



Получена: 14.05.2021 г.

Приета: 16.08.2021 г.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПОСТАНОВКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА АНКЕРНИ УСТРОЙСТВА ЗА КАТЕРЕЦИ СЕ КОФРАЖИ

В. Николов¹, Л. Хрисчев², П. Христов³

Ключови думи: анкерни устройства, катерец кофраж, ранно декофриране, температурно-времева аналогия

РЕЗЮМЕ

В научноизследователския проект се изследва поведението на анкерни устройства за катереци се кофражи, подложени на неблагоприятни условия – работа в ранна възраст на бетона и влияние на отстоянието на анкера до ръба на стоманобетонния елемент.

В статията е разгледана методиката за реализиране на експерименталните изследвания, като се разглеждат подготвителните дейности, проектиране и изпълнение на изпитвателен стенд за реализиране на натоварванията (опън и срязване).

Резултатите от изпитването на анкерни устройства, подложени на неблагоприятни условия на работа, ще бъдат получени, обработени и оценени във втория етап на настоящия проект. Тяхното значение ще допринесе за обогатяване на наличния опит и насоки при прилагането им в българската строителна практика.

1. Въведение

Изпълнението на високи стоманобетонни конструкции като комини, охладителни кули, водни кули, стоманобетонни ядра на сгради, стълбове и устои на мостове, язовир-

¹ Виктор Николов, инж. докторант, кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: viktor.nikolov.93@abv.bg

² Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: l.hrischev@abv.bg

³ Петър Христов, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: pchristov_fce@uacg.bg

ни стени и др., налагат употребата на конкретни кофражни системи, в частност – катерещи се кофражи [1]. Едно от съществените предимства при този тип кофражни системи е, че отпада голямото количество вътрешно скеле в съоръженията [2]. Също така изпълнението на кофражни работи с прилагането на тези технологични системи води до намаляване на трудоемкостта, съкращаване на сроковете за изпълнение и повишаване на кратността на употреба на кофражните комплекти.

Именно с цел ефективното прилагане на катерещите се кофражни системи е необходимо извършването на целенасочени изследвания, свързани с определяне на носимоспособността на анкерните устройства при различни ограничителни условия. Такъв тип изследвания се обуславя от факта, че често в практиката се налага извънредно ускоряване на работните процеси, поради съкратени или недобре планирани срокове, или неизпълнение на предпоставки спрямо препоръките за употреба на кофражното оборудване, в резултат на непредвидени външни фактори като например аварии и повреди.

Проектирането на конструкцията на работните платформи и в частност на катерещите се кофражни системи следва да се извършва съгласно изискванията на БДС EN 12812 [3]. При проектирането следва да се вземат предвид както собственото тегло на елементите и експлоатационното натоварване, така и натоварването от вятър. Натоварванията оказват влияние върху точките на окачване, респективно анкерните устройства. Предпоставка за необходимостта от оценка на въздействията върху анкерните устройства се дискутира в редица научни разработки [4 ÷ 8], насоките на Европейската организация за техническа оценка (ЕОТА) [9], както и в техническата документация за този тип кофражни системи. Така например в [10] е посочено, че ефектът от натоварванията в комбинация с неблагоприятни фактори като близост до ръба на стоманобетонния елемент и прилагането на натоварвания в ранна възраст на бетона могат да допринесат за достигане на крайно гранично състояние на елементите по време на експлоатация.

Проучване на видове катерещи се кофражи, предлагани на нашия пазар, показва, че производителите на този тип системи предлагат решения, които работят доказано при удовлетворяване на определени предпоставки и стандартни условия. Когато възникне ситуация, налагаща продължаване на изпълнението в различни от предписаните условия, изпълнителят следва да се обърне към специалист, който да проведе необходимото изследване *in-situ* и да предостави оценка и решение за справяне с възникналия проблем [10]. Предвид това, че някои предпоставки реално са трудно проследими, както и че не винаги търпят отлагане във времето за задълбочено изследване, следствие на което, дори при богат практически опит, рискът от грешна преценка остава.

Целта на настоящата статия е да представи методиката за експериментално изследване върху комбинирането на различни фактори с различна тежест, а именно отстоянието до ръба на стоманобетонния елемент и прилагането на натоварвания в ранна възраст на бетона, което би спомогнало за разрешаването на често възникващи казуси от практиката, в по-кратки срокове, и същевременно с по-висока степен на сигурност и надеждност.

