Стандартное руководство по техническому обслуживанию короткопролетных мостов, находящихся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику

(Проект)

Декабрь 2022 г.

1 Общее

1.1 Цель

Это руководство призвано способствовать повышению эффективности содержания и управления дорогами и мостами в муниципалитетах региона Хокурику. Желательно, чтобы муниципалитеты модифицировали и использовали их в соответствии со своими реальными обстоятельствами, исходя из их индивидуальной природной и социальной среды.

[Комментарий]

Район Хокурику, охватываемый настоящим руководством, состоит из четырех префектур, как показано на рис.1. Зимой на дорогах распыляют много антиобледенителя. В прибрежных районах много ионов хлора переносится сезонным ветром, поэтому автомобильные мосты подвержены воздействию хлоридов. Кроме того, изредка наблюдается щелочно-кремнеземная реакция (далее ASR), которая в основном обусловлена андезитом. Некоторые мосты пришли в негодность из-за совокупности данных факторов. Эти явления снижают эффективность автомобильных мостов на ранней стадии, что происходит быстрее, чем процесс старения в среднем по стране. Таким образом, существует потребность в предложениях по процедурам и методам технического обслуживания и управления, которые реагируют на ранний износ в регионе Хокурику, что отличается от единой системы управления автомобильными мостами, которая рассматривает всю страну с макроэкономической точки зрения.

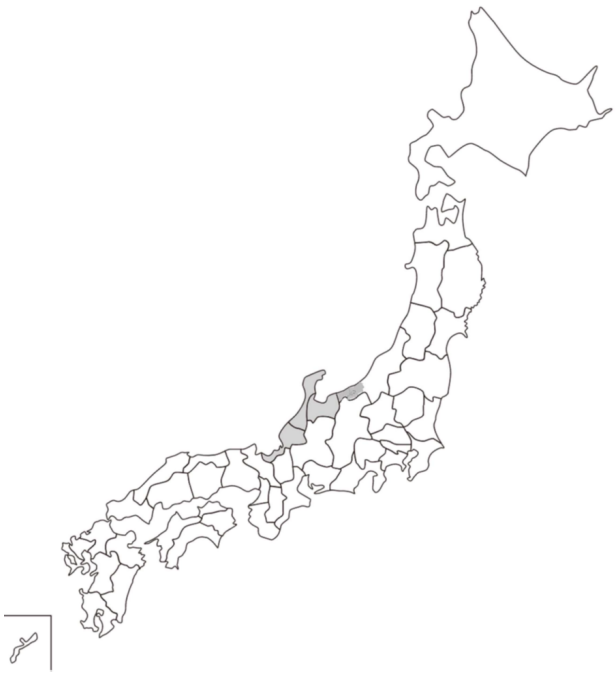

Рис.1 Регионы, охватываемые данным руководством

Исходя из этого, Ассоциацией регионального развития Хокурику и Японским обществом инженеров-строителей для субсидируемых исследований с 2014 по 2022 год была реализована «Межведомственная программа продвижения стратегических инноваций (SIP)». Сотрудничество с промышленностью, правительством, академическими кругами, университетами и техническими колледжами, как показано в таблице 1, способствовало выяснению механизма раннего износа бетонных мостов и разработке системы управления, которая учитывает характеристики, связанные с материалами и строениями.

Таблица 1 Участвующие университеты и технические колледжи

Префектура	Университеты и технические колледжи
Ниигата	Нагаокский технологический университет (NUT), Национальный технологический институт, Колледж Нагаока (NITNC)
Тояма	Университет префектуры Тояма (TPU), Университет Тоямы (UT)
Исикава	Канадзавский университет (KU), Канадзавский технологический институт (KIT), Национальный технологический институт, Колледж Исикава (NITIC)
Фукуи	Университет Фукуи (UF), Национальный технологический институт, Колледж Фукуи (NITFC)

Процедуры и методы, описанные в данном руководстве, являются результатом этих действий. В частности, начиная с 2017 года профессора, перечисленные в таблице 2, посещали муниципалитеты префектур Тояма, Исикава, Фукуи и район Дзёэцу в префектуре Ниигата, указанные в таблице 3, и проводили опросы. Кроме того, они обменялись мнениями с Центром перспективной инженерной оценки и исследований конструкций (CAESAR) Научно-исследовательского института общественных работ, который является национальной исследовательской корпорацией, и отделением Хокурику Японской ассоциации консультантов по строительству. Как показано на рис. 2, посещенные муниципалитеты составляют 90% каждой префектуры. Тем самым мы попытались сопоставить академические предложения экспертов с реальной ситуацией по обслуживанию и управлению автомобильными мостами в муниципалитетах. Как показано в Таблице 4, стало ясно, что многие муниципалитеты имеют общие проблемы, и в данном руководстве описываются стандарты, основанные на этих потребностях. Тем не менее, природная и социальная среда различается между отдельными муниципалитетами, например, прибрежные или внутренние районы, а также много или мало мостов. Поэтому желательно модифицировать эту стандартную процедуру и метод в соответствии с реальной ситуацией в каждом муниципалитете.

Таблица 2 Профессора, проводившие опросы муниципалитетов

Имя	Университет	Имя	Университет
Ито Хадзиме	TPU	Цуда Макото	NITIC
Ибаяси Коу	NITNC	Тераяма Казуки	NITIC
Учида Шинья	TPU	Ханаока Дайсин	KIT
Кубо Йошимори	KU	Фукада Сайджи	KU
Курихаши Юсукэ	KU	Маэда Кенджи	NITIC
Куно Тецуя	UT	Миядзато Шиничи	KIT
Сузуки Кейго	UF	Мияшита Такеши	NUT
Тачибана Джунзо	TPU	Янагида Рёхей	KU
Танака Ясуси	KIT	Минова Кейсуке	NITFC

