

УДК 691.58.668.3

**ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ
СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ КЛАССА А500С ОТ ТОЛЩИНЫ
КЛЕЕВОГО СЛОЯ**

*к.т.н., проф. Золотов М.С., асп. Шишкин Э.А.,
к.т.н., доц. Скляр В.А., к.т.н., доц. Гарбуз А.О.*

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

При модернизации, ремонте и реконструкции существующих зданий и сооружений различных отраслей промышленности широко применяются полимерные клеи для соединения бетонных элементов, причем как старого бетона со старым, так и старого с новым, для заделки трещин в бетоне, а также для крепления строительных конструкций, в том числе железобетонных путем заделки арматурных выпусков и анкерных болтов в бетон для различных целей. Полимерные клеи разрешают значительно повысить прочность соединений, улучшить их динамические характеристики, защитить бетон от коррозии, проводить бетонные работы в любое время года. Склеивание бетонных и железобетонных элементов находит применение во всех областях строительства: жилом, промышленном, гидротехническом, транспортном, специальном и др.

Высокая склеивающая способность полимеров разрешает решать много инженерных задач по-новому повышая технологичность и энергосбережение строительного производства. Для создания равномерного и водонепроницаемого стыка между отдельными железобетонными элементами применяют полимерные клеевые композиции, которые позволяют соединять не только бетоны, но и заделывать арматуру в бетон. Клеи хорошо заполняют зазоры, дают возможность регулировать вязкость в широком диапазоне, быстро отвердевают и имеют высокую прочность.

Наибольшее распространение в строительстве для указанных выше целей получили клеи на основе эпоксидных смол. В работах [1, 2] рассмотренные вопросы устройства и прочности клеевых соединений, обобщенно опыт применения таких методов соединения, показано их перспективность в сравнении с традиционными способами замоноличивания стыков.

В настоящее время наиболее широкое применение получили наряду с эпоксидными акриловые клеи, поскольку они своими свойствами отвечают всем требованиям к клеям при устройстве надежных и долговечных соединений бетонных и железобетонных элементов [3, 4]. Они дешевле, технологичнее, просты и надежны в приготовлении [5, 6].

Наиболее распространенная конструкция с применением указанного материала является анкерное соединение в виде клеевой анкеровки в бетон арматурных стержней.

В связи с использованием в Украине в строительном производстве нового сортамента арматурной стали согласно ДСТУ 3760:2006 авторами были

проведены сравнительные аналитические исследования геометрических характеристик арматурных стержней классов А500С и А-III.

Несмотря на преимущественно физико-механическим свойствам арматуры класса А500С по сравнению с арматурой класса А-III она обладает более низкими параметрами сцепления. Так, высота выступов арматуры серповидного профиля в 1,04...1,48 раза меньше, а шаг выступов в 1,6...3,33 раза больше. Как следствие, величина относительной площади смятия, характеризующая сцепление арматуры с бетоном, для стержней серповидного профиля в 2,4...3,7 раза меньше, чем соответствующие значения для стержней винтового профиля.

В связи с широким применением указанного класса арматуры в строительстве были проведены экспериментальные исследования по определению прочности заделки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловыми клеями различных составов [4, 5] при воздействии на соединение кратковременной и длительно действующих нагрузок. Исследовалась прочность и деформативность клеевой анкерки в зависимости от глубины заделки арматурного стержня в железобетонные образцы, которые изготавливались из бетона класса В20.

Результат этих исследований показал, что глубина заделки арматуры указанного класса в бетоне, в зависимости от состава акрилового клея, составляет $l_{анк} = 17,5$ и $22,5d_s$ [7, 8, 9].

