

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св. 12 – II
fasc.

СРАВНЕНИЕ НА УСИЛВАНЕТО НА СТОМАНОБЕТОННИ ПЛОЧИ СЪС СТОМАНОБЕТОН ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ РАБОТНИ ДИАГРАМИ НА БЕТОНА – ЧИСЛЕНИ ПРИМЕРИ

Т. Чардакова¹

Ключови думи: работна диаграма на бетона, усилване, стоманобетон

Научна област: възстановяване и усилване на стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

В тази статия са разгледани числени примери, основани на алгоритъм за автоматизирано изчисление, за оразмеряване на усилването на стоманобетонна плоча със стоманобетон при използване на различните работни диаграми на бетона, дефинирани в Еврокод 2 – параболично-линейната и еквивалентната билинейна. Разгледани са примери за усилване на стоманобетонна плоча с бетонна доливка в натискова зона и с допълнително опънно армиране и торкретиране в опънна зона. И двата примера са разработени за еднопосочна свободно подпряна стоманобетонна плоча с недостатъчен капацитет за поемане на огъването при вариране както на началната височина на плочата и съответно коефициента на армиране, така и на стойността на предварителното натоварване. Въз основа на получените резултати са направени някои общи заключения и препоръки.

1. Въведение

При оразмеряването на усилването на стоманобетонни елементи със стоманобетон може да се използват различни подходи и да се отчитат различни фактори, влияещи върху поведението на усиления елемент. При оразмеряване с отчитане на

¹ Таня Чардакова, д-р инж., e-mail: tanq_chardakova@abv.bg

предварително натоварване е подходящо да се използва принципът на суперпозицията [4]. При това изборът на работна диаграма на бетона може да окаже голямо влияние върху изчислителния процес. За ръчни изчисления параболично-линейната диаграма, дефинирана в [1], е много трудно приложима. За автоматизирани изчисления може да се избере итерационен подход, като се използват зависимостите, изведени в [2], при което на практика изчислителният алгоритъм не зависи от избора на работна диаграма на бетона. В тази статия е използван вторият подход, като за целта е разработен подробен изчислителен алгоритъм.

2. Теоретична постановка

При разработването на изчислителният алгоритъм са използвани опростяващите предпоставки, дефинирани в [4], най-важните от които са:

- важи принципът на суперпозицията;
- в сила е хипотезата на Бернули;
- работата на бетона в опънатата зона се пренебрегва;
- пренебрегва се приплъзването между усилващия материал и съществуващия бетон;
- в изчисленията се приема, че новият бетон има същите характеристики като стария, при положение че на практика за усилването се използва бетон с клас по якост на натиск поне с един над съществуващия.

2.1. Определяне на напрегнатото и деформирано състояние на сечението на неусиления елемент от предварително натоварване

Независимо от вида на работната диаграма, напреженията и деформациите в критичното сечение от предварително натоварване p_1 могат да бъдат определени итерационно, като е най-удобно да се зададе ръбовата деформация в бетона $\varepsilon_{ce,p1}$.

При автоматизирано изчисления тази стойност може да се задава през определена стъпка в рамките от 0 до 0,0035. За така зададената деформация могат да се определят единичната площ на работната диаграма $A_{(1),p1}$ и бездимензионният параметър β_{p1} (фиг. 1) по формулите, изведени в [2]. Тогава височината на натисквата зона x може да се определи директно от сума моменти за центъра на тежестта на армировката:

$$M_{p1} = (d_e - \beta_{p1} \cdot x) \cdot A_{(1),p1} \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \rightarrow \beta_{p1} \cdot x^2 - d_e \cdot x + \frac{M_{p1}}{A_{(1),p1} \cdot b \cdot f_{cd}} = 0, \quad (1)$$

където M_{p1} е моментът от предварително натоварване в разглежданото сечение (фиг. 1);

d_e е полезната височина на сечението (фиг. 1);

b е широчината на сечението, която за плочи обичайно се приема 1 m;

f_{cd} е изчислителната стойност на якостта на натиск на бетона.

