НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОССТРОЯ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО РАСЧЕТУ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО НОРМАЛЬНЫМ И НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ

НИИСК
КИЕВ 1981

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОССТРОЯ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО НОРМАЛЬНЫМ И НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ

Одобрены секцией № 1 Научно-технического совета
НИИСК Госстроя СССР.
Протокол № 3 от 12 марта 1980 г.

НИИСК
КИЕВ 1981

УДК 624.012.4:624.93

Изложены методические рекомендации по расчету трещиностойкости предварительно напряженных сборно-монолитных изгибаемых конструкций по сечениям, нормальным и наклонным к продольной оси конструкции.

Распространяются на конструкции из бетонов на плотных заполнителях и цементном вяжущем, а также на пористых заполнителях и цементном вяжущем.

Рассчитаны на инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций, студентов и аспирантов вузов и факультетов строительного профиля.

Разработаны докт. техн. наук А.Б.Голышевым (НИИСК Госстроя СССР), кандидатами техн. наук В.П.Полищуком (Курский политехнический институт), Я.Г.Сунгатуллиным (Казанский инженерно-строительный институт), А.Б.Юркша, Г.В.Марчюкайтисом (Вильнюсский инженерно-строительный институт), П.И.Кривошеевым, А.В. Харченко (НИИСК Госстроя СССР).

Отзывы и замечания просим направлять по адресу:
252180, Киев-180, ул. И.Клименко,5/2, НИИСК Госстроя СССР, лаборатория теории расчета железобетонных конструкций.

Изд. № 10-80

© Научно-исследовательский институт строительных конструкций (НИИСК) Госстроя СССР, 1980

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Сборно-монолитные конструкции в зависимости от предъявляемых к ним требований по трещиностойкости рассчитываются по образованию трещин в сборных элементах, нормальных к продольной оси конструкции и наклонных в зоне действия наибольших главных растягивающих напряжений.

I.2. Расчет по образованию трещин производится в наиболее опасных местах по длине пролета в зависимости от вида эпюры изгибающих моментов, поперечных сил и от изменения сечения конструкции.

I.3. При расчете по образованию трещин в расчет вводятся сечения, приведенные (по модулю упругости) к более прочному бетону.

2. РАСЧЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ НОРМАЛЬНЫХ ТРЕЩИН

2.I. Усилия, вызывающие появление нормальных трещин, определяются на основе следующих предпосылок:

для деформаций бетона и арматуры считается справедливой гипотеза плоских сечений;

напряжения в бетоне сжатой зоны определяются с учетом упругих, а для сборного элемента (в необходимых случаях) – с учетом неупругих деформаций;

напряжения в бетоне растянутой зоны распределяются равномерно и принимаются равными предельному сопротивлению бетона осевому растяжению;

наибольшие относительные удлинения крайних растянутых волокон бетона принимаются равными отношению удвоенного предельного сопротивления бетона осевому растяжению к его начальному модулю упругости.

2.2. Для конструкций, сборные элементы которых рассчитаны на восприятие нагрузок, возникающих в период строительства, (монолитный бетон не выходит на растянутую грань) (рис.I) расчет по образованию нормальных трещин производится из условия

$$M_1+M\le M_T=M_1+\left[N_{1.0}(e_{1.0}+r_{i.y})-M_1\right]\frac{W_o}{W_{1.0}}+(\sigma_{c.g}+\sigma_{c.y})W_o+R_{c.p}W_T, \quad (I)$$

где $N_{1.0}$ – равнодействующая усилий предварительного обжатия сборного элемента с учетом всех потерь, проявившихся до

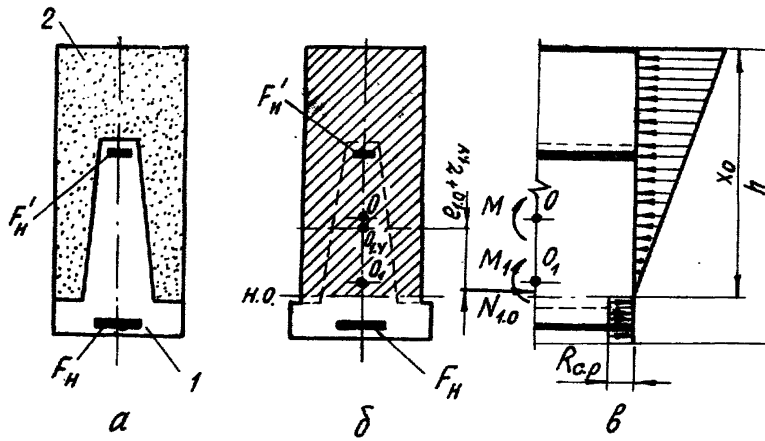


Рис. I. К расчету конструкций, сборные элементы которых рассчитаны на восприятие нагрузок, возникающих в период строительства (монолитный бетон не выходит на растянутую грань)
а – поперечное сечение; б – то же, после приведения к более прочному бетону; в – схема действия усилий в сечении; I – сборный элемент; 2 – монолитный бетон ; O_1 и $O_{1,y}$ – центр тяжести приведенного сечения сборного элемента и ядровая точка указанного сечения; O – центр тяжести сечения конструкции, приведенного к более прочному бетону

приобретения монолитным бетоном заданной прочности (см. ш. I.22-I.26 [3]); $\sigma_{c,g}$ и $\sigma_{c,y}$ – напряжения в наиболее растянутых от внешних нагрузок волокнах конструкции, вызванные ползучестью и усадкой бетонов, определяются в соответствии с п. 2.5; $e_{1,0}$ – расстояние от центра тяжести приведенного сечения сборного элемента до точки приложения силы $N_{1,0}$; $r_{1,y}$ – то же, до ядровой точки (условной), наиболее удаленной от растянутого края указанного сечения; $W_{1,0}$ – момент сопротивления приведенного сечения сборного элемента относительно крайних растянутых волокон, определяемый как для упругого материала; W_0 и W_T – моменты сопротивления приведенного сечения конструкции относительно крайних растянутых волокон, определяемые, соответственно, как для упругого материала и с учетом неупругих деформаций растянутого бетона.

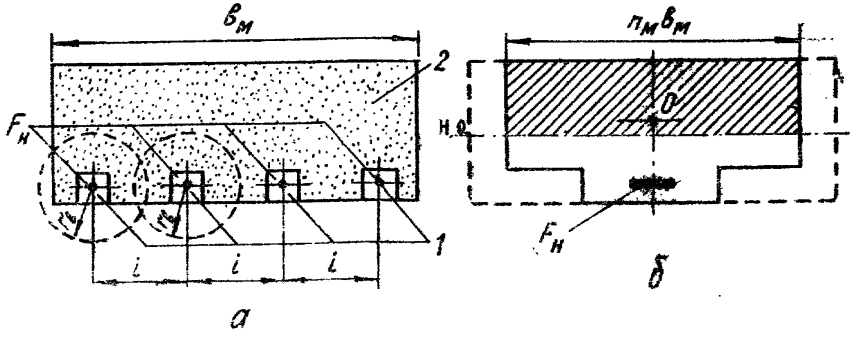
Момент сопротивления $W_т$ определяется без учета работы растянутой зоны монолитного бетона.