Методиката, приложена в експерименталното изследване, включва:

- определяне на якостта на натиск на бетона посредством прилагането на температурно-времева аналогия (ТВА), базирана на ASTM C 1074 [11] и NEN 5970 [12];
- експериментално изследване на носимоспособността на анкерни устройства (анкери) за катерещи се кофражи на опън и на срязване съгласно предпоставките на ETAG 001: Annex A [13].

2. Определяне на якостта на натиск на бетона с използване на температурно-времевата аналогия

Едни от най-популярните в световен мащаб методи, базирани на температурно-времевата аналогия, са стандартизирани в ASTM C 1074 [11], съгласно който процедурата за определяне на якостта на бетона се извършва в два етапа:

- 1) лабораторни изпитвания за установяване на температурно-времевата аналогия;
- 2) последващо измерване на температурата в конструкциите с цел изчисляване на якостта въз основа на определените вече зависимости [14, 15].

2.1. Основни функции съгласно ASTM C 1074

Съгласно [16] температурно-времевият фактор (maturity) се дефинира като:

$$M(t) = \int_0^t f(T) dt, \quad (1)$$

където $f(T)$ е температурната функция.

Най-често използваните температурни функции $f(T)$ в уравнение (1) са на Арениус (Arrhenius) и Нурс-Саул (Nurse-Saul), като ASTM C 1074 [11] допуска употребата и на двете.

Функция на Нурс-Саул (Nurse-Saul)

Съгласно стандарта, уравнението за температурно-времевия фактор е:

$$M(t) = \sum_{t=0}^{t^*} (T_a - T_0) \Delta t, \quad (2)$$

където $M(t)$ е температурно-времеви фактор;

T_a – средна температура на бетона за времеви интервал, Δt в °C;

T_0 – температура, при която се приема, че хидратацията на цимента затихва в °C;

t^* – възраст на бетона по време на изпитване на якостта;

Δt – времеви интервал.

Функция на Арениус (Arrhenius)

Известна като метод на еквивалентна възраст, функцията на Арениус е разработена като алтернатива на функцията на Нурс-Саул в опит да се разработи по-прецизен модел. Едно ограничение при този метод е, че разработването на този подход разглежда сложно уравнение, зависещо от използването на абсолютна температура (K) и енергия на активиране (E), което прави прилагането му по-трудно [16].

Съгласно ASTM C 1074 [11], функцията на Арениус се определя по:

$$t_e = \sum_{t=0}^{t^*} \left[e^{-Q \left[\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_s} \right]} \right] \Delta t, \quad (3)$$

където t_e е еквивалентна възраст на бетона;

Δt – времеви интервал;

t^* – възраст на бетона по време на изпитване на якостта;

T_a – средна температура на бетона за времеви интервал, Δt (K);

T_s – определена (стандартна) температура (K);

Q – енергията на активация (E), разделена на универсалната газова константа (R).

ASTM C 1074 [11] определя стойността на стандартната температура T_s да бъде 20 °C, което се равнява на 293 K (0 °C = 273 K). Универсалната газова константа (R) е със стойност 8,3144 J/mol.K. Енергията на активациране (R) може да бъде получена съгласно зависимостите, посочени в стандарта.

2.2. Апаратура и опитни образци

За настоящото изследване бетоновата смес ще бъде произведена в бетоносмесителен цех, в условията на функционираща система за производствен контрол. Проектният клас на бетона е C20/25. Компонентите на бетоновата смес, съгласно рецептурния състав на производителя, са както следва: цимент клас 52,5 R, едър добавъчен материал с две фракции 4/11,2 mm и 11/22,4 mm, пясък – фракция 0/4 и пластифицираща химична добавка в количество 1% от масата на цимента.

Съгласно стандарта е необходимо устройство, което да следи и показва температурата на бетона като функция на времето. В настоящото изследване ще се използват два типа измервателни средства:

- 4-канален регистратор на данни (дата логер) Pt-1000 с обхват на измерване от -90 до +260 °C. Памет за 500 000 записа, захранване с батерия и USB интерфейс за конфигуриране и изтегляне на данни. Многофункционална водоустойчива (IP67) сонда от PVC кабел с дължина 1 m, полиамиден осезател и обхват на измерване в границите -30 до + 80 °C (фиг. 1).
- Дигитални термометри със сонда ТМ-2, дължина 1 m. Обхват на измерване в границите -50 до + 50 °C (фиг. 2).



