

полученная по результатам испытания призм. Условия работы бетона при изгибе несколько иные, поэтому для нагрузок, близких к предельным, неучет работы сжатой зоны более заметен. С помощью диаграммы $\sigma = f(\epsilon)$ для растянутого бетона можно проследить границы участия в работе сечения растянутой зоны.

Л и т е р а т у р а

1. Селюков В.М. Первые результаты проверки существующих предложений по расчету изгибаемых железобетонных элементов на выносливость. Ученые записки Мордовского университета, вып.31, 1963.

2. Селюков В.М. Экспериментальные исследования работы бетонных призм на центральную многократно повторяющуюся нагрузку. Ученые записки Мордовского университета, вып. 34, 1964.

А.П.Пашков, В.И.Клюкин, В.И.Соломатов,
В.Ф.Копылов

УДК 624.072.2.78.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛЕПОЛИМЕРБЕТОННЫХ ЦЕНТРИ- ФУГИРОВАННЫХ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С целью совершенствования методики расчета центрифугированных сталеполимербетонных труб и принципов их конструирования в июле-августе 1975 года в Минском филиале ПО "Техэнергохимпром" МТП СССР были проведены испытания трубчатых элементов длиной 1 м, внутренним диаметром 500 мм и толщиной стенки 60 мм [1].

Армирование принималось таким же как для железобетонных центрифугированных безнапорных труб типа РТ-5Н.

Трубы изготавливались из полимербетонной смеси на основе фурфурол-ацетонового мономера ФАМ следующего состава в процентах по массе: щебень (фр.5-20 мм) гранитный - 52, песок кварцевый ($M_{кр}=1,7$) - 28,5, микронаполнитель (диабазовая мука) - 9,5, ФАМ - 8, БСК - 2.

Уплотнение полимербетона центрифугированием осуществлялось в течение 8 мин. при прессующем давлении, равном $2,04 \text{ кгс/см}^2$.

Одновременно с формованием труб были изготовлены контрольные центрифугированные кубы $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ и призмы $10 \times 10 \times 40 \text{ см}$.

Механические характеристики центрифугированного полимербетона оказались равными: кубиковая прочность - 786, призмная прочность - 590, модуль упругости - $2,28 \cdot 10^5$, прочность на растяжение при изгибе - 130, прочность при чистом растяжении - 70 кгс/см^2 .

Схема испытания образцов и расстановки приборов показана на рис. 1.

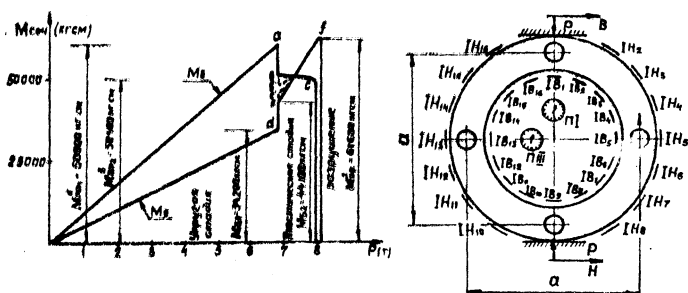


Рис. 1. Изменение изгибающих моментов в горизонтальных и вертикальных сечениях и схема расстановки приборов

Нагрузка на трубчатый элемент прикладывалась по образующей цилиндра через деревянные прокладки при помощи одного гидравлического домкрата типа ДГ-10 ступенями, равными 0,125 от Рразр.

Результаты испытаний трех центрифугированных труб оказались аналогичны. Необходимо отметить, что характер нарастания деформаций и их величин в каждом из трех сечений как по наружным, так и по внутренним поверхностям совпадают, поэтому подробно рассматривается только центральное сечение.

Прирост растягивающих деформаций на каждой ступени нагружения почти на всем протяжении диапазона нагрузок от 0 до 3 тс

оказался примерно одинаковым, т.е. наблюдается почти линейная зависимость " $\sigma - \epsilon$ ". Следовательно, материал в этом диапазоне нагрузок работает близко к упругой стадии.

При нагрузке 6 тс растягивающие деформации составили: для верхних точек внутреннего периметра $\sim 50 \cdot 10^{-5}$, а для нижних $\sim 90 \cdot 10^{-5}$. Следует отметить, что такой же уровень растягивающих деформаций перед моментом образования трещин был зафиксирован и в испытаниях натурных сталеполимербетонных конструкций [2, 3].

При нагрузке 6,75 тс были обнаружены первые трещины на внутренней поверхности трубы в верхних и нижних точках. Перед образованием трещин (при нагрузке 6 тс) изгибающий момент составил: $M^I = 0,318 R \cdot Z_{cp} = 0,318 \times 6000 \times 28 = 53500 \text{ кгс}\cdot\text{см}$; а напряжения в полимербетоне по внутренним фибрам в предположении упругой работы материала составили $90 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Растягивающие напряжения внутренних слоев, рассчитанные по замеренным деформациям в этот момент оказались равными $114 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Полученные величины напряжений в момент появления трещин оказались меньше значения прочности на растяжение при изгибе, равного $130 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Расхождение в полученных значениях напряжений можно объяснить неравномерностью механических свойств полимербетона по толщине сечения образца.