Если сборный элемент попадает в сжатую зону конструкции и $M_1 y'_{1.к}/J_{1.п}+My'_к/J_п \geq 0{,}7R_{с.пр}$, где $y'_{1.к}$ и $y'_к$ – расстояния от центра тяжести приведенного сечения сборного элемента и конструкции до сжатого края соответствующего сечения – $r_{1.у}=0{,}8r_{1.я}$.

Если сборный элемент не попадает в сжатую зону конструкции или $M_1 y'_{1.к}/J_{1.п}+My'_к/J_п < 0{,}7R_{с.пр}$, то $r_{1.у}=r_{1.я}=W_{1.0}/F_{1.п}$.

2.3. Для конструкций, сборные элементы которых выполняют роль растянутой рабочей арматуры (монолитный бетон выходит на растянутую грань), (рис. 2 и 3), расчет по образованию нормальных трещин производится из условия

$$M \leq M_т=\left(\frac{N_{1.0}}{F_{1.п}}+\sigma_{с.у}\right)W_0+R_{с.р}W_т. \qquad (2)$$



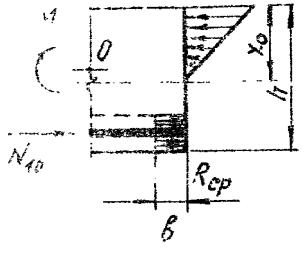


Рис. 2. К расчету конструкций, сборные элементы которых выполняют роль растянутой рабочей арматуры (монолитный бетон выходит на растянутую грань)
а – поперечное сечение; б – то же, после приведения к более прочному бетону; в – схема действия усилий; 1 – преднапряженные бруски (сборные элементы); 2 – монолитный бетон; 0 – центр тяжести сечения конструкции, приведенного к более прочному бетону

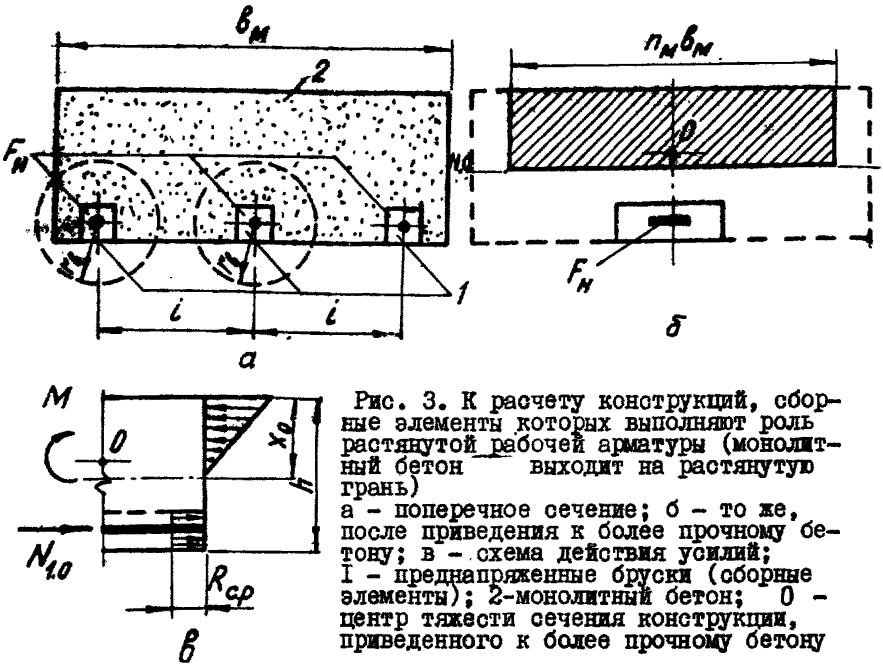


Рис. 3. К расчету конструкций, сборные элементы которых выполняют роль растянутой рабочей арматуры (монолитный бетон выходит на растянутую грань)
а – поперечное сечение; б – то же, после приведения к более прочному бетону; в – схема действия усилий;
I – преднапряженные бруски (сборные элементы); 2-монолитный бетон; 0 – центр тяжести сечения конструкции, приведенного к более прочному бетону

При $i \leq 2r_в$ (см. рис. 2) величина W_0 определяется в предположении, что площадь растянутой зоны монолитного бетона в пределах высоты сборного элемента равна нулю, при $i > 2r_в$ (см. рис. 3) – в предположении, что площадь всей растянутой зоны монолитного бетона равна нулю.

Здесь i – расстояние между центрами тяжести приведенных сечений отдельных брусков; $r_в$ – радиус взаимодействия бруска и монолитного бетона;

$$r_в = 2{,}8\sqrt{F_{1,п}/\pi}. \qquad (3)$$

Величина $W_т$ как в том, так и в другом случае определяется без учета растянутой зоны монолитного бетона.

2.4. Расчет по образованию нормальных трещин при наличии начальных трещин в сборном элементе, возникающих при его обжатии (со стороны менее обжатых волокон), производится по формуле

$$M_1+M \le M_T = M_{1,T}^* + \frac{M_T^* - M_{1,T}^*}{(M_{1,T}^*)^2}(M_{1,T}^* - M_1)^2, \qquad (4)$$

где $M_{1,T}^*$ - момент, воспринимаемый нормальным сечением сборного элемента с начальными трещинами при расчете по образованию трещин в зоне, растянутой от действия внешних нагрузок, определяется по формуле (I95) п. 4.7 [3] с учетом рекомендаций п. 4.9 [3] или по формуле (3.I7) [I];

$$M_T^* = N_{1,0}(e_{1,0}^* + r_{1,я}^*)\frac{W_{1,0}^*}{W_0^*} + R_{c,p}W_T^*; \qquad (5)$$

$e_{1,0}^*$ - расстояние от центра тяжести сохранившейся части приведенного сечения сборного элемента до точки приложения силы $N_{1,0}$; $r_{1,я}^*$ - то же, до ядровой точки, наиболее удаленной от растянутого края указанного сечения; $W_{1,0}^*$ - момент сопротивления сохранившейся части приведенного сечения сборного элемента относительно крайних растянутых волокон, определяемый как для упругого материала; W_0^* и W_T^* - моменты сопротивления приведенного сечения конструкции с верхней трещиной в сборном элементе относительно крайних растянутых волокон, определяемые, соответственно, как для упругого материала и с учетом неупругих деформаций растянутого бетона.