Фиг. 1. Общ вид на 4-канален дата логер Pt-1000

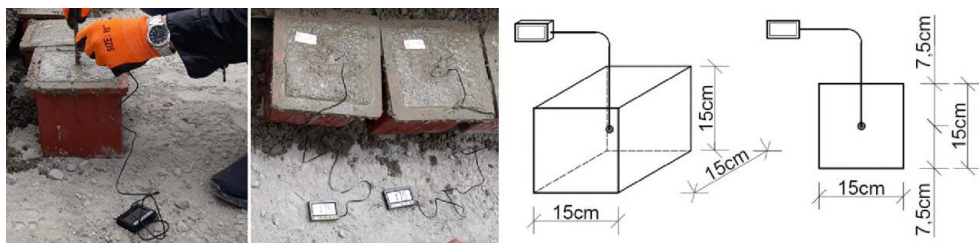


Фиг. 2. Общ вид на дигитален термометър със сонда ТМ-2

Пробните тела се оставят в кофражната форма за най-малко 16 часа, при температура $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, като се предпазват от удар, вибрации и изсушаване. След декофрирането отлежават във вода с температура $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в първите 7 дни, след което се изваждат и отлежават на сухо в лабораторни условия при температура $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ [17, 18].

2.3. Определяне на температурата

Температурата се определя с помощта на измервателните уреди, описани в т. 2.2. Сензорите се разполагат в бетонните кубчета, като ASTM C 1074 уточнява че сондите трябва да бъдат позиционирани в рамките на 15 mm спрямо геометричния център на куба.



а) процедура по поставяне на сондите;

б) опитни образци с разположени сонди;

в) проектно местоположение на сондите в опитните образци

Фиг. 3. Монтиране на сонди в пробните тела

2.4. Определяне на якостта на натиск на бетона

Пробните тела се натоварват на машина за изпитване на натиск до разрушение. Максималният товар, издържан от пробното тяло, се записва и се изчислява якостта на натиск на бетона [19].

2.5. Процедура за определяне на температурно-времевата аналогия

Следват се стъпките по процедура: приготвят се най-малко 15 кубчета съгласно БДС EN 12390-1; монтират се температурните сензори в поне два образеца на разстояние до ± 15 mm от центровете им; телата се съхраняват под вода или в стая с определена влажност; изпитванията за определяне за якостта на натиск се провеждат на възраст от 1, 3, 5, 7, 14 и 28 дни съгласно изискванията на БДС EN 12390-3. Изпитват се по две кубчета на всяка определена възраст и се изчислява средната якост на натиск. Ако двата резултата се различават с повече от 10% от средната им якост, се изпитва трето кубче и се изчислява средната стойност от трите резултата:

- като се използват данните от сензорите, се изчислява температурно-времевият фактор (с функцията на Нурс-Саул) или еквивалентната възраст (с функцията на Арениус) на всяка изпитвана възраст. Освен ако не е указано друго, се използва времеви интервал (Δt) през половин час или по-малко за първите 48 часа, след което температурите се регистрират на всеки час от температурния запис [11];
- построява се графична зависимост между якостта на натиск и температурно-времевия фактор или респективно между якостта на натиск и еквива-

лентната възраст. Получената крива е отношението якост-температурно времеви фактор, което се използва за оценка на якостта на натиск на бетонната смес, втвърдена при други температурни условия.

3. Експерименталната постановка за определяне на носимоспособността на анкерни устройства на опън и срязване

За реализирането на експерименталната установка – стенд и апаратура са спазени изискванията, регламентирани в Ръководството за европейско техническо одобрение ETAG 001, Annex A [13].

3.1. Общи и допълнителни изисквания и предпоставки

Общите изисквания, свързани с изпитванията, са както следва: изпитванията трябва да се изпълняват с оборудване, калибрирано съгласно международните стандарти; натоварването следва да се осъществи така, че да се избегнат внезапни пикове, особено в началния стадий на теста; грешката от натоварване не трябва да надвишава 2% за целия обхват на изпитването; преместванията се записват непрекъснато с оборудване, с грешка, не по-голяма от 0,02 mm; по време на изпитването се използват анкерни устройства от практиката; натоварването се прилага концентрично на анкера.