Коренът, който има физически смисъл, при условие че е реално число в границите между 0 и d_e , е

$$x = \frac{1}{2 \cdot \beta_{p1}} \cdot \left[d_e - \sqrt{d_e^2 - \frac{4 \cdot M_{p1} \cdot \beta_{p1}}{A_{(1),p1} \cdot b \cdot f_{cd}}} \right]. \quad (2)$$

С така определената височина на натисковата зона лесно може да се определят деформациите $\varepsilon_{se,p1}$ и съответно напреженията $\sigma_{se,p1}$ в армировката:

$$\varepsilon_{se,p1} = \varepsilon_{ce,p1} \cdot \frac{d_e - x}{x}, \quad (3)$$

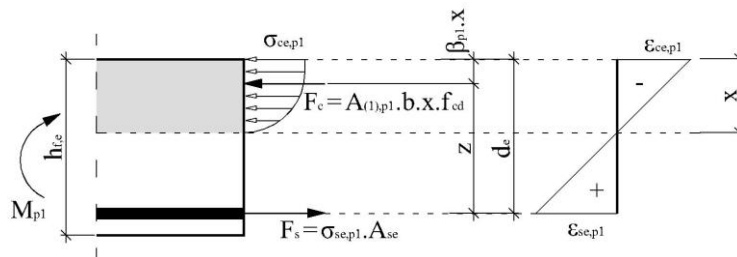
$$\sigma_{se,p1} = \min \left\{ \varepsilon_{se,p1} \cdot E_{se}; f_{yd,e} \right\}, \quad (4)$$

където E_{se} и $f_{yd,e}$ са съответно модулът на еластичност и изчислителната граница на провлачване на стоманата за съществуващата армировка.

Тогава всички напрежения и деформации са известни и вече може да се провери равновесието на сечението чрез друго независимо равновесно условие, например сума хоризонтални сили, равна на нула:

$$F_c = F_s \rightarrow \frac{A_{(1),p1} \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}}{\sigma_{se,p1} \cdot A_{se}} = 1. \quad (5)$$

Ако условие (5) е изпълнено с определена избрана точност, получените напрежения и деформации са коректни. Ако равнодействащата на натисковите напрежения в бетона е по-голяма от опънната сила в армировката, се избира нова, по-голяма стойност на деформациите в бетона и уравнения от (2) до (5) се пререшават. В обратния случай се приема по-малка стойност за следващата итерация.



Фиг. 1. Напрегнато и деформирано състояние на критично нормално сечение от предварително натоварване

2.2. Оразмеряване на усилваща опънна армировка

При усилване на плочата в опънна зона (обичайно от долната страна чрез торкретиране) се приема, че полезната височина на новата армировка d_r е предварително определена от технологични съображения, а се търси нейната площ (фиг. 2). Оразмеряването става за момент M_{p2} от натоварване, приложено след усилването, включително собственото тегло на усилващите материали. Приема се, че както бетонът, така и съществуващата армировка се използват пълноценно, т.е. в крайно гранично състояние ръбовата деформация в бетона е

$$\varepsilon_{ce,p2} = \varepsilon_{cu} - \varepsilon_{ce,p1}. \quad (6)$$

Напреженията в съществуващата армировка са:

$$\sigma_{se,p2} = f_{yd,e} - \sigma_{se,p1} \quad (7)$$

За тази деформация в бетона могат директно да се определят единичната площ на работната диаграма $A_{(1),p2}$ и бездимензионният параметър β_{p2} (фиг. 2) по формулите, изведени в [2]. Тогава височината на натисквата x зона отново може да се определи директно от сума моменти за центъра на тежестта на усилващата армировка

$$\begin{aligned} M_{p2} &= (d_r - \beta_{p2} \cdot x) \cdot A_{(1),p2} \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} - A_{se} \cdot \sigma_{se,p2} \cdot (d_r - d_e) \rightarrow \\ &\rightarrow \beta_{p2} \cdot x^2 - d_r \cdot x + \frac{M_{p2} + A_{se} \cdot \sigma_{se,p2} \cdot (d_r - d_e)}{A_{(1),p2} \cdot b \cdot f_{cd}} = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

