

СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМЫ

Введение. Возведение монолитных одно- и многоэтажных гражданских и промышленных зданий, имеющих стены, перекрытия или другие элементы криволинейной формы, позволяет получить большое разнообразие архитектурных форм. Однако, существующие современные технологии возведения таких конструкций с помощью пневматической опалубки или каркасной опалубки не всегда рациональны для применения.

Анализ публикаций. Проведем сравнительный анализ способов возведения куполообразных зданий и криволинейных конструкций из монолитного железобетона. Одним из конструктивных приемов возведения тонкостенных пространственных конструкций является использование пневматической опалубки. Все способы применения пневматической опалубки можно классифицировать на основании технологии укладки бетона:

1) Укладка бетона и упруго деформируемых армирующих элементов первого слоя осуществляется на пневматическую мембрану, лежащую на горизонтальной плоскости и закрепленную по краям в фундамент [1]. Путем подачи воздуха под мембрану ее надувают в проектное положение, а затем укладывают второй слой армирующих элементов, закрепляемых с первым, и торкретируют остальную часть бетона.

2) На внутренней поверхности надувной эластичной мембраны, находящейся в проектное положение, создают полимерное покрытие из пенополиуретана с зафиксированными в нем кронштейнами, к которым крепят арматуру, после чего на внутреннюю поверхность полимерного покрытия наносят торкрет-бетон, закрывающий упомянутую арматуру и образующий после затвердения несущую оболочку сводчатой строительной конструкции [2]. После удаления мембраны внешняя поверхность пенополиуретана покрывается защитным покрытием.

3) Для поддержания пневматической опалубки устанавливают плоские арочные фермы и полуарки, сверху укладывают армирующие элементы и наносят торкрет-бетон для образования купольного свода [3]. Для упрощения технологии изготовления куполов больших пролетов может быть использована подъемная опалубка [4].

4) На внутренней поверхности надувной эластичной мембраны, находящейся в проектное положение, создают полимерное покрытие из пенополиуретана с зафиксированными в нем кронштейнами, к которым крепят первые армирующие сетки и хомуты, после чего на внутреннюю поверхность полимерного покрытия наносят торкрет-бетон, закрывая только 1/3 часть длины хомутов. К хомутам крепят полые трубы, а полости между ними заполняют пенополиуретаном для уменьшения веса конструкции. После закрепления второй армирующей сетки, ее закрывают торкрет-бетоном [5]. Если применяется пневматическая несъемная опалубка, то с внешней стороны на нее наносится защитное покрытие [6].

Основным недостатком применения пневматической опалубки является невозможность изменения криволинейной формы возводимых железобетонных зданий. Для этого необходимо изготовление новой пневматической опалубки.

Следующим приемом возведения тонкостенных пространственных конструкций является использование самонесущих каркасов или остовов с частичным или полным отказом от применения опалубки.

Известен способ возведения здания [7], включающий установку панелей из вспененной пластмассы с имеющимися на них проволочными сетками, которые сшиваются одна с другой, и сетками смежных панелей, и нанесение на наружную поверхность здания торкрет-бетона, а на внутреннюю – штукатурного раствора.

В данном способе панели из вспененной пластмассы являются элементами

несъемной опалубки, которые усилены только проволочными сетками, что не обеспечивает достаточную несущую способность несъемной опалубки для возведения элементов зданий криволинейной формы, при этом окончательная несущая способность возведенных конструкций ограничена армированием проволочными сетками торкрет-бетона.

Известен способ возведения здания [8], в котором на предварительно изготовленные фундаменты устанавливаются арочные элементы двутаврового профиля, жестко соединенные сверху. К арочным элементам присоединены арматурные стержни, образующие жесткий каркас. С внутренней стороны каркаса закрепляется структурообразующий материал и гибкая арматурная сетка для обеспечения нанесения торкрет-бетона с обеих сторон каркаса.

Основным несущим элементом в этой конструкции является арка, воспринимающая сжимающие усилия и распор от сетки. В зданиях с малыми пролетами, где требования по жесткости могут быть снижены, применение профильных арочных элементов приведет к перерасходу материала. Кроме того, значительный вес арок требует промышленных методов возведения с использованием кранового оборудования.

