

УДК 624.078.7

С.М. Золотов¹, О.М. Пустовойтова¹, Г.М. Литвинова¹, Хамзе Мухамад¹,
Л. В. Трикоз², С.М. Камчатна²

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна

²Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ СТАЛЕВИХ ТА БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВИХ АНКЕРНИХ З'ЄДНАНЬ

Приводиться аналіз випробувань на визначення впливу швидкості навантаження анкерних з'єднань на їхню міцність, виконаних по Європейських методиках і ДСТУ. Для порівняння виконані випробування базальтопластикових анкерних з'єднань у випадку закладення анкерів у пінобетон і важкий бетон.

Ключові слова: базальтопластикове анкерне з'єднання, пінобетон, бетон, швидкість навантаження, міцність, деформативність.

Вступ

Одне з найважливіших завдань реконструкції будинків і споруд, які не відповідають підвищеними вимогами до енергозбереження - це утеплення зовнішніх стін системою «вентильований фасад». Для кріплення системи «вентильований фасад» використовуються металеві та базальтопластикові анкерні з'єднання. При проведенні проектно-конструкторських робіт, через відсутність стандартів і нормативних документів не можна точно оцінити міцність металевих та базальтопластикових анкерів і анкерних вузлів при дії повздовжніх і поперечних зусиль.

Через відсутність необхідної методики по проведенню випробувань металевих та базальтопластикових анкерних з'єднань ускладнюється оцінка їхньої несучої здатності.

ETAG (норматив європейського технічного свідчення) [1] і затверджений Європейською організацією технічних допусків, розробив методику випробувань і визначення міцнісних і експлуатаційних характеристик анкерних з'єднань.

Застосування анкерних кріплень базувалося на оцінці їхньої несучої здатності й дослідженнях у випадку застосування анкерних з'єднань. Все це дозволило модернізувати нормативну базу в цьому напрямку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

R. Ballazini, S.P. Shah, L.M. Keer [2] провели ряд чисельних аналітичних досліджень анкерних з'єднань. У продовженні дослідницьких робіт R. Ballazini, R. Eligehausen, I. Ozbolt у своїх працях [3] описали характер роботи анкерів на відрив з

бетонних і залізобетонних конструкцій, конструктивних елементів будинків і споруд.

Визначення мети та задачі дослідження

Метою дослідження роботи анкерних з'єднань у бетоні й залізобетоні визначалися й оцінкою їхньої несучої здатності, при цьому бетон представлявся пружним матеріалів в областях стиску й розтягання.

Основна частина дослідження

При експлуатаційних навантаженнях, напруги в бетоні, що стискають і розтягують, виникали на контакті «анкер-бетон» та перевищували розрахункові характеристики бетону, при одноосовому стиску й розтяганні, що відзначено в роботах R. Eliagehausen [3,4], O. pusil [4] і p. wachtsmuth у вигляді деяких допущень.

Методом кінцевих елементів проведені дослідження роботи базальтопластикових, сталеклейових анкерів, установлених у бетонні зразки R. Eliagehausen і Clausnirzer [3,4]. У розрахунковій моделі була прийнята нелінійна робота бетону при розтяганні з наявністю тріщин по всій довжині зразка. При проведенні досліджень врахований вплив кінцевого елемента й ступені навантаження при максимально граничних навантаженнях на розпірний анкер.

Для точного опису роботи бетону була прийнята модель, що дозволяє вірогідно описати різні напружно-деформовані стани бетону. Дана модель представлена в роботах Z.P. Bazant і I. Ozbolt [7], де анкера з розширеною головою встановлені в бетонні блоки із глибиною закладення 130 мм і діаметром 22 мм та чисельно досліджувалася їхня робота в прийнятій моделі, на розтягання.

Авторами [5] наведені результати досліджень міцності й деформативності анкерних з'єднань по типу HILTI, MUNGO, SORMAT.

Нормативи (ETAG) на анкерні з'єднання допускають тривалість прикладання навантаження на анкер протягом 1 хв. Тому швидкість прикладання навантаження при випробуваннях базальтопластикових анкерів, є основним чинником, що впливає на якість випробувань.