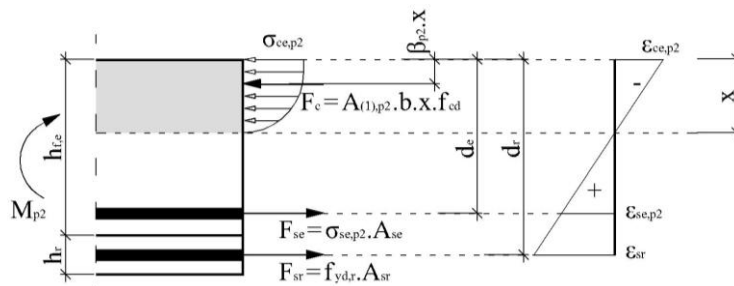
Коренът, който има физически смисъл, при условие че е реално число в границите между 0 и d_e , е

$$x = \frac{1}{2\beta_{p2}} \left[d_r - \sqrt{d_r^2 - 4\beta_{p2} \cdot \frac{M_{p2} + A_{se} \cdot \sigma_{se,p2} \cdot (d_r - d_e)}{A_{(1),p2} \cdot b \cdot f_{cd}}} \right]. \quad (9)$$

За така определената височина на натисквата зона следва да се провери дали реалните деформации на армировките отговарят на първоначално направените приемания.

Необходимата площ на усилващата армировка може да се определи от друго независимо равновесно условие, например сума хоризонтални сили, равна на нула:

$$A_{sr} = \frac{A_{(1),p2} \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} - A_{se} \cdot \sigma_{se,p2}}{f_{yd,r}} \quad (10)$$



Фиг. 2. Напрегнато и деформирано състояние на критично нормално сечение от натоварване, приложено след усилването

2.3. Оразмеряване на височината на усилваща бетонна доливка

При усилване на плочата в натисква зона (обичайно от горната страна чрез бетонна доливка) се търси необходимата височина на доливката. Оразмеряването става за момент M_{p2} от натоварване, приложено след усилването, включително собственото тегло на доливката, която е неизвестна. Следователно и тук процесът е итерационен. Най-напред трябва да се избере височина на доливката $h_{r,0}$, като това може да е минималната от технологична и конструктивна гледна точка височина. За избраната

височина на доливката се определя натоварването, съответно моментът, приложени след усилване. Тогава необходимото рамо на вътрешната двоица се определя от равновесното условие сума моменти за приложената точка на равнодействащата на натисковите напрежения в бетона (фиг. 3):

$$M_{p2} = A_{se} \cdot \sigma_{se,p2} \cdot z_r \rightarrow z_r = \frac{M_{p2}}{A_{se} \cdot \sigma_{se,p2}}, \quad (11)$$

където напреженията в армировката се определят по формула (7).

Необходимата височина на натисковата зона се определя от равновесното условие сума хоризонтални сили при предпоставката, че ръбовата деформация в доливката е равна на граничната $\varepsilon_{cu2(3)}$, а деформациите в съществуващия бетон няма да надвишат граничните, определени по формула (6). Тогава натисковите напрежения в бетона могат да бъдат заменени с равномерно разпределени в рамките на височина $0,8 \cdot x$, което решение е с точността на заместване на параболично-линейна диаграма с правоъгълна такава, ако нулевата линия е в рамките на доливката (това е обичайният случай), а е в посока на сигурността, ако нулевата линия е в съществуващата плоча.

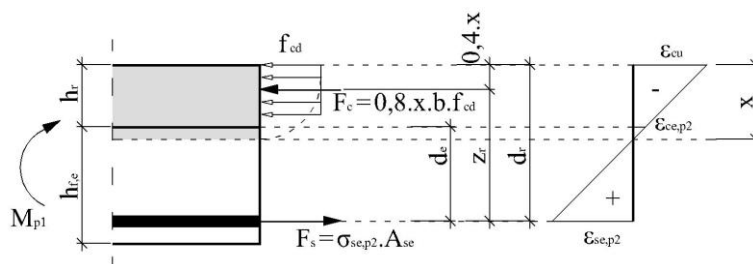
$$A_{se} \cdot \sigma_{se,p2} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \rightarrow x = \frac{A_{se} \cdot \sigma_{se,p2}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}. \quad (12)$$

Тогава необходимата височина на доливката може да се определи геометрично по формулата

$$h_{r,req} = d_r - d_e = z_r + 0,4 \cdot x - d_e. \quad (13)$$

Ако получената необходима височина е по-голяма от предварително избраната, се прави нов избор (малко по-голям от получената необходима височина) и процедурата се повтаря. В противен случай избраната предварително височина е достатъчна и може да се приеме за окончателна, ако не се търси оптимизиране на резултатите (в този случай процедурата се повтаря до прието сближение на резултатите). Всички приемания за деформациите следва да се проверят.

