

УДК 624.078.46

ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.А. Быков, инженер кафедры СКИВМ
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет
г. Пермь

Покрытие одного из бассейнов в г. Перми выполнено из стальных подстропильной и стропильных ферм, рисунок 1. Монтажные стыки элементов ферм запроектированы и выполнены на высокопрочных болтах М24, класс прочности 10.9, марка стали 40Х «селект».

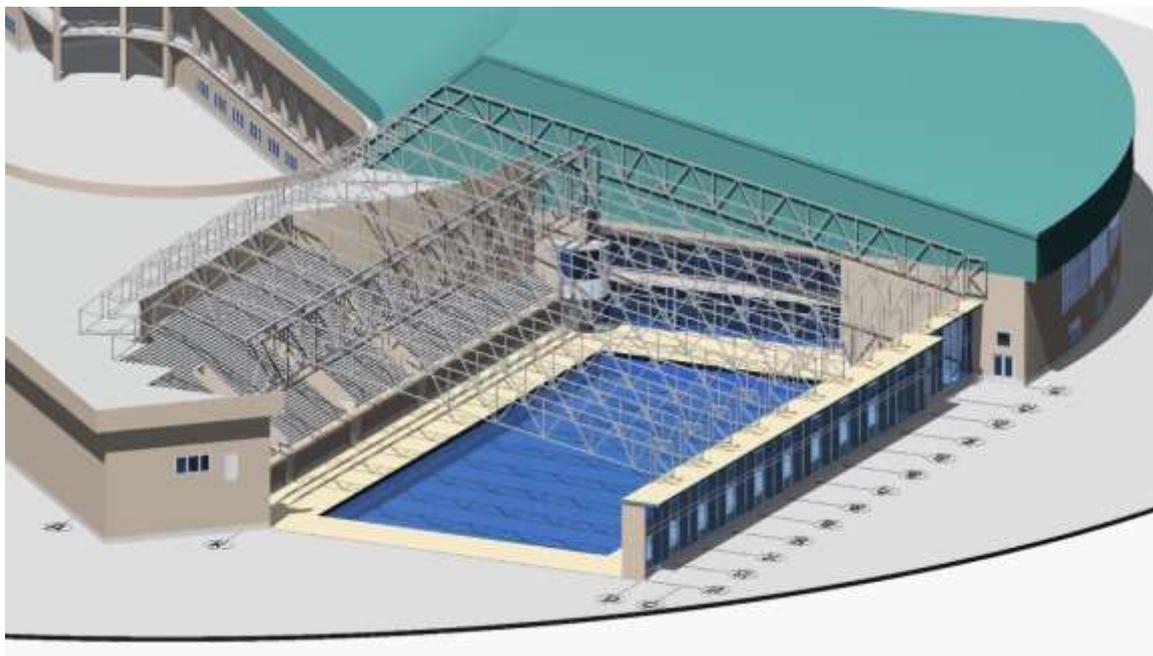


Рисунок 1 – Компьютерная модель покрытия помещения бассейна

Проект стальных конструкций покрытия помещения бассейна выполнен югославской фирмой в 1992 г. С июля 1993 г. по июнь 1995 г. выполнен монтаж стальных конструкций покрытия, после чего выполнен монтаж конструкции кровли. Конструкции стенового ограждения были смонтированы не полностью. В конце 1995 г. было принято решение о прекращении строительства бассейна, которое вступило в силу немедленно без проведения мероприятий по консервации. Таким образом, в период с 1995 по 2002 гг. стальные конструкции бассейна, антикоррозионное покрытие которых было не закончено должным образом после монтажа, подвергались неблагоприятным воздействиям: атмосферные осадки, конденсат, низкие температуры и т.д. В 2002 г. были начаты работы по окончанию строительства и вводу объекта в эксплуа-

тацию. В соответствии с требованиями норм на объекте выполнено инженерное обследование его технического состояния.

С 2001 по 2002 г. фирма «А» выполнила работы по обследованию строительных конструкций всего бассейна, в том числе и покрытия, для оценки их пригодности к дальнейшей эксплуатации и определения объемов необходимых ремонтно-восстановительных работ. По результатам обследования фрикционных соединений отступлений от требований норм не выявлено.

В конце 2002 г. специалистами фирмы «Б» проведено выборочное обследование стальных ферм покрытия, во время которого обнаружено отсутствие одного высокопрочного болта в одном из стыков стропильных ферм. Осмотр журналов контроля за выполнением монтажных соединений на высокопрочных болтах показал, что на момент монтажа были установлены все высокопрочные болты. С учетом этого, а также учитывая результаты обследования покрытия фирмой «А», отсутствие высокопрочного болта квалифицировано как его самостоятельное разрушение, которое произошло, видимо, в перерыве между двумя обследованиями.

С 2004 г. в связи с ответственностью здания и уникальностью использованных конструктивных решений были начаты работы по мониторингу технического состояния конструкций покрытия помещения бассейна, подрядчиком которых выступила кафедра строительных конструкций и вычислительной механики ПНИПУ.

В 2006 г. разрушился высокопрочный болт (уже второй) в узле пересечения раскосов решетки подстропильной фермы. Химический, металлографический, фрактографический и прочностные анализы фрагментов болта показали: сталь болта 40 X «селект», полученная твердость 41 НРС выше требований ГОСТ и соответствует классу прочности «12.9». Поверхность болта покрыта продуктами коррозии от рыжего до черно-бурого цвета. Отмечены участки, покрытые пленкой черного цвета, при удалении которой выявляются повреждения металла в виде питтингов и язвин. Наличие питтингов, покрытых черным налетом, выявлено и в очаге разрушения, расположенного на поверхности болта во впадине первого от головки витка резьбы. Повышенная твердость металла, увеличивающая склонность к коррозионному растрескиванию, по видимому, обусловлена отступлениями при термообработке (высокая скорость охлаждения или низкая температура отпуска).