Авторами были проведены теоретические исследования напряженно-деформируемого состояния клеевой анкерки серповидной арматуры в бетоне акриловыми клеями с использованием осесимметричной задачи теории упругости [10-12]. В результате исследований были определены напряжения и деформации как в арматуре, клее и бетоне, так и на контактах клей-анкер и клей-бетон. В связи с указанным были проведены расчетные эксперименты по определению влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние исследуемого анкерного соединения [11, 12]. Одним из факторов влияющих на напряженно-деформированное состояние клеевой анкерки арматурного стержня класса А500С является толщина клеевого слоя или диаметры скважины. В связи с указанным авторами проведен расчетный эксперимент по определению влияния указанных факторов на напряженно-деформированное состояние клеевой анкерки арматурного стержня класса А500С. Расчеты выполнялись в случае применения бетона класса В15 (модуль упругости $E_b = 2,9 \cdot 10^4$ МПа) акриловый клей с пределом прочности 98,2 МПа (модуль упругости $E_k = 14 \cdot 10^3$ МПа), серповидная арматура класса А500С ($E_s = 1,2 \cdot 10^5$ МПа). К арматурному стержню прикладывалось единичное расчетное усиление σ_{z_0} . Геометрические характеристики анкерного соединения приведены в таблице. При этом глубина заделки арматурного стержня составляла $l_{анк} = 17,5d_s = 35,0$ см, диаметр стержня $d_s = 2,0$ см, толщина клеевого слоя в соответствии с нормативными требованиями изменялась от 0,5 до 5 см. Приведенные в таблице значения l_0 и l_1 используют-

ся в выражениях, по которым определялись напряжения и деформации в кле-
евом соединении [10].

Геометрические характеристики анкерного соединения

№ п/п	Диаметр арматурно- го стержня d_s , см	Толщина клевого слоя δ , см	Диаметр скважины $d_{скв}$, см	Величина отношений	
				$l_0 = \frac{l_{анк}}{r_s}$	$l_1 = \frac{l_{анк}}{r_{ска}}$
1	2,0	0,5	3,0	35	
2	2,0	1,0	4,0	35	
3	2,0	1,5	5,0	35	
4	2,0	2,0	6,0	35	
5	2,0	2,5	7,0	35	
6	2,0	3,5	9,0	35	
7	2,0	4,0	10,0	35	
8	2,0	5,0	12,0	35	

Распределение нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части анкера в зависимости от толщины клевого слоя, полученное в результате расчета, представлено на рис.1, на котором кривые 1 – для толщины клевого слоя $\delta = 0,5$ см; 2 – для $\delta = 1,0$ см; 3 – для $\delta = 1,5$ см; 4 – для $\delta = 2,0$ см; 5 – для $\delta = 2,5$ см; 6 – для $\delta = 3,5$ см; 7 – для $\delta = 4,0$ см; 8 – для $\delta = 5,0$ см.

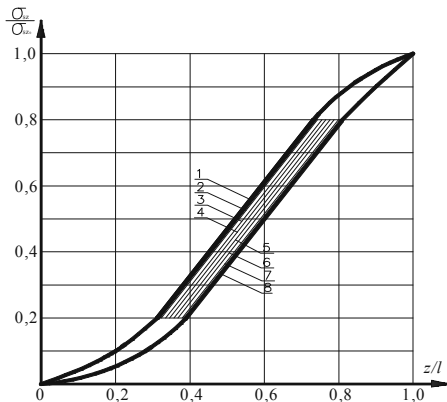


Рис. 1. Распределение нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части анкера в зависимости от толщины клевого слоя:
где 1 – $\delta = 0,5$ см; 2 – 1 см; 3 – 1,5 см; 4 – 2,0 см; 5 – 2,5 см; 6 – 3,5 см;
7 – 4 см; 8 – 5 см

Анализ эпюр распределения нормальных осевых напряжений в арматурном стержне по длине его заделки говорит о следующем. Качественно характер напряжений не меняется в зависимости от толщины клевого слоя. Одна-

ко величина этих напряжений по мере увеличения толщины клеевого слоя уменьшается в среднем на 12%.

На рис. 2 представлены графики зависимости от толщины клеевого слоя максимумов касательных τ_{rz} , нормальных осевых σ_{bz} , радиальных σ_r и окружных, а также значения минимумов σ_r и σ_θ напряжений в клее соответственно на контактах клей-анкер и клей-бетон.

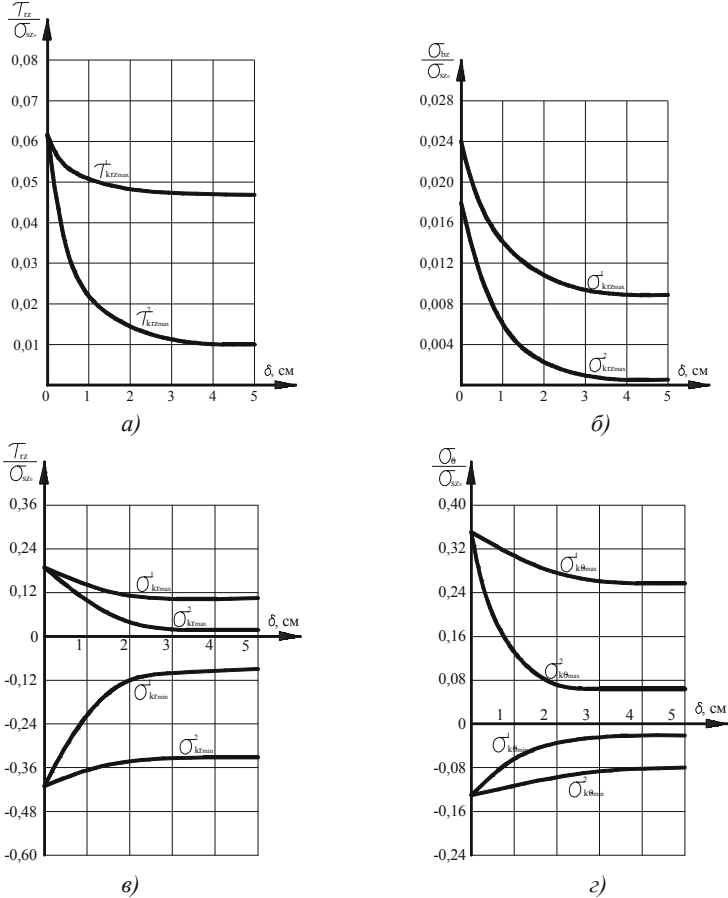


Рис. 2. Графики зависимостей от толщины клеевого слоя максимумов касательных(а), нормальных осевых (б), радиальных (в) и окружных (г), а также их минимумов (в,г) в клее соответственно на контактах клей-анкер (1) и клей-бетон (2)

Анализ результатов показывает, что с уменьшением толщины слоя наблюдается изменение напряженного состояния анкерного соединения. Ка-

сательные напряжения (рис. 2а) резко возрастают как на контакте клей-анкер, так и на контакте клей-бетон. Нормальные осевые напряжения (рис. 2б) на контакте клей-анкер возрастают более резко, чем на контакте клей-бетон. Радиальные напряжения на контакте клей-анкер также возрастают (рис. 2в), но не менее резко и превышают радиальные напряжения на контакте клей-бетон приблизительно на одну и ту же величину. Характер изменения окружных напряжений (рис. 2г) носит аналогичный характер.

Изменение максимумов осевых и радиальных перемещений в клее и бетоне в зависимости от толщины клеевого слоя представлены на рис. 3.

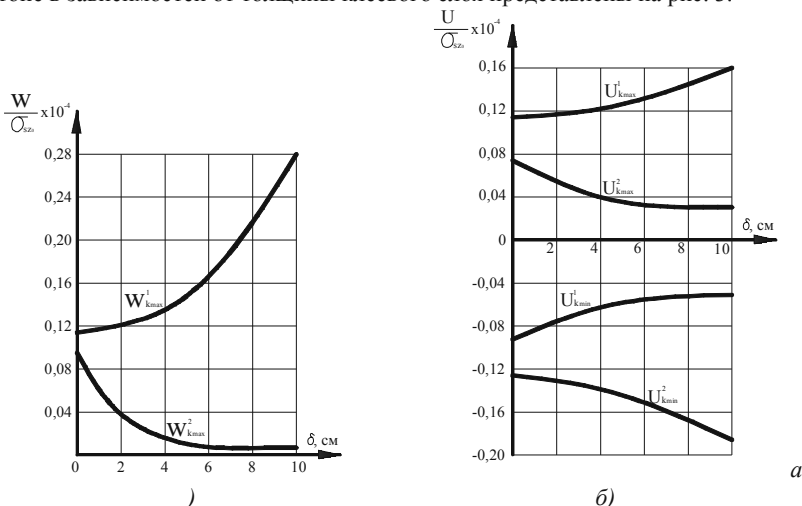


Рис. 3. Графики зависимостей от толщины клеевого слоя максимумов осевых (а), а также максимумов и минимумов радиальных (б) перемещений в клее соответственно на контактах клей-анкер (1) и клей-бетон (2)

С уменьшением толщины клеевого слоя осевые перемещения (рис. 3а) на контакте клей-анкер уменьшаются, а на контакте клей-бетон возрастают, по своей величине стремясь к значениям на контакте клей-анкер.

То же самое можно сказать и о радиальных перемещениях на контакте клей-анкер и клей-бетон (рис. 3б).

В результате анализа графиков изменения напряжений в элементах соединения становится очевидным, что наиболее опасно увеличение касательных напряжений в бетоне на контакте клей-бетон в связи с малой прочностью бетона на срез и растяжение. Следовательно, при толщинах клеевого слоя близкому к нулевому значению может произойти разрушение соединения на контакте клей-бетон по бетону.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А.С. Фрейдин. – М.: Химия, 1981. – 270 с.

2. Treasaway K.W. Performance of fusion – bonded epoxe-coateg steel reinforcemen / K.W.Treasaway, H.T. Davis // Structural engineer. – 1999. – Vol. 67. – № 2. – P. 31-59.
3. Шутенко Л.Н. Акриловые клеи для соединения бетонных и железобетонных конструкций / Л.Н. Шутенко, С.М. Золотов, А.О. Гарбуз, О.В. Зудов // Архитектура – строительное материаловедение на рубеже веков: материалы докладов Международной интернет-конференции. – Белгород: БелТАСМ, 2002. – С. 201-205.
4. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / М.С. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – к.: НДІБК, 2003. – Вип.59. – С. 440 – 447.
5. Золотов С.М. Инновационные материалы на основе акриловых полимеров для восстановления и ремонта конструкций объектов строительства и транспорта // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта: сб. науч. тр. – Днепродзержинск: ПГАСА, 2004. – Вып. 30. – С. 192-196.
6. Zolotov S. Adhesive on the Basis of Acrylic Compound to Join Concrete and Reinforced Concrete Elements // Science, Education and Society: 11 International Scientific Conference University of Zilina. Slovak Republic, part I, 2003. – P. 323-325.
7. Золотов М.С. Прочность и деформативность клеевой анкеровки в бетон арматурных стержней класса А500С / М.С. Золотов, Л.М. Шутенко, В.А. Склярков // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК. – 2011. – Вип. 74. Кн. 1. – С. 68-665.
8. Прочность клеевой анкеровки арматурных стержней в железобетонные элементы / М.С. Золотов, А.О. Гарбуз, Э.А. Шишкин, О.Н. Коремян // XXXVI научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ. Часть 2 – Харьков, 2012. – С. 165-167.
9. Опыт использования акриловых клеев для соединения строительных конструкций / М.С. Золотов, В.А. Склярков, С.М. Золотов, А.О. Гарбуз, Э.А. Шишкин, О.Н. Коремян // Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: материалы III Международной научно-технической интернет-конференции. – Х., 2012. – С. 15-20.
10. Напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Склярков, К.А. Рапина // Науковий вісник будівництва Вип. 66.: ХДТУБА, 2011. – С.176-183.
11. Влияние возраста акрилового клея на напряженно-деформированное состояние анкеровки арматурных стержней периодического профиля / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Склярков, О.Н. Коремян // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2012. – Вип. 67. – С.159-165.
12. Золотов М.С. Влияние глубины заделки арматурного стержня серповидного профиля на напряженно-деформируемое состояние анкерного соединения на акриловых клеях / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Склярков // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Х.: ХНАМГ, 2012. – Вип. 105. – С. 106-111.