Высота сохранившейся части приведенного сечения сборного элемента (т.е. высота сжатой зоны нормальных сечений сборного элемента с начальными трещинами) определяется в соответствии с рекомендациями п. 5.I0 [I].

Момент сопротивления W_T^* определяется без учета работы растянутой зоны монолитного бетона.

2.5. Напряжения в наиболее растянутых волокнах конструкции, вызванные ползучестью и усадкой бетонов, определяются на основе технического варианта теории ползучести - модернизированной теории старения.

Напряжения, вызванные ползучестью бетонов, вычисляются по формуле

$$\sigma_{c,q} = \frac{M_{qл}}{J_п \gamma_c}\left(\frac{S_ф r_я - J_\omega}{W} + y_к \varphi_c\right); \qquad (6)$$

напряжения, вызванные усадкой,- по формуле

$$\sigma_{c.y}=\frac{\varepsilon_{c.y}E_c}{\gamma_c}\left[\frac{F_c}{W}(r_я+i_c)-1\right]+\frac{\varepsilon_{м.y}E_м F_м}{\gamma_м W}(r_я-i_м). \qquad (7)$$

В этих формулах:

$$S_ф=n_м F_м i_{м.0}\varphi_м\frac{\gamma_c}{\gamma_м}-F_c i_{c.0}\varphi_c; \qquad (8)$$

$$J_ф=n_м(J_м+F_м i_{м.0} i_м)\varphi_м\frac{\gamma_c}{\gamma_м}+(J_c+F_c i_{c.0} i_c)\varphi_c; \qquad (9)$$

$$r_я=W/F; \qquad (10)$$

$$W=J/y\ ; \qquad (11)$$

$$y=S/F\ ; \qquad (12)$$

$$i_c=y-y_c; \qquad (13)$$

$$i_м=h-y'_м-y; \qquad (14)$$

$$F=F_c+n_м F_м\frac{\gamma_c}{\gamma_м}\ ; \qquad (15)$$

$$S=F_c y_c+n_м F_м(h-y'_м)\frac{\gamma_c}{\gamma_м}\ ; \qquad (16)$$

$$J=J_c+F_c i_c^2+n_м(J_м+F_м i_м^2)\frac{\gamma_c}{\gamma_м}\ ; \qquad (17)$$

$y_к$ - расстояние от центра тяжести приведенного сечения конструкции до растянутого края указанного сечения; y_c - расстояние от центра тяжести бетонного сечения сборного элемента до растянутого края приведенного сечения конструкции; $y'_м$ - расстояние от центра тяжести сечения монолитного бетона до сжатого края приведенного сечения конструкции; $i_{c.0}$ и $i_{м.0}$ - расстояния от центра тяжести приведенного сечения конструкции до центров тяжести бетонных сечений сборного элемента и монолитного бетона; h - полная высота сборно-монолитной конструкции.

Величины параметров ползучести и усадки бетонов $\varphi_c, \gamma_c, \varphi_м, \gamma_м$ и $\varepsilon_{c.y}, \varepsilon_{м.y}$ определяются в соответствии с приложениями I и 2 настоящих методических рекомендаций.

За начало отсчета времени при определении напряжений $\sigma_{c.g}$ принимается момент приложения внешней нагрузки, при определе-

нии $\sigma_{c.y}$ – момент приобретения монолитным бетоном заданной прочности.

За момент приобретения монолитным бетоном заданной прочности принимается (в первом приближении) момент окончания влажного хранения (термовлажностной обработки) указанного бетона.

2.6. Момент сопротивления W_T определяется по формуле

$$W_T = \frac{2}{h - x_0}(J_{c\text{ж}} + n_c J_A) + S_p, \qquad (18)$$

где

$$x_0 = h - \frac{2}{F_p}(S_{c\text{ж}} + n_c S'_a + n_c S_a); \qquad (19)$$

$J_{c\text{ж}}$ и J_A – момент инерции площади сжатой зоны бетонного сечения конструкции и момент инерции сечения всей арматуры относительно нейтральной оси; $S_{c\text{ж}}$ и S_p – статические моменты площадей сжатой и растянутой зон бетонного сечения конструкции относительно нейтральной оси; S'_a и S_a – статические моменты сечений сжатой и растянутой арматуры относительно той же оси; F_p – площадь растянутой зоны бетонного сечения конструкции.

3. РАСЧЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ НАКЛОННЫХ ТРЕЩИН

3.1. Напряжения, вызывающие появление наклонных трещин, определяются на основе следующих предпосылок:

в момент, предшествующий образованию трещин, бетон работает как сплошной упругий материал;

в качестве места образования трещин (по высоте сечения) принимается нейтральная ось;

в качестве условия образования трещин принимается достижение касательными напряжениями на уровне нейтральной оси предельного сопротивления бетона осевому растяжению.

3.2. Расчет по образованию наклонных трещин производится для конструкций, сборные элементы которых рассчитаны на восприятие нагрузок, возникающих в процессе строительства (монолитный бетон не выходит на растянутую грань).

При расчете по образованию наклонных трещин должны выполняться условия

при $\sigma_{c.r.c} \leq m_t R_{c.ap}$

$$\sigma_{c.r.p} \le R_{c.p}; \qquad (20)$$

при $\sigma_{c.r.c} > m_1 R_{c.pr}$

$$\sigma_{c.r.p} \le m_2 R_{c.p}\left(1 - \frac{\sigma_{c.r.c}}{R_{c.pr}}\right), \qquad (21)$$

где $\sigma_{c.r.p}$ и $\sigma_{c.r.c}$ – главные растягивающие и главные сжимающие напряжения в бетоне сборного элемента после приобретения монолитным бетоном заданной прочности, определяются по формуле

$$\sigma_{\substack{c.r.p \\ c.r.c}} = 0{,}5(\sigma_{1.x} + \sigma_{c.x} + \sigma_{1.y} + \sigma_{c.y}) \mp 0{,}5\sqrt{(\sigma_{1.x} + \sigma_{c.x} - \sigma_{1.y} - \sigma_{c.y})^2 + 4(\tau_1 + \tau_c)^2}; \qquad (22)$$

m_1 и m_2 – коэффициенты, определяемые по таблице

Проектная марка бетона		m_1	m_2
на плотных заполнителях	на крупном пористом и мелком плотном или пористом заполнителях		
М400 и ниже	М200 и ниже	0,5	2
М500	М250	0,37	I,6
М600	М300	0,25	I,33
М700	М350	0,I2	I,I4
М800	М400	0	I

Если сборный элемент попадает в сжатую зону приведенного сечения конструкции, проверка по образованию трещин производится на уровне центра тяжести приведенного сечения сборного элемента, на уровне центра тяжести приведенного сечения конструкции, а при тавровых и двутавровых элементах – и по линии примыкания сжатой полки к ребру.