В 2007 г. для предварительной оценки состояния высокопрочных болтов специалистами ПНИПУ проведен их внешний осмотр и простукивание. Дефектных болтов при этом не обнаружено. Для проведения подробных исследований в 2008 г. сделана выборка партии (7 штук) болтов с заменой на новые. По результатам исследования отобранной партии установлено, что сталь болтов 40 X «селект»; для двух из семи болтов фактический класс прочности «12.9» вместо проектного «10.9». Результаты испытаний на растяжение полноразмерных болтов, а также результаты фрактографического анализа свидетельствовали о достаточно высокой надежности болтов, представ-

ленных на исследование: не было зафиксировано ни одного случая катастрофического хрупкого разрушения. Зарождению разрушающих трещин во всех случаях предшествовала пластическая деформация, во всех случаях разрушение начиналось с зарождения и постепенного распространения вязкой трещины, как следствие, все болты реализовали заложенный в них уровень прочности. Внутренних дефектов, способных привести к значительному снижению класса прочности, в исследованных болтах не обнаружено.

В начале 2010 г., опираясь на рекомендации ПНИПУ, для исключения падения фрагментов высокопрочных болтов в случае их разрушения в зону возможного нахождения людей установлены защитные экраны в виде сплошного стеклопластикового полотна между ветвями подстропильной фермы и со стороны трибуны, а также ловушки из металлической сетки на монтажных стыках нижних поясов ветвей подстропильной фермы, см. рис. 31. Защитные ловушки в монтажных стыках раскосов с поясами, стыках раскосов между собой и стыках верхних поясов не установлены в целях экономии Заказчиком и как окажется позднее напрасно.



Рисунок 2 – Ловушки из металлической сетки

В январе 2011 г. разрушился еще один высокопрочный болт (уже третий) в узле пересечения раскосов решетки подстропильной фермы. Выполненные защитные экраны не предотвратили падение фрагмента болта вниз в зону пребывания людей. Результаты исследования фрагментов болта: сталь 40 X «селект», класс прочности «12.9», очаг разрушений находится в вершине впадины витка резьбы и представляет собой каверну, коррозионного или механического происхождения.

После уже третьего случая самопроизвольного разрушения высокопрочного болта Заказчиком при консультациях со специалистами кафедры была выполнена работа по устройству защитных ловушек на еще неукрытых узлах сопряжения элементов ферм, рисунок 3. При устройстве ловушек особое внимание уделялось ограничению всевозможных траекторий движения фрагментов болтов после разрушения, учитывалась также траектория движения фрагмента болта, разрушившегося в январе.



Рисунок 2 – Ловушки из стеклоткани

По результатам анализа фактов разрушения болтов в 2006 г. и 2011 г. было принято решение отобрать из каждого монтажного стыка на высокопрочных болтах по одному болту для дальнейшего исследования, для чего специалистами кафедры разработана рабочая документация для выполнения работ по ревизии и выборочной замене высокопрочных болтов. В процессе ревизии выполнялись следующие работы:

1. Визуальный осмотр, проверка плотности пакета, наличия зазоров;
2. Простукивание каждого болта в соединении молотком по головке с целью обнаружения хрупкого разрушения;
3. Проверка натяжения 25% высокопрочных болтов в каждом фрикционном соединении, но не менее 5 шт.

Ревизия не выявила разрушившихся болтов.

Анализ результатов проведенных исследований с учетом отсутствия знакопеременных нагрузок и воздействий пониженных температур на объекте позволяют говорить о том, что лавинного выхода из строя болтов несущих стальных конструкций покрытия бассейна ожидать не следует. Вероятно разрушение только отдельных, наиболее высокопрочных болтов.

Окончательной причиной разрушения болтов можно назвать коррозионное растрескивание в условиях статического нагружения. Причем коррозионные процессы, вероятно, были инициированы еще в 1995-2002 гг. из-за невыполнения работ по консервации объекта на период остановки СМР и отсутствия должной антикоррозионной защиты. Несоответствие фактической твердости проектному значению обусловило повышенную склонность металла болтов к коррозионному растрескиванию.

Список литературы:

1. Быков, А.А. Организация мониторинга технического состояния стальных несущих конструкций покрытия спортивного комплекса [Текст] / А.А. Быков, Я.И. Грибанов, А.В. Калугин // Промышленное и гражданское строительство. - 2011. - № 7. - С. 6-9.

2. Быков, А.А. Оценка адекватности компьютерной модели несущих конструкций покрытия спортивного комплекса при воздействии снеговой нагрузки [Текст] / А.А. Быков [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. - 2011. - № 7. - С. 9-11.
3. Вейнблат, Б. М. Высокопрочные болты в конструкциях мостов [Текст] / Б. М. Вейнблат. - М. : Транспорт, 1971. - 152 с. : ил. - Библиогр.: с. 148-151.
4. Чесноков, А.С. Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах [Текст]: учеб. для вузов / А.С. Чесноков, А.Ф. Княжев. - М.: Стройиздат. - 1974. - 120 с.
5. Гладштейн, Л.И. Усталостное разрушение высокопрочных болтов в строительных стальных конструкциях [Текст] / Л.И. Гладштейн [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. - 2007. - № 12. - С. 24-27.
6. Мойсейчик, Е.А. Работа растянутых высокопрочных болтов в элементах стальных конструкций и их склонность к замедленному разрушению [Текст] / Е.А. Мойсейчик // Вестник МГСУ. - 2014. - № 11. - С. 58-67.