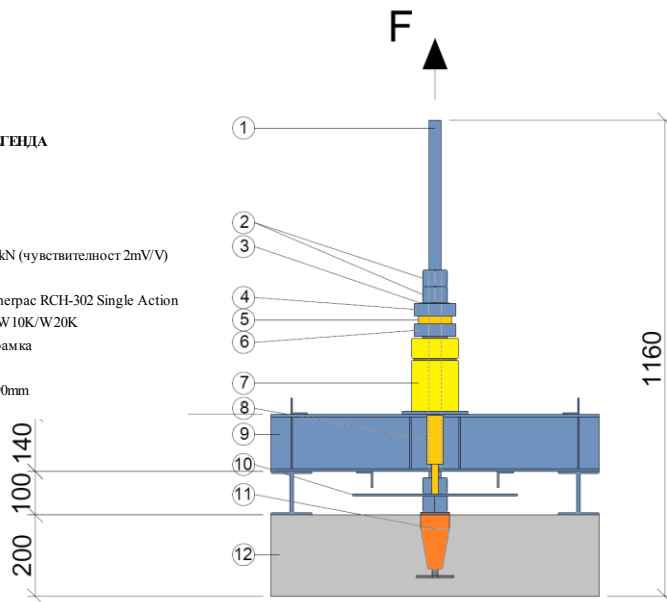
Допълнителните предпоставки при изпитване на опън са следните: след позициониране и закрепване на анкера към тестовата установка се натоварва до разрушение. Деформациите от анкера спрямо бетонната повърхност на разстояние $\geq 1,5h_{ef}$ се измерват посредством два деформоприемника от всяка страна; опитният стенд следва да позволи свободно образуване на конус на разрушение. Поради тази причина се спазват разстоянията до ръба, функция на h_{ef} ; при тестване на анкер в близост до ръб, тестовата установка следва да е поставена по начин, невъзпрепятстващ образуващото се бетоново разрушение.

Допълнителни предпоставки при изпитване на срязване са както следва: натоварването се прилага успоредно на бетонната повърхност, като се използва недеформируема плоча за прилагането му; опитният стенд следва да позволи свободно образуване на ъглово разрушение при изпитване; след позициониране на установката и осъществяване на връзка без луфт между ръкава (недеформируема плоча) и анкерното устройство се натоварва до разрушение. Деформациите от анкера спрямо бетона се измерват в посоката на натоварване с помощта на деформоприемник, позициониран зад (под) анкера, в зависимост от разположението на установката; при изпитване на анкер в близост до ръба на стоманобетонния елемент тестовата установка трябва да позволява невъзпрепятствано разрушение на бетоновия ръб; при изследване на срязване, между ръкава и анкерното устройство, може да се постави тefлонова PTFE вложка с дебелина не по-голяма от 2 mm.

3.2. Експериментална постановка съгласно ETAG 001, Annex A

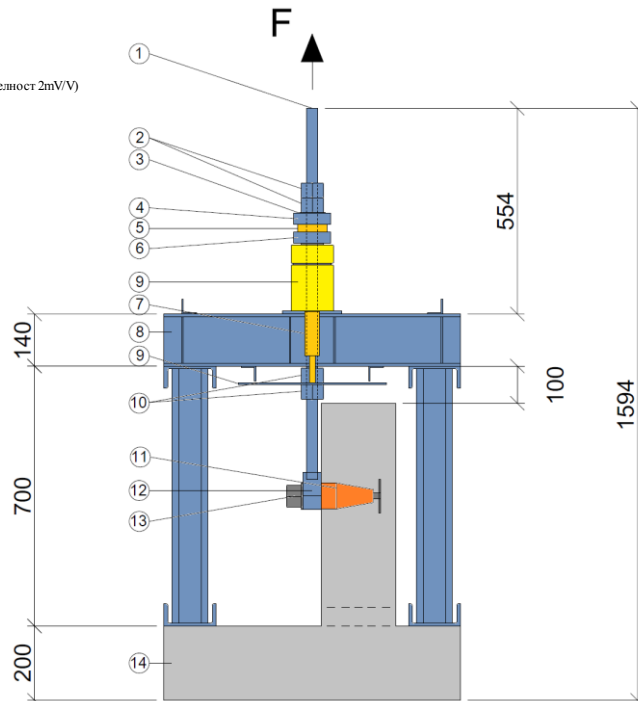
Предписанията на ръководството предлагат няколко възможни решения. При спазване предписанията са разработени изпитателни установки (стендове) за нуждите на изследването, представени на фиг. 4 (за изпитване на анкерите на опън) и на фиг. 5 (за изпитване на анкерите на срязване).