Таблица 3 Опрошенные муниципалитеты

Префектура	Муниципалитет	Численность населения	Площадь (км2)	Кол-во мостов	Расположение
Ниигата (Дзёэцу)	Джоэцу	193,039	973.8	1,146	Приморский
	Итоигава	43,897	746.2	525	Приморский
Тояма	Тояма	417,760	1,241.7	2,222	Приморский
	Хими	48,671	230.6	360	Приморский
	Асахи	11,936	227.4	122	Приморский
	Такаока	172,535	209.6	1,200	Приморский
	Имизу	93,289	109.4	492	Приморский
	Нанто	51,171	668.6	923	Внутренний
	Оябэ	30,162	134.1	449	Внутренний
	Ньюзен	24,894	71.6	450	Приморский
	Уозу	40,253	200.6	239	Приморский
	Намерикава	33,023	54.6	293	Приморский
	Камиичи	19,429	236.7	199	Внутренний
	Татеяма	25,021	307.3	312	Внутренний
	Тонами	47,462	127.0	608	Внутренний
Исикава	Канадзава	466,183	468.6	1,388	Приморский
	Кахоку	34,293	64.4	90	Приморский
	Вадзима	26,312	426.3	446	Приморский
	Номи	48,934	84.1	252	Приморский
	Хакусан	109,581	754.9	369	Приморский
	Учинада	26,943	20.3	7	Приморский
	Ходацусимидзу	12,805	111.5	132	Приморский
	Ноноити	55,297	13.5	220	Внутренний
	Комацу	106,905	371.0	473	Приморский
	Цубата	37,618	110.6	174	Внутренний
	Судзу	14,574	246.9	171	Приморский
	Кага	67,357	305.9	356	Приморский
	Наканото	18,102	89.5	244	Внутренний
	Ното	15,810	273.3	303	Приморский

Таблица 3 Опрошенные муниципалитеты (Продолжение)

Префектура	Муниципалитет	Численность населения	Площадь (км2)	Кол-во мостов	Расположение
Исикава	Анамизу	7,623	183.2	92	Приморский
	Нанао	49,645	318.3	455	Приморский
	Шика	18,945	246.8	274	Приморский
	Хакуи	20,311	81.9	166	Приморский
	Кавакита	6,144	14.6	36	Внутренний
Фукуи	Фукуи	264,344	536.4	1,771	Приморский
	Эчизен	21,021	153.2	225	Приморский
	Сабае	68,397	84.6	399	Внутренний
	Обама	29,534	233.1	402	Приморский
	Кацуяма	23,392	253.9	349	Внутренний
	Эчизен	83,184	230.7	675	Внутренний
	Цуруга	66,060	251.4	307	Приморский
	Икеда	2,604	194.7	99	Внутренний
	Михама	9,609	152.4	130	Приморский
	Сакаи	89,648	209.7	599	Приморский
	Эйхэйдзи	18,105	94.4	162	Внутренний
	Оно	31,258	872.4	444	Внутренний
	Минамичизен	9,960	343.7	268	Приморский
	Охи	8,007	212.2	329	Приморский

(Во время интервью)

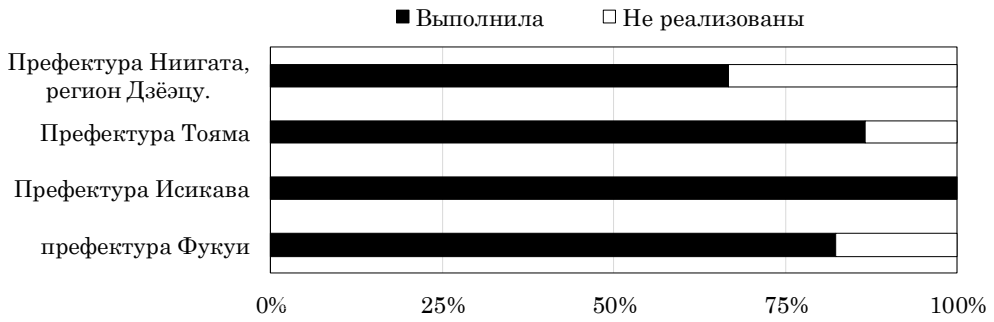

Рис. 2 Процент опрошенных муниципалитетов

Таблица 4 Общие проблемы, выявленные в ходе интервью

Причина	No	Проблема	%※	Раздел
Человеческие ресурсы	①	Трудно развивать человеческие ресурсы на рабочем месте с помощью рабочих тренингов, потому что мало сотрудников, занимающихся непосредственно мостами, персонал не может сосредоточиться на обслуживании мостов, и они меняются каждые два или три года.	100	6
Поддержка	②	Мало возможностей для получения информации о новейших технологиях.	100	6
Бюджет	③	Даже корректирующее обслуживание является проблемой, а переход к профилактическому обслуживанию не может быть спланирован.	100	3
Износ	④	Износ из-за воздействия хлоридов и ASR прогрессирует.	80	2
	⑤	Первоначальный дефект присутствует, и это приводит к прогрессированию общего износа.	90	2
Инспекции	⑥	Что касается мостов, которые легко обследовать, персонал, не уверенный в своих технических возможностях, хочет обследовать их без использования техники.	80	4
Ремонт	⑦	Желательна серия осмотров, оценок и руководств по ремонту.	100	3
	⑧	Соответствующие методы восстановления и их последствия неизвестны.	100	5
	⑨	Срок службы моста продлевается без ремонта, насколько это возможно, и если безопасность и удобство использования моста не соответствуют требованиям, он будет реконструирован.	100	5

※ Доля обработанных муниципалитетов из всех опрошенных

Это руководство было подготовлено для региона Хокурику. Тем не менее, оптимизация обслуживания и управления автомобильными мостами в муниципалитетах является общенациональной задачей[1)], и мы считаем, что это послужит ориентиром и для других регионов.

1.2 Определение термина

В данном руководстве термины определяются следующим образом:

Короткопролетный мост: Мост длиной от 2 до 5 м. Включает водоотводы коробчатого типа и плитные мосты с покрывающим слоем менее 1 м.

Корректирующее обслуживание: несмотря на то, что проблем с функционированием строения нет, следует принять ранние меры, чтобы замедлить прогресс износа.

Профилактическое обслуживание: существует вероятность того, что функция конструкции будет нарушена, и необходимо принять соответствующие меры.

[Комментарий]

Что касается короткопролетных мостов, то в районе Хокурику много каналов с поливной

водой для сельского хозяйства, и через них проходит много мостов длиной менее 5 м. Кроме того, при проверках некоторых муниципалитетов мосты длиной менее 6 м были классифицированы как короткопролетные. В таких случаях мосты длиной менее 6 м могут считаться короткопролетными мостами, если с практической эксплуатацией не возникает проблем.

Что касается корректирующего и профилактического обслуживания, то рассмотрите соответствующую ситуацию, чтобы объяснить концепцию: обращения к стоматологу после того, как зуб уже разрушился, соответствует корректирующему обслуживанию. Ежедневная чистка зубов, напротив, соответствует профилактическому обслуживанию. Корректирующее обслуживание сопряжено с болью для людей, а в случае автомобильных мостов - с риском обрушения. Как правило, корректирующее обслуживание требует временных высоких затрат на лечение, в то время как профилактическое обслуживание сглаживает стоимость лечения и может его снизить.

