



*Приета: 18.03.2016 г.
Преработена: 11.04.2016 г.
Одобрена: 22.04.2016 г.*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕДРОПАНЕЛНИ СЪЕДИНЕНИЯ

Р. Орлинов¹, Ат. Николов², О. Ганчев³

Ключови думи: едропанелни съединения, ЕПЖС

РЕЗЮМЕ

Авторите представят резултатите от научноизследователската тема „Експериментално изследване на поведението на едропанелни съединения“ – част 2, финансирана чрез ЦНИП на УАСГ. Разработена е смес на циментов композит, обемно армирана с фибри. С така предложената смес са замонолитени и изпитани различни едропанелни съединения. Изследвано е поведението на композиция от две съединения, замонолитени с обикновен филцов бетон. Всички образци са изработени в мащаб 1:2 и са изпитани в лабораторията по Строителни конструкции на УАСГ.

1. Обща информация

Втора част на научната тема „Експериментално изследване на поведението на едропанелни съединения“ бе проведено през 2015 г. Въз основа на резултатите от преходната част усилията на колектива бяха насочени към предлагане на варианти за усиляване на едропанелните съединения и изясняване на тяхното поведение при сеизмични въздействия. Програмата на научноизследователската тема се състоеше от следните направления:

¹ Радослав Орлинов, ас. инж., кат. „Масивни конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: orlinov_fce@uacg.bg

² Атанас Николов, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: at_nikolov@abv.bg

³ Огнян Ганчев, гл. ас. инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ogg@abv.bg

1. Разработване на рецепта за циментов композит, обемно армиран с фибри.
2. Усилване и изпитване на нови и повредени съединения със замонолитка от циментов композит.
3. Изпитване на образци на панелни фуги, състоящи се от две хоризонтални съединения.

Целите по всичките четири направления са успешно изпълнени в рамките на календарната 2015 г. Всички дейности са проведени в лабораторията по строителни конструкции на УАСГ. Финансовите средства от ЦНИП на УАСГ са използвани за закупуване на материали и консумативи по горните направления.

2. Циментови композити

След завършване на първата част на експерименталната програма през 2014 г. бяха изпитани 15 броя образци на едропанелни съединения. Една възможност за усилването им бе да се замени разрушената замонолитка от филцов бетон с такава от циментов композит. Вторият етап на изследването започва с разработка на рецепта за приготвянето на циментов композит с фибри (Engineered Cementitious Composites – ECC). Направено бе предварително проучване и бяха избрани насочващи рецепти от други автори [1, 2]. За изследвани критерии бяха избрани опънните деформации на материала. Изработени са кофражни форми, позволяващи да се изследва избрания критерий – фиг. 1. Направени са над 15 вариации на рецептите, докато се установят задоволителни резултати. Изпитани са над 50 броя пробни тела.



Фиг. 1. Кофражни форми и образци на циментови композити

Циментовият композит, обемно армиран с фибри, е сравнително нов материал на база обикновен портланд цимент и позволява да бъде изливан в кофражни форми. За разлика от обикновения бетон, при този материал всичко бива мащабирано до ниво под 1 mm. Така едрият добавъчен материал е кварцов пясък с максимална едрина 0.63 mm. Това позволява да се вложи обемна армировка в самия разтвор, състояща се от полипропиленови фибри с дължина под 20 mm и диаметър под 50 μ m.