Швидкість прикладання навантаження на різні конструкції й конструктивні елементів визначає їхню несучу здатність, що відзначено в ряді досліджень.

Міцність і деформативність бетону залежно від впливу швидкості прикладання навантажень розглянуто в роботі [8], у ній відзначається наступне:

- при випробуванні залізобетонних колон (призм) зменшення швидкості прикладання навантаження в 10 разів, привело до збільшення деформацій в 2-2,5 рази;

- проведені випробування, з різними швидкостями прикладання навантаження, конструкції, дозволило визначити дворазове збільшення значення модуля пружності. Швидкість прикладання навантаження варіювалася в межах 0,1 кг/(см² · сек) – 1, 6 кг / (см² · сек);

- швидкість додатка навантаження на бетонні конструкції приводить до збільшення межі міцності бетону при стиску.

Ріст швидкості прикладання навантаження на зразки бетону, збільшує міцнісні характеристики бетону [9]. Ударна міцність бетону при стиску вище $R_{np}(R_B)$, дане перевищення варіюється залежно від швидкості додатка навантаження від 15 до 80 %.

Згідно ДСТУ Б В.2.6-7-95 «Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості» розроблена методика випробувань будівельних конструкцій і конструктивних елементів будинків і споруд:

- ступінчате навантаження конструкцій, повинне бути більше 10% від основного значення контрольного навантаження;

- часовий проміжок кожного навантаження становить від 10 до 15 хв, залежно від умов проведення випробувань і навантажень, які прикладаються;

- деформації конструкцій визначаються спеціальними приладами на початку й кінці кожного періоду випробувань.

Аналізуючи результати випробувань анкерних з'єднань на відрив на підставі методики ДСТУ В.2.6-7-95 прийняті наступні висновки:

- у період експлуатації конструкцій і конструктивних елементів не можливо застосувати методику ETAG;

- випробування анкерних з'єднань фахівцями FISHER, HILTI, MUNGO, SORMAT можливо тільки в лабораторних умовах із застосуванням спеціального програмного комплексу;

- методика випробування анкерних з'єднань згідно ДСТУ В.2.6-7-95 більше достовірна при визначенні граничних навантажень на анкер, чим методика ETAG;

- методика ETAG для анкерних болтів установлені легкі й ніздрюваті бетони не враховує ефективність стабілізації зусиль.

Порівнюючи випробування анкерних болтів по двох методиках видно, що при навантаженнях на

відрив анкерів ETAG $N_{розр} = 2,75$ кН, за методикою ДСТУ В.2.6-7-95 $N_{розр} = 2,25$ кН, тобто при випробуванні за методикою ETAG значення руйнівного навантаження на 23 % вище, ніж при випробуванні анкера на відрив за методикою ДСТУ В.2.6-7-95.

Результати випробувань анкера на відрив з різних стінових матеріалів по методиках ETAG і ДСТУ В.2.6-7-95 наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань анкера на виривши з різних стінових матеріалів за методикою ETAG

Марка анкера	Вид основи	Кількість випробуваних зразків	$N_{розр}^{\Gamma}$ (кН) за методикою ДСТУ В.2.6-7-95	$N_{розр}^{\Gamma}$ (кН) за методикою ETAG
MB-S 10X160 (MUNGO)	Пінобетон (клас В 1.2, D 650)	10	3,2	4,0
SDP-KB IOSxIOOV (EJOT)	Ніздрюватий бетон (клас В 1.5, D 600)	10	2	2,75
MBK 10x120 (MUNGO)	Ніздрюватий бетон (клас В 1.0, D 600)	10	2,25	2,6
FÜR 10x100 FUS (FISCHER)	Керамзитобетон (M150)	10	11,7	12,9

Продовження таблиці 1

HRD-S 10x100 (HILTI)	Керамзитобетон (M150)	10	9,0	11,0
KATN 10x100 (SORMAT)	Керамзитобетон (M150)	10	12,0	14,6
MBRK 10x100 (MUNGO)	Залізобетон (B30)	10	12,0	0
KATN 10x100 (SORMAT)	Залізобетон (B30)	10	7,0	0
SXS 10x100 FUS (FISCHER)	Залізобетон (B30)	10	20,0	0

Наведені в таблиці 1 результати випробувань анкерів на відрив у різних стінових матеріалах за методикою ETAG показують, що більше високий показник щільності матеріалу основи, модуль пружності менше впливає на швидкість навантаження й на значення руйнівного навантаження.