Если сборный элемент не попадает в сжатую зону приведенного сечения конструкции, проверка по образованию трещин производится на уровне центра тяжести приведенного сечения сборного элемента.

В формуле (22) $\sigma_{1.x}$ – нормальные напряжения в бетоне сборного элемента на площадке, перпендикулярной продольной оси конструкции, от сил предварительного обжатия напрягаемой арма-

туры и внешних нагрузок, приложенных до приобретения монолитным бетоном заданной прочности; $\sigma_{c.x}$ – то же, от внешних нагрузок, приложенных после приобретения монолитным бетоном заданной прочности; $\sigma_{1.y}$ – нормальные напряжения в бетоне сборного элемента на площадке, параллельной продольной оси конструкции, от сил предварительного обжатия криволинейной напрягаемой арматуры, местного действия опорных реакций и сосредоточенных сил, приложенных до приобретения монолитным бетоном заданной прочности; $\sigma_{c.y}$ – то же, от местного действия опорных реакций и сосредоточенных сил, приложенных после приобретения монолитным бетоном заданной прочности (рис. 4); τ_1 – касательные напряжения в бетоне сборного элемента от сил предварительного обжатия криволинейной напрягаемой арматуры и внешних нагрузок, приложенных до приобретения монолитным бетоном заданной прочности; τ_c – то же, от внешних нагрузок, приложенных после приобретения монолитным бетоном заданной прочности.

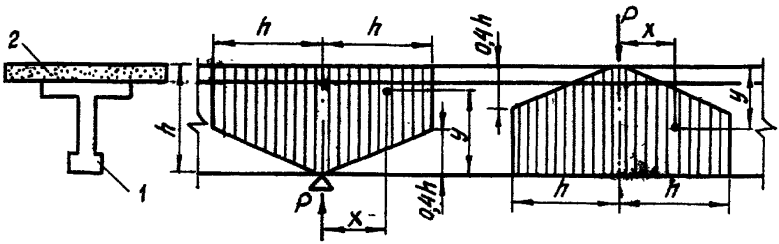


Рис. 4. Схема распределения сжимающих напряжений на площадках, параллельных продольной оси конструкции
1 – сборный элемент; 2 – монолитный бетон

Для уровня центра тяжести приведенного сечения сборного элемента

$$\sigma_{c.x}=-\frac{M}{J_n}y_n, \qquad (23)$$

где y_n – расстояние от центра тяжести приведенного сечения конструкции до центра тяжести приведенного сечения сборного элемента.

Для уровня центра тяжести приведенного сечения конструкции $\sigma_{c.x} = 0$.

При $y < 0{,}4h$ и $x \le 2{,}5h$

$$\sigma_{c.y} = \frac{0{,}4P}{bh}\left(\frac{h}{y} - 1\right)\left(1 - 0{,}4\frac{x}{y}\right); \qquad (24)$$

при $y \ge 0{,}4h$ и $x \le h$

$$\sigma_{c.y} = \frac{P}{bh}\left(1 - \frac{y}{h}\right)\left(1 - \frac{x}{h}\right); \qquad (25)$$

$$\tau_c = \frac{QS_n}{bJ_n}, \qquad (26)$$

где S_n – статический момент части приведенного сечения конструкции, расположенной выше уровня, на котором производится проверка по образованию трещин, относительно оси, проходящей через центр тяжести приведенного сечения; b – ширина приведенного сечения конструкции на уровне, для которого производится проверка по образованию трещин.

Величины $\sigma_{t.x}$, $\sigma_{t.y}$ и τ_t определяются в соответствии с пп. 4.12-4.15 [3].

При тавровых и двутавровых сборных элементах, при наличии в месте примыкания полки к ребру скосов, следует также проверять $\sigma_{c.r.p}$ на уровне примыкания к ребру скоса.

3.3. Расчет по образованию наклонных трещин не производится, если выполняется условие

$$Q \le 0{,}6R_{c.p}bh_0, \qquad (27)$$

где Q – наибольшая поперечная сила на рассматриваемом участке (см. п. 1.2).

3.4. Если сборный элемент попадает в сжатую зону приведенного сечения конструкции, а монолитный бетон попадает как в сжатую, так и в растянутую зону указанного сечения, расчету по образованию трещин на уровне центра тяжести приведенного сечения конструкции предшествует проверка условий

при $\sigma_{м.г.с} \le m_1 R_{м.пр}$

$$\sigma_{м.г.р} \le R_{м.р}; \qquad (28)$$

при $\sigma_{м.г.с} > m_1 R_{м.пр}$

$$\sigma_{м.г.р} \le m_2 R_{м.р}\left(1 - \frac{\sigma_{м.г.с}}{R_{м.пр}}\right), \qquad (29)$$

где $\sigma_{м.г.р}$ и $\sigma_{м.г.с}$ – главные растягивающие и главные

сжимающие напряжения в монолитном бетоне, определяемые по формуле

$$\sigma_{\substack{м.г.р \\ м.г.с}} = 0{,}5\sigma_{м.у} \mp \sqrt{4\tau_м^2 - \sigma_{м.у}^2}; \qquad (30)$$

m_1 и m_2 – коэффициенты, определяемые по табл. I.

В формуле (30):

$\sigma_{м.у}$ – нормальные напряжения в монолитном бетоне на площадке, параллельной продольной оси конструкции, от местного действия опорных реакций и сосредоточенных сил, приложенных после приобретения указанным бетоном заданной прочности (см. рис. 4);

$\tau_м$ – касательные напряжения в монолитном бетоне от внешних нагрузок, приложенных после приобретения монолитным бетоном заданной прочности;

при $y < 0{,}4h$ и $x \le 2{,}5h$

$$\sigma_{м.у} = \frac{0{,}4 n_м \rho}{bh}\left(\frac{h}{y} - 1\right)\left(1 - 0{,}4\cdot\frac{x}{y}\right); \qquad (31)$$

при $y \ge 0{,}4h$ и $x \le h$

$$\sigma_{м.у} = \frac{n_м \rho}{bh}\left(1 - \frac{y}{h}\right)\left(1 - \frac{x}{h}\right); \qquad (32)$$

$$\tau_м = \frac{n_м Q S_п}{b J_п}. \qquad (33)$$

При невыполнении условий (28) и (29) расчет по образованию трещин производится в соответствии с пп. 3.2 и 3.3 при $b = b_c$, где b_c – ширина сечения сборного элемента на уровне, для которого производится проверка по образованию трещин.

