

УДК 624.012

ВПЛИВ ВІДІГНУТИХ АНКЕРІВ НА МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЗСУВІ ТА СУМІЖНІЙ ДІЇ ЗСУВАЮЧОЇ СИЛИ І ЗГІНАЛЬНОГО МОМЕНТУ

ВЛИЯНИЕ ОТОГНУТЫХ АНКЕРОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ СДВИГЕ И СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ СДВИГАЮЩЕЙ СИЛЫ И ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА

INFLUENCE OF THE UNBENDED ANCHORS IS ON DURABILITY AND DEFORMATIONS OF DETAILS OF ESTABLISHMENT AT CHANGE AND CONTIGUOUS ACTION OF SHEAR FORCE AND BENDING MOMENT

Салийчук Л.В., с.н.с. (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів)

Салийчук Л.В. с.н.с. (Национальный университет «Львовская политехника», г. Львов)

Saliychuk L.V. senior research fellow (Lviv Polytechnic National University, Lviv)

Наведені результати порівняльних експериментальних досліджень міцності і деформацій натурних закладних деталей з нормальними і комбінованими-нормальними і відігнутими анкерами при зсуві і зсуві зі згином

Приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований прочности и деформаций натурных закладных деталей с нормальными и комбинированными – нормальными и отогнутыми анкерами при сдвиге и сдвиге с изгибом.

The results of comparative experimental researches of durability and deformations of model details of establishment by the unbended anchors are resulted

Ключові слова:

Закладні деталі, нормальні, відігнуті анкери; міцність, деформативність.

Закладные детали, нормальные, отогнутые анкера, прочность, деформативность.

Details of establishment, normal, anchors are unbended; durability, deformations.

1. Вступ. Постановка питання. Застосування у залізобетонному будівництві металевих закладних деталей з анкерами різних типів є одним з найбільш розповсюджених способів влаштування вузлових і стикових з'єднань. Їх відносять до відповідальних конструктивних елементів, від працездатності яких залежить несуча здатність, надійність і довговічність залізобетонних конструкцій, виконаних за допомогою таких з'єднань. Тому експериментальному і теоретичному дослідженню їх роботи при різних схемах навантаження приділяли велику увагу [1,2,3,4,6,7,10,11,12,13,15,16]. У проведених дослідженнях переважно вивчали роботу закладних деталей з гнучкими арматурними нормальними анкерами [1,2,3,7,10,11,12]. Крім того більшість з них виконана на моделях закладних деталей невеликих розмірів з діаметром анкерів 10-14 мм [1,2], що не в повній мірі відображає роботу під навантаженням натурних закладних деталей під великі навантаження з анкерами більших діаметрів (20-32 мм). Суттєвим недоліком проведених досліджень є також недостатня дослідженість закладних деталей з комбінованими – нормальними і відігнутими анкерами, зокрема при найбільш характерних схемах їх навантаження – лише зсуваючою силою або одночасно зсуваючою силою і згинальним моментом. Таких досліджень проведено недостатньо і проблема дослідження закладних деталей з комбінованими анкерами надалі залишається актуальною.

Тому метою даної роботи були порівняльні експериментальні дослідження міцності і деформативності закладних деталей натурних розмірів під великі навантаження з нормальними і комбінованими – нормальними і відігнутими анкерами при найбільш розповсюджених схемах навантаження: зсуваючою силою і зсуваючою силою зі згинальним моментом.

2. Програма і методика експериментальних досліджень. Конструкція дослідних зразків. Матеріали. Програма експериментальних досліджень включала випробування двох серій експериментальних зразків з закладними деталями натурних розмірів (рис. 1) при навантаженні їх тільки зсуваючою силою (серія S) і одночасно зсуваючою силою і згинальним моментом (серія SF).