2 Целевое применение

Процедуры и методы, описанные в данном руководстве, применимы к мостам с короткими пролетами, находящимися в ведении муниципалитетов региона Хокурику, которые не являются аварийными транспортными путями или путепроводами автомобильных и железных дорог, не имеют существенных первоначальных дефектов и имеют низкую интенсивность движения.

[Комментарий]

В соответствии с инструкциями по проверке дорожного покрытия Дорожного бюро Министерства земли, инфраструктуры, транспорта и туризма, как показано на рис 3, дороги подразделяются на четыре категории в соответствии с их характеристиками. Исходя из этого, автомобильные мосты были разделены на четыре группы, указанные в Таблице 5. Группа C была целью применения данного руководства. То есть это короткий мост, который не пересекает аварийные объезды, дороги или железные дороги и имеет низкую интенсивность движения (например, менее 1000 автомобилей в день). Кроме того, первоначальные дефекты, такие как некачественное покрытие, как показано на рис 4, приводят к выкрашиванию бетона пролета, поскольку исходные условия для проектирования не соблюдены. Поэтому нельзя сказать, что простые процедуры и методы, показанные в данном руководстве, обеспечат безопасность мостов со значительными первоначальными дефектами даже для внутриквартальных дорог, следовательно, они исключены из цели применения.

В районе Хокурику некоторые автодорожные мосты имеют ASR, как показано на рис 5 и 6. Кроме того, как показано на рис 7, после устранения хлоридной коррозии некоторые детали снова пришли в негодность из-за коррозии макроэлементов. Они подлежат

применению.

Кроме того, были охвачены все годы строительства. Другими словами, было указано, что плиты перекрытий до 1979 года были тоньше нынешних стандартов и могли легко упасть из-за усталости, но интенсивность движения большегрузных автомобилей по муниципальным дорогам в районе Хокурику была небольшой. Кроме того, в 1986 году Министерство строительства издало «временные контрмеры против щелочно-агрегатных реакций», но в районе Хокурику ASR прогрессировал в некоторых зданиях даже после этого. Поэтому конкретной классификации по году постройки нет.

Характеристика	Классификация	Основная дорога (изображение)
Магистральные дороги высокого стандарта (дороги с высокими стандартами обслуживания, требующие высокой скорости движения)	A	Магистраль
Быстро повреждаемые дороги (например, дороги с интенсивным движением большегрузных транспортных средств)	B	Национальная дорога с прямым управлением Вспомогательная национальная дорога, Префектурная дорога Обычные дороги в Городах, определённые указами правительства
Медленно повреждаемые дороги (например, дороги с небольшим движением большегрузных автомобилей)	C	
Внутриквартальная дорога (повреждения развиваются очень медленно, долгий срок службы, если нет воздействия жилого строительства)	D	Муниципальная дорога

Заметка: Выбор дорог для каждой классификации определялся каждым дорожным администратором. (Это просто изображение. Например, даже если это муниципальная дорога, допустимо классифицировать ее как категорию B по усмотрению дорожного администратора.)

Рис. 3 Изображение классификации дорог, указанной в процедуре проверки дорожного покрытия

Таблица 5 Классификация обслуживания автомобильных мостов (проект)

Группа	Объект
A	Аварийно-транспортные автомобильные мосты, Эстакады, Мосты длиной 15 м и более
B	Кроме вышеперечисленных, например, мосты длиной от 5 до 15 м.
C	Кроме вышеперечисленных, например, мосты длиной менее 5 м и с меньшей интенсивностью движения
D	Мосты с коротким расчетным сроком службы и малой интенсивностью движения, Мосты в малонаселенных районах, которые могут быть снесены в будущем

Рис. 4. Короткопролетные мосты с обрушением бетона пролетного строения из-за изначального дефекта

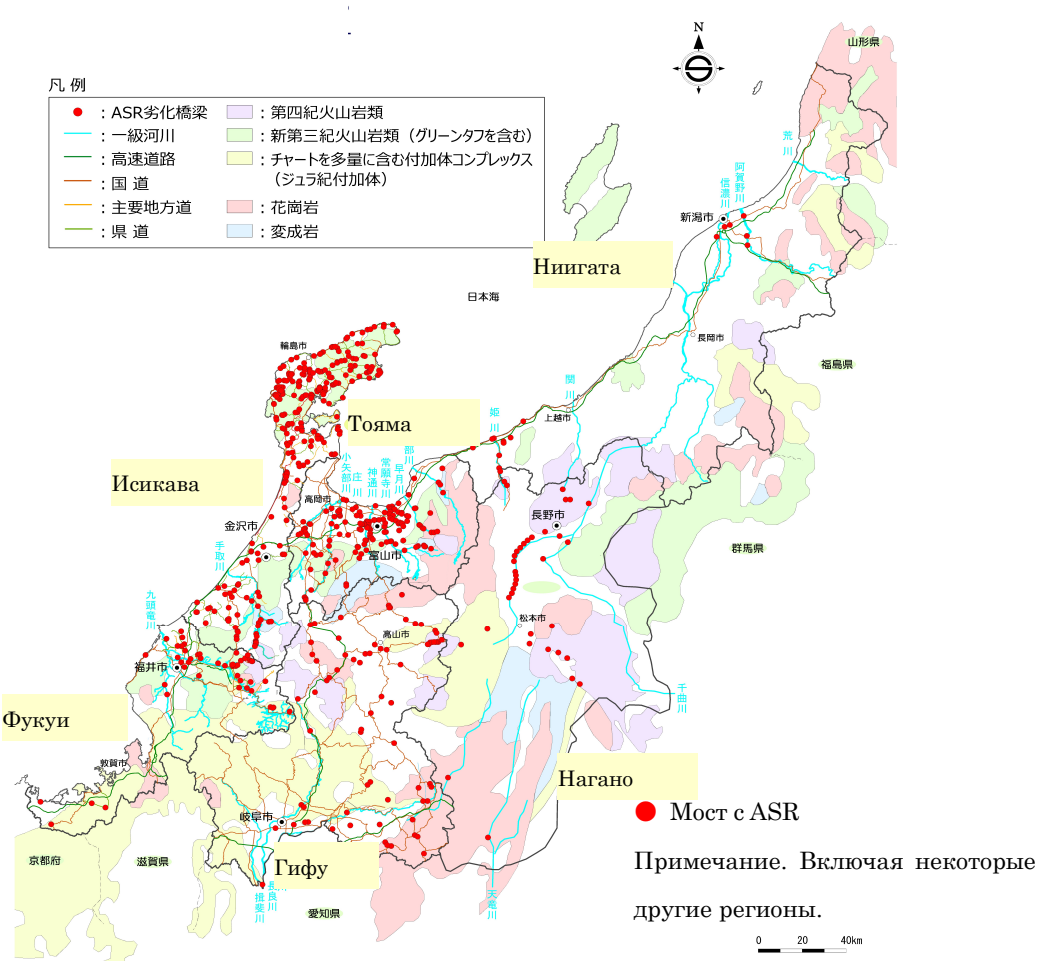

Рис. 5 Карта мостов с ASR

Рис. 6 Пример моста, поврежденного ASR

Рис. 7 Пример повторного износа из-за коррозии макроэлементов после ремонта заплатами