- ЛЕГЕНДА**
- 1 Шпилка М30 10.9 1,00m
 - 2 2x М30 високоякостна гайка
 - 3 Шайба за М30 отвор
 - 4 Плоча 100x100x30mm
 - 5 Товарна клетка НВМТ - С6 500kN (чувствителност 2mV/V)
 - 6 Плоча 100x100x30mm
 - 7 Хидравличен проходен крик Енергас RCH-302 Single Action
 - 8 Деформоприемници НВМТ - W 10K/W 20K
 - 9 Недеформируема стоманена рамка
 - 10 Плоча 400x400x5mm
 - 11 Анкер - Stop-Anchor 15.0 В11 90mm
 - 12 Бетонен елемент



Фиг. 4. Схема на експериментална установка за изпитване на анкерите на опън

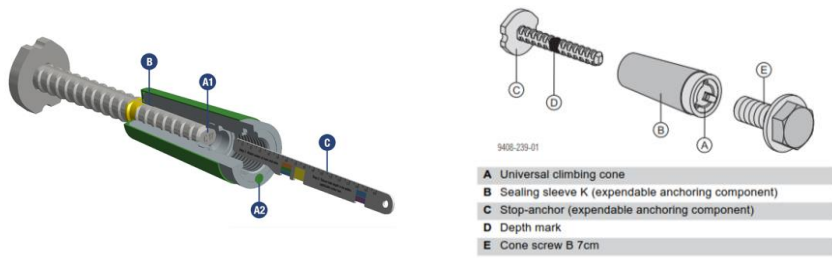
- ЛЕГЕНДА**
- 1 Шпилка М30 10.9 1,00m
 - 2 2x М30 високоякостна гайка
 - 3 Шайба за М30 отвор
 - 4 Плоча 100x100x30mm
 - 5 Товарна клетка НВМТ - С6 500kN (чувствителност 2mV/V)
 - 6 Плоча 100x100x30mm
 - 7 Деформоприемници НВМТ - W 10K/W 20K
 - 8 Недеформируема стоманена рамка
 - 9 Плоча 400x400x5mm
 - 10 2x М30 високоякостна гайка
 - 11 Анкер - Stop-Anchor 15.0 В11 90mm
 - 12 Недеформируем ръкав от стомана S355JR
 - 13 Болт В7св 30mm
 - 14 Бетонен елемент



Фиг. 5. Схема на експериментална установка за изпитване на анкерите на срязване

3.3. Анкерни устройства (анкери)

За целта на изследването е предвидено да се използват популярни, леснодостъпни и многофункционални анкерни устройства (анкери) на утвърден производител. Конкретният модел е Stop-Anchor 15.0 B11 – фиг. 6.



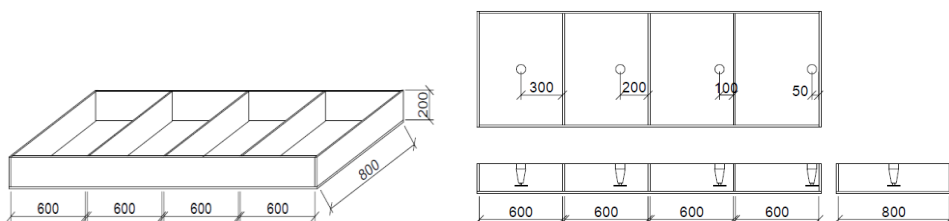
Фиг. 6. Схеми на модела анкерно устройство Stop-Anchor 15.0 B11

Основни характеристики на анкерното устройство са: дължина на анкерния прът – 11,5 cm (монтиран към конуса – 16 cm); диаметър на анкерния прът – 15 mm; диаметър на закотвящата плочка – 90 mm.

