

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА ЕДРОПАНЕЛНИ СЪЕДИНЕНИЯ

Ат. Николов¹, Р. Орлинов², О. Ганчев³

Ключови думи: едропанелни съединения, ЕПЖС

Научна област: стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

Авторите изследват поведението на 15 броя образци на едропанелна конструкция на номенклатура БС-69-Сф в мащаб 1:2, подложени на квазистатично натоварване. Образците са подбрани така, че най-пълно да описват работата на панелната конструкция. Проследява се поведението на съединенията от стадий на развитие на пукнатини, разрушаване на замонолитващия бетон до хоризонтални премествания от ± 30 mm.

1. Въведение

В България съществуват 707 000 апартамента в едропанелни жилищни сгради ЕПЖС. Само в гр. София има 185 000 апартамента или 14 милиона m² РЗП. Изградените блок-секции от ЕПЖС в гр. София са 5047 броя, като от изследваната номенклатура БС-69-Сф има 3567 броя секции.

При едропанелните сгради „връзките“ или „съединенията“ предопределят слабото звено на системата относно коравина и носимоспособност. По време на силни сеизмични въздействия се появяват хлъзгащи и опънни усилия именно в местата на съединенията. Това може да предизвика големи пластични деформации и разрушения, както и намаляване на коравината. Едропанелните съединения може да се използват в сеизмични райони, ако са покрити изискванията за реализиране на достатъчни плас-

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

² Радослав Орлинов, ас. инж., кат. „Масивни конструкции“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: orlinov_fce@uacg.bg

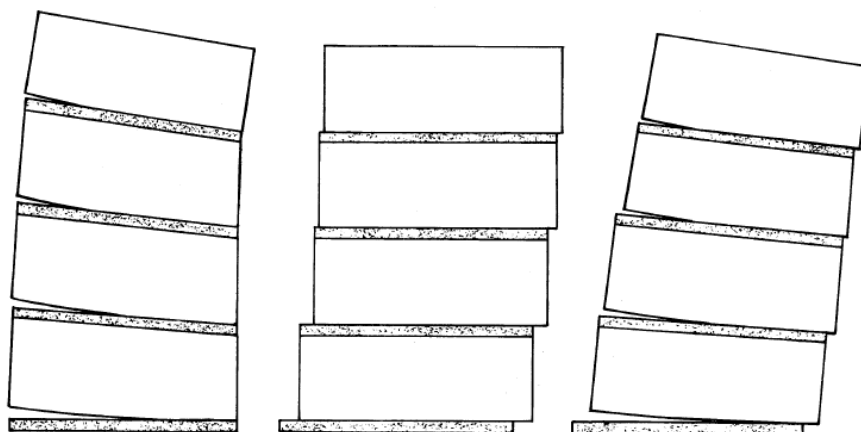
³ Огнян Ганчев, гл. ас. инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: ogg@abv.bg

тични деформации. Нивото на максимална носимоспособност трябва да бъде балансирано с възможност за достатъчна деформативност, за да се позволи циклична работа преди разрушение.

2. Поведение на едропанелни стени

Има два принципни механизма на взаимодействие между стенните панели – „хлъзгане“ (shear slip) и „отлепване“ или „завъртане“ (rocking). Отлепването (rocking) описва ротацията на целия панел вследствие на външна хоризонтална сила, което предизвиква отваряне и затваряне в местата на хоризонталните съединения. Поради тези знакопроменливи локални деформации в зоните на връзките панелите се завъртат един спрямо друг.

Отлепването се появява при прилагане на хоризонтален товар на носеща стена, когато опънните сили в дадено съединение превишат силите от собствено тегло и полезни товари. Обикновено не е възможно да се ограничи напълно отлепването в едропанелните съединения. Освен това възпрепятстването му може да доведе до влошаващи поведението ефекти, тъй като появата на отлепване във възлите може значително да редуцира усилията в цялата стена.