В обох серіях S і SF прийняті закладні деталі двох типів - тільки з нормальними анкерами (№1; S-1 і SF-1) (рис. 1,в) та з нормальними і відігнутими анкерами (№2 S-2 і SF-2) (рис. 1,г). Нормальні анкери приварювали до пластин півавтоматичним зварюванням в середовищі вуглекислого газу в розсвердлених отворах (рис. 1,д), дотичні - внахлест фланговими швами. Між собою ці серії відрізнялись лише способом навантаження закладних деталей: зразки серії S навантажували лише зсуваючим зусиллям, яке прикладали в площині пластин закладних деталей до їх виступаючих консолей (рис. 1,а), а зразки серії SF – зсуваючим зусиллям і згинальним моментом через металевий опорний столик, до якого зсуваюче зусилля прикладали з ексцентриситетом 8.5 см (рис. 1,б).

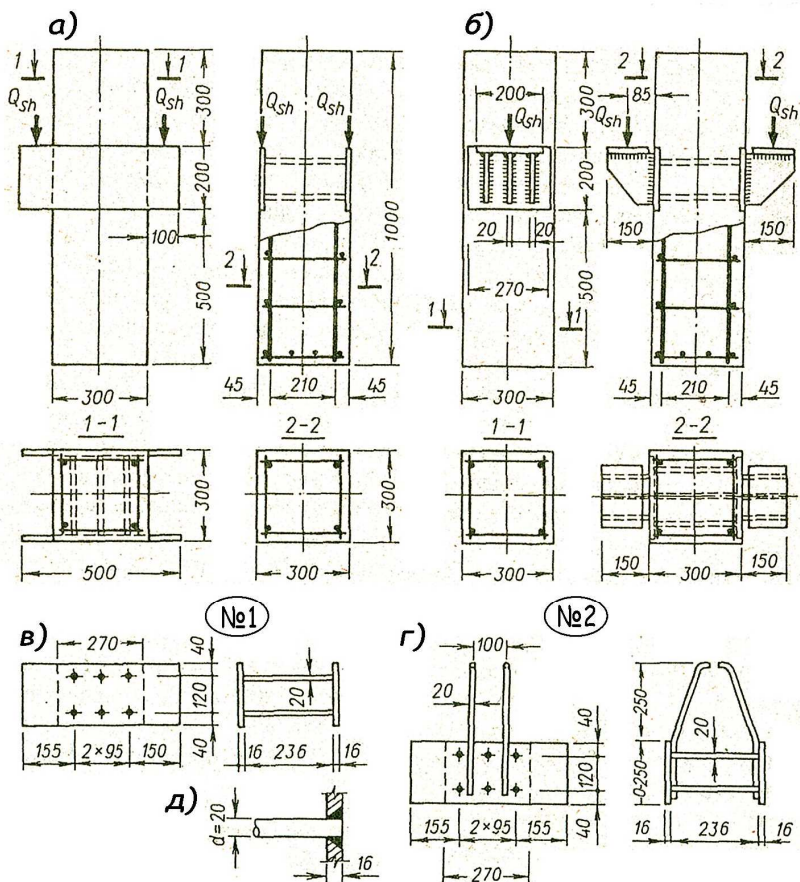


Рис. 1. Конструкція експериментальних зразків з закладними деталями №1 і №2 при навантаженні зсуваючою силою (серія S) (а) та зсуваючою силою і згинальним моментом (серія SF) (б) і типи досліджуваних закладних деталей №1 (в) і №2 (г)

Порівнянням результатів випробувань зразків із закладними деталями першого і другого типів оцінювали вплив відігнутих анкерів на несучу здатність і деформативність останніх як при чистому зсуві (серія S), так і при зсуві зі згином (серія SF).

Дослідні зразки обох серій виготовляли одночасно, в заводських умовах з бетонної суміші одного складу 1:1,32:3,65 при В/Ц-0,42, виготовленої на заводському бетонному вузлі. До початку випробувань кубова міцність бетону становила 41,6 МПа, призмova – 30,4 МПа. Для нормальних і відігнутих анкерів застосовували стержневу арматуру періодичного профілю класу А-III з межею текучості 408,1 МПа.