Желательно обслуживать и управлять длинными мостами и важными мостами, для которых не применимо данное руководство, используя те же процедуры и методы, что и в управлении и обслуживании национальных дорог, скоростных дорог и дорог префектур. Если вы хотите определить причину износа, вы можете обратиться к «Руководству по исследованию, ремонту и армированию трещин в бетоне -2022-», опубликованному Японским институтом бетона. Кроме того, в отношении технического обслуживания и управления мостами, состояние которых явно ухудшилось из-за повреждения солью и ASR, см. веб-страницу CAESAR, показанную в Таблице 6. «Руководство по техническому обслуживанию мостов, подвергшихся воздействию хлоридов (проект)» Бюро регионального развития Хокурику и «Руководство по ремонту и усилению опор мостов и устоев автомобильных мостов, разрушенных щелочно-агрегатной реакцией (проект)» Бюро регионального развития Кинки Министерства земли, инфраструктуры, транспорта и туризма также будут полезны.

Таблица 6 Веб-страница CAESAR

Инспекция	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/check-and-research.html
Ремонт	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/operation-and-maintenance.html

3 Процедуры технического обслуживания

Стандартная процедура технического обслуживания пролетов и опор бетонного моста представляет собой последовательность осмотра, оценки, ремонта и замены, показанную на рис. 8 и в таблице 7.

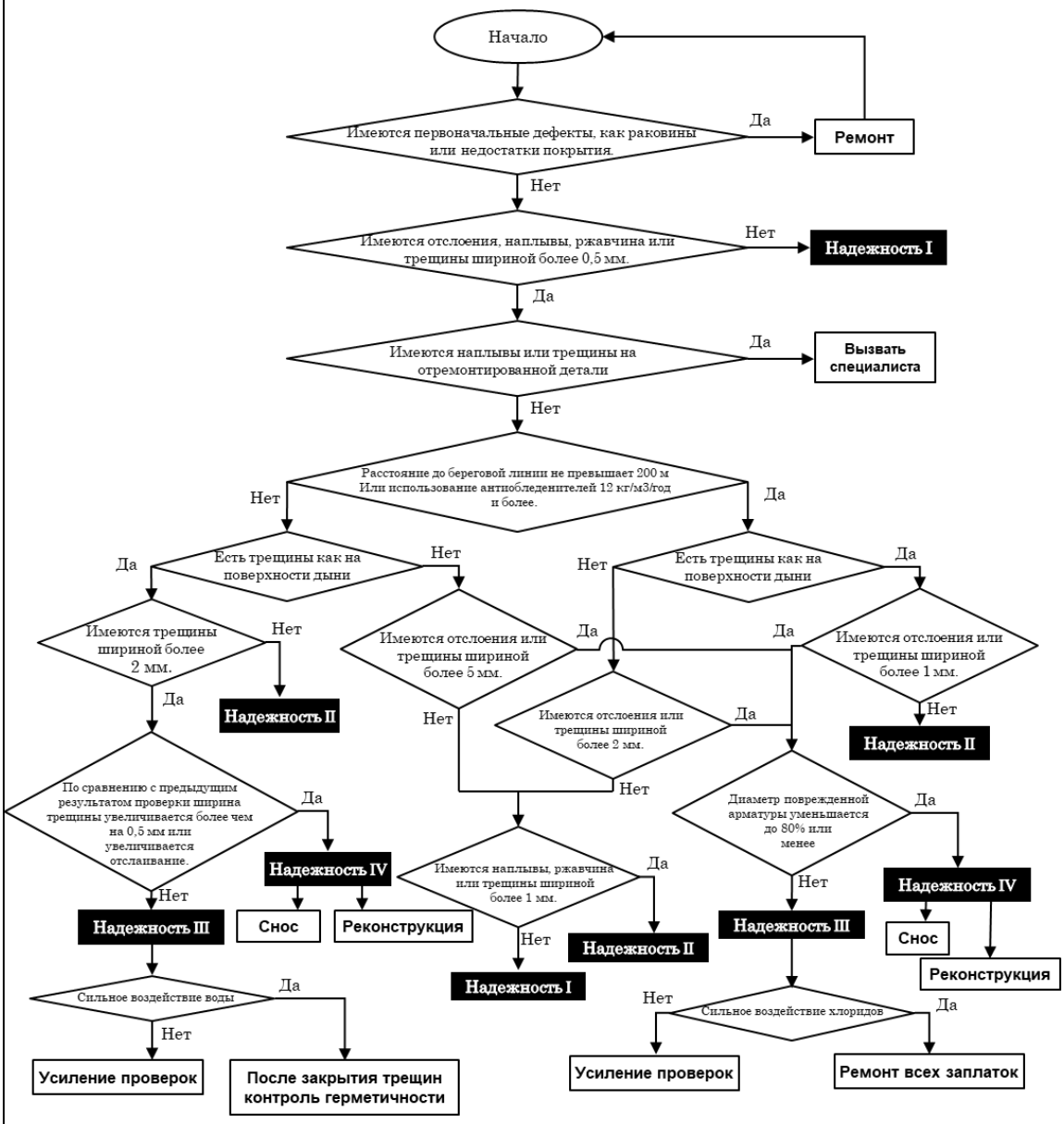

Рис.8 Стандартный порядок технического обслуживания бетонных пролетов и опор моста

Таблица 7 Классификация надежности[2)]

I	II	III	IV
Надежность	Этап профилактического обслуживания	Фаза раннего действия	Аварийная фаза

[Комментарий]