Известен способ возведения здания криволинейной формы [9], включающий изготовление фундамента, установку на нем вертикальных армирующих элементов и присоединение к ним под углом армирующих элементов второго направления с образованием сетки, формирующей заданную оболочку здания, и нанесение на сетку торкрет-бетона.

В этом способе по периметру фундамента замоноличивают концы вертикальных армирующих стержней без предварительного их искривления, т.е. прямолинейные. Затем в центре фундамента устанавливают специальное приспособление в виде мачты с вертикально и горизонтально поворачивающейся стрелой, с помощью которой изгибают и соединяют армирующие элементы с образованием каркаса, на который впоследствии наносят торкрет-бетон.

Сетчатая оболочка в этом способе обладает малой жесткостью и способна выдерживать лишь незначительный вес торкретируемого слоя, в связи с чем этот способ может быть использован только для неотопливаемых зданий.

Известен способ возведения здания криволинейной формы [10], содержащий: изготовление фундамента, установку на нем вертикальных армирующих элементов и присоединение к ним под углом армирующих элементов второго направления с образованием сетки, формирующей заданную оболочку здания. На части наружной поверхности жесткой сетки укладывают последовательно утеплитель и гибкую сетку, стержни которой соединяют с армирующими элементами жесткой сетки, максимальный диаметр стержней которой составляет 2,1-4,6 диаметра стержней гибкой сетки, после чего на внутреннюю поверхность жесткой сетки, а затем на наружную поверхность гибкой сетки наносят слой торкрет-бетона.

Слой торкрет-бетона, наносимый на внутреннюю поверхность жесткой сетки, выполняют переменной толщины, увеличивающейся к основанию оболочки, при этом толщина наружного слоя торкрет-бетона составляет 0,3-0,7 толщины внутреннего слоя.

Недостатками данного изобретения является отсутствие рекомендаций по обеспечению геометрических размеров возводимых зданий криволинейной формы (толщины наносимого торкрет-бетона, ровности финишной поверхности торкрет-бетона, кривизны полученной формы здания после окончания торкретирования), а также отсутствие совместной работы под нагрузкой внешнего и внутреннего слоя торкрет-бетона и жесткой арматурной сетки.

Формирование куполообразного каркаса выполняют из шарнирно соединенных элементов, устанавливают опалубку путем обшивки внутренней стороны каркаса по регулируемым направляющим [11]. Слой торкрет-бетона наносят на сторону опалубки с армированием слоя арматурной сеткой, снимают опалубку, обши-

вают кровлей по регулируемым направляющим внешнюю сторону каркаса с укладкой теплоизоляционного материала.

В качестве самонесущего каркаса для возведения стен здания предлагается каркасообразующий элемент, состоящий из прямоугольных рамок и перемычек, выполненных из пластмассы, обшитый с внешней и внутренней стороны гипсокартоном или фанерой [12]. В связи с малой несущей способностью каркаса, его заполняют легким поризованным бетоном.

Предложен для возведения стен, перекрытий и плит покрытия здания сборный металлический арматурный каркас, состоящий из трех основных элементов – объемной трехмерной панели и двух типоразмеров плоской балки-фермы [13]. После сборки секции здания каркас обетонируют легкой бетонной смесью (полистиролбетоном) без применения опалубки.

Анализ приведенных способом возведения тонкостенных пространственных конструкций показывает недостаточность несущей способности самонесущих каркасов и остовов, необеспеченность совместной работы внешних и внутренних обшивок, нерациональность армирования конструкции, а также отсутствие решений по облегчению самой конструкции.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является создание самонесущего остова, состоящего из пространственного криволинейного арматурного каркаса и неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей, образующего жесткую конструкцию с минимальными затратами на его изготовление, а также расширение технологических возможностей применения торкрет-бетона для безопалубочного бетонирования.

Задачей исследований является отработка технологии возведения элементов зданий криволинейной формы с помощью метода «мокрого» торкретирования без применения съемной опалубки.