Трябва да се отбележи, че в много случаи може да се каже дали предварително избраната височина е достатъчна още след определяне на рамото на вътрешната двоица по формула (11), тъй като обикновено то има най-голям принос за финалния избор на височина на доливката.



Фиг. 3. Напрегнато и деформирано състояние на критично нормално сечение от натоварване, приложено след усилването

3. Числен пример

За сравнение на резултатите, получени с използване на билинейна и с параболично-линейна диаграма, се решава численият пример, дефиниран в [3]: свободно подпряна еднопосочно армирана плоча с варираща височина h и армировка A_{se} и при вариране на предварителното натоварване p_1 като функция на квазипостоянното натоварване p_{qp} – табл. 1. Напреженията и деформациите от предварително натоварване са определени по алгоритъма, представен в т. 2.1. Оразмеряването на усилването е извършено по алгоритмите, представени в т. 2.2 и т. 2.3. Резултатите при използване на параболично-линейна диаграма са показани в табл. 1 до табл. 3. И тук, както и в [3], сближение на резултатите при определяне на височината на бетонната доливка е търсена с научни цели до приетата като безкрайно голяма височина 10 000 mm, докато за реално приложими са приети доливки до 150 mm. Резултатите при използване на билинейна диаграма съвпадат напълно с резултатите в [3], където е използван ръчен аналитичен метод. Поради това тук са показани само крайните резултати от оразмеряването – табл. 4.

Таблица 1. Определяне на напрегнатото и деформирано състояние на критичното нормално сечение под действие на предварително натоварване при използване на параболично-линейна работна диаграма на бетона

p_1	h	M_{p1}	A_{se}	d_e	$\varepsilon_{ce,p1}$	$A_{(1),p1}$	β_{p1}	x_{p1}	$\varepsilon_{se,p1}$	$\sigma_{se,p1}$	F_c/F_s
	cm	kNm	mm ²	mm	-	-	-	mm	-	N/mm ²	-
Р _{qp}	8	4,25	628	65	0,00067	0,2971	0,3438	33,4	0,00063	126,4	1,00
	10	4,80	503	86	0,00048	0,2225	0,3406	36,7	0,00065	130,0	1,00
	12	5,37	452	101	0,00042	0,1965	0,3397	38,9	0,00068	135,1	1,00
	14	5,95	402	121	0,00036	0,1682	0,3386	41,3	0,00069	138,1	1,00
0,8·Р _{qp}	8	3,40	628	65	0,00052	0,2390	0,3413	33,1	0,00050	100,8	1,00
	10	3,84	503	86	0,00038	0,1788	0,3390	36,5	0,00052	103,8	1,00
	12	4,29	452	101	0,00033	0,1580	0,3383	38,7	0,00054	107,9	1,00
	14	4,76	402	121	0,00028	0,1352	0,3375	41,1	0,00055	110,4	1,00
0,6·Р _{qp}	8	2,55	628	65	0,00039	0,1802	0,3390	32,9	0,00038	75,4	1,00
	10	2,88	503	86	0,00028	0,1347	0,3375	36,2	0,00039	77,7	1,00
	12	3,22	452	101	0,00025	0,1190	0,3369	38,4	0,00040	80,8	1,00
	14	3,57	402	121	0,00021	0,1018	0,3364	40,9	0,00041	82,8	1,00
0,4·Р _{qp}	8	1,70	628	65	0,00025	0,1207	0,3370	32,6	0,00025	50,1	1,00
	10	1,92	503	86	0,00019	0,0902	0,3360	36,0	0,00026	51,7	1,00
	12	2,15	452	101	0,00016	0,0797	0,3357	38,2	0,00027	53,9	1,00
	14	2,38	402	121	0,00014	0,0681	0,3353	40,7	0,00028	55,1	1,00
0,2·Р _{qp}	8	0,85	628	65	0,00012	0,0606	0,3351	32,4	0,00012	25,0	1,00
	10	0,96	503	86	0,00009	0,0453	0,3346	35,8	0,00013	25,8	1,00
	12	1,07	452	101	0,00008	0,0400	0,3345	38,0	0,00013	26,9	1,00
	14	1,19	402	121	0,00007	0,0342	0,3343	40,5	0,00014	27,5	1,00

