

отклонения по вертикали, углов отклонения в плане. Все это позволит уменьшить трудоемкость и продолжительность монтажа в море.

При глубинах моря 50–60 м и более возможности укрупнения блоков на берегу быстро исчерпываются из-за ограниченной грузоподъемности имеющихся плавучих кранов. Для достижения максимальной степени блочности всей платформы на этапе морского монтажа без существенной реконструкции изготовительно-укрупнительной базы, а также без создания и привлечения плавкранов грузоподъемностью 1000–1500 т и более, логично на данном этапе создание плавучей балластируемой платформы трансформируемого типа с переменным уровнем блочности.

Опорный блок состоит из отдельных относительно мелких блоков, изготовление и укрупнение которых обеспечивается существующей в настоящее время технологией и оснащенностью, а на этапе морского монтажа в условиях моря формируется один крупный моноблок из предварительно шарнирно-сочлененных мелких блоков. Затем этот моноблок буксируется на точку монтажа. На точке монтажа производится балластировка и погружение опорного блока, погружение и забивка удерживающих свай, цементация свай и монтаж верхнего строения платформ.

Такое конструктивное решение платформы обеспечивает уже в настоящее время выход на глубины 70–100 м.

Стоимость конструкций МСП в деле состоит из затрат на проектирование, материалы, изготовление, транспортировку и морской монтаж, то есть по структуре аналогична стоимости строительных металлоконструкций. Однако производственный процесс создания МСП значительно сложнее.

Процесс монтажа имеет свою специфику, заключающуюся в том, что он ведется в морских условиях крупногабаритными элементами, при этом места стыковки зачастую находятся ниже уровня воды, т.е. скрыты от непосредственного наблюдения. Кроме того, монтаж значительно осложняется погодными условиями.

Трудоемкость возведения МСП зависит в первую очередь от их конструктивно-компоновочной схемы, определяющей способ монтажа конструкций, транспортировки от изготовительно-укрупнительной базы до места установки в море.

Таким образом, для каждой зоны должны быть разработаны базовые решения МСП, обеспечивающие, в первую очередь, удобный монтаж на море, малую материалоемкость, высокую технологичность при изготовлении и укрупнительной сборке и удобство в эксплуатации.

Однако мало создать экономичные по затрате конструкции морских сооружений, необходимо, чтобы они обладали заданной долговечностью (срок службы МСП 25–40 лет). Здесь в первую очередь должны быть решены вопросы усталостной прочности и стойкости к сероводородному растрескиванию (для условий Черного моря 87 % объема воды насыщены сероводородом, а с глубиной концентрация H_2S резко возрастает). Эти проблемы должны быть также решены в кратчайшие сроки [4].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ажермачев Г.А. Особенности эксплуатации конструкций морских платформ // Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. Симферополь: КАПКС, 2007. – Вып. 6. – С. 165–167.
2. Степанов В.Н., Андреев В.Н. Черное море. Ресурсы и проблемы. – Л.: Гетрометеоиздат, 1981. – 166 с.
3. Носков Б.Д. Сооружения континентального шельфа. – М., 1986. – 303 с.
4. Ажермачев Г.А. Проблемы строительства глубоководных объектов нефтегазового комплекса на шельфе Черного моря // VIII Украинская научно-техническая конференция «Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее». – Киев: «Сталь», 2004. – С. 41–45.

УДК 624.016

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННОЙ КВАДРАТНОЙ КОЛОННЫ ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ

д.т.н., проф. Э.Д. Чихладзе,

к.т.н., доц. Веревицева М.А., к.т.н., доц. Кравцов Л.Б.

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

Настоящая работа является продолжением работ [1, 2, 5], посвященных изучению несущей способности цилиндрических сталебетонных колонн с учетом нелинейности характеристик бетона. Сталебетонные конструкции экономически выгодны; наличие стальной обжимающей стальной обоймы обеспечивает повышение прочности бетона.

Постановка задачи. Рассматривается бетонная колонна квадратного сечения, заключенная в стальную обойму. Конструкция находится под действием равномерно распределенной нагрузки q и собственного веса (рис. 1,а). Нагрузка может быть приложена отдельно к бетонному ядру, к обойме и одновременно к ядру и обойме.