Конструктивная реализация. Новой ступенью развития в Украине архитектурно-строительных систем «РАМПА», «ИКАР» и «ДОБОЛ» [14] является создание монолитного железобетонного каркаса многоэтажного здания «МОНО-

ФАНТ» [15], обладающего рядом достоинств: создание конструкции с произвольной геометрией, практически неограниченная комбинаторика объемно-планировочных решений, свободная внутренняя планировка, использование заданного расхода материалов, высокая несущая способность элементов, ограниченная деформативность, небольшой собственный вес, эффективная технология возведения и многое другое.

Для возведения элементов здания криволинейной формы предложенной архитектурно-строительной системы наиболее эффективна технология торкретирования. В результате нанесения бетона на поверхность под давлением образуется уплотненный слой торкрет-фибробетона, свойства которого в ряде случаев выше, чем у вибрируемого бетона. Торкрет-бетон обладает повышенной механической прочностью при сжатии и растяжении, водонепроницаемостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции, быстрее набирает прочность при равных условиях ухода за бетоном. Применение неметаллической фибры в качестве армирующих компонентов торкрет-бетона повышает его способность к пластической деформации, трещиностойкость, прочность при растяжении и изгибе, сопротивление к динамическим и огненным воздействиям.

Предложенная технология «мокрого» торкретирования позволяет уплотнять бетонную смесь без вибрации и применять для бетонирования конструкции только несъемную опалубку в виде неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей из пенополистирола или минеральной ваты. Эти атрибуты технологии необходимы для получения различных по конфигурации элементов конструкции. В отличие от укладки обычного и самоуплотняющегося бетона, в предложенной технологии удешевляется стоимость строительства за счет отсутствия сложной, дорогостоящей индивидуальной опалубки.

Были запроектированы четыре криволинейные оболочки, представляющие фрагменты цилиндра, сферы, нооида и гипара (рис. 1 и 2). Конструкции имеют в плане размеры 2,2x2,2 м и высоту от 1,1 до

1,6 м. Толщина стенок оболочки составила 26 см, из которых 16 см приходилось на толщину неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей и по 5 см с внешней и внутренней стороны – на железобетонные обшивки.

Для эффективного возведения элементов здания криволинейной формы по технологии «мокрого» торкретирования предложен самонесущий остов, обеспечивающий создание конструкций с произвольной геометрией, а также нанесение на него торкрет-фибробетона с последующим набором им необходимой прочности.

Самонесущий остов, состоящий из пространственного криволинейного арматурного каркаса и неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей, формирует заданную кривизну элемента здания. Фундамент изготавливают с выпусками арматуры, к которым прикрепляют самонесущий остов. Остов собирается из внешней и внутренней криволинейной арматурной сетки с прямоугольной или квадратной ячейкой, между которыми размещаются криволинейные (по форме остова) неизвлекаемые вкладыши-пустотообразователи из пенополистирола или минеральной ваты, а соединение внешней и внутренней сетки между собой выполняется криволинейными плоскими каркасами с треугольной ячейкой (рис. 3 и 4).

Максимальный диаметр арматурных стержней плоского каркаса составляет 2-4 диаметра стержней внешней и внутренней сетки (рис. 4, д).

Криволинейные плоские каркасы формируют жесткую сетку ребер между внешней и внутренней криволинейной арматурной сетками треугольной или прямоугольной формы с размером стороны не более 100 см.

Размещение неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей обеспечивает внутри самонесущего остова заполнение пространства между криволинейными плоскими каркасами с зазорами между вкладышами 5 см (рис. 4, е).

Закрепление неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей внутри само-

несущего остова выполняется для обеспечения расстояния не менее 1 см от края вкладыша до центра тяжести арматуры внешней и внутренней криволинейных арматурных сеток.

К криволинейным плоским каркасам в плоскости внутренней криволинейной арматурной сетки прикрепляются полосы сетки типа «рабицы» или просечно-вытяжной лист, которые вместе с неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями формируют сплошной экран для нанесения торкрет-фибробетона. Размер просвета ячеек просечно-вытяжного листа зависит от максимальной фракции заполнителя в составе торкрет-фибробетона. Для фракций 0-5 и 5-10 мм размер просвета ячейки – 7x50 или 8x49 мм.