Согласно отчету подкомитета по «Приоритетным исследованиям в области технического обслуживания бетонных конструкций» Японского общества инженеров-строителей, если уровень технического обслуживания и управления не будет таким же высоким, как для короткопролетных мостов, находящихся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, и если сторонние эффекты можно не учитывать, поскольку они пересекают сельскохозяйственные оросительные воды, то стоимость жизненного цикла будет наименьшей при выводе из эксплуатации после использования до предела несущей способности. Другими словами, наиболее экономично избегать сценария ремонта без стратегии. Следовательно, в этой последовательности профилактическое обслуживание не выполняется, а корректирующее обслуживание выполняется только тогда, когда можно ожидать эффекта от ремонта. То есть при хлоридном воздействии ремонт производят, когда нет существенного снижения предела текучести, то есть когда потеря массы армирования невелика. Кроме того, ASR ремонтируют, когда скорость износа медленная, то есть когда увеличение ширины трещины невелико. В частности, согласно рис 9, в 80 % случаев, когда прогресс износа, вызванного ASR остановлен, могут быть мелкие трещины. Поэтому, даже если есть вероятность ASR, судить о необходимости ремонта нужно не по одному осмотру, а по сравнению с предыдущим осмотром (здесь предполагается визуальный осмотр пятилетней давности). Было принято решение снести заброшенный мост или заменить его только при увеличении ширины трещины на 0,5 мм и более. Если ширина трещины, вызванной ASR уже велика и дальше увеличивается, то будет дешевле заменить короткопролетный мост, поскольку ремонт не замедлит скорость износа.

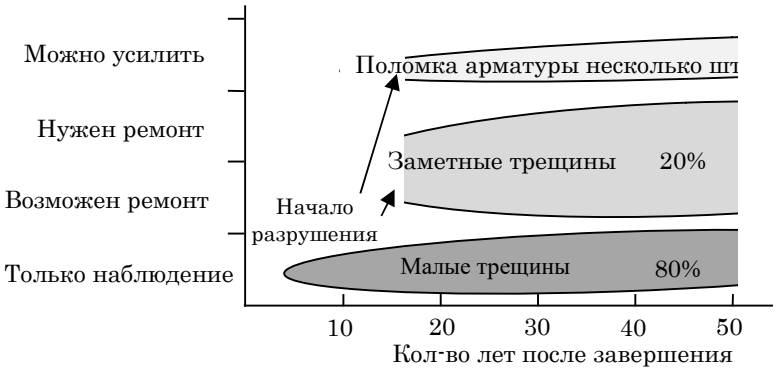

Рис.9 Изображение прогресса деградации бетонной конструкции с ASR[3)]

Элементы, подлежащие проверке в данной последовательности, - это ширина и форма трещин, выкрашивание, плавучесть и ржавчина. Здесь трещины, как у дыни, являются основным признаком ухудшения ASR и могут быть определены неспециалистами без специального оборудования. Кроме того, в высокопрочных преднатяженных железобетонных балках, даже если трещины из-за коррозии не возникают, может образоваться ржавчина, и сталь может сломаться[4)]. Поэтому следует учитывать не только наличие трещин, но и наличие

плавучести и появления жидкой ржавчины.

Даже в районе Хокурику, где содержание хлорид-ионов в воздухе высокое, по данным PWRI № 3175 «Национальное обследование содержания хлоридов (IV) в воздухе» стр.27, если удаление от береговой линии превышает 300 м в течение более 100 лет, то предполагается, что арматура не будет подвергаться коррозии. Затем, согласно Материалу НИУ № 55 «Противодействие бетонных мостов хлоридному влиянию» стр.60, установлено, что при удалении от береговой линии более 700 м арматура не подвергается коррозии. Следовательно, если техническое обслуживание должно выполняться на уровне, не допускающем коррозии арматурных стержней, желательно классифицировать последствия воздействия хлоридов с использованием порога в 700 м от береговой линии. Тем не менее, короткопролетные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов, должны поддерживаться на уровне, предотвращающем обрушение и допускающем коррозию арматуры. Здесь, чем ближе береговая линия, тем больше прогрессирует ухудшение[5)], и было указано, что ремонт необходим, как только ухудшение становится очевидным, особенно в пределах 200 м[6)]. Таким образом, эта последовательность классифицирует воздействие хлоридов на пороге 200 м от береговой линии.

В районе Хокурику антиобледенитель редко распыляют на муниципальные дороги. Однако ионы хлора, прикрепленные к транспортным средствам на автомагистралях и национальных дорогах, могут повлиять на близлежащие муниципальные дороги. На рис 10 показана зависимость между количеством распыляемого антиобледенителя и концентрацией ионов хлорида на поверхности автомагистралей под управлением Central Nippon Expressway. Кроме того, для упомянутого выше берегового хлоридного воздействия порог может составлять 200 м от береговой линии. Согласно Японскому обществу инженеров-строителей 2018 Стандартные спецификации бетона [Техническое обслуживание], стр. 143, содержание

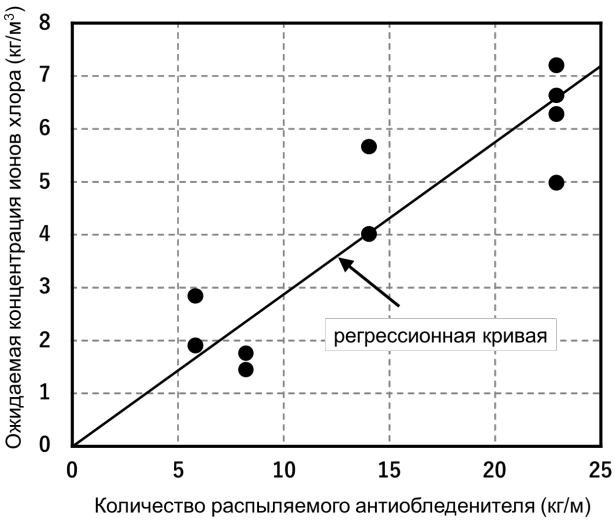

Рис.10 Связь между количеством антиобледенителя и концентрацией ионов хлорида на поверхности [7)]

ионов хлорида на поверхности составляет 3,0–4,5 кг/м3. Следовательно, при сравнении этих двух значений количество нанесенного антиобледенителя составляло 11–17 кг/м/год. Таким образом, пороговое значение для этой последовательности классифицирует эффекты воздействия хлоридов при норме применения антиобледенителя 12 кг/м/год.

Предполагается, что трещины и расслоение в отремонтированной части возникли в результате повторного износа. В этом случае необходимо уточнить, что из периода ремонта, ремонтного материала, места ремонта и т.д. оказало неблагоприятное воздействие, и это будет использовано для принятия мер против подобных ситуаций в будущем. Поэтому были направлены запросы экспертам в районе Хокурику, таким как преподаватели университетов и технических колледжей, а также консультантам по бетону, как показано в Таблице 2.