Фиг. 1. Механизми на поведение на едропанелни стени

Вторият механизъм „хлъзгане“ (shear slip) представлява трансферът на срязващи сили през хоризонталните съединения между панелите. Пренасянето на външните хоризонтални сили чрез сили на триене или „зацепване“ и смачкване на съединенията предизвиква взаимната трансляция на отделните панели.

3. Цел на изследването

Изследването цели експериментално да се проследи поведението на образци на едропанелни съединения от номенклатура БС-69-Сф под въздействието на циклично, знакопроменливо натоварване с увеличаване на интензивността. Тъй като изпитване на цяла едропанелна конструкция не е приложимо, се изследват ключови части от нея както по вид, така и по натоварване.

4. Подготовка на експеримента

4.1. Стоманен стенд

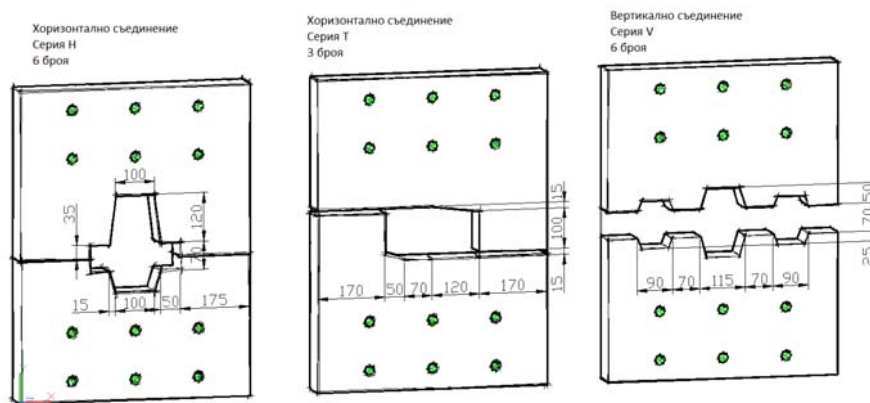
За провеждане на изследването е изработен стоманен стенд, съобразен с наличния инвентар в лабораторията по строителни конструкции, фиг. 2. Стендът се състои от натоварваща греда – в червено, опорни греди – в синьо и поддържаща конструкция – в жълто. Всеки един от панелните образци се захваща посредством болтове M24 за стоманените греди. Натоварващата греда е ограничена във вертикална посока посредством ролкови лагери, а в едното хоризонтално направление се използват тefлонови лагери. По този начин единственото позволено движение е в хоризонтална посока, съвпадаща с оста на натоварващия цилиндър. Нормалната сила се прилага от маслен крик чрез количка на 4-иглени лагера.



Фиг. 2. Стоманен стенд с образец Н-06

4.2. Стоманобетонни образци

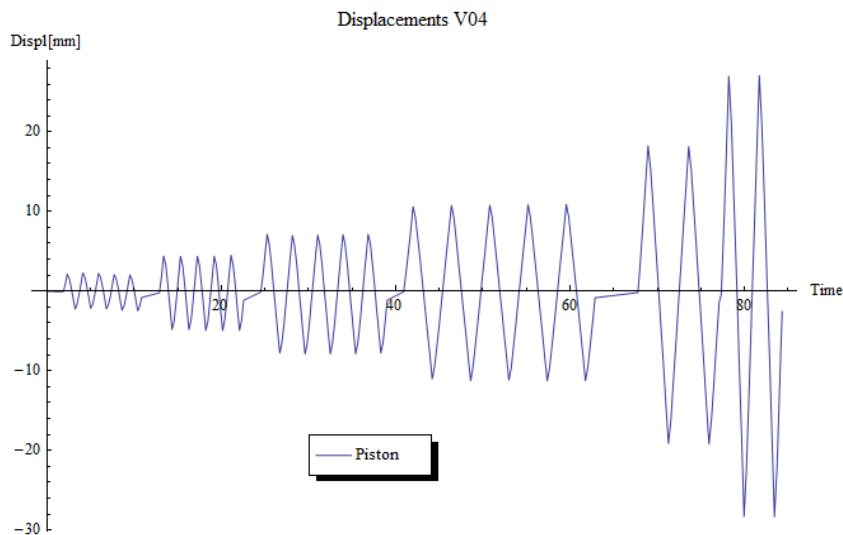
Изследват се 3 типа образци на съединения на номенклатура БС-69-Сф, всичките в мащаб 1:2. Серия V представляват 6 броя образци на вертикално панелно съединение, състоящо се от един армиран с 2N8 пръта дюбел и 2 неармирани дюбела. Серия Н обхваща 6 броя образци на хоризонтално панелно съединение, подложено на срязване. Премаващата армировка се състои от 4N8 пръта. При серия Н се варира с приложената нормална сила, като се имитира разположението на съединението по височина на сградата. Серия Т се състои от 3 броя образци на хоризонтално панелно съединение, подложено на опън и армирано с 4N8 пръта. За да се използва опитната постановка, дюбелът е завъртян на 90° – по този начин са изработени и стоманобетонните панели, фиг. 3. Общата бройка на изследваните образци е 15.