3.4. Опитни образци

Експерименталната програма обхваща изпитването на 48 бр. опитни образци, изпълнени от определен клас бетон и заложени анкерни устройства, разпределени както следва:

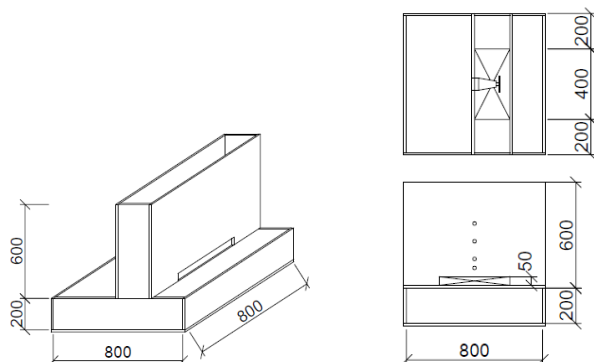
- пет (5) бр. пилотни образци за изпитване на опън;
- три (3) бр. пилотни образци за изпитване на срязване;
- двадесет (20) бр. образци за изпитване на опън при възраст на бетона 1, 3, 5, 7 и 28 дни, при разстояние на анкерите от ръба на образеца, съответно 30 cm, 20 cm, 10 cm и 5 cm;
- двадесет (20) бр. образци за изпитване на срязване при възраст на бетона 1, 3, 5, 7 и 28 дни, при разстояние на анкерите от ръба на образеца, съответно 30 cm, 20 cm, 10 cm и 5 cm.



Фиг. 7. Схема на образците и кофражните форми за изпитване на опън

За изпълнението на експеримента са изработени съответните кофражни форми – фиг. 7 и фиг. 8. Размерите на образците са съобразени с необходимостта стендът да стъпи върху тях, без да нарушава целостта им и без да възпрепятства свободната форма на

разрушение. Освен това, габаритите отговарят на изискванията за залагане на анкерните устройства, посочени от производителя [6].



Фиг. 8. Схема на образците и кофражите за изпитване на срязване

3.5. Хидравличен крик, измервателна техника и апаратура

Спецификацията на използваната апаратура е дадена в табл. 1.

Таблица 1. Спецификация на използваната апаратура

Индуктивни деформоприемници (датчици) за преместване (Inductive Displacement Transducers):			
Производител	Hottinger Baldwin Measurement Technologies (HBMT)		
Тип	W10TK / W20TK		
Номинално преместв	10 / 20mm		
Приблизителен обхв:	24 / 44mm		
Клас на точност	0.4 (0.2)		
Датчик за сила (Load Cell):			
Производител	Hottinger Baldwin Measurement Technologies (HBMT)		
Тип	S6		
Номинално натоварв	500kN		
Чувствителност	2mV/V		
Клас на точност	0.5		
Многоканална измервателна система (Multipoint measurement device):			
Производител	Hottinger Baldwin Measurement Technologies (HBMT)		
Тип	Quantum		
Брой канали	8бр.		
Софтуер	Catman		
Хидравличен цилиндър (Hydraulic Cylinder):			
Производител	Енерпас		
Тип	RCH-302		
Работно налягане	700 атм.		
Максимално натовар	326kN		
Тонаж	30т.		
Работен ход	64mm		

3.6. Реализация на модела

За реализиране на изпитванията на опън е изработен стоманен стенд (фиг. 9), включващ едноотворна рамка от профили HEA100 (S235JR) за опори и напречна греда – съставен профил от вдвоен UPN140 (S235JR), с оребряване в зоните, в които е възможна загуба на местна устойчивост. Гредата е усилена с профили L40×40×4, 5 mm ребра и 8 mm плоча 200×160 mm за разполагане на хидравличния проходен крик. За присъединяване на елементите са използвани по 4 болта M12 10.9 DIN933 от всяка страна. При проверка на рамката по метод на крайните елементи (МКЕ) е заключено, че същата не би образувала чувствителни деформации.



Фиг. 9. Общ вид на опитния стенд за изпитване на опън



Фиг. 10. Общ вид на опитния стенд за изпитване на срязване

За реализиране на изпитванията на срязване е изработен стоманен стенд (фиг. 10), състоящ се от едноотворна рамка от опори, съставени от HEA100 (S235JR) и UPN140 (S235JR) и напречна греда – идентична на тази от стенда за опън. Присъединяването на гредата към опорите е аналогично с това на стенда за опън. При проверка на рамката по метода на крайните елементи (МКЕ) също е заключено, че същата не би образувала чувствителни деформации.