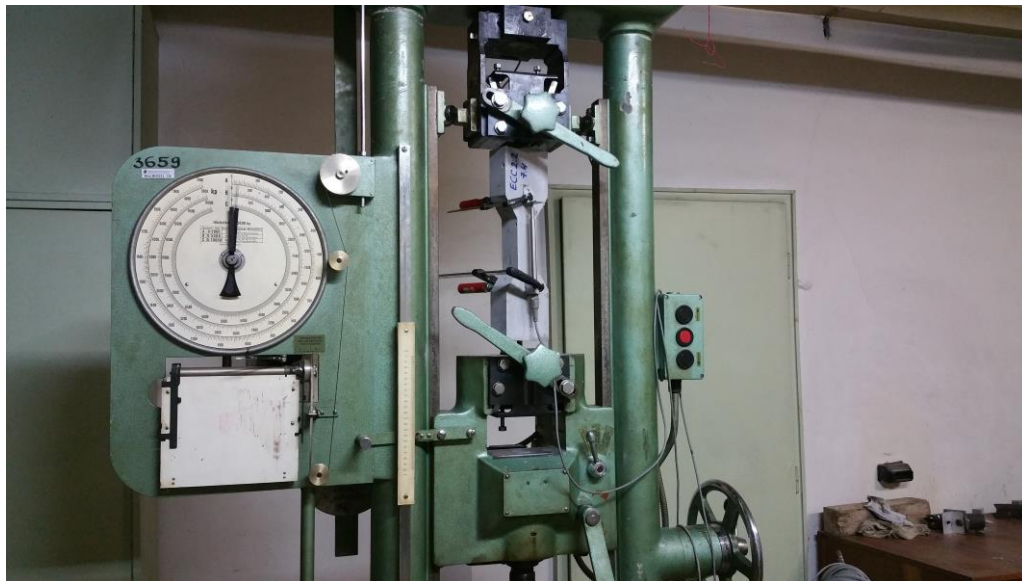
Циментовият композит се отличава с по-висока опънна якост и значителна дуктиленост при опън, за разлика от обикновения бетон. Причината за това е влагането на висок процент на фибри в сместа (до 4% от общата маса). Тези фибри играят ролята на микро-армировка, с достатъчно дължина на закотвяне. При някои циментови композити дори се появява ефектът на опънно закоравяване (strain hardening). Образци от циментови композити с фибри достигат относителни деформации на опън от порядъка на 3 – 4%. За сравнение, обикновеният бетон се напуква при деформации 0.02% и не може да понася повече опънно натоварване.

За производството на смес на циментов композит съществуват насочващи рецепти и бяха извършени значителен брой вариации до достигане на приемливи резултати. Избраният критерий за сравнение бе опънната деформативност на циментовия композит. За тази цел се създадоха кофражни форми с изтънена шийка и армировъчни пръти, надеждно закотвени в уширените краища. По този начин опънните деформации се съсредоточават в отслабеното сечение, където не преминава стоманен армировъчен прът (фиг. 1).

В процеса на работа бяха използвани различни по вид фибри, за да се намери най-подходящият вариант:

- Метални фибри с дължина 30 mm.
- Полипропиленови фибри R0 с дължини 12 mm и 19 mm.
- Полипропиленови фибри с клас на якост R2 с дължина 20 mm.

На фиг. 2 е показана изпитвателната постановка за образци на циментови композити, натоварени на опън, а на фиг. 3 са дадени резултатите от изпитването на част от опитните образци.