Фиг. 3. Типове на изследвани образци на панелни съединения

5. Провеждане на експеримента и резултати

Експерименталното изследване е проведено в лабораторията по строителни конструкции на УАСГ. Използван е сервохидравличен цилиндър с мощност 100 t, фиг. 2. Експериментът е проведен с контрол по преместване, като са използвани по 5 цикъла до момента на разрушение на замонолитващия бетон, фиг. 4. Измерването на силата в образците се осъществява чрез предварително тарирана месдоза, прикачена за натоварващия цилиндър. Деформациите се измерват чрез индуктивни датчици, като всички отчети се вземат автоматично чрез електронно-изчислителна техника. Нормалната сила на образци серия Н се реализира чрез маслен крик, а контролът на силата се осъществява отново чрез месдоза.



Фиг. 4. Графика на зададеното преместване на натоварващия цилиндър

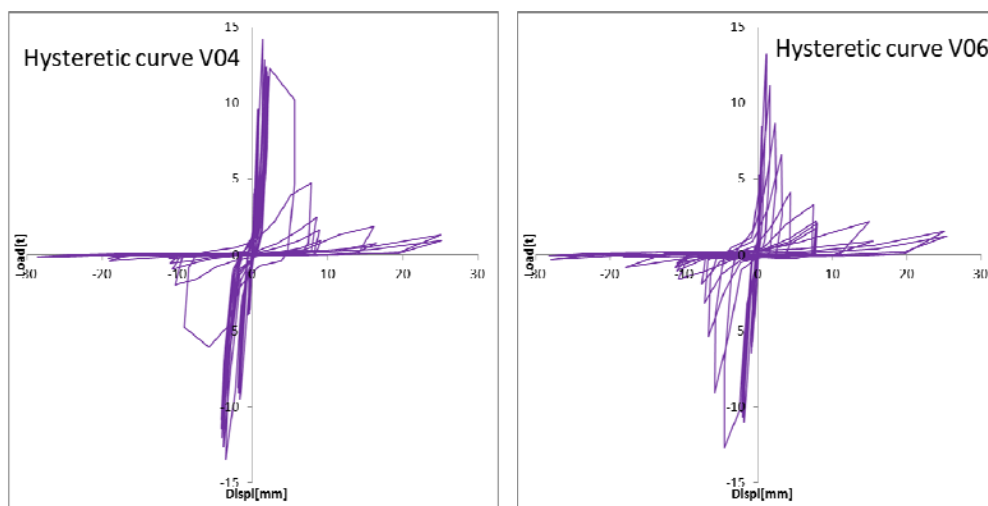
5.1. Образци на вертикално съединение V01-V06

Първите пукнатини в образците са диагонални и се появяват при преместване $s = 1 \text{ mm}$. Максималната носеща способност на срязване е около 12 t, след което следва разрушение на замонолитващия бетон, фиг. 5 и практически нулева носимоспособност. При нито един от изследваните 6 броя образци не се наблюдава скъсване на преминаващата армировка.



Фиг. 5. Разрушение при образец на вертикално съединение V-04

Всичките 6 броя от изследваните образци на вертикално панелно съединение серия V показват идентична максимална носеща способност, вид на разрушение и графика на поведение, фиг. 6.