Авторами були проведені випробування по визначенню міцності й деформативності анкерних з'єднань у випадку закладення анкерів типу HRD-

SGS 10x100/50 (фірма «HILTI») із глибиною закладення в бетон різних типів $l_{зад} = 50$ мм. Як матеріали зразків, у які зашпаровувалися анкери, приймалися пінобетон (класу C10/15) і важкий цементний бетон (класу C30/35). Випробування проводилися по методиках ETA і ДСТУ В.2.6-7-95. Результати експериментів наведені на графіках рис. 1 і 2.

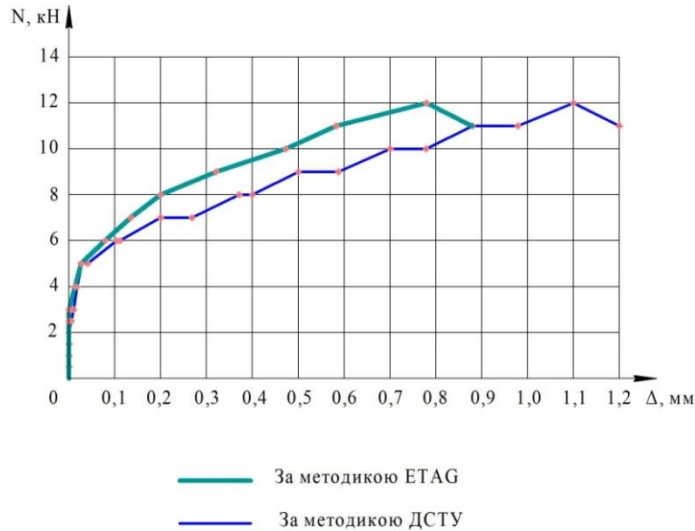


Рис. 1. Графік залежності «навантаження-деформація» у випадку закладення базальтопластикових анкерів у пінобетон

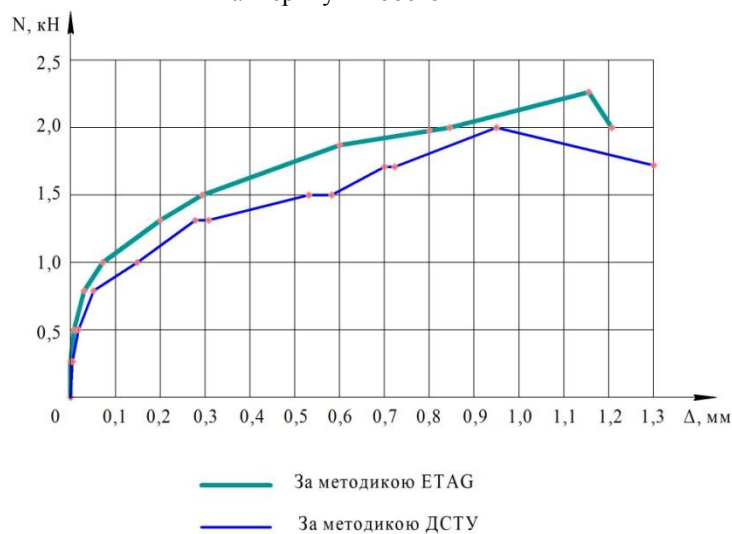


Рис. 2. Графік залежності «навантаження-деформація» у випадку закладення базальтопластикових анкерів у важкий бетон

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Аналіз експериментів показав наступне. Міцність базальтопластикових анкерних з'єднань залежить від міцності матеріалів зразків, у які зашпаровувалися анкери. Від матеріалів також залежить і деформація цих з'єднань.

Експерименти також показали, що використані методики дозволяють з достатнім ступенем вірогідності визначити зону пружної роботи анкера при відриві й, мабуть, можуть прийматися для всіх типів анкерів (сталевих, з поліамідним дюбелем і хімічних) всіх фірм виробників анкерних з'єднань (HILTI, MUNGO, SORMAT).