3.7. Експериментална програма на изследването и отчитане на резултатите

За реализиране на изследванията, част от втория етап от проекта, при така създадените условия, в програмата се предвижда изпитване на:

- пилотни опитни образци (8 бр., в т.ч. 5 бр. на опън и 3 бр. на срязване);
- 20 бр. опитни образци за определяне на носимоспособността на анкерните устройства, подложени на опън;
- 20 бр. опитни образци за определяне на носимоспособността на анкерните устройства, подложени на срязване;
- постоянно наблюдение на екзотермичните процеси и съответно определяне на якостта на натиск на бетоновите образци във всеки един момент от продължителността на натурния експеримент (втория етап от проекта).

Изпитвателна процедура

При калибрирана апаратура, позиционирана на тестовия стенд, се предприема изпитването на всеки един от образците по указаната система на работа, т.е. в един ден се провеждат 4 бр. тестове на опън и 4 бр. тестове на срязване, при еднаква възраст на бетона и отстояния от бетоновия ръб на четирите двойки анкери (1 бр. опън – 1 бр. срязване) както следва: 30 cm; 20 cm; 10 cm; 5 cm. Изпитването се осъществява на 1-ия; 3-ия; 5-ия; 7-ия и 28-ия ден от момента на бетонирането на образците. Междувременно се предвижда контрол на якостта на бетона на съответна възраст посредством възможностите на ТВА и разрушаване на контролни пробни тела (кубчета) по предписанията на БДС EN 12390.

Самото изпитване ще се извършва съгласно указанията, дадени в ETAG 001: Annex A [9], който посочва, че натоварването следва да се осъществява равномерно и по начин, при който критичният товар се проявява в рамките на не по-малко от една и не повече от три минути от началото на прилагането му. Товарът и деформациите следва да се записват постоянно през целия период или на интервали от min 100 бр. за всеки тест.

За конкретното изпитване ще се следят както силата, така и деформациите, възникнали в анкерното устройство, като контролът ще зависи главно от приложената сила. За целта, натоварването ще се наблюдава чрез манометъра на механичната/хидравличната помпа, както и от товарната клетка, информацията от която е достъпна в реално време от софтуера HBM Catman, благодарение на данните, постъпващи в системата за съхранение – HBM Quantum X, към която е прикрепена самата клетка. По аналогичен начин е решен и въпросът с наблюдението над преместванията, отчетени чрез индуктивните деформоприемници.

Резултати, обработка и анализ на резултатите

За попълването на резултатите от изпитването се изготвя доклад (протокол) съгласно изложеното в ETAG 001, Annex A. В него се третира показателите на анкерите и бетоновите образци, монтажът на устройството към образеца, осъщественото натоварване и следствията от него – достигнато усилие, особени наблюдения върху апаратурата и образците, образуване на пукнатини, причина и размери на разрушението, удовлетворителни и неудоволителни форми на разрушение.

Анализът на резултатите от проведените изпитвания се осъществява чрез познатите методи за математическа обработка на статистически данни. Това е възможно благодарение на системите за съхранение на данни, заложи в експерименталната програма, тъй като главните параметри – сила, деформации и температура – се записват в лесни за обработка, познати, общодостъпни формати, като например „.xls“ и др.

Също така се предвижда извеждане на зависимости и построяване на графики „сила-преместване“ за всеки един от разглежданите случаи. Определените стойности на носимоспособността на анкерите ще бъдат сравнени с аналитично определени такива, съгласно ETAG 001, приложение C [20] и БДС EN 1992-4 [21].

4. Заключение

За изследването на носимоспособността на анкерни устройства за катерещи се кофражи е разработена експериментална програма, която включва тяхното изпитване на опън и срязване. В изследването определянето на якостта на бетона ще се определя от една страна с изпитване на стандартизирани пробни тела, а от друга – с използването на температурно-времевата аналогия на бетона.

При разработването на опитната постановка са спазени изискванията на ETAG 001. Параметрите, с които ще се варира и ще се търсят конкретни зависимости, са якост на натиск на бетона и влияние на отстоянието на анкерното устройство от ръба на бетонния елемент, върху носимоспособността на анкерните устройства на опън и срязване. Изборът на тези предпоставки е продиктуван от конкретни случаи, възникващи в строителната практика при използване на катерещи се кофражи.

