

УДК 691.3

С.М.ЗОЛОТОВ, канд. техн. наук, С.С.ДУШКИН, д-р техн. наук,
Ф.В.СТОЛЬБЕРГ, д-р техн. наук, КАНААН АЛИ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ ОТ СКОРОСТИ ИХ НАГРУЖЕНИЯ

Приводится анализ испытаний на прочность анкерных креплений, проведенный по европейским методикам и ГОСТа. Для сравнения выполнены испытания анкерных креплений фирмы «HILTI» в случае заделки анкеров в пенобетон и тяжелый бетон.

Наводиться аналіз випробувань на міцність анкерних кріплень, виконаний за європейськими методиками і ГОСТу. Для порівняння виконані випробування анкерних кріплень фірми «HILTI» у разі закладення анкерів у пінобетон і важкий бетон.

An analysis over of tests is brought on durability of the anchor fastening to the methods European and GOST. For comparison the tests of the anchor fastening of firm «HILTI» are executed in the case of sealing-off of anchors in пенобетон and heavy concrete.

Ключевые слова: анкерное крепление, пенобетон, бетон, скорость нагружения, прочность, деформативность.

За последнее десятилетие наблюдается значительный рост объемов строительных работ с использованием анкеров для крепления различных конструктивных элементов к стенам и другим конструкциям зданий и сооружений. Отсутствие нормативных документов и стандартов, регламентирующих методы оценки прочности анкеров и анкерных узлов при действии на них продольных и поперечных относительно их оси усилий, повышенный уровень ответственности указанных конструктивных элементов – все это требует от проектировщиков специальных знаний и опыта проектирования.

Оценка несущей способности анкерных креплений усложняется отсутствием стандартной методики проведения испытаний анкеров и нормирования расчетных величин вертикальных и горизонтальных нагрузок на анкер и соответствующих им перемещений, а также методов расчета анкерных узлов.

Методика испытаний и оценки прочностных и эксплуатационных характеристик анкерного крепежа базируется на основных положениях и рекомендациях ETAG (норматив европейского технического свидетельства) [1], выдаваемого EOTA (Европейской организацией технических допусков).

Всё это требует проведения специальных исследований в части методики испытания анкерного крепежа на действие продольных и поперечных относительно оси анкера усилий.

Развитие анкерной техники сопровождалось значительным объемом экспериментально-теоретических исследований в области анкерного крепежа и, как следствие этого, появлением и совершенствованием нормативной базы в этой области.

R. Ballarini, S.P. Shal, L.M. Keer [2] подробно проанализировали численно-аналитические исследования по анкерному крепежу. В продолжение этих исследований R. Eligehausen, J. Ozbolt в своей работе [3] описали работу стальных анкеров на вырыв из бетонных конструкций.

Первые теоретические исследования работы анкеров относились к оценке их несущей способности при установке в железобетонные стены. При этом бетон рассматривался как упругий материал как в области сжатия, так и растяжения. Однако, уже в работах R. Eligehausen [3,4] и P. Pusill [4] вводится допущение, что главные сжимающие и растягивающие напряжения в бетоне, возникающие на контакте «анкер-бетон» при эксплуатационных нагрузках, значительно выше, чем расчетные характеристики бетона при одноосном сжатии и растяжении.

Eligehausen R. и Claysnitzer [5] провели численные исследования работы распорных стальных анкеров, установленных в бетонные конструкции, с помощью метода конечных элементов. В расчетной модели принималась нелинейная работа бетона с трещинами, имевшими место в бетоне по всей длине образца. В расчете учтена работа бетона при растяжении, а также проанализировано влияние размеров конечного элемента и количества ступеней нагрузки на величину предельной нагрузки на анкер.

В своих исследованиях Z. P. Bazant и J. Ozbolt [6] провели численные исследования работы так называемых headed studs анкеров (анкеров с уширенной головкой, закрепленной в теле бетона) при растяжении с глубиной установки 130 мм и диаметром 22 мм, установленных в бетонные блоки. Для бетона была принята модель, описанная в работе Z.D. Bazant и J. Ozbolt [6]. Данная модель позволяет достаточно точно описать работу бетона при его различных напряженных состояниях.

Авторами работы [7] приведены результаты исследований прочности и деформативности анкерных креплений типа HILTI, MUNGO, SORMAT.

Существенным фактором, влияющим на результаты испытаний анкеров, является скорость нагружения опытного образца. В Европейских нормативах (ETAG) на анкерный крепеж продолжительность нагружения анкера принята равной 1 мин.

По вопросу о влиянии скорости нагружения конструкций на их несущую способность выполнен большой объем исследований.

Так в работе [8] отмечается следующее:

- уменьшение скорости нагружения железобетонных колонн (призм) в 15 раз привело к увеличению деформаций в среднем от 2 до 2,5 раза;

- значение модуля упругости, определенное при испытании конструкций с разными скоростями нагружения, увеличивается в среднем в 1,9-2,2 раза при увеличении скорости с 0,1 до 1,6 кг/(см²·сек);

- предел прочности бетона при сжатии увеличивается с ростом скорости нагружения.

