Влияние некоторых факторов на прочность и деформативность анкерных соединений

С.М. Золотов, Али Канаан

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

Аннотация: Приводится анализ испытаний на определение влияния скорости нагружения анкерных соединений на их прочность, выполненных по Европейским методикам и ДСТУ. Для сравнения выполнены испытания анкерных соединений в случае заделки анкеров в пенобетон и тяжелый бетон.
Ключевые слова: анкерное соединение, пенобетон, бетон, скорость нагружения, прочность, деформативность, трещиностойкость, несущей способности, модуль упругости, плотность.

Одна из важнейших задач реконструкции зданий и сооружений – утепление наружных стен системой «вентилируемый фасад», для зданий не отвечающих повышенными требованиями к энергосбережению. Для крепления системы «вентилируемый фасад» используются анкерные соединения. При проведении проектно-конструкторских работ, из-за отсутствия стандартов и нормативных документов нельзя точно оценить прочность анкеров и анкерных узлов при действии продольных и поперечных усилий.

Из-за отсутствия необходимой методики по проведению испытаний анкерных соединений усложняется оценка их несущей способности.

ETAG (норматив европейского технического свидетельства) [1] и утвержденный Европейской организацией технических допусков разработал методику испытаний и определения прочностных и эксплуатационных характеристик анкерных соединений.

Применение анкерных креплений базировалось на оценке их несущей способности и исследованиях в случае применения сталеклеевых и распорных анкерных соединений. Все это позволило модернизировать нормативную базу в этом направлении.

R. Ballazini, S.P. Shah, L.M. Keer [2] провели ряд численных аналитических исследований анкерных соединений. В продолжении исследовательских работ R. Ballazini, R. Eligehausen, I. Ozbolt в своих трудах [3] описали характер работы

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

стальных анкеров на отрыв из бетонных и железобетонных конструкций, конструктивных элементов зданий и сооружений.

Задача исследования работы анкерных соединений в бетоне и железобетоне определялась и оценкой их несущей способности, при этом бетон представлялся упругим материалов в областях сжатия и растяжения.

При эксплуатационных нагрузках, сжимающие и растягивающие напряжения в бетоне, возникали на контакте «анкер-бетон» превышали расчетные характеристики бетона, при одноосном сжатии и растяжении, что отмечено в работах R. Eliagehausen [3, 4], O. Pusil [4] и P. Wachtsmuth в виде некоторых допущений.

Методом конечных элементов проведены исследования работы распорных стальных анкеров, установленных в бетонные образцы R. Eliagehausen и Clausnirzer [3, 4]. В расчетной модели была принята нелинейная работа бетона при растяжении с наличием трещин по всей длине образца. При проведении исследований учтено влияние конечного элемента и ступени нагрузки при максимально предельных нагрузках на распорный анкер.

Для точного описания работы бетона была принята модель, позволяющая достоверно описать различные напряженно-деформированные состояния бетона. Данная модель представлена в работах Z.P. Bazant и I. Ozbolt [5] анкера с уширенной головкой установленные в бетонные блоки с глубиной заделки 130 мм и диаметром 22 мм численно исследовалась их работа в принятой модели, на растяжение.

Авторами [6] приведены результаты исследований прочности и деформативности анкерных соединений типа HILTI, MUNGO, SORMAT.

Нормативы (ETAG) на анкерные соединения допускают продолжительность приложения нагрузки на анкер в течение 1 мин. Поэтому скорость приложения нагрузки при испытаниях анкеров, является основополагающим фактором, влияющим на качество испытаний.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

Скорость приложения нагрузки на различные конструкции и конструктивные элементов определяет их несущую способность, что отмечено в ряде исследований.

Прочность и деформативность бетона в зависимости от влияния скорости приложения нагрузок рассмотрено в работе [7], в ней отмечается следующее:

- при испытании железобетонных колонн (призм) уменьшение скорости приложения нагрузки в 10 раз, привело к увеличению деформаций в 2-2,5 раза;

- проведенные испытания, с различными скоростями приложения нагрузки, конструкции, позволило определить двукратное увеличение значения модуля упругости. Скорость приложения нагрузки варьировалась в пределах 0,1 кг/ (см^2 · сек) – 1, 6 кг / (см^2 · сек);

- скорость приложения нагрузки на бетонные конструкции приводит к увеличению предела прочности бетона при сжатии.