Приложение I

МЕТОДИКА РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСАДКИ И ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНОВ

I. В соответствии с СН 365-67 вводятся понятия "нормативное значение меры ползучести бетона $C^н$ " и "нормативное значение деформаций усадки бетона $\varepsilon_y^н$ ".

Нормативные значения меры ползучести представляют конечную относительную величину деформаций ползучести, вызванную единичным напряжением, которое приложено в возрасте бетона 28 суток к элементу сечением I0xI0 см в условиях относительной влажности среды 70 %.

Нормативные значения деформаций усадки бетона $\varepsilon_y^н$ представляют конечную относительную величину линейной деформации усадки, которая развивается с момента окончания влажного хранения в элементе сечением I0xI0 см в условиях относительной влажности 70 %.

2. Величины нормативных значений меры ползучести и деформаций усадки определяются экспериментально, а при отсутствии опытных данных - по табл. I и 2.

Таблица I

Нормативные величины параметров ползучести и усадки бетонов на плотных заполнителях

Характеристика подвижности (удобоукладываемости) бетонной смеси по ГОСТ I0I8I-76		Значения $C^н \cdot I0^6$ ($см^2/кгс$) для бетона проектной марки							Значения $\varepsilon_y^н \cdot I0^5$ для бетона проектной марки	
осадка конуса, см	жесткость по техническому вискозиметру, сек.	I50	200	300	400	500	600	800	I50-200	300-800
-	35-30	I4	I0,8	7,7	6,2	5,2	4,5	3,6	23	27
I-2	I5-I0	I6,2	I2,4	8	7,2	6	5,3	4,2	29	33
5-6	-	I8,2	I4	I0	8	6,8	6	4,6	35	40
9-I0	-	I9,2	I4,8	I0,7	8,5	7,2	6,3	5	38	43

Примечание к табл. I и 2.

Для бетонов на плотных заполнителях, подвергнутых термовлажностной обработке по полному режиму, значения $C^н$ и $\varepsilon_y^н$ снижаются на I5 %, для бетонов на пористых заполнителях - на 20 %.

Характеристика подвижности (удобоукладываемости) бетонной смеси устанавливается в зависимости от конструктивных особенностей и технологии изготовления элементов с учетом указаний СНиП I-В.3-62 "Бетон на неорганических вяжущих и заполнителях".

Промежуточные значения $C^н$ и $\varepsilon_y^н$ находятся по интерполяции.

Таблица 2

Нормативные величины параметров ползучести и усадки бетонов на пористых заполнителях

Характеристика подвижности (удобоукладываемости) бетонной смеси по ГОСТ 10180-62		Значения $C^E \cdot 10^6$ ($см^2$/кгс) для бетона проектной марки				Значения $\varepsilon_y^н \cdot 10^5$ для бетона проектной марки	
осадка конуса, см	жесткость по техническому вискозиметру, сек.	150	200	300	400	150-200	300-400
-	40-30	20	15,6	9,2	7,4	42	48
1-2	20-10	23	18,2	11,5	8,6	54	60
5-6	-	27	20	13,4	10	66	72
9-10	-	29	21,6	14,4	11	78	84

3. Вводимые в расчет конечные значения характеристик ползучести $\varphi_к$ и деформаций усадки $\varepsilon_{y.к}$ вычисляются по формулам:

$$\varphi_к = E^н C^н \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4; \qquad (1)$$

$$\varepsilon_{y.к} = \varepsilon_y^н \xi_3 \xi_4, \qquad (2)$$

где ξ_1, ξ_2, ξ_3 и ξ_4 - коэффициенты, учитывающие отклонения действительных условий работы бетона в элементе от принятых средних (определяются по табл. 3 и 4);

4. Величины характеристик ползучести и усадки бетонов в произвольный момент времени - φ и ε_y рекомендуется определять по формулам

$$\varphi = \varphi_к [1 - \exp(-\alpha t)]; \qquad (3)$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{y.к} [1 - \exp(-\alpha t)], \qquad (4)$$

где t - время в сутках; α - параметр, характеризующий скорость нарастания ползучести и усадки бетонов.

Приближенные значения φ и ε_y в долях от $\varphi_к$ и $\varepsilon_{y.к}$ для конструкций, возводимых под открытым небом и работающих в условиях сезонного изменения окружающей среды, приведены в табл. 5.

Для условий, отличающихся от указанных выше, следует пользоваться формулами (3) и (4), где $\alpha = 0{,}01$ - если наиболее невыгодные значения усилий (напряжений) к рассматриваемому моменту времени получаются при минимальных значениях φ и ε_y, $\alpha = 0{,}04$ - если наиболее невыгодные значения усилий (напряжений) получаются при максимальных значениях φ и ε_y.

Таблица 3

Значения коэффициентов ξ_1, ξ_2, ξ_3, и ξ_4 для бетонов на плотных заполнителях

Кубиковая прочность бетона при нагружении в долях от проектной марки	ξ_1	Возраст бетона в момент нагружения, месяцы	ξ_2	Открытая удельная поверхность элемента I/см	ξ_3 для усадки	ξ_3 для ползучести	Относительная влажность среды, проц.	ξ_4 для усадки	ξ_4 для ползучести
0,6	I,5	I	I	0,05 и менее	0,4	0,65	40	I,4	I,4
0,7	I,4	I,5	0,9	0,07	0,55	0,7	50	I,3	I,3
0,8	I,25	2	0,85	0,I	0,75	0,75	60	I,I5	I,I5
0,9	I,I5	3	0,75	0,2	0,85	0,85	70	I	I
I и более		6	0,6	0,4	I	I	80	0,75	0,85
		I2 и более	0,5	0,6 и более	I,I5	I,I5	90	0,4	0,7
							I00	0	0,55

Примечание к табл. 3 и 4.

Открытая удельная поверхность стержневых (немассивных) конструкций вычисляется как отношение открытого периметра поперечного сечения к его площади. Участки поверхности (периметра сечения), находящиеся в условиях частичной изоляции (поверхности, закрытые полом или кровлей; гидроизолированные поверхности и т.п.), при подсчете величины открытой поверхности не учитываются, если изоляция осуществлена непосредственно после изготовления конструкций.

Относительная влажность устанавливается по фактическим данным. При отсутствии таких данных, а также для типовых конструкций допускается принимать $\xi_4 = I$.

При вычислении характеристик ползучести бетонов $\varphi_к$ по формуле (I) во всех случаях отличным от единицы принимается лишь один из первых двух коэффициентов: ξ_1 или ξ_2. При прочности бетона в момент нагружения меньшей, чем его проектная марка, используются значения коэффициента ξ_1, принимая $\xi_2 = I$, а при нагружении бетона в возрасте более 28 суток учитываются изменения коэффициента ξ_2, полагая, что $\xi_1 = I$.

