

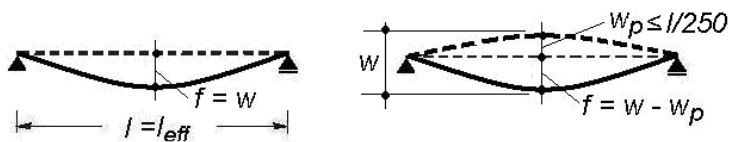
# КОНТРОЛ НА ПРОВИСВАНИЯТА НА СТОМАНОБЕТОННИ ЕЛЕМЕНТИ

Проф. д-р инж. Атанас Георгиев<sup>1</sup>  
Инж. Константин Велинов<sup>2</sup>

## 1. Общи изисквания<sup>3</sup>

(1) *Вертикалното преместване*  $w$  на гредите и плочите е резултат от тяхното огъване. Обикновено се контролира *провисването*  $f$  на елементите, което се измерва спрямо линията между две съседни опори. При хоризонтални елементи, изпълнени без строително надвишение, двете понятия се покриват, ако се пренебрегнат или не се отчитат подаванията на опорите (фиг.1.1.а).

(2) Големи провисвания могат да бъдат редуцирани до допустими стойности, ако елементите се изпълнят със строително надвишение  $w_p$  (фиг.1.б).



Фиг.1. Дефиниране на провисванията и на надвишенията

### 1.1. Изискване за външен вид и експлоатационна годност на носещите елементи

За провисването от *квази-постоянната* комбинация на въздействията трябва да е изпълнено изискването

$$f \leq l/250. \quad (1.1)$$

### 1.2. Изискване за експлоатационна годност на функционални елементи

Частта от провисването под „чувствителни“ неносещи елементи (напр. зидани стени) от квази-постоянните стойности на въздействията, въведени след изграждането им се ограничава до

$$\bar{f} \leq l/500 \quad (1.2)$$

## 1.3. Методи за контрол

(1) Преместванията се изчисляват и се сравняват с граничните стойности.

(2) Допуска се провисванията по т.1.1 да се контролират индиректно чрез ограничаване на стройността на меродавните отвори на елементите  $\lambda = l/d$  (отношение отвор/полезна височина). Методът е консервативен и в обичайните случаи този контрол гарантира и условие (1.2).

## 2. Индиректен контрол на провисванията на греди и плочи

### 2.1. Критерий

$$l/d \leq \lambda^* K K_s K_f K_l, \quad (2.1)$$

където

$l = l_{eff}$  е статическия отвор на разглежданото поле от греда или от еднопосочна плоча, по-малкият отвор на поле от кръстосано армирана плоча или по-големият отвор на поле от безгредова плоча;

$\lambda^*$  - базова стройност (т.2.2);

$K$  - коефициент, който отчита стат. схема на елемента (т.2.3);

$K_s$  - коефициент за напрежението в опънната армировка (т.2.4);

$K_f$  - коефициент за формата на напречното сечение (т.2.5);

$K_l$  - коефициент за големи отвори (т.2.6).

### 2.2. Базова стройност $\lambda^*$

(1) Тя е определена за едноотворна проста греда (фиг.2.1) като функция на

• класа на бетона и на

• геометричния коефициент  $\rho_l = A_{s,req}/(b.d)$  на необходимата

долна опънна армировка, изчислена за максималния огъващ момент в крайно гранично състояние, при следните условия:

• провисването на гредата е  $f = l/250$

• напречното сечение на елемента е правоъгълно;

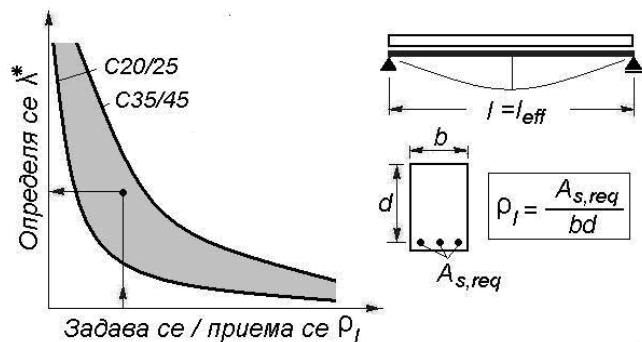
• в експлоатационно състояние стойността на напрежението в опънната армировка  $A_{s,req}$  от клас В500 е 310МРа [получава се от  $500/(\gamma_F \cdot \gamma_S) = 500/(1,40 \cdot 1,15) \approx 310$ ].