Рост скорости приложения нагрузки на образцы бетона, увеличивает прочностные характеристики бетона [8]. Ударная прочность бетона при сжатии выше $R_{пр}(R_B)$, данное превышение варьируется в зависимости от скорости приложения нагрузки от 15 до 80 %.

Согласно ДСТУ Б В.2.6-7-95 «Вироби будівельні бетоні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості» разработанная методика испытаний строительных конструкций и конструктивных элементов зданий и сооружений:

- ступенчатое нагружение конструкций, должно быть более 10 % от основного значения контрольной нагрузки;

- временной промежуток каждого нагружения составляет от 10 до 15 мин [9,10], в зависимости от условий проведения испытаний и прикладываемых нагружений;

- деформации конструкций определяются специальными приборами в начале и конце каждого периода испытаний.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

Анализируя результаты испытаний анкерных соединений на отрыв на основании методики ДСТУ В.2.6-7-95 приняты следующие выводы:

- в период эксплуатации конструкций и конструктивных элементов невозможно применить методику ETAG;

- испытание анкерных соединений специалистами FISHER, HILTI, MUNGO, SORMAT возможно только в лабораторных условиях с применением специального программного комплекса;

- методика испытания анкерных соединений согласно ДСТУ В.2.6-7-95 более достоверная при определении предельных нагрузок на анкер, чем методика ETAG;

- методика ETAG для анкерных болтов установленные легкие и ячеистые бетоны не учитывает эффективность стабилизации усилий.

Сравнивая испытания анкерных болтов по двум методикам видно, что при нагрузках на отрыв анкеров ETAG $N_{разр} = 2{,}75$ кН, по методике ДСТУ В.2.6-7-95 $N_{разр} = 2{,}25$ кН, т. е. при испытании по методике ETAG значение разрушающей нагрузки на 23 % выше, чем при испытании анкера на отрыв по методике ДСТУ В.2.6-7-95.

Результаты испытаний анкера на отрыв из различных стеновых материалов по методикам ETAG и ДСТУ В.2.6-7-95 приведены в таблице № 1.

Приведенные в таблице результаты испытаний анкеров на отрыв в различных стеновых материалах по методике ETAG показывают, что более высокий показатель плотности материала основания, модуль упругости меньше влияет на скорость нагрузки и на значение 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).

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

Испытания проводились по методикам ETAG и ДСТУ В.2.6-7-95. Результаты экспериментов приведены на графиках рис. 1 и 2.

Таблица № 1

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

Марка анкера	Вид основания	Количество испытанных образцов	$N^{Г}_{разр.}$ (кН) по методике ДСТУ В.2.6-7-95	$N^{Г}_{разр.}$ (кН) по методике ETAG
MB-S 10X160 (MUNGO)	Пенобетон (класс В 1.2, D 650)	10	3,2	4,0
SDP-KB lOSxlOOV (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 (М150)	10	11,7	12,9
HRD-S 10x100 (HILTI)	Керамзитобетон (М150)	10	9,0	11,0
KATN 10x100 (SORMAT)	Керамзитобетон (М150)	10	12,0	14,6
MBRK 10x100 (MUNGO)	Железобетон (В30)	10	12,0	0
KATN 10x100 (SORMAT)	Железобетон (В30)	10	7,0	0
SXS 10x100 FUS (FISCHER)	Железобетон (В30)	10	20,0	0

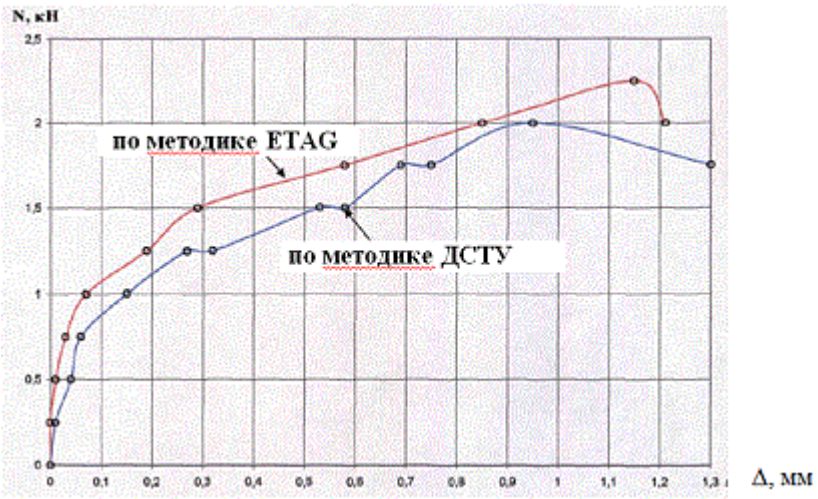

Рис. 1. – График зависимости «нагрузка-деформация» в случае заделки анкеров в пенобетон