Таблица 4

Значения коэффициентов ξ_1, ξ_2, ξ_3, и ξ_4 для бетонов на пористых заполнителях

Кубиковая прочность бетона при нагружении в долях от проектной марки	ξ_1	Возраст бетона в момент нагружения, месяцы	ξ_2	Открытая удельная поверхность элемента, I/см	ξ_3 для усадки	ξ_3 для ползучести	Относительная влажность среды, проц.	ξ_4 для усадки	ξ_4 для ползучести
0,6	I,5	I	I	0,05 и менее	0,4	0,6	40	I,4	I,4
0,7	I,3	I,5	0,9	0,07	0,45	0,65	50	I,3	I,3
0,8	I,2	2	0,8	0,I	0,5	0,7	60	I,I5	I,I5
0,9	I,I	3	0,7	0,2	0,7	0,8	70	I	I
I и более	I	6	0,6	0,4	I	I	80	0,75	0,85
		I2 и более	0,5	0,6	I,I	I,I5	90	0,45	0,65
				0,8	I,2	I,35	I00	0	0,45
				I и более	I,4	I,55			

Таблица 5

Значения коэффициента $\varphi/\varphi_к$ и $\varepsilon_у/\varepsilon_{у.к}$

t, сут.	I0	30	60	90	I80	I год	3 года
Бетоны на плотных заполнителях	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	I
Бетоны на пористых заполнителях	0,3	0,5	0,65	0,75	0,85	0,95	I

Приложение 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ γ

φ	$\xi_1 \xi_2$									
	0,5	0,6	0,75	0,85	0,9	I	I,I5	I,25	I,4	I,5
0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
0,25	I,4	I,3	I,3	I,3	I,3	I,3	I,2	I,2	I,2	I,2
0,5	I,8	I,7	I,6	I,6	I,5	I,5	I,5	I,5	I,4	I,4
0,75	2,2	2	I,9	I,9	I,8	I,8	I,7	I,7	I,7	I,7
I	2,5	2,4	2,2	2,I	2,I	2	2	2	I,9	I,9
I,25	2,9	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,I
I,5	3,3	3,I	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
I,75	3,7	3,5	3,2	3	3	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6
2,0	4,I	3,8	3,5	3,3	3,3	3,2	3	3	2,9	2,9
2,25	4,5	4,I	3,8	3,6	3,6	3,4	3,3	3,2	3,2	3,I
2,5	4,9	4,5	4,I	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4
2,75	5,3	4,8	4,4	4,2	4,I	4	3,8	3,8	3,7	3,6
3	5,7	5,2	4,7	4,5	4,4	4,3	4,I	4	3,9	3,9
3,25	6,I	5,6	5,I	4,8	4,7	4,6	4,4	4,3	4,2	4,I
3,5	6,5	5,9	5,4	5,I	5	4,8	4,7	4,6	4,4	4,4
3,75	6,9	6,3	5,7	5,4	5,3	5,I	5	4,8	4,7	4,6
4	7,3	6,6	6	5,7	5,6	5,4	5,2	5,I	5	4,9

Приложение 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример I.

Определить трещиностойкость нормальных сечений сборно-монолитной плиты покрытия типа "ТТ" (рисунок). Нагрузка от собственной массы сборного элемента равна I65 кгс/м.п., длительно действующая равномерно распределенная нагрузка q_l = 360 кгс/м2, расчетный пролет плиты II76 см. Возраст сборного бетона к моменту обжатия составляет I сут, к моменту укладки дополнительно уложенного бетона – 3 сут, возраст дополнительно уложенного бетона к моменту нагружения – более I00 сут. Относительная влажность среды, в которой находится конструкция,– 70 %.

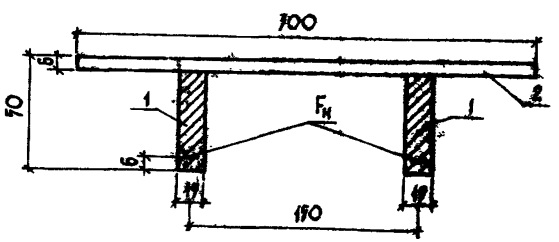


Рис. Поперечное сечение сборно-монолитной плиты типа "ТТ"
I – сборные элементы; 2 – монолитный бетон

Исходные данные

Бетон сборного элемента на плотных заполнителях марки М400; E_c= 3,I0^5 кгс/см^2; $R_{c,o}$= I8 кгс/см^2; монолитный бетон на плотных заполнителях марки М200; $E_м$= 2,4.I0^5 кгс/см^2; $R_{м,o}$= II,5 кгс/см^2. Предварительно напряженная арматура (40I2) из канатов К-7 ($F_н$ = 3,64 см^2; R_a= I7000 кгс/см^2; E_a= I,8.I0^6 кгс/см^2); n_c = 6; $n_м$= 0,8. Предварительное напряжение с учетом всех потерь $\sigma_{1.0}$ = 9010 кгс/см^2. Остальные данные приведены на рисунке.

Решение

Определяем геометрические характеристики поперечных сечений сборного элемента, монолитного бетона и конструкции

$$F_c = b_c h_c = 15.44 = 660 \text{ см}^2; \quad F_м = b_м h_м = 150.6 = 900 \text{ см}^2;$$

$$F_{1.п} = F_c + n_c F_н = 660 + 6.3,64 = 682 \text{ см}^2; \quad F_п = F_{1.п} + n_м F_м = 682 + 0,8.900 = 1402 \text{ см}^2;$$

$$S_{1.п} = \frac{b_c h_c^2}{2} + n_c F_н a_н' = \frac{15.44^2}{2} + 6,3,64.6 = 14650 \text{ см}^3;$$

$$y_{1.п} = \frac{S_{1.п}}{F_{1.п}} = \frac{14650}{682} = 21,5 \text{ см}^2; \quad J_c = \frac{b_c h_c^3}{12} = \frac{15.44^3}{12} = 106480 \text{ см}^4;$$

$$J_м = \frac{b_1 h_м^3}{12} = \frac{150,6^3}{12} = 2700 \text{ см}^4;$$

$$J_{1,п} = J_c + F_c(h_c 0,5 - y_{1,п})^2 + n_c F_н (y_{1,п} - a_н)^2 = 106480 + 660(0,5.44 - 21,5)^2 + 6,3,64(21,5-6)^2 = 112000 \text{ см}^4.$$

$$W_{1,п} = \frac{J_{1,п}}{y_{1,п}} = \frac{112000}{21,5} = 5210 \text{ см}^3;$$

$$S_п = S_{1,п} + n_м F_м (0,5h_м + h_c) = 14650 + 0,8.900(0,5.6+44) = 48490 \text{ см}^3;$$