Фиг. 6. Хистерезисна графика на сила-преместване на образец V-04 и V-06

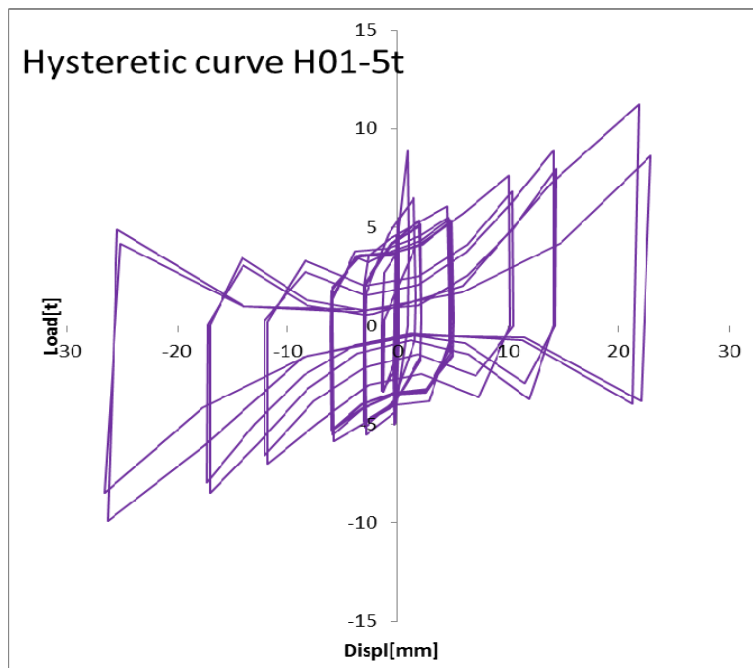
5.2. Образци на хоризонтално съединение Н01-Н06

Първите пукнатини в образеца са диагонални и се появяват при преместване $s = 0,6$ mm, а разрушение на замонолитващия бетон се достига при $s = 1$ mm. При всички изпитани образци се наблюдава значителна носеща способност при големи премествания на натоварващия цилиндър. Това се дължи на включването в работа на преминаващата армировка, която придава допълнителна натискава сила в хоризонталната фуга. Освен това при големи премествания преминаващата армировка започва да се товари на опън, което довежда до пластични деформации в нея. При нито един от изследваните 6 броя образци не се наблюдава скъсване на преминаващата армировка.

