

УДК 624.016

ОПЫТ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ В БЕТОНЕ

С.И. ИВАНОВ, канд. техн. наук, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, В.А. СМОТРОВ, инженер по сертификации компании Hilti

Ключевые слова: механические анкера, анкерное крепление в основании из тяжелого бетона, система нормативных документов в области анкерного крепления, лабораторные испытания анкерного крепления, программа испытаний, оценка результатов испытаний
Keywords: mechanical anchors, anchoring at the base of heavy concrete, system of normative documents in the field of anchoring, anchoring laboratory tests, test program, evaluation of the test results

Существующие нормативные документы в области испытания анкерного крепления не позволяют получить достаточное количество данных, необходимых для расчета надежного анкерного крепления. С учетом отечественного и зарубежного опыта предложена система нормативных документов по испытанию, оценке результатов и проектированию анкерного крепления. Предложения опробованы при оценке нового продукта (анкера) и в настоящее время оформляются в виде нормативных документов.



Иванов Сергей Ильич



Смотров Владимир Александрович

В настоящее время в области испытаний анкерного крепления действует стандарт организации [3]. Как записано в стандарте, документ «предназначен для определения несущей способности анкеров различных типов по результатам натурных испытаний анкерных креплений элементов несущих конструкций навесных фасадных систем к строительным основаниям из бетона и каменной кладки... при действии вытягивающего усилия N».

Наличие стандарта позволило внести методическое единообразие в методику проведения и оценку результатов испытаний. Стандарт позволяет проводить испытаний с использованием обычной измерительной аппаратуры в «полевых условиях».

Однако большинство анкерных креплений работает в условиях гораздо более сложных, чем крепления фасадных систем. При их проектировании возникают дополнительные вопросы, основные из которых:

- При проектировании анкерного крепления проектируемого основания еще нет, времени ждать его изготовления нет, поэтому необходимо иметь данные по несущей способности анкеров до получения результатов испытаний.

- Необходим учет особенностей работы анкеров в различных основаниях. Так, в статье [2] показано, что «чем выше модуль упругости и плотность материала основания, тем меньше влияет скорость нагружения на величину разрушающей нагрузки». Поэтому следует

различать методику испытаний анкерного крепления, установленного в тяжелом бетоне, и крепления, установленного в легком, ячеистом бетоне или же основании из каменной кладки.

- Необходим учет усилий, перпендикулярных оси установки анкера.

- Необходим учет напряженного состояния основания и возможность образования и раскрытия трещин в процессе эксплуатации конструкции (силовые трещины, трещины вследствие коррозии арматуры и др.).

- Учет установки анкеров вблизи от края или угла бетонного основания и в основании малой толщины.

- Учет возможных нарушений условий монтажа (отступление от диаметра сверла, недостаточный или увеличенный момент затяжки, некачественная очистка отверстий и др.)

Для решения поставленных вопросов и разработки универсальной методики оценки любого (не только фасадного) анкерного крепления в лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ им. А.А. Гвоздева предлагается:

1. На настоящем этапе исследований рассматривать испытания с учетом следующих условий:

- основания из тяжелого бетона;
- испытываются только механические анкера (по классификации [1]);
- действуют только статические и квазистатические нагрузки без учета сейсмических нагрузок.

2. Для указанных ограниченных условий были разработаны следующие предложения:

- разделить испытания и обработку результатов испытаний. По каждому из видов работ разработать отдельный нормативный документ;

- разделить лабораторные испытаний, предназначенные для оценки анкерного продукта, и «натурные» испытания в полевых условиях [1].

В настоящее время разработан нормативный документ [1], регламентирующий методику проведения испытаний, и утвержден для добровольного применения с 1 июня 2016 г.

Нормативный документ, регламентирующий выбор программы испытаний, количество испытаний, методику обработки результатов испытаний, в настоящее время еще разрабатывается. Разработка выполняется с учетом отечественного и зарубежного [4] опыта. Основные особенности разрабатываемого документа:

- все испытания предлагается разделить на две группы:

1) испытания для определения механических характеристик анкеров, необходимых для расчета анкерного крепления (табл. 1);

2) испытания для проверки восприимчивости анкеров к условиям монтажа, которые предназначены для оценки и корректировки механических характеристик при изменении условий монтажа или отступления от требований предприятия-изготовителя (в качестве примера в табл. 2 приведены испытания для механических анкеров с кон-

тролем момента затяжки). Если результаты испытаний 2-й группы будут соответствовать требованиям табл. 2, то данные, полученные в 1-й группе испытаний, остаются без изменений. В противном случае они должны быть скорректированы с помощью учета рассчитываемых коэффициентов условий работы.

• Схему испытаний выбирает заказчик (см. табл. 3) и согласовывает с лабораторией, выполняющей испытания, и экспертом, выполняющим оценку.

По результатам оценки выдается техническое свидетельство на проверяемый анкер. Техническое свидетельство не распространяется на неиспытанные анкера (промежуточные диаметры, эффективные глубины установки и др.) и на не использованные в испытаниях условия установки. То есть чем меньше программа испытаний, тем меньше область применения анкера, отраженная в техническом свидетельстве.

Для проверки на практике сделанных предложений было выполнено испытание одного продукта (одного типа анкера) по полной программе (схема 1 по табл. 3).

