напряжения, МПа	Напряжения от самонапряжения при действии подпояской нагрузки (без учета предварительного напряжения и собственного веса конструкции), МПа
Нижний пояс балки (двутавр №45)	215	69 (0,33 $\cdot R_{st}$)	31,0
Затяжка из 12 шт. О6 СПА	215	—	—
Отдельный стержень О6 СПА в затяжке	17,92	634 (0,42 $\cdot \sigma_{sp}$)	11,35

Напряжения самонапряжения затяжек при действии подпояской нагрузки по результатам обследования составляет не более 1,8% от проектного значения напряжения предварительного напряжения.

Определение фактического усилия в отдельных стержнях затяжки не представляется возможным из-за неизвестной величины предварительного напряжения с учётом потерь за время эксплуатации и точного количества частично либо полностью разрушенных отдельных стеклопластиковых стержней.

По результатам ранее выполненного обследования в 1985 году [46] было установлено, что усилие самонапряжения затяжек при нагрузках, составляющих 78% от нормативных (при одновременном проследе грузовых автомобилей ЗИЛ и МАЗ), не превышало 2,1% от эксплуатационного усилия предварительного напряжения.

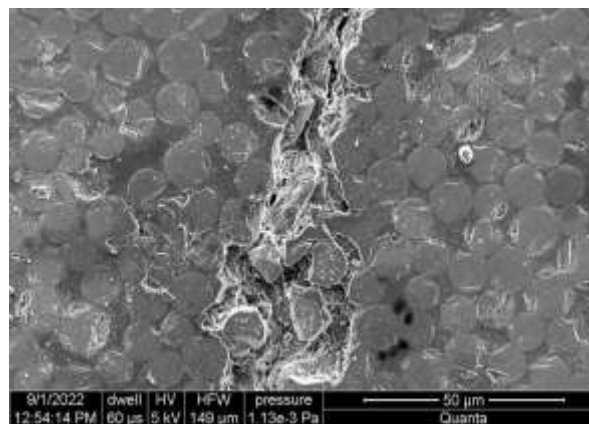
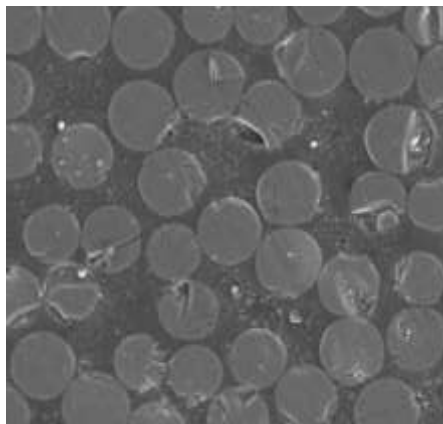
Объект #1 $T_{\text{экспл.}} = 42$ года (мост с преднапряженными затяжками из СПА)



Отбор образцов СПА и компенсация

Объект #1 $T_{\text{экспл.}} = 42$ года

(мост с преднапряженными затяжками из СПА)



Микроскопия образцов СПА

Объект #1 $T_{\text{экспл.}} = 42$ года

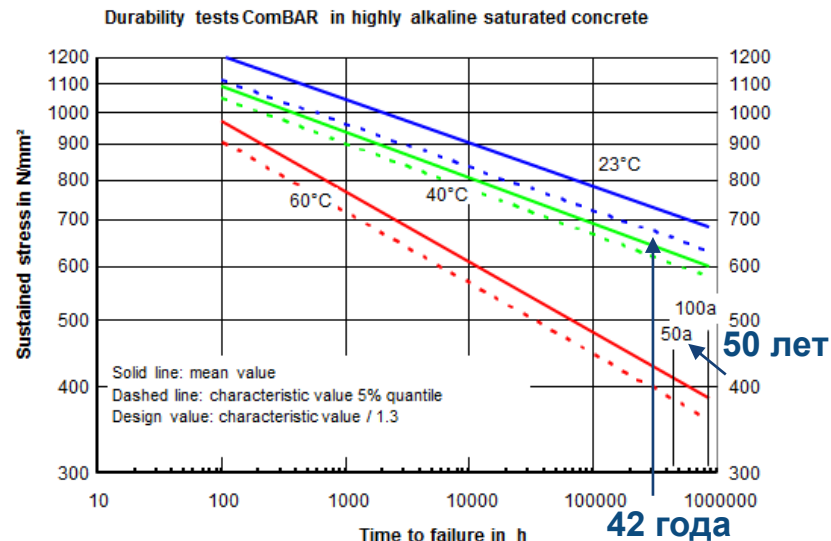
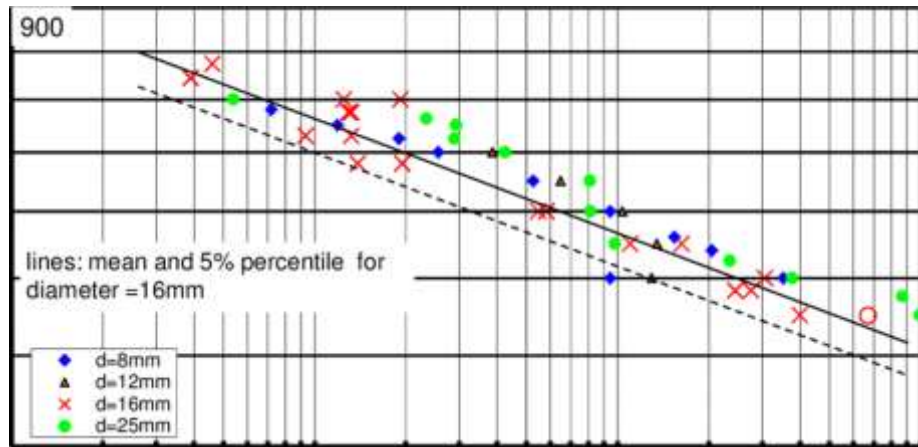
(мост с преднапряженными затяжками из СПА)



