

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.В. Тур, А.А. Кондратчик, В.А. Марчук

Строительный факультет, БПИ

г.Брест, Беларусь

В настоящее время применение расширяющихся цементов в строительстве свя-зано, главным образом, с улучшением эксплуатационных свойств кон-струкций. Основ-ная идея их создания была направлена на исключение небла-гоприятных последствий усадки. Создание расширяющих цементов, имеющих так называемый "твердофазовый механизм расширения", позволило получить новый способ создания предварительного напряжения конструкций. При этом практически все исследовательские работы послед-них двух десятилетий были направлены как на изучение свойств самих расширяющихся и расширяющих цементов, так и на разработку практических методов оценки самона-пряжения бетона в конструкции. Значительно меньшее внимание исследователей уделя-ется еще одному важному вопросу, связанному с проектированием конструкций из на-прягающего бетона, а именно описание процесса развития собственных деформаций при самонапряжении конструкции. Это обусловлено тем, что в по-давляющем большин-стве случаев исследовались короткие элементы балочного типа с центральным положе-нием ограничивающих связей в сечении.

При исследованиях сборно-монолитных самонапряженных ребристых, а затем и безригельных перекрытий обратили внимание на тот факт, что плоская при изготов-лении конструкция, перекрывающая квадратную в плане ячейку, в

процессе расширения напрягающего бетона превращается в пологую оболочку положительной гауссовой кривизны [1]. Исследования неразрезных фрагментов [] перекрытия показали, что в процессе расширения, в зависимости от условий ограничения деформации, плоские конструкции перекрытий могут приобретать сложную геометрическую форму, в ряде случаев получая нежелательные прогибы. На основании выполненного расчетного анализа компьютерных моделей в работе [2] было показано, что форма поверхности плоской после бетонирования конструкции будет существенным образом зависеть от положения ограничивающих связей в пределах сечения контурных элементов и плиты. При этом установлены зависимости, позволяющие описать не только самонапряжение элементов перекрытия, но и определить деформированное состояние.

Таким образом, базируясь на обобщенных результатах последних работ лаборатории самонапряженных конструкций БИИ в области самонапрягаемых конструкций, можно сформулировать следующую гипотезу. Применение напрягающего бетона для изготовления конструкции позволяет получить не только начальное предварительное напряжение ее элементов, но и новую геометрическую форму, соответствующую замыслу проектировщика.

Обратившись к наиболее удачному, на наш взгляд, определению расширяюще-гося цемента, данному в [3], следует отметить, что такой подход удовлетворяет изначальной идее самого материала - способность претерпевать временное и пространственное управляемое изменение объема.

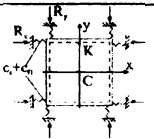
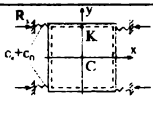
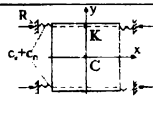
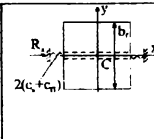
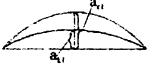

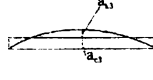
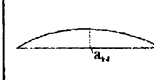
Изменение геометрической формы перекрытий при различных условиях ограничения деформаций контурных балок исследовали на компьютерных моделях. Программа эксперимента и результаты расчета представлены в таблице 1.

На основании проведенных исследований было установлено, что для описания поверхности оболочки, получаемой в результате расширения, следует установить деформированную схему контурных элементов. Обработка данных моделирования показала, что кривизна контурного элемента на стадии расширения может быть определена как для балки таврового сечения со свесами полок, равными e_s (где e_s - толщина плиты оболочки). При этом кривизна балки может быть установлена, пользуясь базовой зависимостью, полученной в работе [4]:

$$\psi_{CE} = \frac{f_{CE,d} \cdot k_{\rho} \cdot k_s}{\rho_1 \cdot E_s \cdot h} \left(\frac{e_s}{d} \right)^k \quad (1)$$

Таблица 1

Данные сравнительного анализа по вариантам компьютерного моделирования

Анализируемые параметры		Варианты моделирования			
					
Вертикальные деформации	в точке "С"	$a_{c1} = 2 \cdot a_{k1}$	$a_{c2} = a_{k2} = 0.5 \cdot f_{c1}$	$a_{c3} = 0.5 \cdot 1/K_1 \cdot a_{c1} = 1/K_1 \cdot a_{c2}$ $K_1 > 1$	$a_{c4} = a_{c3}$
	в точке "К"	a_{k1}	$a_{k2} = a_{k1}$	$a_{k3} = k_2 \cdot a_{k2} = 1/K_2 \cdot a_{k1}$ $K_2 > 1$	$a_{k4} = a_{k3}$
Реакция в ограничивающих связях		R_{k1}	$R_{k2} = R_{k1}$	$R_{k3} = 1/K_3 \cdot R_{k2} = 1/K_3 \cdot R_{k1}$ $K_3 < 1$	$R_{k4} = R_{k3} = 1/K_3 \cdot R_{k1}$
Схема вертикальных деформаций контурной балки					
<i>Примечание: в представленных зависимостях коэффициенты K1, K2, K3 – коэффициенты, учитывающие влияние торцевых контурных балок.</i>					

где: e_s – эксцентриситет ограничивающей связи относительно центра тяжести бетонного сечения контурной балки

d – рабочая высота сечения

Из формулы (1) следует, что при прочих равных условиях кривизна контурного элемента, а следовательно и поверхности, получаемой в результате расширения напрягающего бетона, зависит, главным образом, от положения ограничивающей связи, что описывается эксцентриситетом e_s (см. рис.). Меняя положение ограничивающей связи в пределах сечения появляется возможность управлять процессом формообразования конструкции. Для получения пространственной конструкции предложенным способом необходимо выполнить следующие элементарные технологические операции:

1. подготовить опалубку для бетонирования плоской конструкции;
2. забетонировать конструкцию напрягающим бетоном;
3. осуществить уход за бетоном в соответствии с назначенным технологическим регламентом.