Таблица 2. Определяне на площта на усилващата опънна армировка при използване на параболично-линейна работна диаграма на бетона

p_1	h	M_{p2}	d_r	$\sigma_{se,p2}$	$\varepsilon_{ce,p2}$	$A_{(1),p2}$	β_{p2}	x_{p2}	A_{sr}
	cm	kNm	mm	N/mm ²	-	-	-	mm	mm ²
p_{qp}	8	6,29	102	78,0	0,00283	0,3736	0,3873	30,0	111
	10	6,55	122	74,3	0,00302	0,4783	0,4144	18,0	87
	12	6,82	142	69,3	0,00308	0,5156	0,4174	14,5	77
	14	7,10	162	66,2	0,00314	0,5567	0,4189	11,7	70
$0,8 \cdot p_{qp}$	8	7,14	102	103,6	0,00298	0,4548	0,4113	29,2	112
	10	7,51	122	100,6	0,00312	0,5413	0,4185	18,9	86
	12	7,90	142	96,4	0,00317	0,5718	0,4192	15,6	76
	14	8,28	162	93,9	0,00322	0,6054	0,4193	13,0	69
$0,6 \cdot p_{qp}$	8	7,99	102	129,0	0,00311	0,5393	0,4185	28,2	112
	10	8,47	122	126,7	0,00322	0,6060	0,4193	19,5	85
	12	8,97	142	123,5	0,00325	0,6294	0,4192	16,6	75
	14	9,47	162	121,6	0,00329	0,6550	0,4189	14,0	67
$0,4 \cdot p_{qp}$	8	8,84	102	154,3	0,00325	0,6268	0,4192	27,4	111
	10	9,43	122	152,6	0,00331	0,6724	0,4186	20,0	84
	12	10,04	142	150,5	0,00334	0,6882	0,4184	17,3	74
	14	10,66	162	149,2	0,00336	0,7057	0,4180	14,9	66
$0,2 \cdot p_{qp}$	8	9,69	102	179,4	0,00338	0,7170	0,4178	26,6	109
	10	10,40	122	178,5	0,00341	0,7402	0,4174	20,3	83
	12	11,12	142	177,5	0,00342	0,7483	0,4172	17,9	73
	14	11,85	162	176,8	0,00343	0,7572	0,4170	15,7	65
0	8	10,54	102	204,3	0,00350	0,8095	0,4160	25,9	107
	10	11,36	122	204,3	0,00350	0,8095	0,4160	20,5	82
	12	12,19	142	204,3	0,00350	0,8095	0,4160	18,4	73
	14	13,04	162	204,3	0,00350	0,8095	0,4160	16,3	65

Таблица 3. Определяне на височината на усилващата бетонна доливка при използване на параболично-линейна работна диаграма на бетона

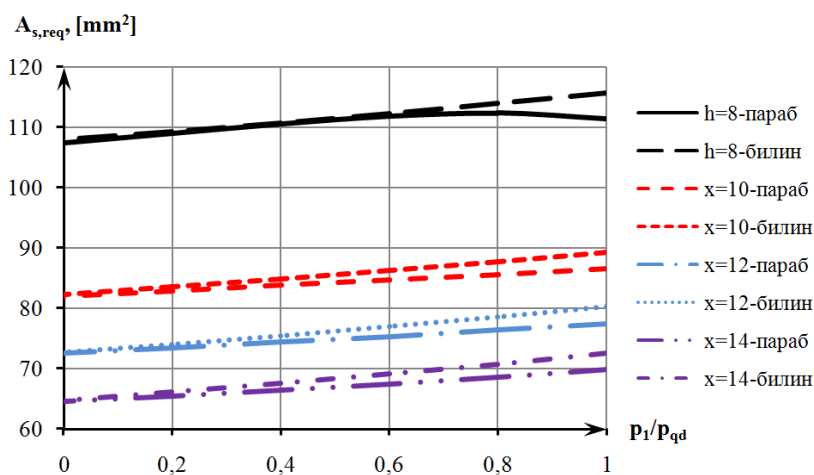
p_1	h	$\sigma_{se,p2}$	$h_{r,0}$	M_{p2}	z_r	x	d_r	$h_{r,req}$	$h_{r,req}/h_{r,0}$	$h_{r,prov}$
	cm	N/mm ²	mm	kN.m/m	mm	mm	mm	mm		mm
Р _{qp}	8	78,0	99	7,89	161	7,7	164	99	1,00	100
	10	74,3	413	18,57	497	5,8	499	413	1,00	-
	12	69,3	10000	340,64	10868	4,9	10870	10769	1,08	-
	14	66,2	10000	345,66	12981	4,2	12983	12862	1,29	-
0,8.Р _{qp}	8	103,6	48	7,06	109	10,2	113	48	1,00	50
	10	100,6	96	9,02	178	7,9	182	96	1,00	100
	12	96,4	192	12,66	290	6,8	293	192	1,00	-
	14	93,9	561	25,68	680	5,9	682	561	1,00	-
0,6.Р _{qp}	8	129,0	31	7,37	91	12,7	96	31	1,00	40
	10	126,7	52	8,55	134	9,9	138	52	1,00	60
	12	123,5	83	10,06	180	8,7	184	83	1,00	90
	14	121,6	135	12,37	253	7,6	256	135	1,00	140
0,4.Р _{qp}	8	154,3	23	7,97	82	15,1	88	23	1,00	30
	10	152,6	36	8,96	117	12,0	122	36	1,00	40
	12	150,5	51	10,09	148	10,6	152	51	1,00	60
	14	149,2	74	11,49	191	9,4	195	74	1,00	80
0,2.Р _{qp}	8	179,4	19	8,68	77	17,6	84	19	1,00	20
	10	178,5	27	9,63	107	14,0	113	27	1,00	30
	12	177,5	37	10,68	133	12,5	138	37	1,00	40
	14	176,8	50	11,86	167	11,1	171	50	1,00	60
0	8	204,3	17	9,46	74	20,1	82	17	1,00	20
	10	204,3	22	10,43	102	16,0	108	22	1,00	30
	12	204,3	29	11,49	124	14,4	130	29	1,00	30
	14	204,3	38	12,63	154	12,8	159	38	1,00	40