(2) Базовата стройност може да се отчете от фиг.2.

<sup>1</sup> УАСГ–Катедра „Масивни конструкции”, atanasg@vip.bg

<sup>2</sup> УАСГ–Катедра „Масивни к-ции”, редовен докторант, konstantin.velinov@abv.bg

<sup>3</sup> Съгласно БДС EN 1992-1-1 (Еврокод 2)



Базова стройност  $\lambda^*$

Бетон \ $\rho_I$ [%]	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
C20/25	45,0	33,0	25,9	19,0	17,0	16,0	14,8	14,0	13,0	12,5
C25/30	45,0	42,0	32,2	22,4	18,5	17,2	15,7	14,7	13,5	12,9
C30/37	45,0	45,0	39,2	26,2	20,5	18,5	16,6	15,5	14,0	13,2
C35/45	45,0	45,0	45,0	30,4	23,0	19,8	17,6	16,2	14,5	13,6

Фиг.2. Базова стройност на елемент със схема проста греда

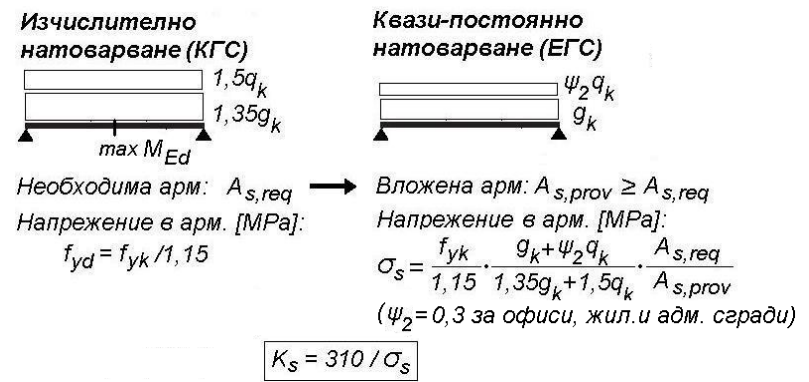
### 2.3. Статическа схема и избор на коефициент K

Проста греда и едноп. или кръстосано арм. ставно подпърна плоча	$K=1,0$
Краен отвор на непрек. греда или на едноп. и кръстасано арм. плоча	$K=1,3$
Вътрешен отвор на непрек. греда или на едноп. и кръстасано арм. плоча	$K=1,5$
Конзола на греда или плоча	$K=0,4$
Безгредова плоча	$K=1,2$ (вж. и т.3)

Фиг.3. Избор на коефициент, отчитащ статическа схема

### 2.4. Напрежение в армировката и приемане на коефициент $K_s$

(1) Обикновено напрежението в армировката в експлоатационно състояние  $\sigma_s$  е по-малко от базовата стойност  $310\text{MPa}$ . Причина за това може да е изборът на по-голяма вложена армировка  $A_{s,prov}$  и/или по-малка стойност на отношението на експлоатационните към изчислителните натоварвания (фиг.4).

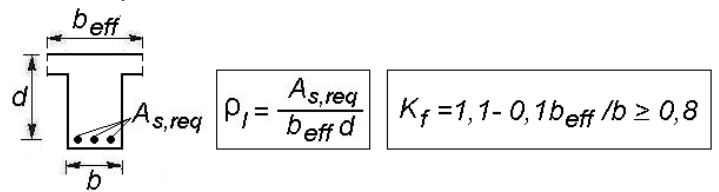


Фиг.4. Определяне на коефициента за напрежение в армировката

(2) Влагането на повече долна армировка в полетата на елементите е подход за ограничаване на техните провисвания, тъй като коравината им нараства, но в ограничена степен. Затова е препоръчително при изчисляване на напрежението  $\sigma_s$  да се прилага ограничението  $A_{s,req} / A_{s,prov} \geq 0,8$ .

### 2.5. Напречно сечение и определяне на коефициент $K_f$

При плочогредови сечения коефициентът на армиране се определя за ефективната ширина  $b_{eff}$  (фиг.5). По-малката коравина на сечението (в сравнение с правоъгълното с ширина  $b_{eff}$ ) се отчита с коефициент  $K_f < 1,0$ .



