
ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА АНКЕРИ ЗА БЕТОН СЪГЛАСНО prEN 1992-4 (ЕВРОКОД 2)

В. Коларов¹, К. Велинов²

Ключови думи: химически анкери, сегментни анкери, стоманобетон; крайно гранично състояние; разрушение

Научна област: стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

В статията са систематизирани някои приложни случаи на използване на химически и механични анкери в стоманобетонни конструкции. Изследвано е тяхното поведение и е класифицирана тяхната форма на разрушение.

С въвеждане на стандарта prEN 1992-4:2013: Проектиране на анкери за бетон (Еврокод 2) се допуска използването на анкери и анкерни устройства в ниски класове бетон, които са недопустими съгласно последните технически препоръки от страна на фирмите производители на такива продукти. Статията има за цел да сравни и хармонизира принципите и правилата за прилагане на химически и сегментни анкери и да даде практически насоки на проектантите-конструктори от практиката.

До голяма степен работата по темата трябва да продължи, като тази статия дава само първоначални насоки и изводи по темата.

1. Въведение

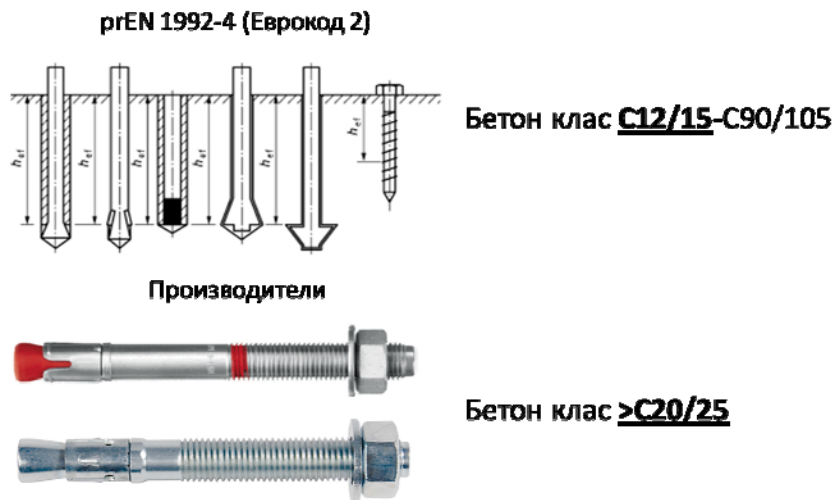
Може да се твърди, че научни изследвания върху поведението на анкерни устройства и взаимодействието им с бетона не са провеждани в България. Едновременно с това практиката доказва, че има съществена разлика в теоретичното и експерименталното поведение на този тип елементи. Съществени неудачи и аварии в строителството са свързани с неправилно изчисляване и конструиране на този тип съединения.

¹Васил П. Коларов, докторант, кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: vassilpk@yahoo.com

²Константин В. Велинов, д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: kvelinov@eurocode2.bg

Представената статия е подход за анализ на ефектите в критичните области от стоманобетонните елементи, подложени на локални въздействия от механично и химически прикрепени анкери. Докато у нас все още подготвяме въвеждането на фамилията от конструктивни стандарти ЕВРОКОД за проектиране на строителни конструкции, вече се предвижда допълване на Еврокод 2 с нова част – prEN 1994-4: Проектиране на анкери за бетон. Този стандарт дефинира и разглежда граничните състояния на определени типове анкери – механични и химически анкери, анкерни канали и предварително вбетонирани анкерни устройства. Също така анализира и различните начини за предаване на външните усилия – триене, механично и химическо зацепване.

В съществуващите сгради в България масова практика е използването на ниски класове бетон и за прилагането на механични и химически анкери няма експериментални данни, а достъпните данни за фирмените анкери не позволяват тяхното директно приложение в случаите на “българските” бетони.



Фиг. 1. Схема на изпитвателната постановка

ЗАБЕЛЕЖКИ:

- * Армировката се присма задължително
- * Замяна на армировката да не се дозвнява на проектанта.
- * При снаждането на вертикалната арматура на колоните се прави съгъстяване в зона на снаждането-по детайл.
- * Минималното бетонно покритие не е 1.5см.
- * Покрай всички отвори да се армира

Забележки:

1. Бетон M200

2. ДЪЛЖИНАТА НА ПЛОЧАТА е d=18cm.