4. Анализ на резултатите

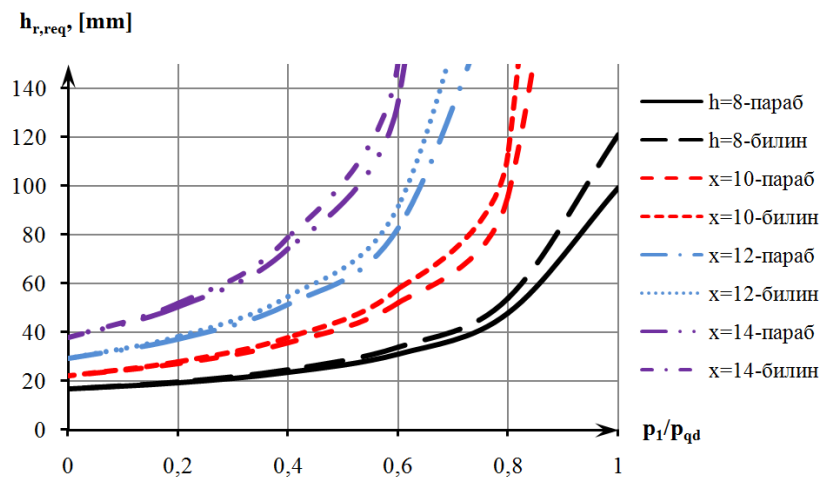
Сравнението на необходимата усилваща опънна армировка или височина на бетонната доливка, получени с използването на двата вида работни диаграми на бетона, е показано в табл. 4, фиг. 4 и фиг. 5. Процентната разлика Δ в сравняваните параметри е приета положителна, когато резултатите с използване на билинейна диаграма са в посока на сигурността.

Таблица 4. Сравнение на резултатите

p_1	h cm	A_{sr}			$h_{r,req}$		
		параб. mm ²	билин. mm ²	Δ %	параб. mm	билин. mm	Δ %
P_{qp}	8	111	116	3,8	99	121	18
	10	87	89	3,0	413	752	45
	12	77	80	3,5	-	-	-
	14	70	72	3,7	-	-	-
$0,8 \cdot P_{qp}$	8	112	114	1,4	48	54	11
	10	86	88	2,3	96	113	15
	12	76	79	2,8	192	238	19
	14	69	71	3,0	561	884	37
$0,6 \cdot P_{qp}$	8	112	112	0,4	31	34	8
	10	85	86	1,8	52	58	10
	12	75	77	2,1	83	92	10
	14	67	69	2,3	135	152	11
$0,4 \cdot P_{qp}$	8	111	111	0,2	23	25	5
	10	84	85	1,2	36	38	6
	12	74	75	1,4	51	55	6
	14	66	68	1,6	74	79	6
$0,2 \cdot P_{qp}$	8	109	109	0,3	19	20	3
	10	83	83	0,7	27	28	3
	12	73	74	0,9	37	38	3
	14	65	66	0,9	50	52	3
0	8	107	108	0,5	17	17	0
	10	82	82	0,3	22	22	0
	12	73	73	0,2	29	29	0
	14	65	65	0,2	38	38	0