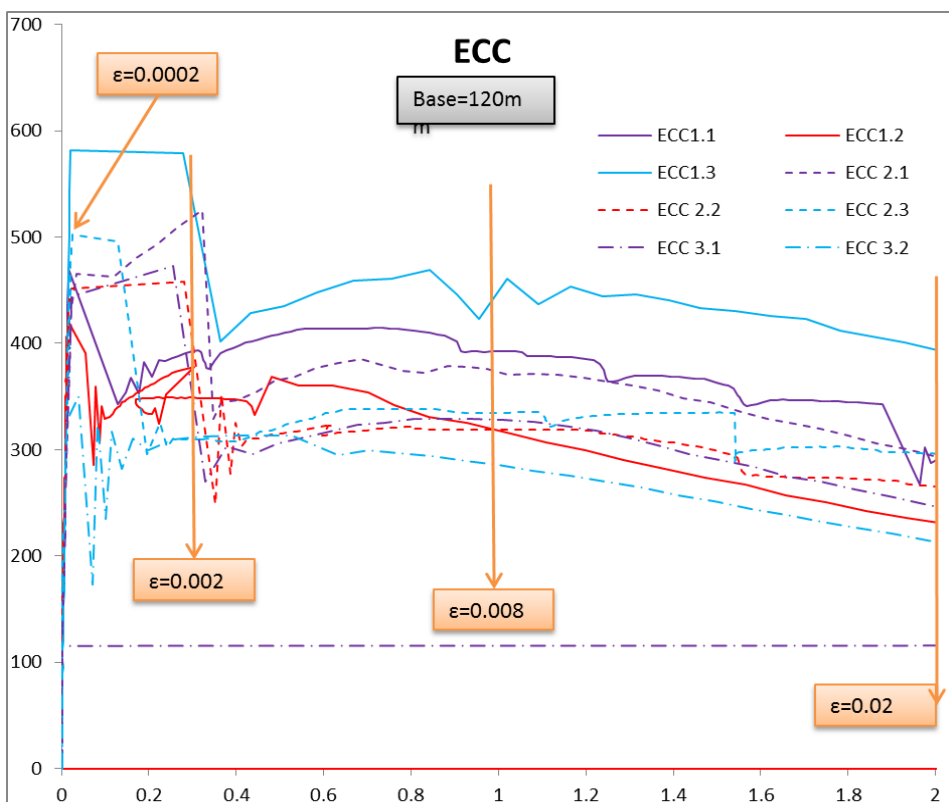
Фиг. 2. Изпитвателна постановка

След значителен брой вариации на материалите и количествата им бе достигнато до получаване на смес на циментов композит със задоволителни качества. В табл. 1 са

показани използваните материали за постигането на първата цел от експерименталната програма.

Таблица 1. Количества и материали за оптимална смес

Материали за 10 литра смес		Граници	
		от	до
Кварцов пясък 0.63 mm	kg	5.2	8.3
Кварцов пясък 0.16 mm	kg	1.4	2.5
Микросилициев прах	kg	1.8	2.8
Портланд цимент	kg	8.0	11.0
Водонамаляваща добавка	gr	90.0	180.0
Колоидален силиций	gr	120.0	240.0
Въздуховъвличаща добавка	gr	5.0	30.0
PP фибри	gr	120.0	200.0
Вода	l	3.8	5.2



Фиг. 3. Графични резултати сила – преместване на образци с циментов композит

3. Усилване на едропанелни съединения

Следващото направление бе да се изпитат образци на панелни съединения със замонолитка от циментов композит, вместо традиционния филцов бетон. Бяха избрани 6 броя образци на изпитани вече хоризонтални и вертикални съединения от предходния етап на експерименталното изследване. Нови 6 броя образци бяха изготвени в лабораторията на УАСГ. За целта бяха изработени 12 броя панели в мащаб 1:2 и всеки два бяха заварени с преминаваща армировка.

Проведено бе изпитване на общо 10 броя нови и усиления образци на панелни съединения посредством циклично знакопроменливо натоварване с повишаваща се интензивност. Експериментите бяха проведени посредством стоманения стэнд, разработен от предходния етап на изследването. Изпитвателната постановка е показана на фиг. 4.