Випробування проводили на 500-тонному пресі при симетричному навантаженні обох консолей. Навантаження прикладали ступенями 0,05-0,1 від можливого руйнівного з витримкою на кожному ступені 15-20 хв. Мікроіндикаторами часового типу з ціною поділки 0,001 мм вимірювали вертикальні і горизонтальні зміщення пластин закладних деталей, за якими оцінювали жорсткість анкерів і ступінь їх анкерування в бетоні, а за кутами повороту визначали коефіцієнти податливості, порівнюючи які між собою визначали ефективність того чи іншого типу анкерів. У результаті випробувань одержані дані про характер та причини руйнування, величини навантажень утворення тріщин і руйнівних, а також деформативність закладних деталей з нормальними і з нормальними та відігнутими анкерами. Основні результати випробувань наведені в таблиці 1.

3. Аналіз результатів випробувань закладних деталей серій S і SF.

Характер роботи анкерів під навантаженням аналізували за графіками «Зсуваюча сила – вертикальні і горизонтальні (для закладних деталей серії SF) переміщення пластин закладних деталей» (рис.2,а,б) [5,12,14]. Криві вертикальних переміщень пластин закладних деталей №1(1) і №2(2), випробуваних тільки зсуваючими зусиллями і таких же закладних деталей - зсуваючим зусиллям і згинальним моментом (3,4), мають однаковий характер (рис.2,а,б). До критичного навантаження Q_{cr} залежність $Q_{sh} - \Delta h$ майже лінійна. Після його досягнення анкери обох типів незалежно від схеми навантаження не втрачають несучої здатності, але через інтенсивний ріст вертикальних і горизонтальних переміщень їх податливість значно зростає, а між пластиною закладної деталі і поверхнею бетону виникає тріщина. Тому з умов обмеження деформацій вузлових з'єднань і забезпечення їх жорсткості експлуатаційні навантаження на закладні деталі не повинні перевищувати критичних, які потрібно приймати за граничні при розрахунках міцності анкерів у з'єднаннях залізобетонних елементів [1,2,5,8,9,11,14,15]. Співвідношення між руйнівним і критичним навантаженнями досить значне і за даними випробувань становить 1,33...1,56, що свідчить про достатній резерв міцності анкерів і закладних деталей за межами критичних сил.

Руйнування зразків серії S, випробуваних на чистий зсув, з закладними деталями №1 настало від текучості арматури анкерів з одночасним відколюванням бетону під пластинами закладної деталі [7,10,11,12]. Після відколювання безпосередньо перед руйнуванням в ядрі перерізу зразків під анкерами утворились тріщини розколювання, які свідчили про те, що при руйнуванні цих зразків нарівні з текучістю арматури настає також місцеве руйнування бетону під анкерами і навкруги них поблизу поверхні пластин. При цьому процес руйнування супроводжувався значним загальним зміщенням пластин вздовж напрямку дії зсуваючої сили, яке досягало величини 5...7 мм.

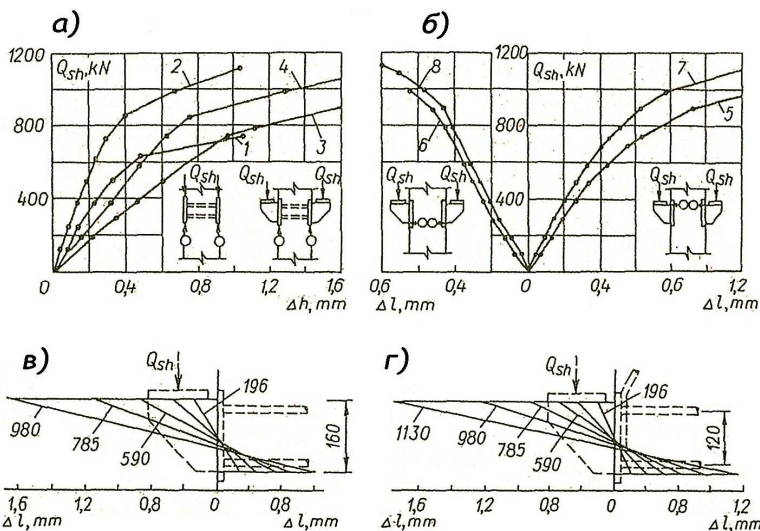


Рис. 2. Графіки вертикальних (а) і горизонтальних (б) переміщень пластин закладних деталей №1 (1,2,5,6) і №2 (3,4,7,8) та епюри горизонтальних переміщень закладних деталей №1 (в) і №2 в серії випробувань SF