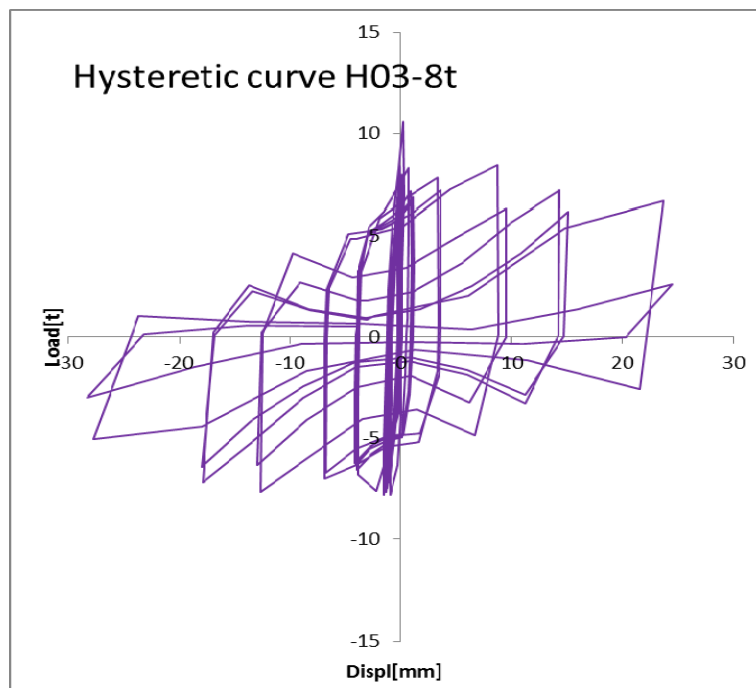


Фиг. 7. Разрушение при образец на хоризонтално съединение Н-02

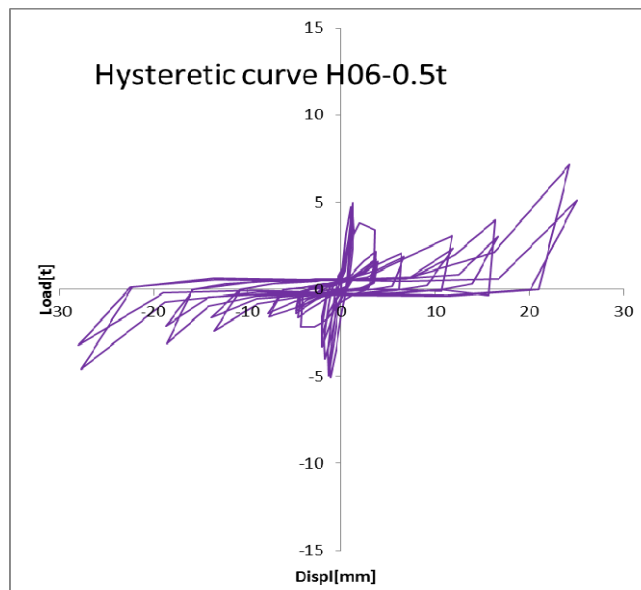
Всичките 6 броя от изследваните образци на хоризонтално панелно съединение серия Н показват идентично поведение. Преди напукване на замонолитващия бетон образците притежават сравнително висока коравина. След разрушение на бетона коравината драстично пада. При големи премествания хистерезисните примки придобиват прищипнат вид и имат голяма затворена площ, фиг. 8 и 9. Забелязва се тенденция за увеличаване на площта на хистерезисните примки с увеличаване на приложената нормална сила в съединението.



Фиг. 8. Хистерезисна графика на сила–преместване на образец Н-01



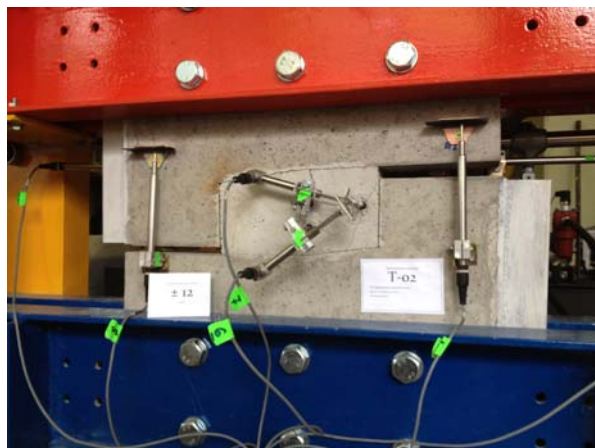
Фиг. 9. Хистерезисна графика на сила–преместване на образец Н-03



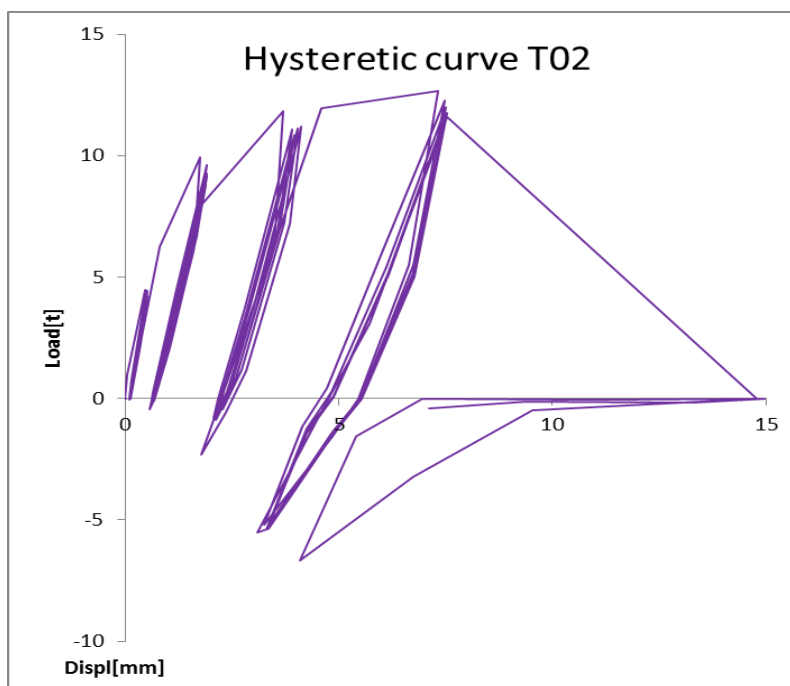
Фиг. 10. Хистерезисна графика на сила–преместване на образец Н-06