Преимущество использования этой последовательности для муниципалитетов состоит в том, что 1) можно выбрать метод измерения без указания коэффициента износа, 2) базовыми объектами контроля являются только ширина трещины, отслаивание, ржавчина, плавучесть и другое, и 3) она может иметь дело с корректирующим обслуживанием, которое является предстоящей проблемой. В частности, для 3), в таблице 4 был рассмотрен ③. Относительно 1), если инспектор произведет эффективный ремонт сразу после осмотра с использованием временных каркасов, техническое обслуживание можно рационализировать без заказа индивидуального проектирования и повторного ремонта. Таким образом, ⑦ можно решить в таблице 4.

Здесь приоритет отдается пролетам и опорам, которые являются основными элементами, влияющими на функционирование автодорожных мостов, а не балюстрадам, наземным ограждениям, расширительным устройствам и направляющим. Кроме того, согласно упомянутому выше Материалу НИУ № 55 «Противодействие хлоридам бетонных мостов» стр.75, степень повреждения пролета и опоры, как правило, одинакова. Таким образом, стандартный порядок технического обслуживания был сформулирован без различия между пролетом и опорой.

Кроме того, многие автодорожные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, сделаны из бетона, а некоторые из них — из стали. Таким образом, данное руководство охватывает процедуры осмотра, оценки, ремонта и замены бетонных мостов. Порядок технического обслуживания и управления стальными мостами см. в «Стальные конструкции серии 18, Руководство по проверке долговечности корродированных стальных конструкций», изданном Комитетом по стальным конструкциям Японского общества инженеров-строителей. Также будет полезен Подкомитет по оценке остаточной несущей способности стальных конструкций и исследованию политики повышения долговечности» и многое другое. В соответствии с этим, например, если количество распыляемого

Добавка: Антиобледенитель на основе хлорида натрия, ацетата калия, ацетата натрия, формиата калия и формиата натрия способствует ASR. Поэтому их не следует использовать в регионе Хокурику.

антиобледенителя составляет 1 кг/м2/год или меньше, влияние на старение стальных балок в атмосферных условиях незначительно. Также известно, что атмосферостойкие стальные балки можно использовать в прибрежных районах, где количество ионов хлора в воздухе составляет 0,05 мг/дм^2/день или менее. Ссылаясь на эту информацию и схему, показанную на рис 8, желательно сформулировать процедуры проверок, оценочных суждений, ремонта и обновления, отдельно для стальных мостов. Методы, описанные в следующих разделах, также могут быть применены к стальным мостам:

4 Метод проверки

(1) Если надежность во время предыдущей периодической проверки была I или II, она может быть проверена с помощью простого метода, такого как использование планшета или простого контрольного листа.

(2) Если предыдущая периодическая проверка показала, что прочность была III и тщательный визуальный осмотр возможен без необходимости использования специальных лесов, желательно провести осмотр экспертом, например, консультантом. В некоторых случаях комплексное управление может снизить затраты на аутсорсинг.

(3) В некоторых случаях новые технологии, такие как мониторинг и искусственный интеллект (далее ИИ), могут использоваться во время проверки.

[Комментарий]

Что касается (1), на основании ⑥ в таблице 4, если риск обрушения моста невелик, мы рекомендуем провести проверку простым методом. Здесь для некоторых мостов, находящихся в ведении не только городов Ниигата, Итоигава, Сандзё, Тонами, Шунан, но и Кыргызстана, Камбоджи, были введены в практику проверки с использованием планшетных компьютеров [8), 9), 10)], и положительный эффект был подтвержден.

Кроме того, для некоторых мостов, находящихся в ведении города Кага, была реализована проверка с использованием простого листа с ограниченным количеством элементов, и был подтвержден эффект рационализации.

(2) Если надежность предыдущего периодического осмотра соответствует III, эксперт должен провести шаблонный визуальный осмотр крупным планом, чтобы оценить возможность обрушения в течение пяти лет. Тем не менее, роботизированные технологии, включая дроны и камеры с высоким разрешением, были разработаны для получения результатов, эквивалентных визуальным осмотрам крупным планом, включая результаты SIP[11)].

Кроме того, хотя они крайне редко встречаются среди мостов с короткими пролетами, их можно осматривать с использованием временных лесов, автомобилей для осмотра мостов или с помощью канатов. Осмотр с помощью робота, если можно получить такие же или более точные результаты, может применяться для всех или части этих мостов. В

качестве альтернативы можно совместить осмотр с помощью робота и осмотр вблизи. Ожидается, что степень свободы выбора времени проверки, снижение затрат на проверку и время проверки могут быть уменьшены.

(3) Даже после 2018 года, по окончании первой деятельности SIP, были разработаны новые технологии для осмотра автодорожных мостов. Это включает в себя технологии и методы, которые способствуют снижению затрат и эксплуатации. Например, Японское общество гражданского строительства, Комитет по обслуживанию инфраструктуры, Подкомитет по продвижению новых технологий, опубликовал в июле 2022 года «Руководство по использованию технологии мониторинга (проект)», которое обеспечивает эффективное использование технологии мониторинга в различных ситуациях. Кроме того, после загрузки фотографий повреждений, сделанных с помощью смартфонов и цифровых камер, и загрузки простой информации в облако ИИ немедленно определяет повреждения и различает целые части и поврежденные участки, вызванные хлоридным воздействием, ASR и от замораживания-оттаивания. Одновременно система автоматически выводит результаты проверки на график. Это уменьшает разброс результатов и снижает максимум на 35% за счет экономии труда. Кроме того, Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма представило «Каталог технологий поддержки инспекции» и формы для подтверждения эффективности инспекций по анализу изображения, технологии неразрушающей проверки, технологии измерения/мониторинга, а также технологии сбора данных и связи.

5 Метод измерения

(1) При надежности уровня III и при усилении инспекций без ремонта визуальный осмотр проводят в течение 5 лет.

(2) Когда бетонный мост подвергается воздействию антиобледенителя или содержащихся в воздухе хлоридов, и его надежность была III, а вся поверхность трещин, отслаивания, плавучести и ржавчины ремонтируется с помощью заплаток. Материал и зона ремонта должны быть зафиксированы.

(3) В среде без антиобледенителей и переносимых по воздуху хлоридов бетонный мост с надежностью уровня III имеет не растущие трещины, как на поверхности дыни, то трещины блокируются введением смолы, чтобы предотвратить проникновение веществ, вызывающих коррозию, во внутреннюю арматуру, и применяется поверхностный пенетрант силанового типа. Материал и зона ремонта должны быть зафиксированы.