Получените резултати ще бъдат сравнени с аналитично определени стойности съгласно действащите стандарти.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор Д-134/2020 е подкрепена финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kirov, N.* Formwork and Scaffoldings. Daniel SG, 2006, ISBN-10:954-91452-9-8.
2. *Petkov, J.* Technology of construction processes. Technica, 1989.
3. BDS EN 12812.2008, Falsework – Performance requirements and general design.

4. *Kolarov, V., Velinov, K.* Study of the behavior of concrete anchors according to prEN 1992-4 (Eurocode 2). // Annual of the UACEG Sofia, Volume XLVIII, VIII-B, 2014-2015.
5. *Grosser, P.* Load-bearing behavior and design of anchorages subjected to shear and torsion loading in uncracked concrete // PhD Thesis, Universität Stuttgart, 2012.
6. *Pallarés, L., Hajjar, J.* Headed Steel Stud Anchors in Composite Structures: Part II – Tension and Interaction. // Journal of Constructional Steel Research, Volume 66, Issue 2, 2010, ISSN 0143-974X, 213-228.
7. *Winters, J., Dolan, C.* Concrete breakout capacity of cast-in-place concrete anchors in early-age concrete // PCI Journal, 2014, 59(1):114-130.
8. *Furche, J., Elinghausen R.* Lateral Blow-Out Failure of Headed Studs Near a Free Edge. // Anchors in Concrete: Design and Behavior, Detroit ACI, 1991, 235-252.
9. ETAG 001. Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete. EOTA, 2013.
10. https://direct.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999715002_2020_02_online.pdf, посетен на 16.08.2021.
11. ASTM C 1074-04. Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.
12. NEN 5970. Determination of strength of fresh concrete with the method of weighted maturity. Nederlands Normalisatie-instituut, 2001.
13. ETAG 001. Annex A: Details of Tests. EOTA, 2013.
14. *Rostovsky, I., Naydenov, V.* Maturity concept at concrete and its application for nondestructive testing of concrete strength in mass structures // 6th International scientific conference “Architecture, Civil engineering-modernity”, Varna, 2013, 234-243.
15. *Kuryłowicz-Cudowska A., Kurpinska M., Wilde K.* Maturity curve for estimating the in-place strength of high performance concrete // MATEC Web of Conferences, 2019, 262, 06007.
16. *Carino, N. J.* Handbook on nondestructive testing of concrete. CRC Press LLC, 2004, ISBN 0-8031-2099-0.
17. BDS EN 12390-3. Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens, 2013.
18. BDS EN 12390-1. Testing hardened concrete – Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds, 2019.
19. BDS EN 12390-2. Concrete tests – Test specimens – Part 2: Making and curing of test specimens for strength tests, 2019.
20. ETAG 001. Annex C: Design methods for anchorages. EOTA, 2013.
21. BDS EN 1992-4. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 4: Design of fastenings for use in concrete, 2018.

EXPERIMENTAL PROGRAM FOR INVESTIGATION OF ANCHOR DEVICES FOR CLIMBING FORMWORK

V. Nikolov¹, L. Hrishev², P. Hristov³

Keywords: anchors, climbing formwork, early striking, concrete maturity, experimental program

ABSTRACT

The research project examines the behaviour of anchor devices for climbing formworks subjected to adverse conditions – early striking and the impact of distance to the edge of the reinforced concrete elements. The experimental setup and the pilot samples are performed according to the requirements and prerequisites of Eurocode 2 and ETAG 001. The paper discusses the methodology of the first stage of this project, considering the preparatory activities, design, and realization of a test specimens for implementation of loads (tension and shear).

The test results of anchor devices subjected to adverse operating conditions will be obtained, processed, and evaluated in the second stage of this project. Their importance will contribute to risk assessment and guidelines for their use in the Bulgarian construction practice.

¹ Viktor Nikolov, Eng. PhD Student, Dept. “Construction Technology and Mechanization”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: viktor.nikolov.93@abv.bg

² Lachezar Hrishev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanization”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: l.hrishev@abv.bg

³ Petar Hristov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: pchristov_fce@uacg.bg