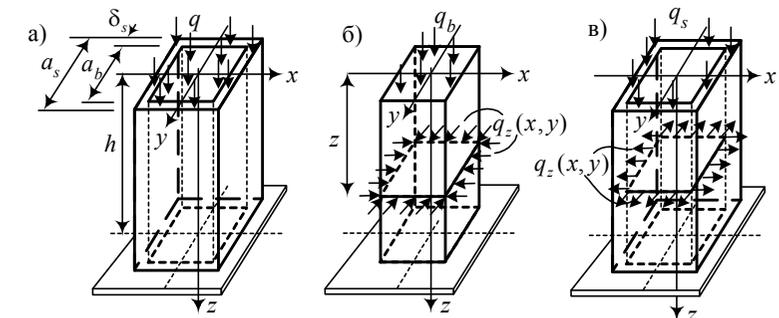


Рис. 1. Расчетная схема консольной сталебетонной колонны: а) колонна; б) бетонное ядро; в) стальная обойма

Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) сечения колонны раскрываем контакт между бетонным ядром и стальной обоймой. В качестве неизвестных принимаем интенсивность сил контактного взаимодействия ядра и обоймы $q_z(x, y)$. Для их определения в каждом сечении z используем условие равенства перемещений на границе контакта:

$$q_z(x, y)(\delta_s - \delta_b) - (u_s - u_b) = 0, \quad (1)$$

где u_b, u_s – перемещения на границе контакта от вертикальной нагрузки соответственно в бетонном ядре и стальной обойме; δ_b, δ_s – перемещения точек на границе ядра и обоймы от единичной нагрузки:

$$\bar{q}(x, y) = 1 \text{ при } x, y = \pm a_b/2; \quad 1/x^2 \text{ в остальных точках границы.} \quad (2)$$

Для определения коэффициентов (1) решаются отдельно задачи определения НДС для бетонного ядра и стальной обоймы (рис. 1, б, в).

Зная в каждой точке границы ядра и обоймы контактные силы, с учетом уровня НДС определяем предельные напряжения в точках [3]. Критерием наступления предельного состояния стали считаем достижение $\bar{\sigma}_{s1}$ [1], критерием наступления предельного состояния в бетоне считаем достижение предельного напряжения $\bar{\sigma}_{b1}$ [1].

Уравнения равновесия в сечении колонны имеют вид [4]:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0; \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + Y = 0; \quad \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + X = 0, \quad (3)$$

где X, Y, Z – элементы объемной силы. Касательные напряжения τ_{xz}, τ_{yz} не учитываются. Правомерность этого показана в [5].

Учитывая дифференциальные зависимости между перемещениями по направлениям осей u_x, u_y, u_z и деформациями [4], получаем из (2) дифференциальные уравнения относительно перемещений:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[(\lambda + 2G) \frac{\partial u_z}{\partial z} + \lambda \left(\frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) \right] = Z, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(\lambda + 2G) \frac{\partial u_x}{\partial x} + \lambda \left(\frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[G \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \right] = X, \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[(\lambda + 2G) \frac{\partial u_y}{\partial y} + \lambda \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[G \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \right] = Y. \quad (6)$$

При расчете ядра и обоймы на вертикальную нагрузку $X = Y = 0, Z = \rho g$. При расчете на единичную нагрузку (2) рассчитывается задача (5), (6) на плоскости, $X = Y = 0$.

Граничные условия при расчете на заданную вертикальную нагрузку имеют следующий вид.

Для бетонного ядра:

$$x, y = \pm a_b/2, z < h: \sigma_x = 0 \text{ (или } \sigma_y = 0), \tau_{xy} = 0, \sigma_z = q_b + \rho gz. \quad (7)$$

Для стальной обоймы:

$$x, y = \pm a_b/2, x, y = \pm a_s/2, z < h: \sigma_x = 0 \text{ (или } \sigma_y = 0), \tau_{xy} = 0, \sigma_z = q_s + \rho gz. \quad (8)$$

В основаниях консольной колонны:

$$z = 0: \sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0, \sigma_z = q; \quad z = h: u_x = u_y = u_z = 0. \quad (9)$$

Граничные условия для задачи определения НДС в ядре от единичной нагрузки:

$$x, y = \pm a_b/2: \sigma_x = \bar{q}_z(x, y) \text{ (или } \sigma_y = \bar{q}_z(x, y)), \tau_{xy} = 0 \quad (10)$$

Граничные условия для задачи определения НДС в обойме от единичной нагрузки:

$$x, y = \pm a_b/2: \sigma_x = \bar{q}_z(x, y) \text{ (или } \sigma_y = \bar{q}_z(x, y)), \tau_{xy} = 0 \quad (11)$$

$$x, y = \pm a_s/2: \sigma_x = 0 \text{ (или } \sigma_y = 0), \tau_{xy} = 0. \quad (12)$$

Результаты численных исследований. Согласно описанной методике проводились численные исследования работы консольной сталебетонной колонны квадратного сечения с ядром из бетонов В15, В25, В40, В55, толщина обоймы $\delta = 3 - 8$ мм. Характеристики стали $\sigma_\delta = 235$ МПа, $E_s = 2.1 \cdot 10^5$ МПа, $\nu_s = 0.3$. Нагрузка прикладывалась только к ядру.