Таблиця 1

Результати випробувань закладних деталей серій S і SF

Шифр	Тип закладних деталей	Критична сила Q_{cr} , кН		Руйнівна сила, Q_u , кН		$\frac{Q_4}{Q_2}$	Переміщення при Q_{cr} , мм	
		Q_1	Q_2	Q_3	Q_4		Δh	Δl
		S-1a S-1в S-1г	№ 1	581	616		895	883
S-2a S-2в S-2г	640	875						
SF-1a SF-1в SF-1г	626	878						
S-2a S-2в S-2г	№ 2	845	856	1235	1245	1,454	0,38	-
SF-2a SF-2в SF-2г		886		1297				
SF-1a SF-1в SF-1г		843		1202				
SF-2a SF-2в SF-2г	№ 1	685	680	1020	1014	1,491	0,82	0,52
SF-1a SF-1в SF-1г		645		961				
SF-2a SF-2в SF-2г		710		1060				
SF-2a SF-2в SF-2г	№ 2	742	734	1155	1142	1,556	0,63	0,44
SF-1a SF-1в SF-1г		724		1126				
SF-2a SF-2в SF-2г		736		1145				

Умовні позначення до таблиці:

$Q_1-Q_{cr}^{exp}$; $Q_3-Q_u^{exp}$ - експериментальна критична і руйнівна сили (кН);

$Q_2-Q_{m,cr}$; Q_4-Q_{mu} - середня критична і руйнівна сила (кН);

Δh , Δl - вертикальне і горизонтальне переміщення пластин закладної деталі (мм) при $Q_{sh}=Q_{cr}$;

Зразки цієї ж серії із закладними деталями №2 руйнувались аналогічно, але при більших навантаженнях від настання текучості арматури нормальних і відігнутих анкерів і зминання бетону під нижньою гранню пластин закладної деталі.

В експериментальних зразках серії SF з закладними деталями №1 перші тріщини утворились на контакті закладних деталей з бетоном, що супроводжувалось зростанням вертикальних (3) і горизонтальних (5,6) зміщень пластин (рис.2,а,б). При навантаженнях 780...830кН (0,85 від руйнівних) утворились вертикальні тріщини на бокових гранях колони зі сторони пластин. Тріщини розповсюджувались від нижніх анкерів вниз по колоні. Ці зразки зруйнувались внаслідок текучості арматури верхніх горизонтальних анкерів. Руйнування супроводжувалось зсувом пластин закладних деталей вниз на 4,5...5,5мм і руйнуванням зовнішнього шару бетону колони під нижньою гранню пластин, а також зминанням його під анкерами.

При поетапному навантаженні зразків серії SF з закладними деталями №2 при навантаженнях 540...590кН по контуру закладних пластин зі сторони розтягнутих граней утворились тріщини відриву. Після їх виникнення істотно збільшувались вертикальні (2,4) і горизонтальні (7,8) переміщення (рис.2,а,б). Безпосередньо перед руйнуванням, при навантаженнях 840...880кН в нижній частині колон на гранях, де розміщені пластини закладних деталей, виникли вертикальні тріщини від нижньої грані пластин вздовж колон. Максимальні руйнівні навантаження відповідали текучості арматури розтягнутого ряду горизонтальних анкерів. У зразку SF-2в обірвався один анкер у місці приварювання його до пластини. Руйнування супроводжувалось виколуванням шару бетону під нижньою гранню пластини і зминанням його під нижнім рядом горизонтальних анкерів. Одночасно пройшов зсув вниз на 3...4 мм пластин закладної деталі, а вздовж відігнутих анкерів на бокових гранях колони утворились вертикальні тріщини розколювання, що свідчить про проковзування цих анкерів у бетоні.