Література

1. ET AG № 001. Guideline for european technical approval of metal anchors for use in concrete, brüssels, (1997).27.
2. Kurniawan, D. Kim, B. S. Lee, H. Y., Lim, J. Y. (2012) Atmospheric pressure glow discharge plasma polymerization for surface treatment on sized basalt fiber/polylactic acid composites. *Composites Part B: Engineering*, Vol. 43, pp 1010-1014. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836811004768>
3. Ballarini, R., Shal, S.P., Keer, L.M. (1986). Failure characteristics of short anchor bolts embedded in brittle material. *Proceedings Royl Society. London*, A 404, 35-54.
4. Ozbolt, J., Eligehausen R. (1990). Numerical Analysis of headed studs embedded in large plain concrete blocks, In: Bicanic, N.; Mang, and Design of Concrete Structures. Pineridge Press, London.
5. Элингенхаузен, Р. Технологии крепления в конструкции из армированного бетона [Текст] / Р. Элингенхаузен, П. Пузиль Вахтмус П. // Отчет IV ВН. – Периодическое издание IV ВН. – 1/1982. – С. 17-19.
6. Золотов, С.М. Прочность и деформативность анкерных крепежей, используемых при возведении зданий и сооружений [Текст] / С.М. Золотов, Канаан Али // Коммунальное хозяйство міст: наук.-техн. зб. – Харків: ХНАМГ, 2011. – Вип. 101. – С. 527-532.
7. Elige Hasen, R., Claysnitzer, W. (1983). Analytisches Modell zur Beschreibung des Tragverhalten, Report № 4/1-83/3 // Institut fuhr Werkstoffe im Baum Wesen. – Universität Stuttgart.
8. Bazant, Z.P., Ozbolt, I. Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures. (1990). *Journal of Engineering Mechanics Asce*, 116, 11.
9. Квирикадзе, О.П. Влияние скорости нагружения на прочность и деформации бетонов [Текст] / О.П. Квирикадзе. – Тбилиси, 1958. – 53 с.
10. Корчинский, И.Л. Прочность строительных материалов при динамических нагружениях [Текст] / И.Л. Корчинский, Г.В. Беченева. – М.: Стройиздат, 1966. – 164 с.
11. Золотов, С.М. Механические анкерные крепления в строительстве [Текст] / С.М. Золотов, Канаан Али //

Научный вестник будівництва. – Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 67. – С. 169-173.

12. Золотов, С.М. Влияние скорости нагружения анкерных креплений на оценку их прочности и деформативности [Текст] / С.М. Золотов, Н.А. Псурцева., Канаан Али // Научный вестник будівництва. – Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 68. – С. 154-159.

13. Литвинова, О.М. Деформативность растворов на основе акриловых полимеррастворов [Текст] // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. – К.: Техніка, 2000.– С. 80-83.

References

1. . Et ag № 001. Guideline for european technical approval of metal anchors for use in concrete, brüssels, (1997).27.
2. Kurniawan, D. Kim, B. S. Lee, H. Y., Lim, J. Y. (2012) Atmospheric pressure glow discharge plasma polymerization for surface treatment on sized basalt fiber/polylactic acid composites. *Composites Part B: Engineering*, Vol. 43, pp 1010-1014. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836811004768>
3. Ballarini, R., Shal, S.P., Keer, L.M. (1986). Failure characteristics of short anchor bolts embedded in brittle material. *Proceedings Royl Society. London*, A 404, 35-54.
4. Ozbolt, J., Eligehausen, R. (1990). Numerical Analysis of headed studs embedded in large plain concrete blocks, In: Bicanic, N.; Mang, and Design of Concrete Structures. Pineridge Press, London.
5. Elingenhausen, P. Puzil Vakhtmus, P. (1982,). Fastening technology in reinforced concrete construction Report IV VN. - Periodical edition IV VN, 17-19.
6. Zolotov, SM, Kanan, Ali (2011). Strength and deformability of anchor fasteners used in erection of buildings and structures .*Communal economy of cities: - Kharkiv: KSAME, Vip. 101, 527-532.*
7. Elige Hasen, R., Claysnitzer, W. (1983). Analytisches Modell zur Beschreibung des Tragverhalten, Report № 4/1-83/3 // Institut fuhr Werkstoffe im Baum Wesen. – Universität stuttgart.
8. Bazant, Z.P., Ozbolt, I. (1990). Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures. *Journal of Engineering Mechanics Asce*, 116, 11.
9. Kvirikadze, O.P. (1958). Influence of loading speed on strength and deformation of concrete. Tbilisi, 53 p.
10. Korchinsky, I.L., Bechenyeva , G.(1966). Strength of building materials under dynamic loading. Moscow: Stroizdat, 164 p.
11. Zolotov, S.M. Kanaan , Ali (2012). Mechanical anchor junction in building proucess, *Scientific Herald of Construction. - X KhDTUBA HOTV ABU, Vip. 67, 169-173.*
12. Zolotov, S.M. , Psurceva, N.A. , Kanaan, Ali . (2012). Influence of the loading speed of anchor junction on the evaluation of their strength and deformability *Naukovyi visnik budivnitsva. - X .: KhDTUBA HOTV ABU, Vip. 68, 154-159.*
13. Litvinova, O.M. (2000). Deformability of solutions based on acrylic polymer solutions *Municipal economy of cities: Nauch.-Tehn. 23. K.: Technique, 80-83.*

