

Расчет прочности и трещиностойкости внецентренно-сжатых круглых ж/б сечений в Excel

Расчет круглых сечений по I группе в основном не представляет труда, можно пользоваться номограммами, можно загнать их в эксель, да и в составе расчетных комплексов обычно есть соответствующие, но ПГС-ные модули. А вот по II группе все интереснее. Не знаю, где еще кроме отрасли мостостроения (п.3.100* нашего старого СНиПа), существует запрет на раскрытие продольных трещин, в СНиПе "ЖБК" про это ни слова. Я так понимаю, это особенность мостовых стоек: где еще есть такие сочетания огромных моментов и продольных сил? В круглом сечении к тому же очень весело определять сжатую зону. Поначалу я принимал их равными по I и II группе, т.к. расчетную все же попроще искать; а затем сделал вот такую программку:

Страница 1 из 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА ζ_{cr}		Ячейки, куда вносятся исходные данные, обозначены этим цветом	
РАСЧЕТНЫЕ:			
Rb, Мпа	15,5	Диаметр стержней, см	2,5
Ab, м2	0,7854	Число стержней, шт	24
Rs, Мпа	350	Класс бетона	В30
As,tot, м2	0,011781	Радиус бетонного сеч., м	0,5
N, МН	0,3	Радиус армирования, м	0,43
расчетное прод.усилие			
$0.77 \cdot R_b \cdot A_b + 0.645 \cdot R_s \cdot A_{s,tot} \geq N$	12,03330975		
$A = (R_b \cdot A_b + 2.55 \cdot R_s \cdot A_{s,tot})$	22,6882425		
$B = N$	0,3		
$C = R_b \cdot A_b / (2x)$	1,9375616744		
$\sin(2\pi\zeta)$ подборочный > 0	0,9759158485		
$2\pi\zeta$ подборочный	1,790712		
ζ подборочный	0,285		
$\zeta = (N + R_s A_{s,tot} + R_b A_b \cdot \sin(2\pi\zeta) / 2\pi) / (R_b A_b + 2.55 \cdot R_s A_{s,tot})$	0,2783048156		
Принятое значение $\sin(\pi\zeta) = X$	0,7670911382		
Принятое значение $\sin(2\pi\zeta) = Y$	0,9759158485		
Принятое значение ζ	0,2783048156		

Армирование не подбирается автоматически - сначала все задаем, потом проверяем на действующие усилия, не проходит - увеличиваем диаметр/армирование/класс бетона - и по новой.

1-й этап - определение высоты сжатой зоны по I группе. Здесь все просто, единственное - организовал цикл для подбора КСИ (не знаю, как сюда в текст греческие буквы вставлять):

внц.сжатие.xls - OpenOffice.org Calc

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

B15 =IF(ABS(B16-B15)<0,01;B15;IF(B15<=B16;B15-0,005;B15+0,005))

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОУСТОЙКОСТИ КРУГЛЫХ СЕЧЕНИЙ ЖБ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ ПО СН							
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА ζ_{cr}			Ячейки, куда вносятся исходные данные, обозначены этим цветом				
РАСЧЕТНЫЕ:							
Rb, Мпа	15,5						
Ab, м2	0,7854						
Rs, Мпа	350		Диаметр стержней, см	Число стержней, шт	As,tot, м2	Шаг стержней, см	
As,tot, м2	0,011781		2,5	24	0,011781	11,2574	
N, МН	0,3	расчетное прод.усилие					
$0,77 \cdot R_b \cdot A_b + 0,645 \cdot R_s \cdot A_{s,tot} \geq N$	12,03330975		Класс бетона	30			
$A = (R_b \cdot A_b + 2,55 \cdot R_s \cdot A_{s,tot})$	22,6882425						
$B = N$	0,3						
$C = R_b \cdot A_b / (2 \cdot \zeta)$	1,9375616744		Радиус бетонного сеч., м	0,5			РАСЧЕТ НА ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН
$\sin(2\pi \zeta)$ подборочный >0	0,9759158485						
$2\pi \zeta$ подборочный	1,790712						
ζ подборочный	0,285		Радиус армирования, м	0,43			Кoeff. отношения модулей упругости согласно п.3.48*
$\zeta = (N + R_s A_{s,tot} + R_b A_b \sin(2\pi \zeta) / (2 \cdot \zeta)) / (R_b A_b + 2,55 \cdot R_s A_{s,tot})$	0,2783048156						

=IF(ABS(B16-B15)<0,01;B15;IF(B15<=B16;B15-0,005;B15+0,005))

в этом цикле прописана точность подбора - если погрешность меньше 0.01, принимается, если больше - продолжаем с шагом 0.005. В вычислении сжатой зоны по II группе от этого пришлось отказаться - независимо от заданной точности и шага итераций, частенько цикл ходил по кругу, я так понимаю, что это из-за "плавающей" зависимости искомой величины от параметров; особенно это касается сильно армированных элементов. Тогда сделал ручной подбор:

Страница 1 из 1

РАСЧЕТ ВЫСОТЫ СЖАТОЙ ЗОНЫ И ГЕОМ. ХАРАКТЕРИСТИК ПО II ГРУППЕ СОГЛАСНО СП52-101-2003 И ПОСОБИЯ К НЕМУ					
Nнорм, МН	0,781	Эксцентриситет:	ЕСЛИ X>=R=, м	0,8535533953	
Mнорм, МН*м	0,733	0,9385403329	l=, м	0,1464466047	
e=M/N+rs	1,3685403329		b=, м	0,7071067717	
ho=r+rs	0,93		Y1=, м	0,0412615904	
Угол β , град	90	ПРИНЯТОЕ	Fбет=, м^2	0,7140486125	
Угол β , рад	1,5707963	ЗНАЧЕНИЕ X, М	Снейтр.бет.=, м^3	0,2819170927	
ЕСЛИ X<R=, м	0,1464466047	0,1464466047	Jнейтр.бет.=, м^4	0,1469049502	
φ =	0,5707963	Если погрешность велика, вручную:	Sred=, м^3	0,344395281	
k=	0,8258716846	0,146	Jred=, м^4	0,1853316276	
Y1=, м	0,4129358423	Примечание. Если точность определения X выполняется только при оч.малом X, сечение нерационально.	Jred/Sred=e-(ho-x)	0,5381	1,2921
Fбет=, м^2	0,0713495375		Принятое Sred	0,0667150984	
Снейтр.бет.=, м^3	0,0042369101		Для расчета «вх»:		
Jнейтр.бет.=, м^4	0,0003572055		Уц.т._верх=, м	0,3812293701	
Sred=, м^3	0,0667150984	Принятое Fred	0,2480645375		
Jred=, м^4	0,0387838829	Принятый Jred(ц.т.)	0,0251098345		
Jred/Sred=e-(ho-x)	0,5813	0,5849869376			

Здесь идет подбор до выполнения условия $J_{red}/S_{red}=e-(h_0-x)$. Про это равенство я и писал, что в цикле оно ходит по кругу. Получается, в нем точность и шаг итераций должны зависеть от эксцентриситета e , т.е. для каждого конкретного случая надо переписывать формулы. В ручном подборе рассматриваются 2 случая: сжатая зона составляет меньше и больше половины сечения. Играем центральным углом БЭТА, добиваясь выполнения указанного выше равенства. А если погрешность получается большой, сечение нерационально и надо увеличивать диаметр.

Вычислив сжатые зоны по обеим группам, дальше все элементарно: последовательно выполняем СНиПовские проверки

Страница 1 из 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ e_s , N_{cr} и η			
E_b , МПа	32500		
E_s , МПа	196000		
Расчетная длина l_0 по п.3.16, м	10		
Радиус бетонного сечения r , м	0,5		
$I_b=r^4\pi/4$	0,0490873844		
Радиус армирования r_s , м	0,43		
Момент от действия только постоянной нагрузки M' , МН*м	0,7		
Момент от действия всех нагрузок M , МН*м	0,85		
$\varphi=1+M/M'$	2,0224719101		
$e_s=M/N+e_0/400$, м	2,8583333333	должно быть $\geq r$, м	0,125
$\delta_{min}=0,5-0,01\lambda/2r-0,01\lambda R_b$	0,245		
$\delta_{max}/2r \geq \delta_{min}$	2,8583333333		
принятое δ	2,8583333333		
$m=(0,11/(0,1+\delta)+0,1)$	0,1371830986		
$\lambda=n^2 I_s/n^2 I_b \leq \lambda_{s, tot} r^2/2r^2$	0,0065684331		
$N_{cr}=(6,4 E_b I_b/2l_0^2)(I_b^2 m/\varphi+n) \geq N/0,7$, МН	20,5878441037	должно быть \geq	0,4285714286
$\eta=1/(1-N/N_{cr})$	1,0147871799		
$e_s \eta N = e_s \eta N$, МН*м	0,8701800067		
ПРОВЕРКА ПО ПРОЧНОСТИ			
$\varphi=1,6(1-1,55\lambda^2)\zeta \leq 1$	0,2532028504		
принятое φ	0,2532028504	должно быть \leq	1
$M_{пред}=(2/3)R_b A_b r^3 X^2/6 + R_s A_s \eta \eta' X/2 + \eta N e_s \geq e_s \eta N$	1,4648989624	должно быть \geq	0,8701800067

Страница 1 из 1

РАСЧЕТ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН СОГЛАСНО П.3.100* СНИП "МОСТЫ И ТРУБЫ"

Кэфф. отношения модулей упругости согласно п.3.48*	15	Нормальное сжимающее напряжение σ_{bx} , МПа	$14,2771265207 \leq R_b/mc2$	14,6
То же, по прочности	6,0307692308		условие выполняется	

Страница 1 из 1

РАСЧЕТ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН ПО МЕТОДИКЕ СНиП 2.05.03-84* пп.3.105-3.110* и Пособия к СП 52-101-2003,
формула 4.14

коэф. β , табл. 41*	1	ис, Мпа по ф-ле 4.14 Пос. к СП 52-101-2003	137,589964623
Площадь зоны взаимодейств. Аг, см ²	703,28731933	14,5	слева-высота зоны взаим., справа-ее центр.угол
Радиус армирова- ния Rг, см	281,31492773	Вспомогательные расчеты	
коэф. Ψ	25,158668236		
Ширина раскрытия трещины асг, см, определенная по методике мостового СНиПа, но напряжение в арматуре - по методике СП. При этом если стержни спаренные, то радиус армирования рассчитывается для двух стержней.			0,0176611238

Зачастую именно запрет продольных трещин определяет армирование стойки, при этом получаются многократные запасы по прочности и раскрытию нормальных трещин. Проведя обследование нескольких мостов со стоечными опорами, на большей части из них на сплошных стойках (не оболочках!), круглых и прямоугольных, я эти трещины видел. Конечно, в основном это касается "стоек-спичек", которые одно время были популярны, но меня иногда поражает смелость проектировщиков, сопрягающих 2 пролета по 24 м на 4-5 стойках 40x40 см. В стойке 120 см и больше, я думаю, независимо от того, был ли проведен расчет по п.3.100*, таких трещин не найдешь. Да и смотрятся тонкие стойки не особо хорошо. Но если деваться некуда - надо их обязательно проверять на продольную трещину.