Схема процесса формообразования оболочки положительной гауссовой кривизны показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема формообразования в случае оболочки положительной Гауссовой кривизны на стадии расширения напрягающего бетона (при $\epsilon_s > 0$).

Изменяя величину эксцентриситета e_s для контурных балок различных направлений можно получать требуемую поверхность оболочки. Например, если балки по направлению X (см. рис. 2) имеют положительный эксцентриситет $e_s > 0$, а по направлению Y – отрицательный $e_s < 0$ будет иметь место оболочка отрицательной гауссовой кривизны. При этом дополнительно можно варьировать и количеством ограничивающей арматуры, располагаемой в контурных балках (рис. 2).

В заключение следует ответить на один очень важный вопрос: сохраняется ли достигнутая форма оболочки во времени? Так опыты, проведенные с фрагментом перекрытия при его хранении в воздушно-сухих условиях (при $t_{cp} = 20 \div 25^\circ\text{C}$, $RH = 40 \div 50\%$) в течении около 4 лет не выявили сколько-нибудь значительных изменений в начальной геометрии, полученной на стадии расширения. Для объяснения этого явления следует обратиться к механизму и причинам расширения напрягающих цементов и бетонов, что является предметом отдельной статьи.

Несомненно, что в настоящей статье изложена только основная идея новой технологии получения пространственных конструкций. Ее доведение до промышленного использования потребует не только радикального изменения, в первую очередь культуры строительного производства, включая наличие опалубок механизмов для укладки бетонной смеси и т.д., но и работы над самим исходным материалом, определения области рациональных пролетов и нагрузок.

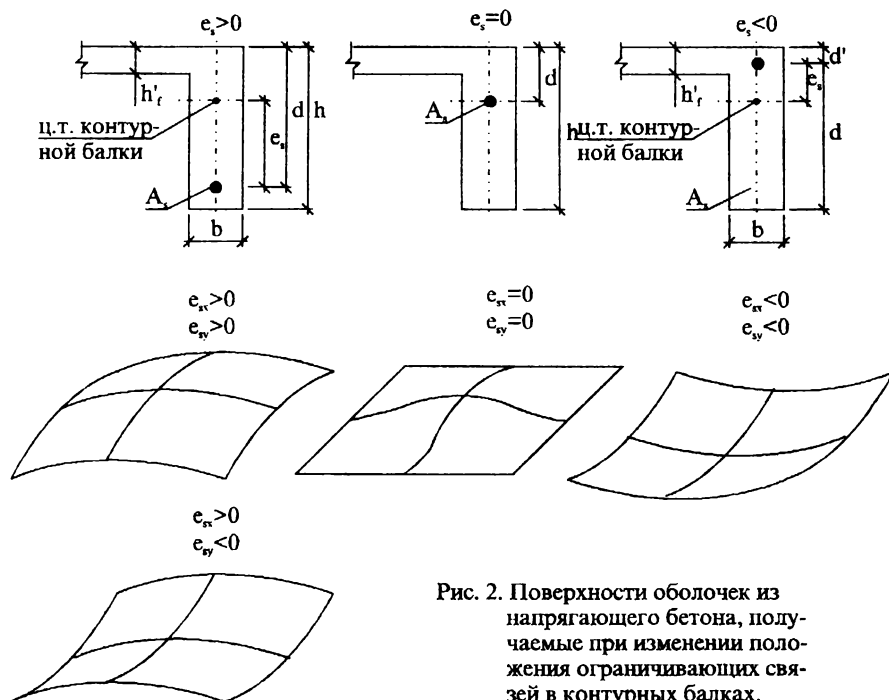


Рис. 2. Поверхности оболочек из напрягающего бетона, получаемые при изменении положения ограничивающих связей в контурных балках.

Выводы

1. Применение напрягающего бетона для изготовления конструкций позволяет не только достигнуть самоупругивания конструктивных элементов, но и получить заранее заданную геометрическую поверхность, т.е. появляется новая технология изготовления пространственных конструкций.
2. Способом регулирования формообразования конструкции является лишь назначение соответствующего положения ограничивающих расщирение связей в пределах сечений элементов перекрытий.

Литература

1. Тур В.В. Прочность, жесткость и трещиностойкость самоупругиванных ребристых плит перекрытий. / Дисс. канд. техн. наук., М. – НИИЖБ. – 1989 – 275 с

2. Басов В.С. Прочность, жесткость и трещиностойкость самоупреженных безригельных перекрытий./ Дисс. канд. техн. наук., Минск, – БГПА – 1998 – 216 с
3. Харченко И.Я., Штарк Б. Расширяющиеся цементы // Материалы научной конференции 75 Jahre Quellezement/ ,Germany,1995. – s.3 – 10.
4. Тур В.В., Басов В.С. К вопросу о влиянии эксцентриситета приложения ограничивающей связи на процессы развития самоупрежения // Брест, 1997. – с.119 –132.