Раскрой листов пенополистирола толщиной 5 см осуществляется на станках таким образом, чтобы получить в плоскости листа криволинейные элементы для склеивания их в отдельный вкладыш необходимой кривизны (рис. 3, д). При этом криволинейные элементы могут быть склеены по длине из составных частей, что обеспечивает оптимальный раскрой листа пенополистирола и минимизацию отходов.

Приведенная толщина элементов зданий криволинейной формы может составлять 40-50 % от конструктивной за счет применения в качестве неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей пенополистирола, что в конечном итоге обуславливает минимизацию веса конструкций.

Для контроля толщины наносимого слоя торкрет-бетона с внешней и внутренней стороны во вкладыши вставляются обрезки арматурных стержней на расстояние около 10 см друг относительно друга, которые служат маяками (рис. 4, е).

Бетонная смесь сначала торкретируется с внешней стороны в зазор между вкладышами до тех пор, пока уровень уложенной бетонной смеси не превысит уровня вкладышей, а затем выполняется бетонирование верхней и нижней части элемента криволинейной формы (рис. 5).

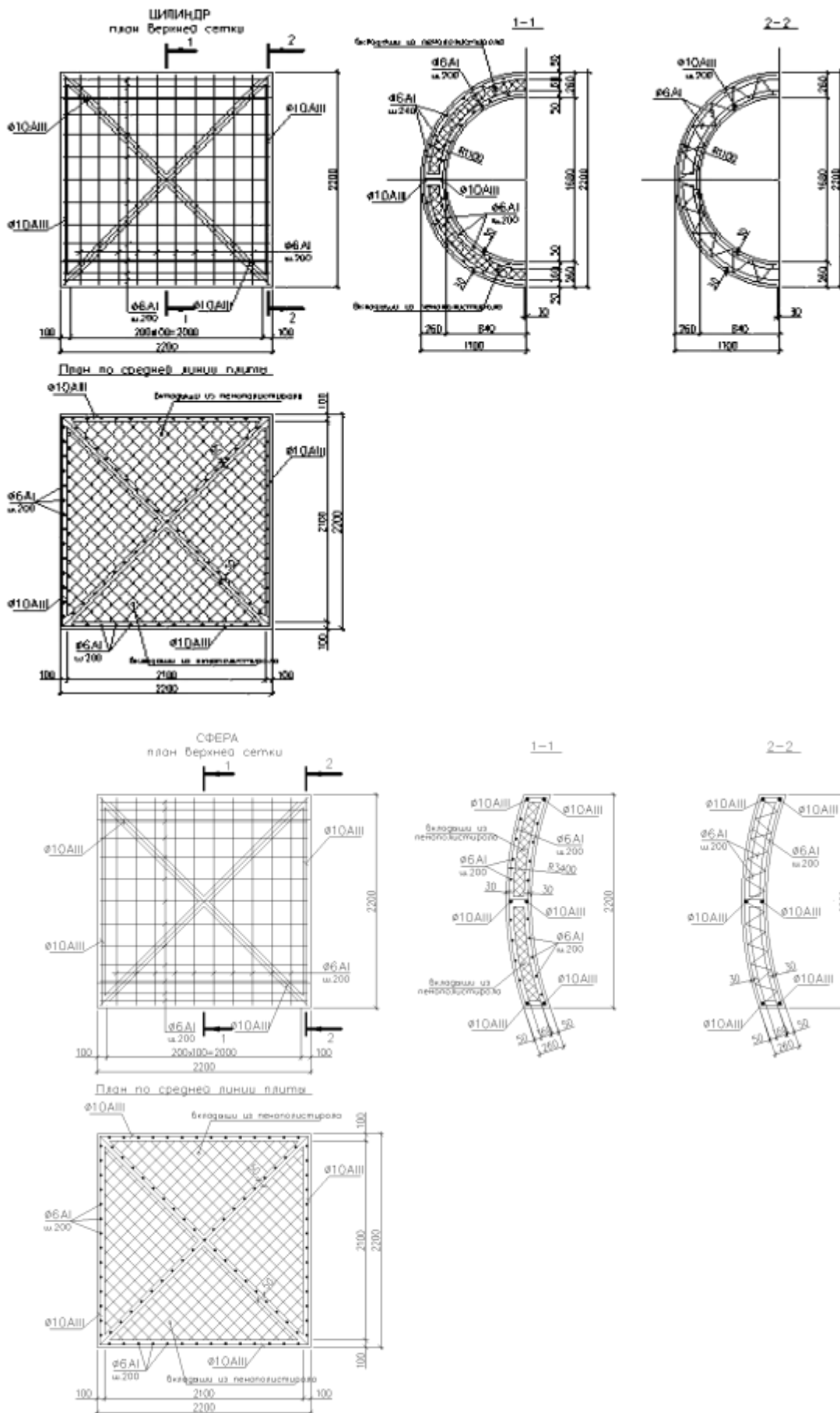


Рис. 1. Топологія формообразуючих елементів фрагментів циліндра і сфери

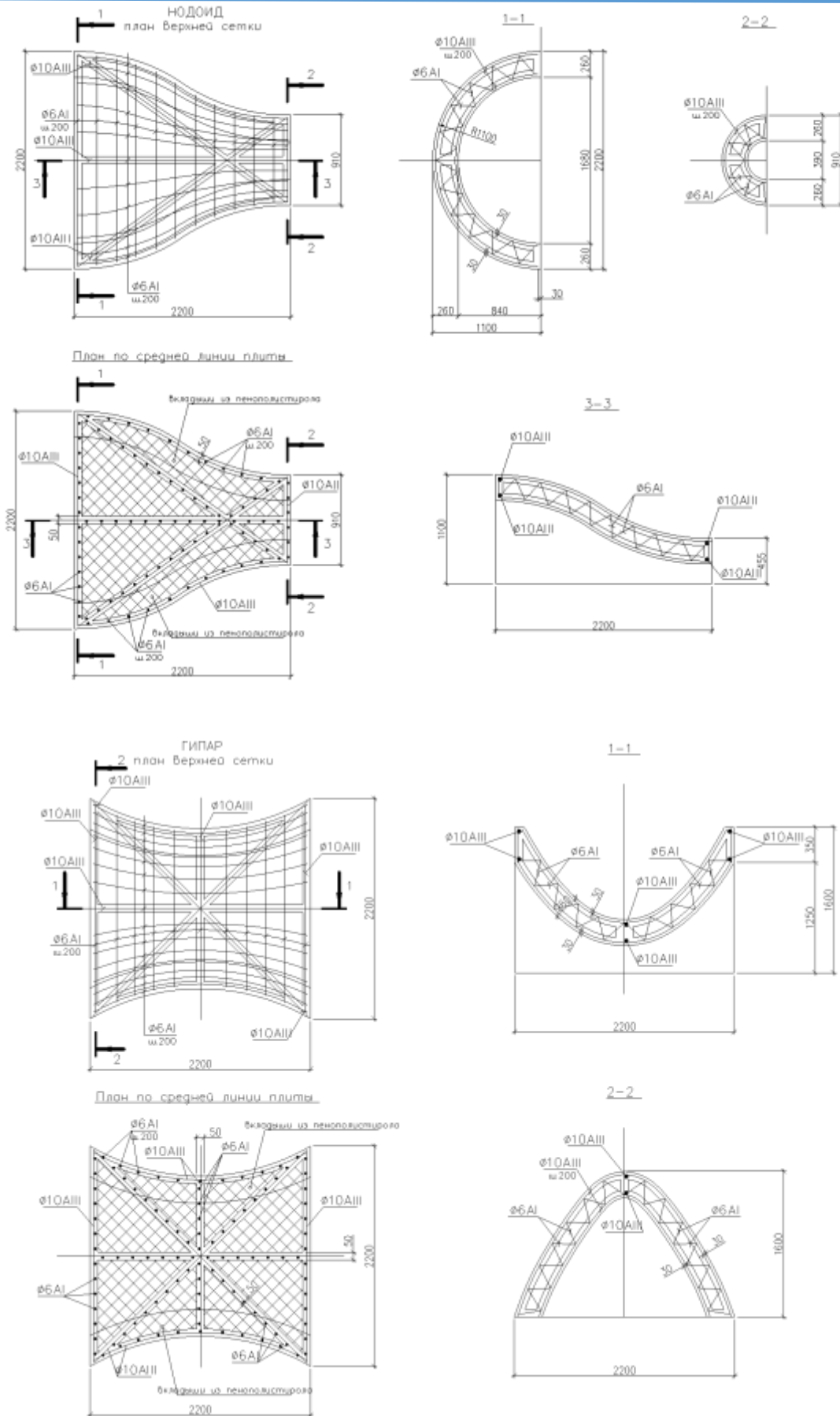


Рис. 2. Топология формообразующих элементов фрагментов нодоида и гипара

БУДІВНИЦТВО