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

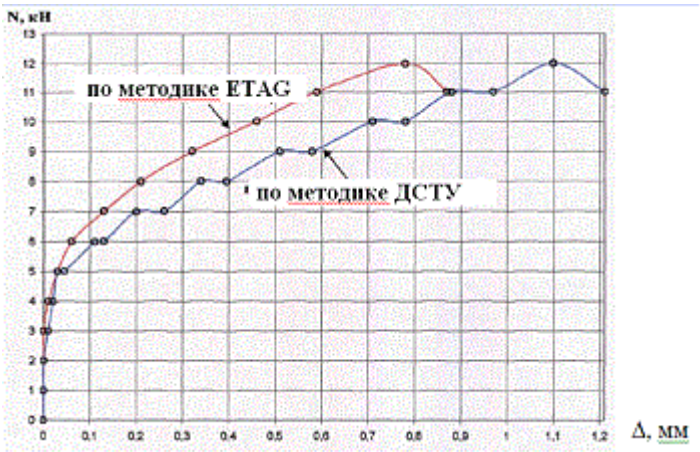

Рис. 2. – График зависимости «нагрузка-деформация» в случае заделки анкеров в тяжелый бетон

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

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

ЛИТЕРАТУРА:

1. Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete "ETAG" 1997 № 001// Brussels. 1997. 52p.

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

3. Ozbolt J., Eligehausen R. Numerical Analysis of headed studs embedded in large plain concrete blocks. London: Mang, and Design of Concrete Structures, 1990. pp. 65-76.

4. Элингенхаузен Р., Пузиль Вахтмус П. Технологии крепления в конструкции из армированного бетона // Периодическое издание IV ВН. . 1982. №1. С. 17-19.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

5. Bazant Z.P., Ozbolt I. Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures // Journal of Engineering Mechanies Asce. 1990. №11. pp. 112-116.

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

7. Квирикадзе О.П. Влияние скорости нагружения на прочность и деформации бетонов. Тбилиси: 1958. 53 с.

8. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. Прочность строительных материалов при динамических нагружениях. Москова: М.: Стройиздат, 1966. 164 с.

9. Василькин А.А., Рахмонов Э.К. Системотехника оптимального проектирования элементов строительных конструкций // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2203.

10. Фурсов В.В., Бидаков А.Н., Пурязданхах М. Сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований натурной арки из клееной древесины: // Инженерный вестник Дона, 2014, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2395.

References:

1. Guideline for European technical appro val of metal anchors for use in concrete "ETAG" 1997 № 001 // Brussels. 1997. 52 p.

2. Ballarini R., Shal S.P., Keer L.M. London,: Proceedings Royl Society, 1986. pp. 35-54.

3. Ozbolt J., Eligehausen R. London: Mang, and Design of Concrete Structures, 1990, P. 65-76.

4. Jelingenhauzen R., Puzil' Vahtmus P. Periodicheskoe izdanie IV VN. . 1982. №1. pp. 17-19

5. Bazant Z.P., Ozbolt I. Journal of Engineering Mechanies Asce. 1990. №11. pp. 112-116.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014

6. Zolotov S.M., Kanaan Ali. Komunal'ne gospodarstvo mist. Harkiv: nauk.-tehn. zb. HNAMG, 2011. pp. 527-532.

7. Kvirikadze O.P., Vlijanie skorosti nagruzhenija na prochnost' i deformacii betonov. [Influence of loading rate on the strength and deformation of concrete.] Tbilisi: 1958. 53 p.

8. Korchinskij I.L., Becheneva G.V. Prochnost' stroitel'nyh materialov pri dinamicheskih nagruzhenijah [Durability of building materials under dynamic loading.] Moskova: M.: Strojizdat, 1966. 164 p.

9. Vasil'kin A.A., Rahmonov Je.K. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4, URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2203.

10. Fursov V.V., Bidakov A.N., Purjazdanhah M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2, URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2395.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2014