Значення критичних і руйнівних навантажень для зразків серій S і SF наведені в таблиці 1. Майже однакові критичні сили і руйнівні навантаження мали зразки серій S і SF з закладними деталями №2. При випробуваннях на зсув критичні сили і несуча здатність закладних деталей №2 з нормальними та відігнутими анкерами в 1,4-1,5 рази більша від закладних деталей №1 тільки з нормальними анкерами. При випробуваннях на зсув зі згином вплив відігнутих анкерів на величину критичної сили і несучу здатність значно менший. Закладні деталі № 2 мали лише в 1,08 разів більшу критичну силу і в 1,13 рази більшу несучу здатність порівняно із закладними деталями №1. Руйнування зразків із закладними деталями №2 настало до текучості арматури відігнутих анкерів і супроводжувалось їх проковзуванням у бетоні. Отже, порівнюючи руйнівні навантаження на закладну деталь №1 і №2, можна зробити висновок, що відігнуті анкери не істотно вплинули на несучу

здатність закладної деталі №2 при її навантаженні одночасно зсуваючою силою і згинальним моментом.

Цей результат випробувань дещо неочікуваний, оскільки відігнуті анкери рекомендують використовувати як найбільш ефектні для сприйняття зсуваючих зусиль. Проведеними експериментами це не підтвердилось. В зразках з закладними деталями №2 при настанні текучості арматури верхнього ряду повздовжніх розтягнутих анкерів і зминання бетону під нижнім рядом стиснутих, відігнуті анкери слабо включались в роботу, що і призвело лише до незначного збільшення їх несучої здатності порівняно з закладними деталями №1.

Деформативність закладних деталей №1 і №2 в зразках серій S і SF оцінювали за вимірними в процесі випробувань вертикальними і горизонтальними зміщеннями пластин закладних деталей з випробувань трьох зразків кожного типу. Графіки цих деформацій показані на рис.2,а,б, а епюри горизонтальних переміщень пластин закладних деталей №1 і №2 – на рис 2,в. Аналізуючи графіки деформацій, треба відмітити, що як і при чистому зсуві, так і при зсуві зі згином до досягнення зсуваючими силами критичних вертикальні та горизонтальні переміщення майже лінійні. Значне збільшення їх спостерігали при навантаженнях, більших від критичних. Очевидно, воно пов'язане з початком текучості розтягнутих анкерів або з початком зминання бетону під горизонтальними анкерами і нижньою гранню пластини. Більшу деформативність мають закладні деталі №1. Наявність відігнутих анкерів зменшує деформативність пластин закладних деталей в 1,3-1,5 рази. Деформативність закладних деталей при чистому зсуві в 1,65-1,8 разів менша, ніж при зсуві зі згином.

Відносно деформативність закладних деталей №1 і №2 в зразках серії SF додатково оцінювали за коефіцієнтами податливості, які визначали як тангенс кута повороту пластин закладної деталі від дії вузлового моменту. При критичному навантаженні коефіцієнт податливості закладної деталі №1 становив 0,054 і був в 1,54 рази більший від закладної деталі №2. Тобто, на меншу деформативність закладної деталі №2 суттєво вплинула наявність відігнутих анкерів.

Висновки. 1. За розрахунковий граничний стан для закладних деталей як з нормальними, так і комбінованими-нормальними і відігнутими анкерами слід приймати досягнення критичної сили, яка відповідає верхній границі майже лінійної ділянки діаграми деформування закладних деталей як при зсуві, так і при зсуві зі згином. Цей стан відповідає також умові обмеження деформативності закладних деталей.

2. При зсуві наявність відігнутих анкерів в 1,4-1,5 рази збільшує несучу здатність закладних деталей за критичною силою. При одночасній дії зсуву зі згином вплив відігнутих анкерів на несучу здатність незначний, оскільки руйнування настає від текучості верхнього ряду нормальних анкерів аналогічно як у згинаних елементах.

3. Наявність відігнутих анкерів значно зменшує деформативність закладних деталей як при зсуві, так і зсуві зі згином. При зсуві деформативність закладних деталей менша ніж при зсуві зі згином.