Автор: ЗОЛОТОВ Сергій Михайлович
кандидат технічних наук, доцент кафедри буд
конструкції.
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова,
E-mail – bk@kname.edu.ua

Автор: ТРИКОЗ Людмила Вікторівна, доктор
технічних наук, професор кафедри будівельні
матеріали, конструкції та споруди
Українського державного університету залізничного
транспорту.
E-mail - lvtrikoz@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8531-7546>

Автор: ПУСТОВОЙТОВА Оксана Михайлівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри буд
конструкції.
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова,
E-mail – budkonstr205@mail.ru.
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4078-4834>

Автор: КАМЧАТНА Світлана Миколаївна,
кандидат технічних наук, доцент кафедри колії та
колійного господарства
Українського державного університету залізничного
транспорту.
E-mail - kamchatnaysn@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9652-4324>

Автор: ЛИТВИНОВА Ганна Михайлівна,
аспірант кафедри будівельних конструкцій
Харківського національного університету міського
господарства імені О.М.Бекетова.
E-mail - anna_li@mail.ua

Автор: ХАМЗЕ МУХАМАД аспірант кафедри
будівельних конструкцій
Харківського національного університету міського
господарства імені О.М.Бекетова.
E-mail - Mohamad20.10@Hotmail.com

DURABILITY AND DEFORMATION OF STEEL AND BAZALT-PLASTIC ANCHOR JUNCTION

S. Zolotov¹, O. Pustovoitova¹, G. Lytvynova¹, Hamze Muhamad¹, L. Trykoz², S. Kamchatna²

¹O.M.Beketov National University of Urban Economy, Ukraine

²Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

In a project-constrructiv work it is accurately impossible to estimate the strenght of basalt-plastic anchors and anchor band in the case of longitudinal and cross-cut stress for the absence of standards and normative documents. Because of the absence of necessary techniques for carrying out the tests of metal and basalt-plastic anchor junction the assessment of their bearing capacity is become more complicated. Application of anchor bonds was based on the assessment of their bearing capacity and research in the case of anchor junction

It is allowed to modernize the normative base in this sphere. The purpose of the research in the work of anchor junction in concrete and reinforced concrete was determined by the evaluation of their bearing capacity, while the concrete seemed to be elastic materials in the areas of compression and stretching

Final elements method has been used to carry out the reseach of basalt-plastic and anchors work installd in concrete samples. In the sample model, the non-linear work of concrete was taken during stretching with the of cracks along the entire length of the sample.

In the research it has been taken into account the influence of the final element and the load degree at maximum marginal loads on the spacer anchor. The analysis of experiments showed the following.

The strength of basalt-plastic anchor junction depends on the strength of the sample materials in which the anchors were plugged. The deformation of these junction also depends on the materials. The experiments have also improved that the used techniques allow a to determine the zone of elastic work of the anchor at the detachment and, probably, can be used for all types of anchors (steel, polyamide dowel and chemical)

Keywords: basalt-plastic anchor junction, foam concrete, concrete, loading speed, strength, deformability