3. При изпълнение на кофража задължително да се меда лист №40 ПАН на съединителните части.

ЗАБЕЛЕЖКИ:

1. БЕТОН ПО БДС EN 206-1:2002, съвместно с БДС EN 206-1/НА:2008 - доловен бетон - клас по якост на натиск B12.5 (C10/12)
2. АРМИРОВЪЧНА СТОМАНА СЪОТВЕТСТВАЩА НА БДС EN 10080:2005 - клас по граница на провлачване и дуктилност B 500 по БДС 4578:2008

МАТЕРИАЛИ:

Бетон M200(B15) Rb=0.85kN/cm²

Стомана A1(Ф) Ra=22.50kN/cm²

AIII(N) Ra=37.50kN/cm²

Фиг. 2. Някои примери за прилагани бетони в българската практика през годините

2. Експериментална програма

2.1. Експериментални образци

Бяха използвани два типа стоманобетонни образци, единият от бетон клас С12/15, а другият от бетон клас С35/45. С цел сравнение, от двата типа анкери, химически и механични, бяха подбрани сходни диаметри $\varnothing 12\text{ mm}$, $\varnothing 16\text{ mm}$, $\varnothing 20\text{ mm}$.

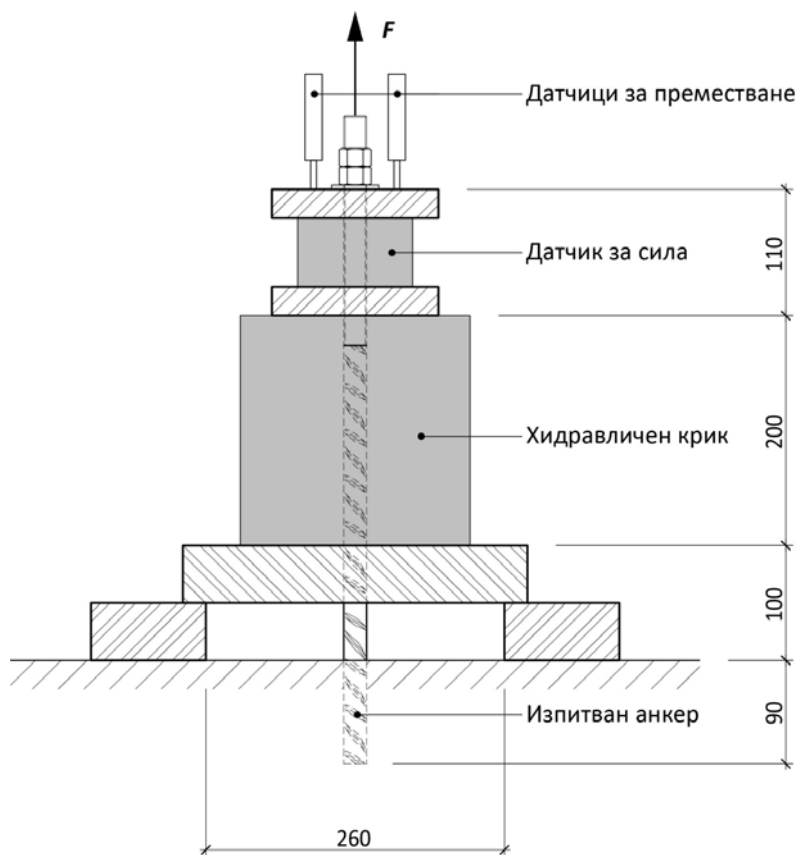
2.2. Експериментална постановка

В рамките на тази експериментална програма до момента са изследвани общо 34 броя химически и сегментни анкери с диаметри $\varnothing 12\text{ mm}$, $\varnothing 16\text{ mm}$, $\varnothing 20\text{ mm}$.

За осъществяване на експерименталната постановка са използвани стоманени плочи с обща дебелина 100 mm (фиг. 3) от конструкционна стомана клас S235JR.

Осовата опънна сила P е реализирана посредством хидравличен крик (фиг. 3 и фотос. 1). Големината на силата е контролирана чрез датчик за сила (вж. т. 2.4).

Деформациите, пукнатините и преместванията на изследваните образци са измерени чрез индуктивни датчици за преместване (вж. т. 2.4).