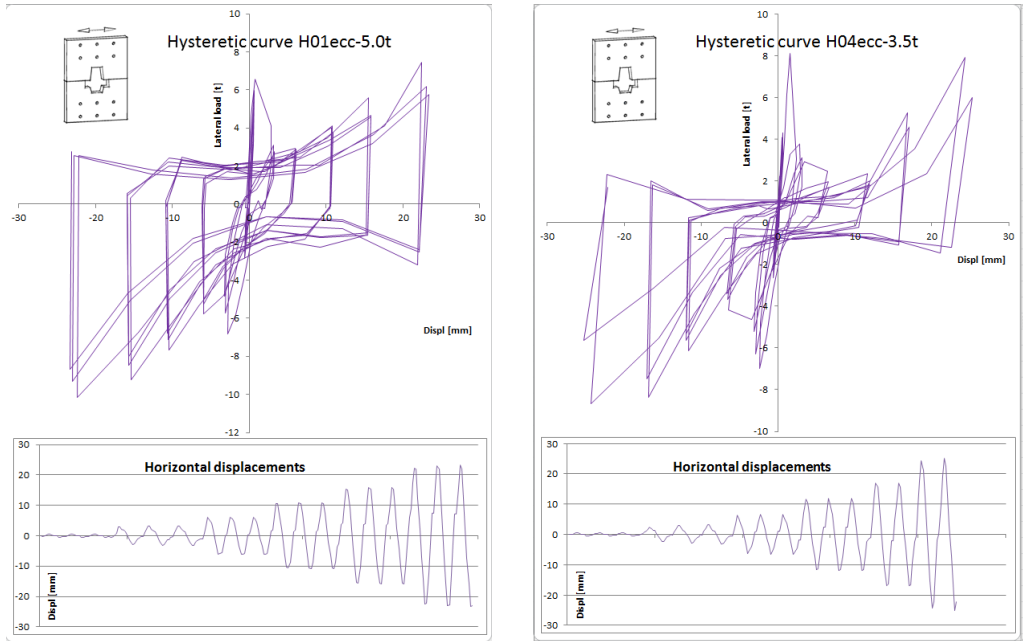
Фиг. 4. Изпитвателна постановка на хоризонтално съединение

За усиление бяха подбрани 6 броя образци на вече изпитани едропанелни съединения – 3 броя на хоризонтални дюбели и 3 броя на вертикални. За да се проследи, влиянието на замонолитката от циментов композит върху съединения без повреди бяха изработени 3 броя нови образци на хоризонтални дюбели и 3 броя на вертикални. Стенните панели на всичките 6 броя образци са от стомана. Хоризонталните панелни съединения са с бетонирани компоненти в зоната на контактната фуга. За разлика от стоманобетонните панели стоманените могат да се ползват многократно.

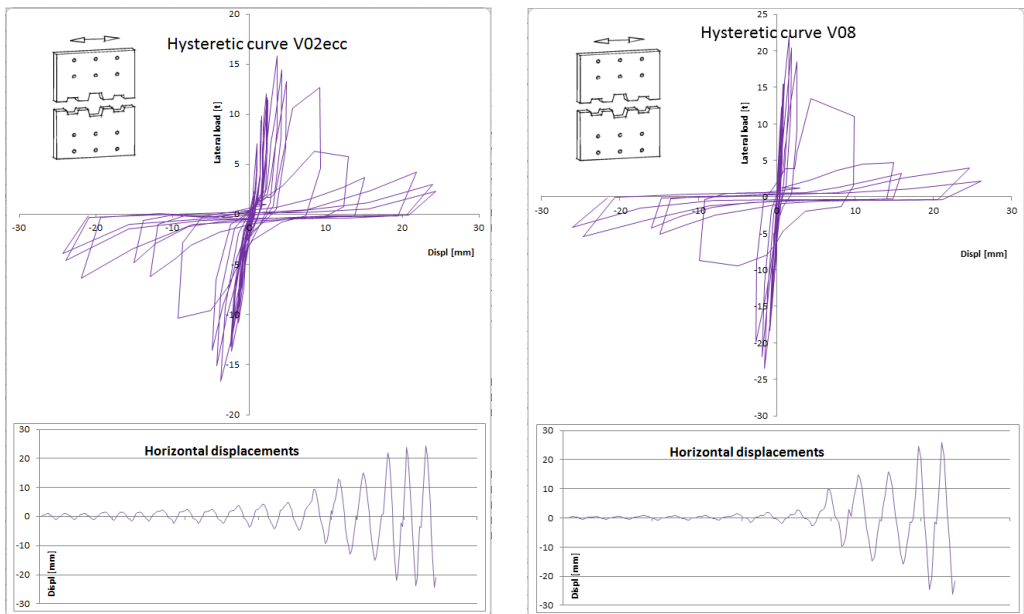
Експерименталните изпитвания са проведени в лабораторията по строителни конструкции на УАСГ съвместно с кат. МДПК. Използван е серво-хидравлическият цилиндър с мощност 100 t. Използва се съществуващият стэнд от част 1 на научна тема „Експериментално изследване на поведението на едропанелни съединения“.