Величина деформации полимербетона при сжатии перед моментом образования трещин при нагрузке 6 тс достигает $30 \cdot 10^{-5}$. При модуле упругости $2,28 \times 10^5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ напряжения сжатия оказываются равными $68 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Теоретические напряжения сжатия от внешних усилий в момент образования трещин составят:

$$\sigma_{сж} = \frac{0,181 \times R_{сж}}{F} + \frac{N_6}{F} = \frac{0,181 \times 6000 \times 28 \times 6}{100 \times 6^2} + \frac{3000}{100 \times 6} =$$

$$= 56 \text{ кгс}/\text{см}^2, \text{ что сравнимо с } \sigma_{сж} = 68 \text{ кгс}/\text{см}^2.$$

Сжимающие деформации верхних точек наружного периметра соответствуют растягивающим деформациям верхних точек внутреннего периметра.

Замеренные деформации растяжения в боковых слоях наружного периметра равны $35 \cdot 10^{-5}$, а напряжения в бетоне составили $80 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Напряжения в момент образования трещин равны 46 кгс/см^2 .

Следовательно, деформации растяжения содержат значительную часть пластических деформаций. Прирост деформаций на последних ступенях загрузки сильно увеличивается, но напряжения здесь еще далеки от предельных.

Окружные деформации равномерно распределены по наружным и внутренним поверхностям в продольном направлении. Этот факт позволяет утверждать, что напряженно-деформированное состояние по длине трубы, за исключением торцевых участков, где сказывается краевой эффект, подчиняются закону "плоской деформации".

Полимербетон трубчатого элемента работает упруго в пределах нагрузки до 3 тс. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к росту доли пластических деформаций. При нагрузке порядка 6 тс замеренные взаимные смещения точек периметра по вертикальному и горизонтальному диаметрам оказываются на 75-80% больше расчетных, определенных в предположении упругой работы материала. При нагрузках свыше 6 тс происходит перераспределение внутренних усилий в замкнутой системе и статически неопределимое кольцо превращается сначала в статически определимую (при образовании первых сквозных трещин), а затем в геометрически изменяемую систему.

Разрушение испытуемых трубчатых элементов произошло при нагрузке 8 тс. На рис. 1 представлен график зависимости изменения изгибающих моментов в горизонтальном и вертикальном сечениях образцов в зависимости от нагрузки.

В упругой стадии работы трубчатого элемента изгибающий момент до начала образования трещин в верхней точке возрастает в соответствии с выражением $M_B = 0,318 \cdot Z_{\text{ср}} = 0,318 \cdot 6750 \cdot 28 = 60000 \text{ кгсм}$, а в боковой точке $M_5 = 0,181 R \cdot Z_{\text{ср}}$.

После образования трещин изгибающий момент в верхней точке падает до величины, которая характеризуется несущей способностью растянутой арматуры:

$$M_{B2} = F_a R_a^h \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = 2,35 \times 5500 (4 - 0,1) = 50400 \text{ кгсм, где}$$

$$x = \frac{F_a R_a^h}{b R_{\text{пр}}} = \frac{2,35 \times 5500}{100 \times 590} = 0,2 \text{ см.}$$

С увеличением нагрузки этот момент в верхней точке остается постоянным вплоть до разрушения труб.

В момент образования первых трещин по внутренней поверхности трубчатого элемента изгибающий момент в боковых точках увеличивается от 34200 кгсм до 44100 кгсм.

Перед моментом исчерпания несущей способности изгибающий момент в боковых сечениях оказался равным 61600 кгсм.

Предложенная методика испытаний центрифугированных сталеполимербетонных труб приемлема для исследования поведения подобного рода конструкций при действии кратковременной нагрузки.

Армирование в соответствии с типовыми решениями стенок центрифугированных сталеполимербетонных труб незначительно влияет на повышение их трещиностойкости. Трещиностойкость определяется прочностью полимербетона на осевое растяжение или растяжение при изгибе. Деформативность сталеполимербетонных труб в большой степени зависит от деформативности полимербетона и должна определяться с учетом его пластических свойств.

Прочность, трещиностойкость и деформативность центрифугированных сталеполимербетонных труб должна определяться с учетом перераспределения внутренних усилий и изменчивости прочностных и деформативных свойств полимербетона по толщине стенок.

Л и т е р а т у р а

1. Соломатов В.И., Пашков А.П., Клюкин В.И. К вопросу расчета и конструирования сталеполимербетонных центрифугированных труб. В сб. "Защита строительных конструкций, оборудования и трубопроводов химических предприятий от коррозии", Минск, "Полымя", 1975.

2. Клюкин В.И., Далевский А.К., Ковалев Ф.А. и др. Некоторые результаты исследований изгибаемых сталеполимербетонных конструкций. В сб. "Защита строительных конструкций, оборудования, трубопроводов химических предприятий от коррозии", Минск, "Полымя", 1975.

3. Давыдов С.С., Иванов А.И. Сталеполимербетонные строительные конструкции. М., Стройиздат, 1972.