Таблица 1. Серии испытаний для определения механических характеристик

| № серии | Проверяемый показатель (характеристика) | Класс бетона основания | Ширина трещин | Сверло для выполнения отверстий | Расстояния установки | Толщина основания | Примечания |
|---------------------------------------|---|------------------------|---------------|---------------------------------|--|-------------------|------------------------------|
| Работа анкера на растяжение | | | | | | | |
| 1.1 | Определение нормативного сопротивления растяжению в бетоне без трещин (без влияния края) | B15 | 0 | $d_{cut,m}$ | $s > s_{cr,N} \geq 3h_{ef}$ $c > c_{cr,N} \geq 1,5h_{ef}$ | $\geq h_{min}$ | Одиночный анкер |
| 1.2 | | B25 | 0 | | | | |
| 1.3 | | B60 | 0 | | | | |
| 1.4 | Определение нормативного сопротивления растяжению в бетоне с трещинами (без влияния края) | B15 | 0,4 | | | | |
| 1.5 | | B25 | 0,4 | | | | |
| 1.6 | | B60 | 0,4 | | | | |
| Работа анкера на сдвиг | | | | | | | |
| 1.7 | Определение нормативного сопротивления сдвигу без влияния края | B15 | 0 | $d_{cut,m}$ | $c > c_{cr,N}$ | $\geq h_{min}$ | Одиночный анкер |
| Краевые и межосевые расстояния | | | | | | | |
| 1.8 | Раскалывание основания. Определение критического расстояния $c_{cr,sp}$ | B15 | 0 | $d_{cut,m}$ | $s > s_{cr,sp}$ $c_1 = c_2 = c_{cr,sp}$ | h_{min} | Одиночный анкер в углу |
| 1.9 | Определение минимальных краевых и межосевых расстояний | B15 | 0 | $d_{cut,m}$ | $s = s_{min}$ $c = c_{min}$ | h_{min} | Группа из 2-х анкеров у края |

Таблица 2. Серии испытаний для проверки восприимчивости анкеров к условиям монтажа и использования в бетоне с трещинами

| № серии | Проверяемый показатель (характеристика) | Класс бетона основания | Ширина трещин | Диаметр сверла | Расстояния установки | Момент затяжки T/T_{inst} | Допустимое макс α |
|---------|--|------------------------|---------------|----------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| 2.1 | Работа анкера, установленного с нарушением условий монтажа | B25 | 0,4 | $d_{cut,m}$ | $s > s_{cr,N} \geq 3h_{ef}$ $c > c_{cr,N} \geq 1,5h_{ef}$ | 0,5 | $\geq 0,95$ |
| 2.2 | Работа анкера в бетоне низкой прочности | B15 | 0,5 | $d_{cut,max}$ | | 1/0,5 | $\geq 0,85$ |
| 2.3 | Работа анкера в бетоне высокой прочности | B60 | 0,5 | $d_{cut,min}$ | | 1/0,5 | $\geq 0,85$ |
| 2.4 | Работа анкера при повторяющейся нагрузке | B15 | 0 | $d_{cut,m}$ | | 1/0,5 | $\geq 1,0$ |
| 2.5 | Работа анкера при превышении момента установки | B60 | 0 | $d_{cut,m}$ | | 1,3 | - |
| 2.6 | Работа анкера в циклической трещине | B25 | 0,1-0,3 | $d_{cut,max}$ | | 1/0,5 | $\geq 0,9$ |



Рис. 1. Испытания на действие продольной силы в основании с трещиной

Программа испытаний включала испытание 4-х диаметров, установленных в 3-х видах бетона, с учетом и без учета трещин в основании, что составило 327 испытаний (рис. 1 и 2).

При проведении испытаний решались следующие задачи: отлаживалась методика испытаний; подбирались измерительное оборудование; оптимизировалась конструкция опытных образцов.

Следует отметить, что испытанный продукт еще не был представлен на рынке, но имел Европейскую техническую оценку (ЕТА).

После обработки результатов испытаний и сверки с имеющимся ЕТА было установлено, что:

- большая часть показателей совпала с данными ЕТА (например, данные по прочности при действии продольной силы в основании без трещин совпали с точностью до десятых единиц);
- были выявлены отдельные параметры, отличающиеся от данных ЕТА (например, для 2-х из 4-х диаметров минимальные краевые расстояния в бетоне В25 были на 15-20%

Таблица 3. Программа испытаний

| Схема испытания | В15 | В25 | В60 | Вид основания | | Примечание |
|-----------------|-----|-----|-----|---------------|------------|---|
| | | | | С трещинами | Без трещин | |
| 1 | X | X | X | X | X | Основная Схемы испытаний получены сокращением объема испытаний «Схемы 1» |
| 2 | | X | X | X | X | |
| 3 | X | X | | X | X | |
| 4 | | X | | X | X | |
| 5 | X | X | X | | X | |
| 6 | | X | X | | X | |
| 7 | X | X | | | X | |
| 8 | | X | | | X | |

больше, чем в ЕТА). Одна из возможных причин – различия в составе бетона (в первую очередь по виду заполнителя) основания и неоднородность бетона.

Выводы:

1. Разработаны предложения по программе, количеству, методике проведения и обработке результатов лабораторных испытаний анкерного крепления.
2. Предложения оформлены в виде нормативных документов.
3. Для проверки работоспособности разработанных предложений выполнена оценка одного нового анкера по предложенной методике (схема 1 табл. 3), в процессе которой были опробованы и скорректированы сделанные предложения, установлена ориентировочная трудоемкость и длительность испытаний для оценки анкерных креплений.



Рис. 2. Испытания на сдвиг

Работа выполнена в лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ под руководством Болгова А.Н. и Вальтера Бергера (Walter Berger, Hilti).

Библиографический список

1. ГОСТ Р 56731-2015. Анкеры механические для крепления в бетоне. Методы испытаний.
2. Грановский А.В., Киселев Д.А. О корректности существующих методов испытаний анкеров на вырыв из различных стеновых материалов и возможных областях их применения. – <http://vectornk.ru/metody-ispytaniy-ankerov-na-vyryv>
3. СТО 44416204-09-2010. Крепления анкерные. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний.
4. ETAG 001. Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete.