

МИНЕРАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ АНКЕРОВКИ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ

Ковальчук В.А.

Криворожский национальный университет, Украина

Надежность железобетонных конструкций зависит от анкеровки концов арматуры, как на контуре конструкций, так и в стыках, узлах, в месте обрыва стержней. Анкеровка - закрепление концов арматуры внутри бетона или на его поверхности - обеспечивается либо силами сцепления, либо специальными анкерными устройствами на концевых участках арматуры, либо, наконец, теми и другими совместно. В настоящее время, успешно развиваются и создаются различные гипотезы и теории сцепления бетона с арматурой. Однако ни одна из них пока не учитывает влияние всех многочисленных факторов на надежность анкеровки. При этом положению исключительную роль играют экспериментальные данные. Они позволяют выявить влияние многочисленных факторов, связанных со свойствами бетона и арматуры на прочность сцепления арматуры с бетоном, а также установить надежность анкеровки при различных силовых воздействиях возникающих в конструкциях. Выдергивание (вытягивание) стержней арматуры из бетонных массивов является наиболее приемлемым при решении задач теории сцепления, а также задач прикладного характера. Для получения сопоставимых данных о влиянии различных факторов на анкеровку целесообразно использовать наиболее простые образцы (призматические, цилиндрические, кубы) при относительно небольшой заделке стержней.

Анкеровка арматуры зависит не только от величины сопротивления бетона сжатию, но и от вида цемента, его расхода, гранулометрического состава смеси и природы заполнителей, технологии уплотнения, времени твердения и его условий, положения стержней при бетонировании. Обобщение результатов специальных испытаний, проведенных как у нас так и за рубежом [1,2] позволяют выявить качественную, а зачастую и количественную связь ряда перечисленных факторов с прочностью анкеровки.

Подвижность бетонной смеси главным образом может сказаться на анкеровке стержней, расположенных горизонтально при бетонировании. Известную роль при этом играет величина водоотделения, обус-

лавливающего скопление воды и образование пор под нижней частью стержня. Однако в данном случае снижение прочности анкеровки зависит от величины осадки бетона, которая обычно происходит в течение первых 4-5ч и определяется в основном абсолютным значением толщины слоя бетона под стержнем.

При горизонтальном положении арматуры, когда слой бетона под ней превышает 8-12 см, начинает заметно сказываться явление, которое условно называют "осадкой" бетона. Суть дела в том, что в результате происходящих в бетоне физических процессов под арматурой образуется зона недоуплотненного бетона, а иногда даже возникает зазор [3].

Влияние усадки на сцепление арматуры периодического профиля вовсе не содержит каких-либо положительных элементов. Дело в том, что взаимный сдвиг происходит не между бетоном и арматурой, а между основной массой и клиньями бетона, расположенного под выступами арматуры. Этот бетон подвергается высокому местному давлению и вследствие стесненности деформаций претерпевает пластические деформации. После уплотнения бетонные клинья перемещаются вместе с арматурой. Поперечная усадка вызывает растягивающие напряжения в бетоне и тем самым способствует отделению клиньев и их разрушению. Продольная усадка приводит к более раннему появлению главных трещин и существенному увеличению податливости заделки арматуры в бетоне [4].

Естественно, что перечисленные факторы (осадка, усадка, водоотделение, подвижность и т.д.) зависят от состава бетонной смеси. В некоторых случаях состав бетона может сильно повлиять на анкеровку арматуры. В результате исследований было выявлено, что вероятно отрицательно сказывается структура бетона, образующаяся при высоком содержании песка в смеси и низком содержании щебня [5].

Крепление многих анкеров осуществляется за счет трения распорной части о стенки отверстия в бетоне. Высокая сила трения обеспечивается большими усилиями прижима распорной части к стенкам отверстия. Однако, это давление создает в зоне анкера напряженную область в основном материале, а при установке нескольких анкеров на малом расстоянии друг от друга эти зоны перекрываются. Дополнительные напряжения при превышении пределов прочности базового материала вызывают его разрушение или растрескивание.

Применение "клеевых анкеров" устраняет внутренние напряжения в основном материале, что позволяет устанавливать анкера с минимальными осевыми и краевыми расстояниями. Однако, стоимость химических анкеров заметно выше соответствующих клиновых.

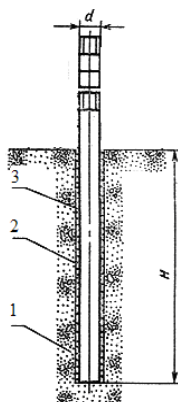
Автором разработан минерально-органический материал (МОМ), действие которого основано на повышенной адсорбции эфиров к железосодержащим веществам и взаимодействия глицеридов с кальциевой составляющей этого материала [7,8].Учитывая вышеперечисленные недостатки устройства анкеровки как за счет трения распорной части, так и "клеевых анкеров" и опираясь на известные исследования в области адсорбции различных органических веществ на поверхности твердых тел и их адгезионного сцепления [6] , было решено проверить минерально-органический материал для использование в качестве клеевого состава в анкерных соединениях. Механизм действия разработанного минерально-органического материала заключается в повышенной адсорбционной способности глицеридов на поверхности минеральных веществ, в первую очередь тех, которые содержат железо и образованы полиэфирных слоев между материалами которые соединяют. За счет повышенной адгезии радикалов высших жирных кислот к ионам железа обеспечивается "сшивание" их углеводородных цепочек через ионы железа в большие комплексы. Эти комплексы одними из свободных радикалов соединяются с минералами цементного бетона, и металлом. В последующем, такие (физические) связки переходят в химические, что и обеспечивает высокую прочность контакта.

Как показали результаты исследований [7,8], прочность сцепления минерально-органического материала зависит от его состава, достигая величины когезии цементных бетонов, на поверхность которых его наносили и, практически не зависит от состава и вида таких бетонов. Кроме того, установлено [7,8], что введение в систему "эфир - железосодержащее вещество" соединения щелочноземельного металла, например, кальция, способствует повышению прочности сцепления этой системы как с бетоном, так и с металлом. В результате этого обеспечивается связь по поверхности контакта между арматурой и бетоном, что обеспечивает надежную анкеровку арматуры в бетоне.

Учитывая изложенное, были проведены исследования направленные на установление возможности использования минерально-органического материала в качестве связующего состава, применимого в "клеевых анкерах".

При постановке эксперимента были проведены сравнительные испытания для определения прочностных характеристик анкерных креплений установленных в бетонные кубы. Первая партия анкеров была закреплена внутри бетона при помощи эпоксидного клея, вторая - при помощи исследуемого минерально-органического материала. В процессе эксперимента исследовалась усилие вырыва анкеров из бетонных кубов.

Для установки в бетонные кубы в виде прямой анкеровки использовалась арматурная сталь класса А400С периодического профиля диаметром $d = 8$ мм. Арматурные стержни устанавливали в бетонные кубы с размером сторон $15 \times 15 \times 15$ см, изготовленные из бетонной смеси одного состава, после того как в них были просверлены скважины диаметром 9 мм и глубиной $H = 80$ мм, которые перед установкой анкеров заполняли клеевым составом. Скважины в бетоне предварительно были очищены от пыли ершиком и сжатым воздухом и не увлажнялись.



1 - бетон; 2 - скважина; 3 - клеевой состав.

Рис. 1

Испытания проводились в лабораторных условиях при температуре воздуха $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности среды 90% путем нагружения анкера непрерывно возрастающей нагрузкой. За разрушающую (предельную) принималась нагрузка, при которой увеличение деформации анкера происходит без роста усилия на него. Несущая способность анкера на вырывание, определялась путем деления разрушающей нагрузки на площадь анкеровки.

На рисунке 2, приведено изменение несущей способности анкера во времени с применением в качестве клеевого состава для "клеевой анкеровки" эпоксидного клея и минерально-органического материала. Прочностные характеристики анкерного соединения на минерально-органическом материале оказались на 20% ниже прочностных характеристик анкерного соединения на эпоксидной смоле. Следовательно, при применении минерально-органического материала для устройства анкерных соединений необходимо увеличение длины анкерного стержня на 20%. Это увеличение расхода арматурной стали не превышает

разницы в стоимости клеев, так как эпоксидная смола на порядок дороже исследуемого материала.

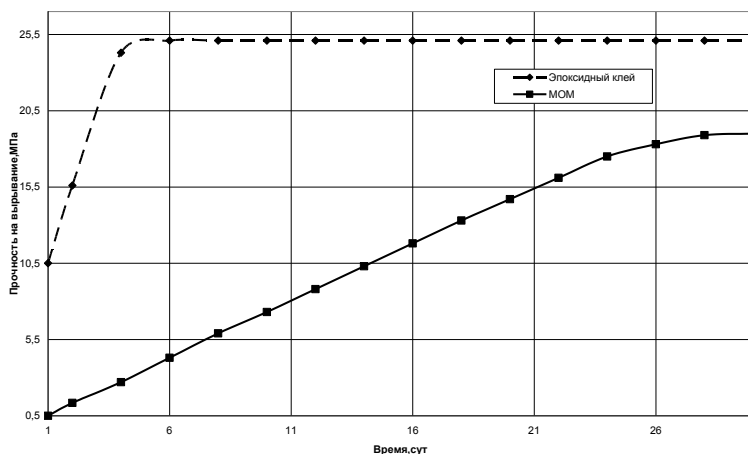


Рис. 2. Прочность анкеровки на вырывание

Анализ результатов испытаний позволяет сделать следующие

выводы:

1. Максимальная несущая способность на вырыв из бетонных кубов при использовании в качестве клеевого состава минерально-органического материала достигает 19 МПа.
2. Использование анкеров из арматурной стали, где в качестве "клевого анкера" применялся минерально-органический материал (MOM) позволяет значительно снизить затраты при производстве работ, в виду значительно меньшей стоимости MOM по сравнению с эпоксидным клеем, особенно при большом количестве используемых анкеров, например при анкеровке стен и столбов кирпичной кладки к бетону.
3. Отставание в ранние сроки в наборе прочности минерально-органического материала по сравнению с эпоксидным клеем при массовом использовании не будет играть существенного значения, т.к. в виду длительных сроков строительства анкерное соединение на MOM достигнет достаточной несущей способности на вырывание.
4. Надежность анкеровки, где в качестве клеевого состава применяется минерально-органический материал, не зависит от состава бетона,

силы склеивания цементного камня с поверхностью металла, силы трения вызванного усадкой бетона.

5. При установке анкера на клеевом составе из минерально-органического материала в подготовленное отверстие не вызывает внутренних напряжений в материале основания (бетона), что допускает установку анкера с минимальными осевыми и краевыми расстояниями.

Summary

The analysis of anchor connection of the cored armature of periodic type is generalized into a concrete, and also types of anchor connection. The comparative results of research of durability of anchor connection are resulted on pulling out with the use of epoksid resin and mineral-organic material as glue composition.

Литература

1. Астрова Т.И. Анкеровка арматурных стержней периодического профиля в бетонах средней и высокой прочности. Труды НИИЖБ, вып 26. "Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций". - М.: Госстройиздат, 1962.- 182 с.

2. Балатъев П.К. Анкеровка арматуры в бетоне. Сборник трудов ВНИИЖе-лезобетона, №3, "Исследование прочности и податливости" - М.: Стройиздат, 1969.- 133с.

3. Мулин Н.В. Стержневая арматура железобетонных конструкций - М.: Стройиздат, 1974.- 232 с.

4. Жунусов Т.Ж., Дмитриев С.А., Мулин Н.М. Анкеровка в бетоне горячекатанной арматуры периодического профиля крупного диаметра. Сб. трудов НИИЖБ вып.26. "Исследования прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций" - М.: Госстройиздат, 1962.- 197с.

5. Колнер В.М. Сцепление арматуры с бетоном при динамических и циклических нагрузках. "Бетон и железобетон" - М.: Стройиздат, №12, 1968-75с.

6. Шишкин А.А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред: Дис. докт. техн. наук: Кривой Рог, 2003. - 336 с.

7. Ковальчук В.А. Мінерально-органічний матеріал для ремонту будівельних конструкцій // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Вип. 2009-1(75) "Сучасні будівельні конструкції і матеріали" - Макіївка: ДонДАБА, 2009. - С.58-64.

8. Шишкин А.А., Ковальчук В.А. Минерально-органический материал для монолитного бетонирования и восстановления строительных конструкций / Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Вип. 2008-1(69) "Сучасні будівельні матеріали. Композиційні матеріали для будівництва" - Макіївка: ДонДАБА, 2008. - С. 59-63.