Фиг. 3. Схема на изпитвателната постановка



Фотос 1. Изпитвателната постановка

2.3. Изследвани и измервани параметри

Представената експериментална програма има за цел да изясни поведението на сегментни и химически анкери, както и влиянието на следните параметри върху това поведение:

- основен параметър е класът на бетона на елементите;
- друг основен параметър е видът на самите елементи;

В процеса на изпитване на колоните се проследяваха и записваха следните параметри:

- надлъжните деформации;
- деформациите в бетона;
- широчината на пукнатините;
- наклонът на коничните пукнатини;
- осовата опънна сила.

2.4. Апаратура и измерителни уреди

Измерванията бяха извършени с многоканална система Quantum, която е свързана със следното оборудване:

Индуктивни деформоприемчици (датчици) за преместване (Inductive Displacement Transducer):

| | |
|-----------------------|--|
| Производител | Hottinger Baldwin Measurement Technologies |
| Тип | W10TK/W20TK |
| Номинално преместване | $\pm 10/\pm 20$ mm |
| Приблизителен обхват | 24/44 mm |
| Клас на точност | 0,4 (0,2) |

Датчици за сила (Load cells):

| | |
|-----------------------|--|
| Производител | Hottinger Baldwin Measurement Technologies |
| Тип | C6 |
| Номинално натоварване | 500 kN |
| Чувствителност | 2 mV/V |
| Клас на точност | 0,5 |

Многоканална измервателна система (Multipoint measurement device):

| | |
|--------------|--|
| Производител | Hottinger Baldwin Measurement Technologies |
| Тип | Quantum |
| Брой канали | 8 |
| Софтуер | Catman |

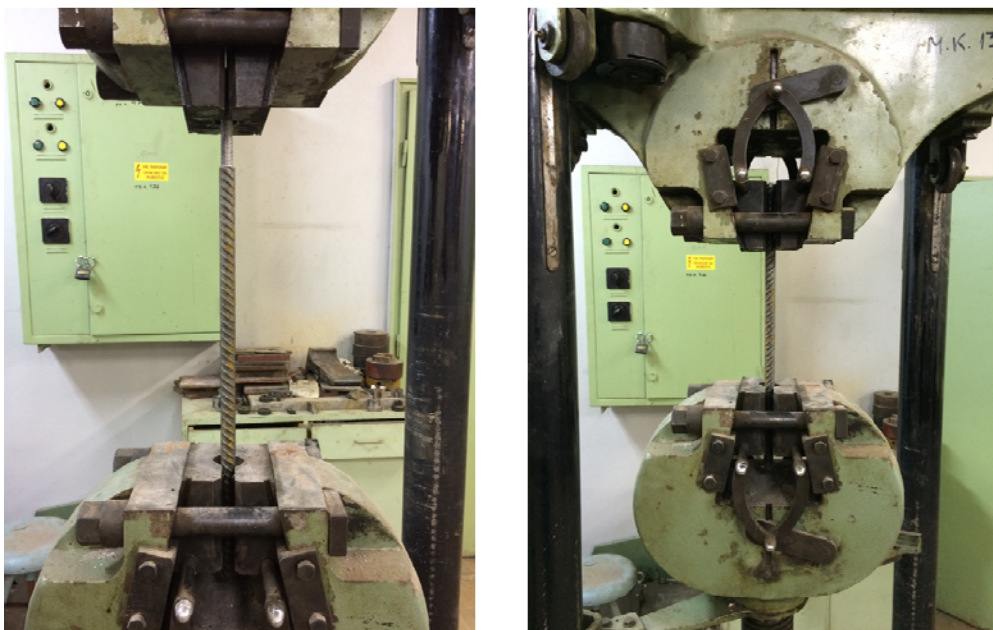
Конфигурацията и разположението на индуктивните датчици и хидравличния крик са представени на фотос 1 и фиг. 3.

2.5. Изпитване на материалите

Бяха взети проби от стоманобетонните елементи, за да може да се окачестви класът на вложения бетон. Паралелно бяха изпитани и пръти от армировъчната стомана, използвана за химическите анкери.