Експериментите са проведени с контрол по преместване. Приложеното въздействие е циклично – знакопроменливо. Измерването на силата се осъществява чрез предварително тариран силомер, прикачен за цилиндъра. Деформациите се измерват чрез индуктивни датчици. Всички отчети се вземат автоматично чрез електронно-изчислителна техника. Нормалната сила на образци на хоризонтално панелно съединение се реализира чрез маслен крик и допълнителен силомер.

На фиг. 5 са показани резултатите от изпитването на образец на хоризонтално панелно съединение, а на фиг. 6 на вертикално.



Фиг. 5. Резултати от изпитване на образци на хоризонтално съединение

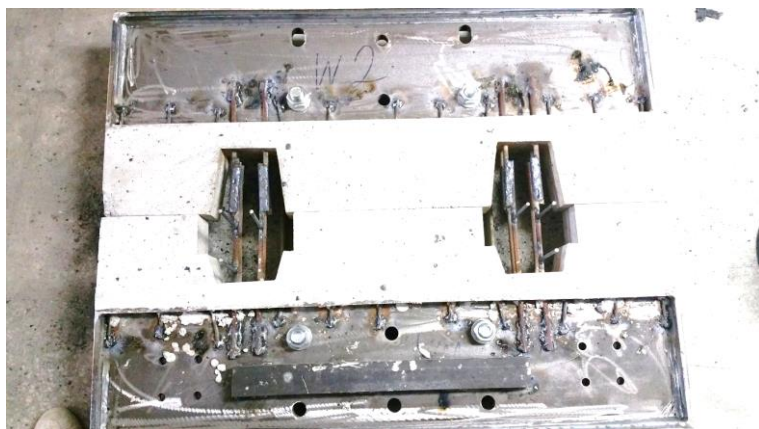


Фиг. 6. Резултати от изпитване на образци на вертикално съединение

4. Изпитване на хоризонтална фуга

Следващото направление от експерименталната програма бе изпитването на композиция от два броя едропанелни съединения – серия W. За целта бяха изготвени 3 броя образци на хоризонтална панелна фуга с две армирани съединения. Общо 6-те броя стенни панели бяха изготвени отново в лабораторията на УАСГ в мащаб 1:2.

Стенните панели са стоманени, в частта на захващане към стоманения стенд и стоманобетонни в хоризонталната панелна фуга. На фиг. 7 е показан стенен панел със заварена армировка. Шестте панела са бетонирани и са събрани два по два. Преминващата армировка се заварява и се поставят пръти за датчици в армировката. Дюбелите са замонолитени с филцов бетон, аналогичен на използвания в част 1 на научната тема „Експериментално изследване на поведението на едропанелни съединения“.