1. Катин Н.И. Работа закладных деталей при сдвиге и совместном действии сдвигающих сил и изгибающих моментов / Катин Н.И., Стульчиков А.М. // Сб. НИИЖБ. Стыки сборных железобетонных конструкций. -М.: Стройиздат, 1970. - с.118-161. 2. Катин Н.И. Работа закладных деталей с нормальными гибкими анкерами / Катин Н.И., Шитиков Б.А. // Сб. НИИЖБ Расчет и конструирование железобетонных конструкций. -М.: Стройиздат, 1972. 3. Катин Н.И. Закладные детали в колоннах для крепления стальных связей / Катин Н.И., Шитиков Б.А. // Сб. НИИЖБ. Конструкции и узлы многоэтажных зданий из железобетона. -М.: Стройиздат, 1974., - Вып. 10. -с. 111-155. 4. Катин Н.И. Сопряжения в каркасах многоэтажных производственных зданий / Катин Н.И., Шитиков Б.А. // Бетон и железобетон. -М.: Стройиздат, 1975. - №2. -с.4-6. 5. Катин Н.И. Критические нагрузки на закладные детали при сдвиге / Катин Н.И., Шитиков Б.А.// Сб. Сборные железобетонные конструкции из высокопрочного бетона. -М.: НИИЖБ, 1976. -с. 142-148. 6. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Клименко Ф.Е. / -К.: Будівельник., 1984. -86 с. 7. Клименко Ф.Е. Экспериментальні дослідження міцності і деформативності гнучких анкерів закладних деталей при їх взаємодії з бетоном. / Ф.Є. Клименко, Л.В. Салійчук. // Вісник Львівського державного аграрного університету «Архітектура і сільськогосподарське будівництво». –Львів:ЛДАУ, 2006, 2006. -№7. –с. 119-128. 8. Климов Ю.А. Предельное состояние арматурного стержня в бетонном массиве при предельно-поперечном изгибе / Климов Ю. А.// XL conf. nauk. KLiW PAN I KN PZiTB Problemy naukowo-badawcze budownictwa. - Tom. 3: Konstrukcje betonowe. - Rzeszów-Krynica-Warszawa: Zakład malej poligrafij Politechn. Rzeszówskiej, 1994. -s. 65-92. 9. Кольнер ВМ., Работа арматурного стержня в бетоне при поперечном нагружении / Кольнер ВМ., Тевелев Ю.А. // Сб. трудов ВНИИЖБ. Железобетон. -М.: Стройиздат, 1967. -Вып.13. -с. 119-131. 10. Салійчук Л.В. Взаємодія з бетоном анкерів закладних деталей в зоні їх розташування. / Л.В. Салійчук. // 3б. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. –Рівне: УДУВГП, 2003. –Вип. 9. –с. 311-316. 11. Салійчук Л.В. Дослідження роботи гнучких анкерів в закладних деталях і з'єднаннях залізобетонних конструкцій. / Л.В. Салійчук. // Вісник НУ «Львівська політехніка» Теорія і практика будівництва. –Львів:НУЛП, 2006. -№562. –с. 81-96. 12. Салійчук Л.В. Несуча здатність і деформативність закладних деталей з різними типами анкерів при зсуві. / Л.В. Салійчук. // Вісник наукових праць Одеської державної академії будівництва і архітектури. –Одеса: ОДАБА, 2010. –Вип. №39, частина 2. –с. 226-234. 13. Холмянский М.М. Закладные детали сборных железобетонных элементов / М.М.Холмянский. // -М.: Стройиздат, 1968. - 208 с. 14. Шитиков Б.А. Экспериментальные исследования анкерных стержней в бетоне при действии поперечной нагрузки / Б.А.Шитиков. // Сб. НИИЖБ Совершенствование стыков железобетонных конструкций. -М.: Стройиздат, 1987. -с. 23-30. 15. Шитиков Б.А. О предельных состояниях закладных деталей железобетонных конструкций / Шитиков Б.А.// Сб. НИИЖБ Совершенствование железобетонных конструкций. -М.: Стройиздат, 1978. -с. 165-177. 16. Шитиков Б.А. Изгиб стального стержня в бетоне. / Б.А.Шитиков. // Сб. НИИЖБ. Штампованные и сварные закладные детали железобетонных конструкций. -М.: НИИЖБ, 1979. - с.110-127.