Фотос 2. Изпитване на бетона



Фотос 3. Изпитване на армировъчната стомана

3. Резултати от проведените експериментални изследвания

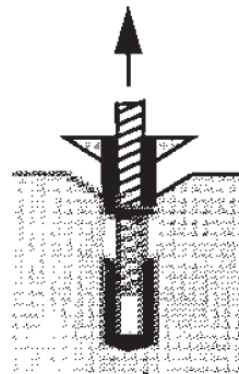
3.1. Химически анкери

| Диаметър на анкерите | Номер на анкера | Клас на бетона | Гранична сила | Форма на разрушение | Фотос. |
|----------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------------|--------|
| [mm] | # | [MPa] | [kN] | - | - |
| Ø12 | 1 | C16/20 | 26.18 | d | 1 |
| | 2 | | 30.80/39.29 | e/a-c | 2 |
| | 3 | C30/37 | 39.68/49.19 | e/a | 3 |
| | 4 | | 37.89/36.05 | e/a | 4 |
| Ø16 | 1 | C16/20 | 37.52 | a | 5 |
| | 2 | | 43.83 | a | 6 |
| | 3 | | 45.09 | a/d | 7 |
| | 4 | C30/37 | 65.41/66.01 | e/a | 8 |
| | 5 | | 75.85 | a/c | 9 |
| | 6 | | 73.99 | a/d | 10 |
| | 7 | | 68.51 | a | 11 |
| Ø20 | 1 | C30/37 | 67.17 | a | 12 |
| | 2 | | 61.12 | a | 13 |
| | 3 | | 77.52 | a/c | 14 |
| | 4 | | 72.01 | a/c | 15 |
| | 5 | C16/20 | 32.17 | a | 16 |
| | 6 | | 40.10 | b | 17 |
| | 7 | | 40.06 | a | 18 |

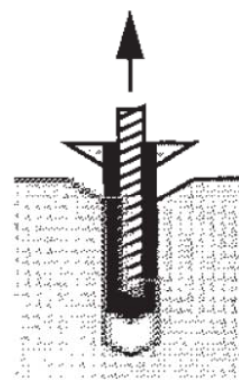
3.1.1. Някои характерни форми на разрушение



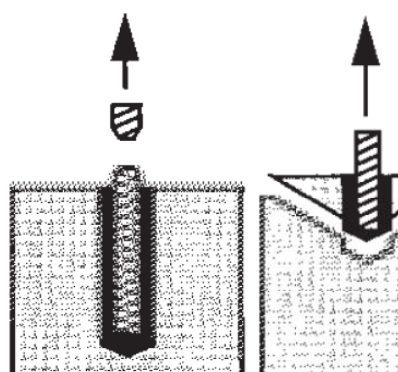
Фотос 4. Химически анкер Ø12-1, бетон клас С16/20



Фотос 5. Химически анкер Ø20-6, бетон клас С16/20



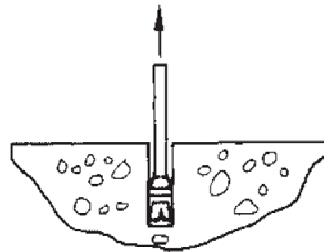
Фотос 6. Химически анкер Ø12-3, бетон клас С30/37



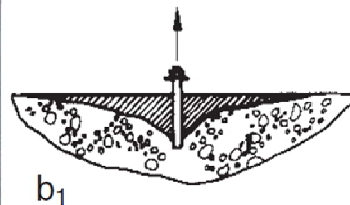
3.2. Сегментни анкери

| Диаметър на анкери | Номер на анкера | Клас на бетона | Гранична сила |
|--------------------|-----------------|----------------|---------------|
| [mm] | # | [MPa] | [kN] |
| M12 | 1 | C16/20 | 22.33 |
| | 2 | C30/37 | 33.00 |
| M16 | 1 | C16/20 | 34.65 |
| | 2 | | 32.35 |
| | 3 | | 36.62 |
| | 4 | C30/37 | 61.00 |
| | 5 | | 53.90 |
| | 6 | | 41.79 |
| | 7 | | 45.93 |
| M20 | 1 | C16/20 | 48.11 |
| | 2 | | 36.08 |
| | 3 | | 35.42 |
| | 7 | C30/37 | 39.39 |
| | 4 | | 64.34 |
| | 5 | | 81.78 |
| | 6 | 70.28 | |