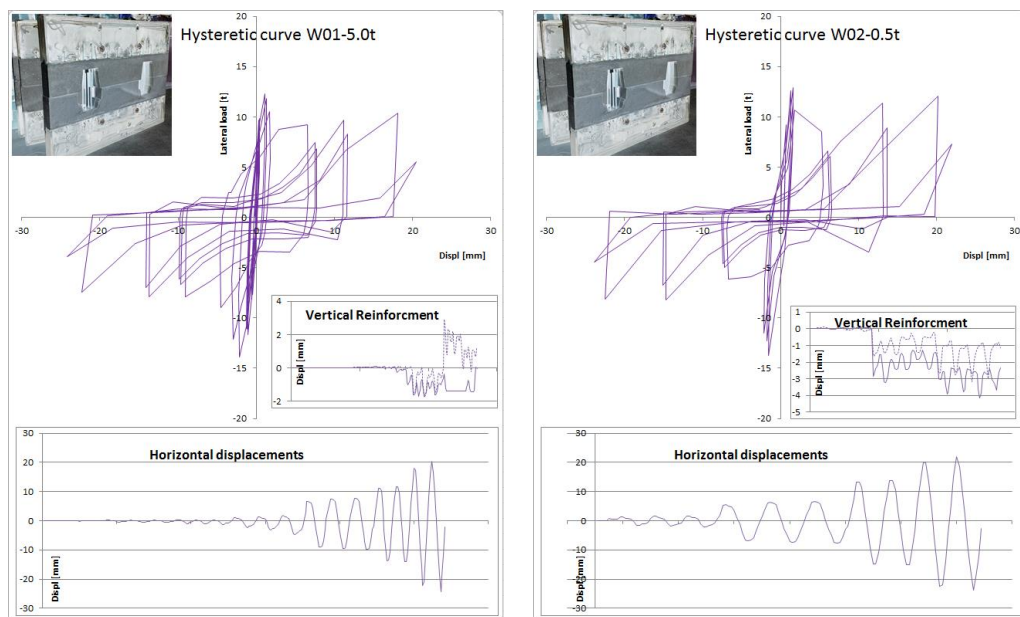


Фиг. 7. Образец от серия W след заваряване на надлъжната армировка

Изпитвателната постановка е подобна на тази при образци на единични панелни съединения – фиг. 8. Разликата при серия W е възможността за ротация на горния стенен панел. По този начин се имитира пластичната ротация в хоризонталната фуга.



Фиг. 8. Изпитвателна постановка за образец от серия W



Фиг. 9. Резултати от изпитване на образци на хоризонтална fuga – серия W

Всеки един от трите образци от серия W е натоварен с различна натискава нормална сила, която дава възможност да се получат резултати за различни по височина хоризонтални fugи в едропанелна конструкция.

На фиг. 9 са показани експериментално получените хистерезисни графики, изобразяващи зависимостта сила – хоризонтално преместване.

5. Изводи и заключения

Изпитани са над 40 опитни образци за установяване на оптимален състав на рецепта за циментов композит, обемно армиран с фибри. Изпитвани са различни материали и смеси. Успешно е приложено усилване с циментов композит върху повредени едропанелни съединения. Изпитани са 6 броя повредени образци и 4 броя нови. Експериментите са аналогични на проведените по предходната част на експерименталната програма.

Създадени са и са изпитани три броя образци на едропанелна fuga, включваща композиция от две хоризонтални съединения. Изследвани са пластичната ротация в панелните стени и поведението при различни нормални натискови сили. От всички изпитани образци са получени резултати за носещата способност, хоризонталните и вертикалните премествания и други. Всички резултати са синхронизирано записани за всеки един момент от натоварването.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-156/2014 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dhawale, A. W., Joshi, V. P.* Engineered Cementitious Composites for Structural Applications. IJEM, Vol. 2, www.ijaiem.org, April 2013.
2. *Li, Victor at al.* Strain hardening brittle matrix composites with high strength and high tensile ductility. US Patent Application Publication, US 2013/0012625A1, Jan 2013.
3. *Орлинов, Р.* Нелинейно поведение на едропанелни конструкции. Дисертация, УАСГ, 2015.

EXPERIMENTAL STUDY OF PRECAST LARGE-PANEL JOINTS

R. Orlinov¹, A. Nikolov², O. Ganchev³

Keywords: precast joints, large-panel buildings

ABSTRACT

The results of an experimental study called “Experimental study of precast large-panel joints” are presented in this paper. Several mixtures of Engineered Cementitious Composites /ECC/ are tested and compared. Specimens of large panel joints are retrofitted using a mixture of ECC instead of conventional concrete. All experiments are performed at the laboratory of UACEG.

¹ Radoslav Orlinov, Assist. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: orlinov_fce@uacg.bg

² Atanas Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: at_nikolov@abv.bg

³ Ognian Ganchev, Chief Assist. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ogg@abv.bg