$$y_м = \frac{S_п}{F_п} = \frac{48490}{1400} = 34,6 \text{ см};$$

$$J_п = J_{1,п} + F_{1,п}(y_{1,п} - y_м)^2 + n_м [J_м + F_м(h - 0,5h_м - y_м)^2] = 112000 + 682(21,5-34,6)^2 + 0,8\,[2700 + 900(50 - 0,5.6 - 34,6)^2] = 342000 \text{ см}^4;$$

$$W_0 = \frac{342000}{34,6} = 9880 \text{ см}^3; \quad y'_{1,к} = h_c - y_{1,п} = 44 - 21,5 = 22,5 \text{ см};$$

$$y'_к = h - y_к = 50 - 34,6 = 15,4 \text{ см}.$$

Момент от собственной массы сборного элемента

$$M_1 = \frac{q l^2}{8} = \frac{165,11,76^2}{8} = 2852 \text{ кгс.м}.$$

Момент от длительно действующей равномерно распределенной нагрузки

$$M = \frac{8 q l^2}{1,8} = \frac{3,360,11,76^2}{2,8} = 9330 \text{ кгс.м}.$$

Проверяем условие $\frac{M_1 y'_{1,к}}{J_{1,п}} + \frac{M y'_к}{J_п} \geqslant 0,7 R_{c,пр}$.

Так как $\frac{285000.22,5}{112000} + \frac{933000.15,4}{342000} = 99,3 \text{ кгс/см}^2 < 0,7.225 = 157,5 \text{ кгс/см}^2$,

$$r_{1,у} = r_{1,0} = \frac{W_{1,0}}{F_{1,п}} = \frac{5210}{682} = 7,64 \text{ см},$$

и $W_т = \gamma W_0 = 1,75.9880 = 17290 \text{ см}^3$.

Определяем усилие $N_{1,0}$ и эксцентриситет приложения $e_{1,0}$

$N_{1,0} = \sigma_0 F_н = 9010.3,64 = 32700$ кгс;

$e_{1,0} = y_{1,п} - a_н = 21,5 - 6 = 15,5$ см.

Находим параметры ползучести и усадки бетонов. По табл. 1 приложения 1 для бетона М400 имеем

$\varphi_c = 8.10^{-6}$ см^2/кгс; $\varepsilon^н_{c,у} = 40.10^{-5}$,

а с учетом примечания к табл. 1 и 2

$C_c = 0,85.8.10^{-6} = 6,8.10^{-6}$ см^2/кгс; $\varepsilon^н_{c,у} = 0,85.40.10^{-5} = 34.10^{-5}$.

Численные значения коэффициентов ξ_1, ξ_2, ξ_3, и ξ_4 определяем по табл. 3 приложения 1. При $R_0 = R$ имеем $\xi_1 = 1$ и $\xi_2 = 0,75$.

Открытая удельная поверхность элемента

$$\frac{u}{360} = \frac{44,2+15}{360} = 0,16 \text{ см}^{-1}.$$

С учетом этого для усадки и ползучести получим $\xi_3 = 0,80$.

При относительной влажности среды 70 % – $\xi_4 = 1$.

Конечные значения параметров φ_c и $\varepsilon_{c,у}$ определяем по формулам (1) и (2) приложения 1

$\varphi_c = 3.10^5.6,8.10^{-6}.1.0,75.0,8.1 = 1,22$;

$\varepsilon_{c,у} = 34.10^{-5}.0,8.1 = 27,2.10^{-5}$.

Для монолитного бетона М200

$C^{н}_{м} = 14,1 \cdot 10^{-6}$ см^2/кгс; $\varepsilon^{н}_{м,у} = 35 \cdot 10^{-5}$;

$\xi_1 = 1$; $\xi_{2,5} = 0,75$; $\xi_3 = 0,93$; $\xi_4 = 1$;

$\varphi_м = 2,4 \cdot 10^5 \cdot 14,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,93 \cdot 1 = 2,35$;

$\varepsilon_{м,у} = 35 \cdot 10^{-5} \cdot 0,93 \cdot 1 = 32,5 \cdot 10^{-5}$.

По таблице приложения 2 находим

$\gamma_c = 2,3$; $\gamma_м = 3,65$.

Определяем напряжения, вызванные ползучестью бетона.

Условные геометрические параметры сечения подсчитываем по формулам (8) – (17)

$t_{c,0} = 34,6 - 22 = 12,6$ см; $t_{м,0} = 47 - 34,6 = 12,4$ см;

$$F = 660 + 0,8 \cdot 900 \frac{2,3}{3,65} = 1114 \text{ см}^2;$$

$$S = 660 \cdot 22 + 0,8 \cdot 900 (50-3) \frac{2,3}{3,65} = 35840 \text{ см}^3;$$

$$y = \frac{35840}{1114} = 32,2 \text{ см}; \quad t_c = 32,2 - 22 = 10,2 \text{ см};$$

$t_м = 50 - 3 - 32,2 = 14,8$ см;

$$J = 106480 + 660 \cdot 10,2^2 + 0,8 (\ldots + 900 \cdot 14,8^2) \frac{2,3}{3,65} = 275900 \text{ см}^4;$$

$$W = \frac{275900}{32,2} = 8568 \text{ см}^3; \quad \gamma_я = \frac{8568}{1114} = 7,69 \text{ см};$$

$$S_ф = 0,8 \cdot 900 \cdot 12,4 \frac{2,35 \cdot 2,3}{3,65} - 660 \cdot 12,6 \cdot 1,22 = 3075 \text{ см}^3;$$

$$J_ф = 0,8 (2700 + 900 \cdot 12,4 \cdot 14,8) \frac{2,35 \cdot 2,3}{3,65} + (106480 + 660 \cdot 12, \ldots 10,2) \times$$

$\times 1,22 = 432200$ см^4.

В результате [формулы (6) и (7)]

$$\sigma_{c,g} = \frac{933500}{342000 \cdot 2,3} \left(\frac{3075 \cdot 7,69 - 432200}{8568} + 34,6 \cdot 1,22 \right) = -6,50 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{27,2 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^5}{2,3} \left[\frac{660}{8568} (7,69 + 10,2) - 1 \right] + \frac{32,5 \cdot 10^{-5} \ldots 4 \cdot 10^5 \cdot 900 \times}{3,65 \cdot 8568}$$

$\times (7,69 - 14,8) = -2,55$ кгс/см^2.

Момент образования трещин находим по формуле (I)

$$M_т = 265200 + [32700 (15,5 + 7,64) - 265200] \frac{9880}{5210} + (-6,50 - 2,55) \times$$

$\times 9880 + 18,1 \cdot 7200 = 1255000$ кгс.см = 12,55 тс.м.

Пример 2.