Для укладки торкрет-фибробетона методом «мокрого» торкретирования использовался прямоточный растворобетоннасос с тарельчатыми клапанами и горизонтальным расположением цилиндров [16], разработанный под руководством профессора, д.т.н. Емельяновой И.А. в Харьковском национальном университете строительства и архитектуры (рисунок 5,

а). Все работы по возведению монолитных железобетонных оболочек методом «мокрого» торкретирования выполнялись на полигоне ООО «Стальконструкция» (г. Харьков) при непосредственном участии преподавателей кафедры Технологии строительного производства ХНУСА.



а) элементы остова для фрагмента цилиндра



б) элементы остова для фрагмента сферы



в) элементы остова для фрагмента нодоида



г) элементы остова для фрагмента гипара



д) станок для раскроя листов пенополистирола



е) процесс установки неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей в остова

Рис. 3. Элементы самонесущего остова для бетонирования железобетонных оболочек



а) каркас для цилиндра



б) каркас для сфери



в) каркас для нодоида



г) каркас для гипара



д) вид фрагмента плоского каркаса



е) расположение вкладышей в самонесущем остоле

Рис. 4. Самонесущие остовы для бетонирования железобетонных оболочек

За счет правильного подбора состава торкрет-фибробетона и использования сопла с кольцевым насадком был достигнут нулевой отскок бетонной смеси при ее нанесении на самонесущий остов, что значительно повысило технологичность процесса торкретирования.

Кривизна полученной формы элемента здания после окончания торкретирования контролируется заранее изготовленными лекалами.