Проведено сравнение полученных результатов для колонны с ядром 1×1 м с результатами расчетов круглой колонны [3] диаметром 1 м, толщина

обоймы $\delta = 3$ мм; колонна выполнена из бетона класса В25, уровень нагружения $q = 1.1 R_b$. Эффект обоймы оценивался как отношение β несущей способности сталебетонной колонны к несущей способности бетонной колонны без обоймы. Для круглой колонны значение β получилось равным 1.83, для квадратной – 1.21. Такое же соотношение получено для колонны со стороной ядра 0,3 м. Это согласовывается с результатами экспериментов [1].

Выводы. Получена замкнутая система дифференциальных уравнений для определения НДС в сталебетонной колонне квадратного сечения, проведены сравнительные расчеты эффекта обоймы в круглой и квадратной колонне.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1993. – № 3. – С. 13-15.
2. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. – Киев: Будівельник, 1991. – 119 с.
3. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. – 1986. – № 8. – С. 39 – 42.
4. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. Пер. с англ. М.И. Рейтмана – М.: Наука, 1975. – 576 с.
5. Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Исследование напряженно - деформированного состояния сталебетонных колонн с учетом пространственной работы бетонного ядра // Строительная механика и расчет сооружений. – 2007. – № 1. – С. 24-28.

УДК 691.328.44

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ, ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ МОРОЗОСТОЙКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

к.т.н., доц. Чуб А.А.

Запорожская государственная инженерная академия

Исследования посвящены решению проблемы восстановления защитного слоя бетона длительно эксплуатирующихся бетонных и железобетонных сооружений, путем создания морозостойкого защитного слоя бетона с компенсирующим переходным слоем, обеспечивающим работу конструкции как структурно-целостной системы.

Наиболее распространенным и эффективным методом восстановления защитного слоя бетона является торкретирование [1].

Компенсирующий переходный слой бетона, между восстанавливаемой бетонной конструкцией и новым, защитным слоем бетона, представляет собой композицию, представленную на рисунке 1.

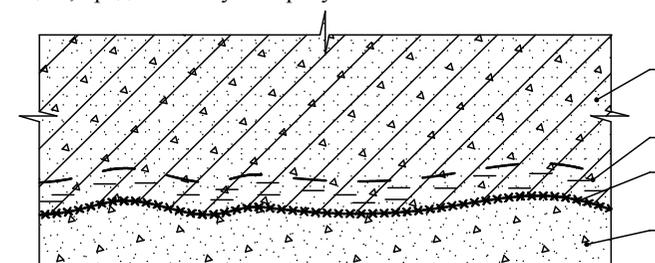


Рис. 1 Восстановленный защитный слой бетона с компенсирующим переходным слоем. 1 – восстанавливаемая железобетонная конструкция; 2 – компенсирующий слой в восстанавливаемом бетоне, пропитанный комплексной химической добавкой; 3 – слой сращения активированного цемента в восстанавливаемом бетоне, с цементом нового, защитного слоя бетона; 4 – восстановленный морозостойкий защитный слой бетона.

Как видно из рисунка 1, компенсирующий переходный слой состоит из слоя восстанавливаемого бетона, пропитанного горячим раствором комплексной химической добавки и слоя «сращения» активированного клинкерного фонда цемента, еще не вступившего в химическую реакцию, восстанавливаемого бетона с цементом нового, защитного слоя бетона.

Известно, что процесс гидратации портландцемента в бетоне длителен. По прошествии десятилетий степень гидратации цемента в бетоне не достигает 100% и составляет 80-90%, в зависимости от плотности цементного камня. Таким образом, в восстанавливаемой бетонной конструкции может находиться до 20 и более процентов клинкерного фонда цемента, еще не вступившего в химическую реакцию с водой.

В процессе подготовки разрушенной бетонной конструкции к восстановлению методом торкретирования, не вступивший в химическую реакцию клинкерный фонд цемента обнажается применением метода опескоструивания поверхности бетона. При нанесении нового слоя бетона происходит процесс сращения, в результате появления новообразований, между активированным клинкерным фондом цемента восстанавливаемого бетона, с цементом нового, защитного слоя бетона.

Прочность «сросшихся» слоев бетона зависит от возраста восстанавливаемого бетона, концентрации цемента в его объеме, на момент изготовления, концентрации цемента в единице объема и коэффициента нормальной густоты цементного теста нового, защитного слоя бетона. На рисунке 2 представлены зависимости прочности сцепления опескоструенного в трехлетнем возрасте бетона с новым, защитным слоем бетона в марочном и в годичном возрасте.

Прочность сцепления слоев бетона определяли на специально приготовленных образцах бетона с помощью разрывной установки.