(4) При обновлении бетонного моста с надежностью уровня IV следует использовать высокопрочный материал.

[Комментарий]

Что касается (1), усиление контроля является одной из таких мер. Здесь усовершенствование

контроля увеличивает частоту контроля или повышает точность контроля[12]. В случае короткого моста увеличение частоты проверок обходится дешевле, чем повышение точности проверок. Кроме того, установка таблички на автомобильном мосту с надписью «Пожалуйста, свяжитесь с мэрией или администрацией, если вы заметили изменения», также эффективна на дорогах с интенсивным движением.

В суровой среде причиной надежности уровня III, вероятно, будет воздействие такой же агрессивной среды после ремонта, и ухудшение состояния может прогрессировать. Кроме того, если причиной надежности уровня III является некачественный материал, вероятно, износ существующих элементов будет прогрессировать даже после ремонта. В этих случаях ремонт повторяется каждые несколько лет, и стоимость его выше. Таким образом, с точки зрения стоимости жизненного цикла, разумно обновлять или сносить, когда надежность соответствует IV, после того, как будет продолжаться максимально возможное использование без какого-либо ремонта.

(2) В короткопролетном бетонном мосту с коррозией арматуры, независимо от растрескивания, отслаивания, всплывания или подтеков ржавчины, ионы хлора с высокой концентрацией выше порогового значения часто проникают по всей поверхности элемента. В результате было подтверждено, что арматура будет подвергаться коррозии в другом бетоне, если удалить бетон только в месте заметной коррозии. Поэтому все элементы должны быть отремонтированы.

Кроме того, даже передовые в области ремонта компании JR (Japan Railway Company) и NEXCO (Nippon Expressway Company) постоянно изучают методы ремонта, которые определенно эффективны. Поэтому для муниципалитетов важно накапливать данные о ремонте, включая тестовое строительство. Согласно пункту ⑧ таблицы 4, автодорожный мост, находящийся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, с 2019 года проверяется на эффективность краткосрочных, недорогих и простых ремонтных работ. Условием является эксплуатация в холодное время года, т.е. не сельскохозяйственный сезон с ноября по март. Кроме того, также необходимо сохранять эффект ремонта не менее пяти лет. Окончательный результат станет известен после 2024 года, но промежуточные результаты оценки будут полезны.

(3) Органические или неорганические методы инъекции могут закрыть трещины ASR. Кроме того, сообщалось, что метод поверхностной пропитки силанового типа может подавлять водопоглощение трещин шириной 0,6 мм или менее [13]. Кроме того, на основе (8) в Таблице 4, аналогично (2), автодорожные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, были отремонтированы в краткосрочной, малозатратной и простой пробной форме. В этом исследовании наблюдается эффект восстановления «методом инъекции трещины» и «метода заплаты для отслоившихся областей», и будут полезны промежуточные результаты оценки. Также важно накапливать данные ремонта.

(4) Высококачественная и стабильная зола уноса распространялась в районе Хокурику. Существует также руководство (http://www.rikuden.co.jp/ash/attach/14040301.pdf) по расчету

пропорций смеси, производству и изготовлению бетона с золой уноса. Было выяснено, что использование этой золы уноса может уменьшить развитие хлоридного воздействия и ASR[например 14), 15)], а также может уменьшить температурные трещины [16), 17)]. Практическое применение развивается в префектурах Ниигата, префектура Тояма, префектура Исикава и префектура Фукуи, включая работы по расширению Хокурику Синкансэн. Поэтому для продления срока службы мостов, подверженных аналогичному воздействию окружающей среды после реконструкции, и для развития зеленой инфраструктуры рекомендуется использовать бетон с содержанием золы-уноса от 15% до 20% в цементе.

Как показано на рис 4, автодорожные мосты со значительными первоначальными дефектами имеют крайне низкую долговечность. Поэтому при обновлении конструкция должна быть построена без дефектов. Следовательно, желательно использовать сборные железобетонные изделия, которые обычно снижают общие затраты на строительство, включая затраты на материалы, строительство и регулирование дорожного движения.

Кроме того, если затраты, необходимые для будущего содержания моста, значительно превышают удобство зоны, желательно рассмотреть вопрос об исключении (сносе) с точки зрения менеджмента. Если безопасность и удобство использования моста уже ухудшились, было бы лучше запретить использование моста на определенный период времени и определить, следует ли его снести (забросить), исходя из статуса объезда пользователей дороги.

6 Пользование руководством

Это руководство будет улучшено благодаря сотрудничеству между профессорами университетов и технических колледжей и сотрудниками муниципалитетов, а также, при необходимости, профессиональными инженерами, специалистами по диагностике бетона, центрами в каждой префектуре и т. д. в районе Хокурику.

[Комментарий]

На основе таблицы 4 на рис 11 показаны меры, используемые для решения проблем, с которыми сталкиваются муниципалитеты. Другими словами, необходимо продолжить «1) систему предоставления технической информации» и «2) систему обеспечения рационального обслуживания». Здесь Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма, NEXCO, JR, префектуры и другие создали комитет, в который вошли эксперты. Кроме того, в качестве руководства был подготовлен порядок осмотра, оценки и ремонта таких сооружений, как автомагистрали, линии железных дорог скоростных поездов и гавани. Это полезно для (2). Однако, как показано в Таблице 8, ситуация различается в зависимости от организации, которая управляет автодорожными мостами. Поэтому трудно перенять процедуры и методы обслуживания национальных дорог и автомагистралей для содержание муниципальных дорог.