Для обеспечения гладкой поверхности конструкции железобетонных оболочек наносили под затирку дополнительный слой торкрет-фибробетона толщиной 5-7 мм на мелком песке, при этом затирку производили до начала схватывания цемента (рис. 6).



а) торкрет-установка



б) заполнение швов



в) торкретирование внешней обшивки



г) нанесенный первый слой торкрет-бетона на внешнюю сторону остова



д) внешний вид торкрет-бетона перед нанесением финишного слоя



е) торкретирование внутренней обшивки

Рис. 5. Операции по бетонированию монолитной железобетонной оболочки



а) заторкретированный фрагмент цилиндра



б) заторкретированный фрагмент сферы



в) заторкретированный фрагмент ноцоида



г) заторкретированный фрагмент гипара

Рис. 6. Забетонированные методом «мокрого» торкретирования монолитные железобетонные оболочки

В качестве дисперсной арматуры использовался ровинг базальтовый рубленый (фибра) в соответствии с ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009 производства ООО «Технобазальт-Инвест», Хмельницкая область, г. Славута.

Все бетонирование происходит по двухстадийной технологии. Сначала наносится первый слой торкрет-фибробетона с внешней стороны монолитных железобетонных оболочек, а затем с внутренней.

Выводы. Предложенный способ может быть использован при возведении монолитных одно- и многоэтажных гражданских и промышленных зданий, имеющих стены, перекрытия или другие элементы криволинейной формы.