В работе [9] указывается, что прочностные характеристики строительных материалов увеличиваются с ростом скорости приложения нагрузки. Прочность бетона на сжатие при ударе оказывается выше R_{np} (R_e), причем это превышение в зависимости от скорости нагружения колеблется от 10 до 85%.

Результаты этих исследований и их анализ были выполнены с использованием ГОСТ 8829-94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости» [10]. Эта методика испытаний включает в себя следующие этапы:

- нагрузка на конструкцию прикладывается ступенями, каждая из которых не должна превышать 10% от контрольной нагрузки;

- на каждой ступени нагружения конструкция выдерживается под этой нагрузкой не менее 10 мин.;

- в начале и в конце каждого этапа с помощью измерительных приборов фиксируются деформации (перемещения) конструкции.

Выполненный авторами сравнительный анализ результатов испытаний анкеров на вырыв с использованием указанных выше методик позволяет констатировать следующее:

- проведение испытаний анкеров по методике ETAG в полевых условиях практически невозможно, ибо измерить перемещение анкера в процессе его нагружения за указанный интервал времени (1 мин.) нереально. Следует отметить, что испытания анкеров специалистами фирм «FISCHER», «HILTI», «MUNGO», и «SORMAT» осуществляются только в лабораторных условиях при использовании ЭВМ и специального программного комплекса;

- методика ГОСТ 8829-94 более «жесткая» в части определения предельной нагрузки на анкер, чем методика ETAG;

- для анкеров, установленных в легкие и ячеистые бетоны, предлагаемая в ETAG скорость нагружения приводит к значительному завышению величины как предельной (разрушающей) нагрузки, так и, соответственно, назначаемой из испытаний расчетной нагрузки на анкер.

Это связано с тем, что методика ETAG не позволяет учесть эффект стабилизации усилий на каждом этапе нагружения.

Проанализируем отмеченное выше на примере испытания анкеров марки KAT N 10x160 (фирма «SORMAT») на вырыв из пенобетонных блоков. При испытании анкера по Европейской методике вырыв анкера (разрушение анкерного узла) происходит при нагрузке $N_{разр} = 2,75$ кН, при испытании по методике ГОСТ 8829-94 – при $N_{разр} = 2,25$ кН. Т.е. при испытании по методике ЕТАО значение разрушающей нагрузки на 22,0% выше значения разрушающей нагрузки, полученной при испытаниях по методике ГОСТ 8829-94.

В таблице приведены результаты испытаний анкеров ведущих фирм-производителей анкерного крепежа на вырыв из различных стеновых материалов по методике ETAG и ГОСТ 8829-94.

Результаты испытаний анкера на вырыв из различных стеновых материалов по методике ETAG

Марка анкера	Вид основания	Количество испытанных образцов	$N_{разр}^Г$ (кН) по методике ГОСТ 8829-94	$N_{разр}^Г$ (кН) по методике ETAG
MB-S 10X160 (MUNGO)	Пенобетон (класс В 1.2, D 650)	10	3,2	4,0
SDP-KB IOSxIOOV (EJOT)	Ячеистый бетон (класс В 1.5, D 600)	10	2	2,75
MBK 10x120 (MUNGO)	Ячеистый бетон (класс В 1.0, D 600)	10	2,25	2,6
FÜR 10x100 FUS (FISCHER)	Керамзитобетон (M150)	10	11,7	12,9
HRD-S 10x100 (HILTI)	Керамзитобетон (M150)	10	9,0	11,0
KATN 10x100 (SORMAT)	Керамзитобетон (M150)	10	12,0	14,6
MBRK 10x100 (MUNGO)	Железобетон (B30)	10	12,0	0
KATN 10x100 (SORMAT)	Железобетон (B30)	10	7,0	0
SXS 10x100 FUS (FISCHER)	Железобетон (B30)	10	20,0	0

Анализ приведенных в таблице результатов испытаний анкеров на вырыв позволяет отметить следующее: если принять за основу результаты испытаний по методике ГОСТ 8829-94, то значения предельных разрушающих нагрузок, полученные по методике ETAG (время испытания 1 мин.), на 30-37% выше. При этом, как видно из таблицы, чем выше модуль упругости и плотность материала основания, тем меньше влияет скорость нагружения на величину разрушающей нагрузки.

Авторами были проведены испытания по определению прочности и деформативности анкерных соединений в случае заделки анкеров типа HRD-SGS 10x100/50 (фирма «HILTI») с глубиной заделки в бетон различных типов $l_{зад} = 50$ мм. В качестве материалов образцов, в которые заделывались анкера, принимались пенобетон (класса В1) и тяжелый цементный бетон (класса В30). Испытания проводились по методикам ETAG и ГОСТ 8829-94. Результаты экспериментов приведены на графиках рис. 1 и 2.