Определить трещиностойкость наклонных сечений сборно-монолитной плиты покрытия типа "ТТ" (см. рисунок) при действии сосредоточенной нагрузки $P = 9,2$ тс, приложенной в четвертях пролета. Расчетный пролет плиты $l_р = 11,8$ м. Вся нагрузка приложена после приобретения монолитным бетоном заданной прочности. Остальные данные приведены в предыдущем примере.

Решение

Проверяем условие (27) . Так как $Q = 9200$ кгс $> 0,6 R_{с,р} b h_0 = 0,6 \cdot 18 \cdot 15,44 = 7128$ кгс, расчет по образованию наклонных трещин требуется.

В связи с тем, что нейтральная ось при упругой работе конструкции проходит в ребре, проверка по образованию трещин должна производиться для уровня центра тяжести приведенного сечения

сборного элемента и для уровня центра тяжести приведенного сечения конструкции, а также по линии примыкания сжатой полки к стенке. В данном примере ограничимся решением первой задачи.

Нормальные напряжения в бетоне сборного элемента на площадке, перпендикулярной продольной оси конструкции, от сил предварительного обжатия напрягаемой арматуры определяем по формуле (II) [3].

$$\sigma_{c,x} = \frac{32700}{682} + \frac{32700 \cdot 15,5,0}{112000} = 47,9 \text{ кгс/см}^2.$$

В нашем случае $\sigma_{c,y} = 0$; $\tau_c = 0$.

Величину $\sigma_{c,x}$ определяем по формуле (23) при $x = 0,7h$.

В этом случае $M_{x=0,7h} = 9200 \cdot 0,7 \cdot 50 = 322000$ кгс.см.

Следовательно $\sigma_{c,x} = -\frac{322000}{342000} \cdot 13,1 = -12,3$ кгс/см^2.

При $x = 0,7h$ и $y = y_c = 21,5$ см $> 0,4h = 0,4 \cdot 50 = 20$ см.

по формуле (25) имеем

$$\sigma_{c,y} = \frac{9200}{15,50}\left(1 - \frac{21,5}{50}\right)(1-0,7) = 2,1 \text{ кгс/см}^2.$$

По формуле (26) при $S_n = b_c(h_c - y_{1n})[0,5(h_c - y_{1n}) - (y_k - y_{1n})] + n_м b_м h_м (h - 0,5h_м - y_k) =$

$= 15(44-21,5)\,[0,5(44-21,5)-(34,6-21,5)] + 0,8 \cdot 150 \cdot 6(50-0,5 \cdot 6 - 34,6) = 8926$ см^3,

определяем

$$\tau_c = \frac{9200 \cdot 8926}{15 \cdot 342000} = 16,0 \text{ кгс/см}^2.$$

Величины $\sigma_{c,гр}$ и $\sigma_{c,гс}$ определяем по формуле (22)

$$\sigma_{c,гр} = 0,5(47,9 - 12,3 + 0 + 2,1) - 0,5\sqrt{(47,9-12,3-0-2,1)^2 + 4(0+16,0)^2} =$$

$$= -4,3 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{c,гс} = 0,5(47,9 - 12,3 + 0 + 2,1) + 0,5\sqrt{(47,9-12,3-0-2,1)^2 + 4(0+16,0)^2} =$$

$$= 42,0 \text{ кгс/см}^2.$$

Так как

$\sigma_{c,гс} = 42,0$ кгс/см$^2 \leq m_1 R_{c,пр} = 0,5 \cdot 225 = 112,5$ кгс/см^2

и $\sigma_{c,гр} = -4,3$ кгс/см$^2 < R_{c,р} = 18$ кгс/см^2,

трещиностойкость рассматриваемого наклонного сечения на уровне центра тяжести приведенного сечения сборного элемента обеспечена.

Приложение 4

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Усилия

M_1 и M – изгибающие моменты от внешних нагрузок, приложенных до приобретения монолитным бетоном заданной прочности и после;

Q – поперечная сила от внешних нагрузок, приложенных после приобретения монолитным бетоном заданной прочности;

Характеристики материалов

$R_{с.пр}$ и $R_{м.пр}$ – предельные сопротивления бетона сборного элемента и монолитного бетона осевому сжатию;

$R_{с.р}$ и $R_{м.р}$ – то же, осевому растяжению;

$$n_с = E_а / E_с; \quad n_м = E_м / E_с;$$

$E_а$ – модуль упругости арматурной стали;

$E_с$ и $E_м$ – начальные модули упругости бетона сборного элемента и монолитного бетона.

Геометрические характеристики

$F_с$ и $J_с$ – площадь и собственный момент инерции бетонного сечения сборного элемента;

$F_м$ и $J_м$ – то же, монолитного бетона;

$J_п$ – момент инерции приведенного сечения сборно-монолитной конструкции относительно оси, проходящей через её центр тяжести;

$F_{і.п}$ и $J_{і.п}$ – площадь приведенного сечения сборного элемента и момент инерции указанного сечения относительно оси, проходящей через его центр тяжести;

Литература

I. Методические рекомендации по расчету железобетонных изгибаемых элементов. Киев, НИИСК Госстроя СССР, 1979.

2. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций. Киев, "Будівельник", 1975.

3. Руководство по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона. ЦНИИпромзданий - НИИЖБ Госстроя СССР. Москва, Стройиздат, 1977.

4. Юркша А.Б., Марчюкайтис Г.В. О расчете трещиностойкости и жесткости сборно-монолитных железобетонных конструкций с верхними трещинами в сборном предварительно напряженном элементе. "Железобетонные конструкции", труды Вильнюсского инженерно-строительного института, IУ. Вильнюс, 1971.

Оглавление

Стр.

I. Общие положения 3
2. Расчет по образованию нормальных трещин 3
3. Расчет по образованию наклонных трещин 9
Приложение I. Методика расчетного определения параметров усадки и ползучести бетонов I4
Приложение 2. Значения коэффициентов δ I8
Приложение 3. Примеры расчета I9
Приложение 4. Основные буквенные обозначения 23
Литература. 24

Научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя СССР

Александр Борисович Голышев, Виталий Петрович Полищук, Ярулла Гениятович Сунгатуллин и др.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО НОРМАЛЬНЫМ И НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ

Редактор А. И. Капитоненко
Корректор С. А. Куприенко

Передано в произв. 28.07.80 г. Подп. в печ. 23.07.80 г. БФ 24332. Форм. бум. 60×84 1/16. Бумага для множительных аппаратов. Офсетная печать. 1,5 усл. печ. л., 2,0 уч.-изд. л. Тираж 295 экз. Зак. 437. Цена 20 коп.

Научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя СССР
252180. Киев-180 И. Клименко, 5/2.
Фотопечатная лаборатория НИИСП Госстроя УССР.
252180. Киев-180, И. Клименко, 5/2.

gost.e-ecolog.ru