Конструкция самонесущего остова, состоящего из пространственного криволинейного арматурного каркаса и неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей, образует жесткую конструкцию с минимальными затратами на ее изготовление

и усовершенствует технологические возможности применения торкрет-фибробетона для безопалубочного бетонирования.

Предложенный способ возведения элементов зданий криволинейной формы позволяет сократить сроки строительства, повысить производительность труда и снизить трудоемкость за счет отсутствия сложной дорогостоящей съемной индивидуальной опалубки и необходимости уплотнения бетонной смеси.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Patent USA № 4170093. Method and apparatus for erecting substantially dome-like building structures / Mario Cappellini, Dario Zucchi – Оpubл. 30.09.1979.
2. Patent USA № 4324074. Building structures and method of making same / David B. South, Barry South. – Оpubл. 13.04.1982.
3. Авторское свидетельство СССР № 1796760, кл. E04G11/04. Способ возведения стен куполообразных зданий / Герливанов В.В. – Оpubл. 23.02.1993, Бюл. 7.

4. Патент України № 48589, кл. E04G11/04. Опалубка для зведення великопролітних куполів / Белов Д.В., Югов А.М. – Опубл. 25.03.2010, Бюл. №6, 2010 р.
5. Patent USA № 20050210767. Trilithic and/or twin shell dome type structures and method making same / Michael DeFever, Ryan DeFever. – Опубл. 29.09.2005.
6. Monolithic Technology. Portfolio. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.monolithic.com>.
7. Patent USA № 4094110. Building system and method / Luther I. Dickens, William C. Nanny. – Опубл. 13.06.1978.
8. Patent USA № 4352260. Underground house and construction method / Leroy G. Pearcey, Dale A. Pearcey. – Опубл. 05.10.1980.
9. Patent USA № 5305576. Method of constructing curvilinear structures / Brian C. Giles. – Опубл. 07.05.1994.
10. Патент Российской Федерации № 2161227, кл. E04B1/32. Способ возведения зданий криволинейной формы / Найденова Ю.А. – Опубл. 27.12.2000.
11. Патент Российской Федерации № 2454514, кл. E04B7/08. Способ возведения стен куполообразных зданий / Герливанов В.В. – Опубл. 27.06.2012.
12. Патент Российской Федерации № 2268967, кл. E04B2/84, E04B2/86. Устройство и способ возведения стен зданий из поризированного бетона / Гуриев К.Л. – Опубл. 27.01.2006.
13. Попельнюхов С.Н., Конаков Д.В., Магер А.Н. Новая технология возведения малоэтажных зданий для массового строительства / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. № 11, 2011. – С. 27-29.
14. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
15. Патент України № 89464 кл. E04B1/18. Каркасна будівля «Монофант» / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Бережна К.В., Карякін І.А., Кондращенко В.І., Сеїрські І.М. – Опубл. 25.04.2014, Бюл. №8, 2014 р.
16. Емельянова И.А., Задорожный А.А., Гузенко С.А., Меленцов Н.А. Двухпоршневые растворобетононасосы для условий строительной площадки. – Харьков, 2011. – 196с.

УДК 624. 012:53.09

Плахотникова И.А.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ФУНДАМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Фундаменты под технологическое оборудование на большинстве предприятий черной металлургии подвергаются воздействию повышенных и высоких температур. Это и непосредственное воздействие от расплавленного металла, температурные воздействия от лучистого нагрева на линиях горячей прокатки, воздействия от технологических температур, передающихся на элементы строительных конструкций путем теплопроводности, например, на рамные фундаменты коксовых батарей и доменных печей.

Прогреваясь, фундаменты передают теплоту и окружающим их грунтам. Под воздействием повышенных температур в

грунтах происходит изменение физико-механических свойств, усадка и ползучесть. Это приводит к изменению жесткости основания, нарушению контакта системы фундамент – грунтовое основание. Происходит искривление фундамента, его выгиб и коробление, что приводит к нарушению технологического процесса, требует усиления отдельных элементов, затрат материалов.

Натурные обследования состояния и условий работы фундаментов тепловых агрегатов и подземных сооружений на ряде металлургических заводов показывают наличие случаев повышенной осадки сооружений, трещинообразования темпера-