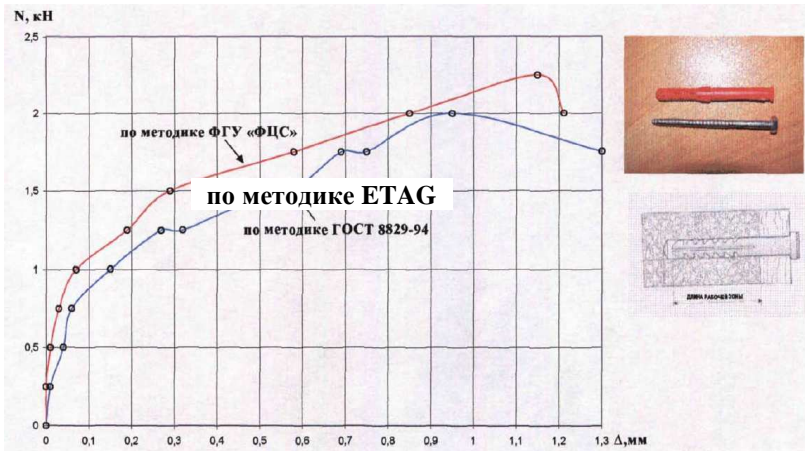


Рис. 1 – График зависимости «нагрузка-деформация» в случае заделки анкеров в пенобетон

Анализ экспериментов показал следующее. Прочность анкерных соединений зависит от прочности материалов образцов, в которые заделывались анкера. От материалов также зависит и деформация этих соединений.

Так, в случае заделки анкеров в пенобетон разрушающее усилие составило $N_{разр.}^I = 2,0$ кН, а в бетон – $N_{разр.}^I = 11,0$ кН. При этом деформации соединений были соответственно равны $\Delta = 1,3$ мм и 1,0 мм. В первом случае упругие деформации наблюдались до достижения $N^I = 0,75$ кН, а во втором – $N^I = 0,5$ кН. Их величина в этом случае достигала соответственно $\Delta = 0,06$ и 0,03 мм.

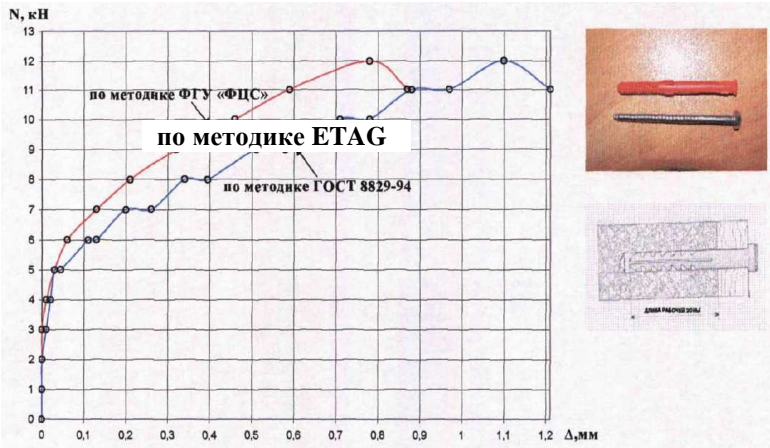


Рис. 2 – График зависимости «нагрузка-деформация» в случае заделки анкеров в тяжелый бетон

Эксперименты также показали, что использованные методики позволяют с достаточной степенью достоверности определить зону упругой работы анкера при вырыве и, очевидно, могут приниматься для всех типов анкеров (стальных, с полиамидным дюбелем и химических) всех фирм производителей анкерного крепежа (HILTI MUNGO SORMAT).

1. ET AG № 001. GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN CONCRETE, BRÜSSELS, 1997. – 27 s.

2. Ballarini R., Shal S.P., Keer L.M. Failure characteristics of short anchor bolts embedded in brittle material // Proceedings Royl Society. – London, A 404, 1986. – S. 35-54.

3. Ozbolt J., Eligehausen R. Numerical Analysis of headed studs embedded in large plain concrete blocks, In: Bicanic, N.; Mang, and Design of Concrete Structures. Pineridge Press, London, 1990».

4. Элингенхаузен Р., Пузиль П. Технологии крепления в конструкции из армированного бетона // Отчет IV ВН. – Периодическое издание IV ВН. – 1/1982. – С. 17-19.

5. Eligehausen R., Claysnitzer W. Analytisches Modell zur Beschreibung des Tragverhalten, Report № 4/1-83/3 // Institut fuhr Werkstoffe im Baum Wesen. – Universität Stuttgart, 1983.

6. Bazant Z.P., Ozbolt J. Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures // Journal of Engineering Mechanics Asce. – V. 116. – № 11. – 1990.

7. Золотов С.М. Прочность и деформативность анкерных крепежей, используемых при возведении зданий и сооружений / С.М. Золотов, Канаан Али // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Харків: ХНАМГ, 2011. – Вип. 101. – С. 527-532.

8. Квирикадзе О.П. Влияние скорости нагружения на прочность и деформации бетонов / О.П. Квирикадзе. – Тбилиси, 1958. – 53 с.

9. Корчинский И.Л. Прочность строительных материалов при динамических нагружениях / И.Л. Корчинский, Г.В. Беченева. – М.: Стройиздат, 1966. – 163 с.

10. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – М.: НИИЖБ, 1994. – 12 с.

Получено 29.01.2013