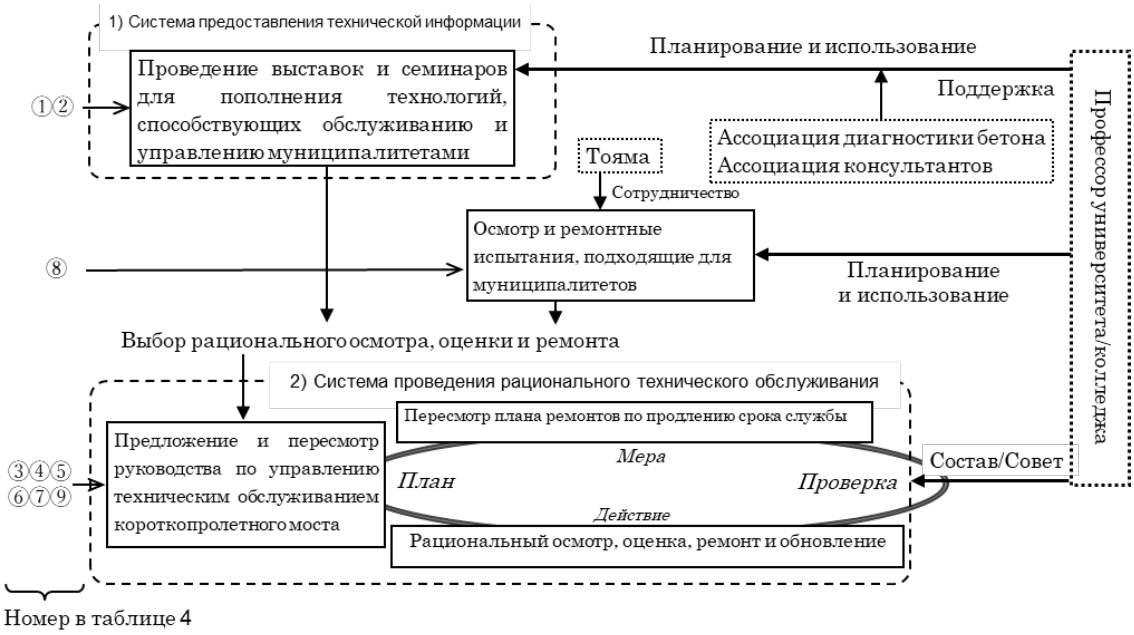

Рис. 11 Механизмы решения проблем муниципальных дорог

Таблица 8 Сравнение управляющих автодорожными мостами

Предмет	Национальная дорога	Шоссе	Префектурная дорога	Муниципальная дорога
Персонал	Много		⇔	Мало
Длина моста	Длинный		⇔	Короткий
Бюджет	Большой		⇔	Маленький
Связанная организация	Научно-исследовательский институт общественных работ	Научно-исследовательский институт NEXCO	Центр, публичная корпорация	-

Кроме того, во время эксплуатации необходимо улучшить порядок осмотра, оценки и ремонта/обновления, показанный на рис 8. Поэтому при прохождении цикла PDCA (планирование, реализация, контроль, корректировка), показанного на рис 11, желательно обновить стандартный вариант и настроить его с учетом природной и социальной среды каждого муниципального образования.

Ссылки

1) Накамура Хитоши, Танигути Нозому, Ониши Хироши, Сё Сей, Сайто Мичио: Анализ текущей ситуации в области обслуживания автомобильных мостов на основе опроса местных органов власти, Труды о строительной стали, Том 25, стр. 566-570, 2017 г.
2) Автодорожное бюро при Министерстве земли, инфраструктуры, транспорта и туризма: Процедура периодической проверки автомобильных мостов, 2019 г.
3) Кавано Хиротака: Исследование прогресса износа и управления техническим обслуживанием бетонных конструкций с реакцией на щелочь и заполнитель, докторская

диссертация, Киотский университет, 2005 г.

4) Аасакура Кейджи, Сато Макото, Кондо Масанори, Ямадзаки Митито: Исследование сока ржавчины от воздействия хлоридов на бетонные мосты и последовательность возникновения коррозионных трещин, Протоколы 71-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 5, стр. 1117-1118, 2016 г.

5) Такахаси Цуёси, Танака Ясуси: Анализ фактического состояния износа мостов из-за воздействия хлоридов в прибрежных районах префектуры Ниигата, Труды Японского института бетона, том 35, № 1, стр. 829-834, 2013 г.

6) Маэда Кей, Сато Такеши, Ямагути Тошинобу, Такевака Кодзи, Акира Ёсикадзу: Исследование по оценке экологических действий по содержанию мостов в префектуре Кагосима, Протоколы 71-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 5, стр. 899. -900, 2016 г.

7) Сакаи Хидэаки: Исследование метода прогнозирования концентрации ионов хлорида в защитном барьере моста в регионе с использованием антифриза, Журнал Японского общества инженеров-строителей E, Том 66, № 3, стр. 268-275, 2010 г.

8) Ибаяши Коу, Хаяси Хонока, Минагава Ацуя: Разработка и проверка системы осмотра мостов с помощью смартфона при участии граждан, Материалы сценариев бетонных конструкций, JSMS, том 17, № 1, стр. 631-634, 2017 г.

9) Сасаки Юсукэ, Цучида Хироши, Ибаяши Коу: Изучение эффективности системы общего осмотра моста с помощью планшета путем полевого обследования, Протоколы 70-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 6, стр. 665-666, 2015 г.

10) Маруяма Кюити, Танака Ясуси: Текущее состояние и проблемы стареющих мостов в Хокурику, 6-й семинар по обслуживанию инфраструктуры, 2012 г.

11) Группа поддержки внедрения технологий технического обслуживания, обновления и управления в инфраструктуре SIP: отчет о региональной деятельности по внедрению новой технологии в инфраструктуре SIP — «Для будущего технического обслуживания и управления региональной инфраструктурой», АОЭ, 2019 г.

12) Японское общество инженеров-строителей, Комитет по бетону, Подкомитет по исследованию конструкционных характеристик деградировавших бетонных конструкций: Структурные характеристики бетонных конструкций с износом материала, Серия Concrete Engineering, том 71, 2006 г.

13) Кубо Йошимори, Абэ Ханака и Кикути Соута: Исследование пропитки силаном для трещин на бетонной поверхности, Труды сценариев бетонных конструкций, JSMS, том 16, стр. 545-550, 2016 г.

14) Миядзато Шиничи, Тории Казуюки, Ито Хадзиме: Оценка влияния классификации летучей золы на улучшение антихлоридной проницаемости бетона на основе региональных характеристик Хокурику, Труды Японского института бетона, том 35,

№ 1, стр. 163- 168, 2013.

15) Хироно Щиничи, Тории Казуюки: Щелочно-кремнеземная реакционная способность типичных андезитовых заполнителей, произведенных в районе Хокурику, и механизмы ее смягчения с помощью летучей золы, Цементоведение и технология бетона, том .66, стр. 499-506, 2013 г.

16) Ито Хадзиме, Оно Хироки, Хасимото Тору, Миядзато Шиничи: Исследование эффекта подавления термических трещин в бетоне путем смешивания классифицированной летучей золы, Труды Японского института бетона, том 35, № 1, стр. 1267-1272, 2013 г.

17) Исикава Таро, Иноуэ Шоу, Като Хироюки: Применение и испытание конструкции из зольной пыли для Хокурику Синкансэн, Труды Японского института бетона, Том 40, № 1, стр. 123-128, 2018 г.