5.3. Образци на хоризонтално съединение Т01-Т03

Изпитването и поведението на образци на хоризонтално съединение, подложено на опън, серия Т, протича по идентичен начин. Първите пукнатини са перпендикулярни на оста на армировката, фиг. 11. Започва пластична работа на преминаващата армировка, като пукнатините се разширяват с всеки следващ цикъл на натоварване. Достигане на максимална носеща способност от 12,6 t при преместване $s = 7 \text{ mm}$ фиг. 12, след което преминаващата армировка се къса. Използваната армировъчна стомана показва по-голяма граница на провлачване, което се потвърждава от изпитване на образци от същата стомана.



Фиг. 11. Пукнатини преди разрушение при образец на хоризонтално съединение, подложено на опън Т-02



Фиг. 12. Хистерезисна графика на сила–преместване на образец Т-02

6. Изводи и заключения

Успешно бяха изпитани 15 броя образци на едропанелни съединения. След напукването на замонолитващия бетон носещата способност на съединенията спада, като при някои образци спадането е драстично. Същите изводи могат да се направят и за коравината на изпитаните съединения. Тези констатации бяха направени при сравнително ниски деформации.

Образци серия Н показват хистерезисни примки с голямо количество на дисипирана енергия, но това се наблюдава при прилагане на твърде големи премествания. Образци серия V показват висока носеща способност, но след преодоляването ѝ, престават да изпълняват функцията си. Образци серия Т показват пластична работа и възможност за дисипиране на енергия, но преминаващата армировка се къса при сравнително ниски премествания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стратев*. Специализирано проучване за състоянието на жилищните сгради, построени по ЕПЖС. 1998 г.
2. *Илия Митев Илиев*. Безскелетно-панелни сгради. Техника, 1985 г.
3. *Бранков*. Масивни конструкции. Техника, 1970 г.
4. Указания за проектиране на съединенията на ЕПЖС. 04.1981 г.

5. *Косев, С.* Носеща способност на армирани полудюбели и бетонни дюбелообразни съединения. Сп. Строителство, 1985 г.
6. Draft guide for the design of precast wall connections. CEB, Bulletin № 169, April 1985.
7. *Николов, Ат.* Изследвания върху поведението на стоманобетонни дюбелни съединения в едропанелните жилищни сгради при земетръсни въздействия. ВИАС, 1993.
8. БДС EN 1998-1.

Постъпила: април 2015 г.

EXPERIMENTAL STUDY OF PRECAST LARGE-PANEL JOINTS RESPONSE

A. Nikolov¹, R. Orlinov², O. Ganchev³

Keywords: *precast joints, large-panel buildings*

Research area: *reinforced concrete structures*

ABSTRACT

Experimental study of 15 precast large-panel joints of BS-69-Sf system is presented. All specimens are subjected to quasi-static loading. The joint specimens are scaled 1:2 and represent the response of a large-panel building under seismic action. Cracking, damage in infill concrete and reinforcement rupture are observed.

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

² Radoslav Orlinov, Assist. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: orlinov_fce@uacg.bg

³ Ognyan Ganchev, Dept. "Steel, Timber and Plastic Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ogg@abv.bg