3.2.1. Някои характерни форми на разрушение



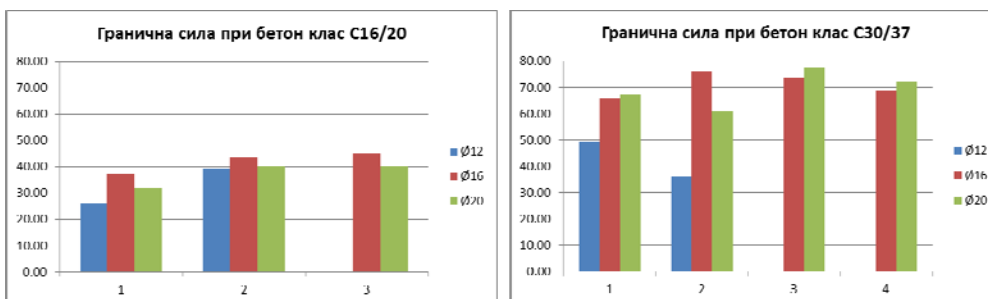
Фотос 7. Сегментен анкер M20-6, бетон клас C16/20



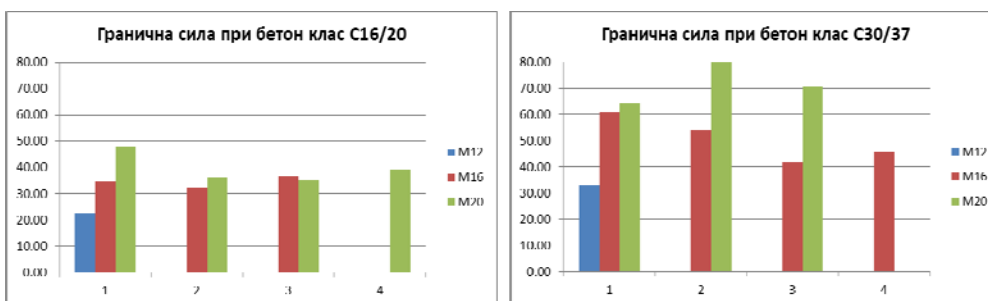
Фотос 8. Химически анкер Ø20-5, бетон клас C30/37

3.3. Гранични експериментални сили

3.1. Химически анкери



3.2. Сегментни анкери



4. Заключение

Въз основа на анализите върху експерименталните изследвания на сегментни и химически анкери може да се обобщи следното:

1. От проведените ограничен брой изследвания се откриха два механизма на крехко разрушение, наблюдавани при почти всички случаи на химическите анкери и механизъм на „дуктилно“ разрушение при механичните анкери.
2. Получи се значително разсейване на резултатите при ниски класове бетон и това налага допълнителни експериментални изследвания за този тип елементи.
3. В никакъв случай не са обхванати всички приложни ситуации. Получените резултати трябва да се считат като полезна начална информация и работата по темата да продължи на следващ етап.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1992-1-1:2005. Проектиране на стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради.
2. prEN 1992-4:2013. Проектиране на анкери за бетон (Еврокод 2).
3. Model Code 2010 – First complete draft, Vol. 1 (April 2010), Vol. 2 (May 2010).

Постъпила: април 2015 г.

STUDY OF THE BEHAVIOUR OF CONCRETE ANCHORS ACCORDING TO prEN 1992-4 (EUROCODE 2)

V. Kolarov¹, K. Velinov²

Keywords: *chemical adhesive anchors, wedge anchors, reinforced concrete, ultimate limit state, failure*

Research area: *reinforced concrete structures*

ABSTRACT

The following paper systematizes some practical cases of chemical and mechanical anchors application in concrete structures. Their behaviour is studied and their failure mode is classified.

With the introduction of the standard prEN 1992-4:2013: Design of fastenings for use in concrete (Eurocode 2), it is allowed anchors and anchor elements for low concrete classes to be used, which are inadmissible according to the latest technical recommendations from the manufacturers of such products. The study aims to compare and harmonize the principles and the rules for the application of chemical and wedge anchors and give practical guidance to the designers.

Since this paper gives only initial guidelines and conclusions on the subject, the work should continue with further research and experimental activities.

¹Vasil Kolarov, Ph.D. student, Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: vassilpk@yahoo.com

²Konstantin Velinov, Ph.D. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kvelinov@eurocode2.bg