Показатели	Значение показателей		
	Исходная прочность арматуры по архивным данным	После эксплуатации в течение 42 лет	
Содержание связующего, %	17-20	19,4	✓
Степень отверждения связующего, %	80-86	98,44	+14,5-23 %
Температура стеклования, °C	-	75,88	✓
Номинальный диаметр, мм	6±0,15	6,08	✓
Шаг спиральной намотки, мм	2±0,5	0,96	✓
Плотность, кг/м³	2020	1990	-1,5 %
Прочность, МПа, при:			
• сжатию	400	414	+3,5 %
• изгибе	1300	957	-26,4 %
• растяжении	1600	1312	-18 %
• поперечном срезе	-	188	✓
Относительное удлинение при растяжении, %	2,9	2,8	-3,5 %
Модуль упругости при растяжении, МПа	50000	46984	-6 %

Результаты испытаний

Деградация АКП во времени



Authors: André Weber Schöck Bauteile GmbH

From national approval to an European Standard - Ways to a safer and wider application of FRP rebars

June 2013 Conference: FRPRCS-11

Деградация АКП во времени



(a) concrete strength test specimens



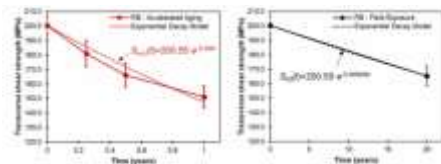
(b) GFRP bars embedded in beams



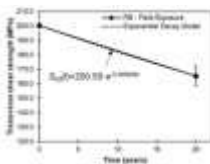
(a) Ribbed GFRP – "RB"



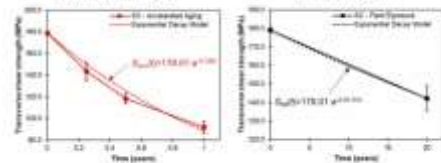
(b) Sand-coated GFRP – "SC"



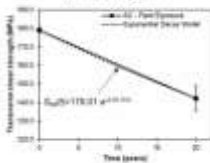
(a) RB: accelerated aging



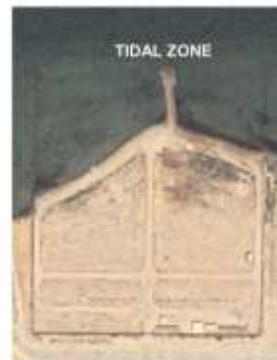
(b) RB: field exposure



(c) SC: accelerated aging



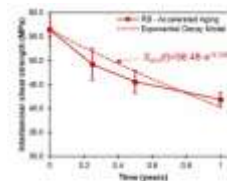
(d) SC: field exposure



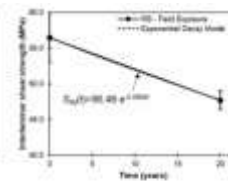
(a) high tide



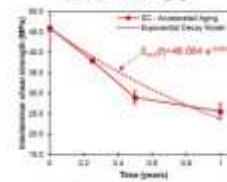
(b) low tide



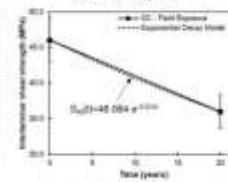
(a) RB: accelerated aging



(b) RB: field exposure



(c) SC: accelerated aging



(d) SC: field exposure

Mesfer M. Al-Zahrani, Durability of concrete-embedded GFRP bars after 20 years of tidal zone exposure: Correlation with accelerated aging tests, Case Studies in Construction Materials, Volume 21, 2024, e03435, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03435>.

Объект #2 $T_{\text{экспл.}} = 35$ лет

(мост с преднапряженными СПА балками)



Объект #2 $T_{\text{экспл.}} = 35$ лет

(мост с преднапряженными СПА балками)



Рис. 6. Вид на концевой участок балки с преднапряженной АСП.
При тщательном исследовании боковой поверхности балок в натуре трещин не обнаружено

2006 г.

Из статьи: Белуцкий И.Ю., Сим А.Д. Ретроспектива использования напрягаемой стеклопластиковой арматуры в балках пролетных строений мостов // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: междунар. сб. науч. трудов. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – No 15. – С. 113–119.



2024 г.

Обследование НИУ МГСУ

Состояние моста в 2024 г.

Общие выводы



1. Результаты обследования конструкций мостов с преднапряженной стеклопластиковой арматурой (СПА/АСК) после 35-42 лет эксплуатации показали обнадеживающие результаты в плане долговечности материала (СПА) и сохранения эффекта предварительного напряжения.
2. Хорошая, качественная стеклокомпозитная арматура (АСК) подвергается умеренной и прогнозируемой деградации в течение длительного времени (42 года) как в щелочной среде бетона, так и на открытом воздухе.
3. Композитная арматура может быть эффективной заменой стальной в агрессивных средах, в том числе в мостовых сооружениях.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

LA686@YA.RU

+7 926 565 90 80