Фиг.5. Плочогредово напречно сечение

### 2.6. Големи отвори и определяне на коефициент $K_l$

Големи стойности на преместванията на греди и плочи могат да нарушат годността на неносещи стени, изградени върху тях. Това налага допълнителна редукция на базовата стройност при относително големи отвори на елементите:

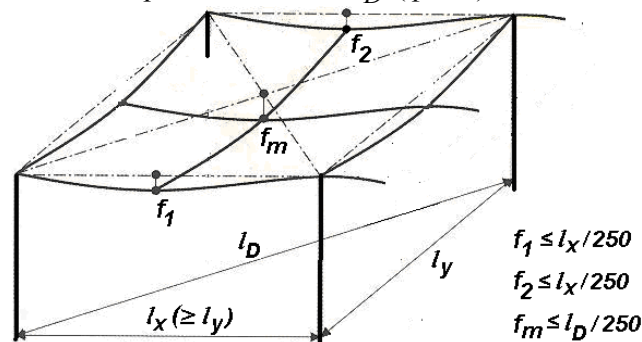
- за греди и плочи с  $l_{eff} > 7,0\text{m}$ :  $K_l = 7,0 / l_{eff}$ ;
- за безгредови плочи с  $l_{eff} > 8,5\text{m}$ :  $K_l = 8,5 / l_{eff}$ .

### 3. Особенности при безгредови плочи

#### 3.1. Критични провисвания

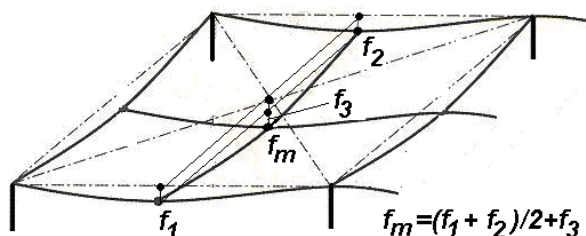
(1) Големи са провисванията между колоните в направление на координатните оси (надколонните ивици), но обикновено най-голямо е провисването в средите на полетата.

(2) Необходимо е да се контролират провисванията  $f_1$  и  $f_2$  спрямо по-голямото междуосие  $l_x (\geq l_y)$  и провисването  $f_m$  в средата на полето спрямо диагонала  $l_D$  (фиг.6).



Фиг.6. Критични провисвания на меродавно поле от безгр. плоча

(3) Изчисляването на продължителните премествания на безгредовите плочи е твърде комплицирана задача. Провисването  $f_m$  в средата на поле може да се определи приблизително чрез сумиране на средното провисване на надколонните ивици и на провисването  $f_3$  на напречната на тях средна ивица (фиг.7).



Фиг.7. Провисването в средата на поле от безгредова плоча

#### 3.2. Индиректен контрол

(1) Обикновено са меродавни провисванията на крайни полета без конзоли и на вътрешни полета с големи отвори. В ъгловите полета може да се приложи (ако е необходимо) завишаване на долната армировка с цел редукция на по-големите им провисвания.

#### 3.2.1. Контрол на провисването на надколонни ивици

(1) В съответствие с критериите и данните в т.2 може да се запише условието

$$l_x / d_x \leq 1,2\lambda^* \cdot K_S \cdot K_I, \quad (3.1)$$

където  $l_x$  е по-големият отвор на полето;

$d_x$  - полезна височина на сечението в направление  $x$ ;

$\lambda^*$  - определя се по т.2.2 за необходимата армировка ( $A_{s,req}$ ),

изчислена за максималния огъващ момент в надколонната ивица;

$K_S$  и  $K_I$  - определят се съгласно т.2.4 и 2.6.

$$K = 1,2$$

(2) Условие (3.1) за надколонни ивици е силно консервативно (сравни с  $K = 1,3$  за крайни и с  $K = 1,5$  за вътрешни полета на греди).

#### 3.2.2. Провисване в средата на поле

Аналогичен на надколонните ивици индиректен контрол на това провисване е невъзможен. Той обаче не е необходим по следните причини:

- Установено е, че дори и в случая на квадратно поле, провисването  $f_m$  в средата не надвишава с повече от 50% провисването на прилежащите надколонни ивици.

- Едновременно с това, обаче, се увеличава и дължината на диагонала  $l_D = l_x \sqrt{2}$  за контрол на  $f_m$  (фиг.6). Към това трябва да се добави и базовото консервативно приемане за безгредови плочи  $K = 1,2$ , вместо  $K = 1,3$  за крайни полета:  $\sqrt{2} \cdot 1,3/1,2 \approx 1,5$ .

- Евентуална голяма дължина на диагонала ( $l_D > 8,5m$ ) би съответствала на необходимост от редукция на базовата стройност с  $K_I < 1,0$  (вж. т.2.6) само, ако в полето е разположен дълъг неносещ зид и то косо – този случай е неприложен случай.