Фиг. 4. Сравнение на необходимата площ на усилващата арматура при използване на параболично-линейна и при използване на билинейна работна диаграма



Фиг. 5. Сравнение на необходимите височини на бетонната доливка при използване на параболично-линейна и при използване на билинейна работна диаграма

Вижда се, че във всички случаи Δ е положителна, следователно се потвърждава изводът, направен в [2], че при използването на по-простата билинейна диаграма се получават резултати в посока на сигурността. Разликите в получената необходима армировка са до 3 – 4%, което е в рамките на инженерната грешка и може да бъде пренебрегната. При усилване с бетонна доливка в натискова зона разликите са по-големи, като се увеличават с увеличаване на предварителното натоварване. За практически значимите случаи, при които доливката е реално приложима (под 150 mm), разликите са под 20%. Това означава, че при малко предварително натоварване може без значителна загуба на точност да се използва по-простата билинейна диаграма. При по-голямо предварително натоварване изборът на по-точно решение с параболично-линейна диаграма е обвързан с фазата на проектиране, приоритетите на инвеститора (време и цена за проектиране или количества на СМР) и др.

5. Заключение

В тази статия е разработен алгоритъм за автоматизирано оразмеряване на усилването на стоманобетонни плочи със стоманобетон при отчитане на предварителното натоварване, който не зависи от вида на работната диаграма на бетона. С използването на този алгоритъм са решени числени примери при вариране на различни параметри, с използване на параболично-линейна и на билинейна работна диаграма. Сравнението на резултатите показва, че решението с параболично-линейна диаграма е винаги в посока на сигурността, като в случая на усилване с допълнителна опънна армировка разликата е пренебрежима. В случая на усилване с бетонна доливка в натискова зона разликата може да бъде пренебрегната при малко предварително натоварване (например само собственото тегло на конструкцията), а при по-голямо такова следва да се избере по-точното решение с параболично-линейна диаграма, в случай че има специални съображения за точност на решението.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1992-1-1:2004 Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради.
2. Чардакова, Т. Приложение на параболично-линейната и еквивалентната билинейна работна диаграма на бетона при оразмеряване на усилването на стоманобетонни плочи. Първа научно-приложна конференция с международно участие стоманобетонни конструкции. Теория и практика, София, 2015.
3. Чардакова, Т., М. Трайкова. Влияние на стойността на предварителното натоварване при проектиране на усилването на стоманобетонни плочи със стоманобетон. Първа научно-приложна конференция с международно участие стоманобетонни конструкции. Теория и практика, София, 2015.
4. Чардакова, Т., К. Възгечев, М. Трайкова. Усилване на конструктивни елементи от монолитни стоманобетонни скелетно-гредови конструкции – Числени примери. Издателство "Нова кампания", София, 2015.

COMPARISON OF THE STRENGTHENING OF RC SLABS WITH REINFORCED CONCRETE USING DIFFERENT STRESS-STRAIN DIAGRAMS OF THE CONCRETE – NUMERICAL EXAMPLES

T. Chardakova¹

Keywords: *stress-strain diagram of the concrete, strengthening, reinforced concrete*

Research area: *retrofitting and strengthening of RC structures*

ABSTRACT

This paper presents two numerical examples based on an algorithm for computer-aided design of the strengthening of RC slab with reinforced concrete, using the different stress-strain diagrams of the concrete, defined in Eurocode 2 – parabolic-linear and equivalent bilinear. The examples considered are: strengthening in the tension zone with additional reinforcement and shotcreting, and strengthening in the compression zone with additional concrete layer. Both examples are concerning one-way simply supported slab with insufficient capacity for bending, varying the initial height of the slab and its reinforcement ratio as well as the value of the initial loading. Based on the obtained results, some general conclusions and recommendations for the design of the strengthening of RC slabs with reinforced concrete with preliminary loading are given.

¹ Tanya Chardakova, Dr. Eng., e-mail: tanq_chardakova@abv.bg

