

5

ACI 440.2 R-17

طراحی مقاوم ساز با FRP

$$\begin{cases} 1.4 D \\ 1.2 D + 1.6 L \end{cases}$$

ACI 318 : ضریب بار : γ

$$\begin{cases} 1.2 D + L + E + 0.2 S \\ 0.9 D + E \end{cases}$$

۲- مقاومت گزینشی

مقاومت گزینشی : f_{fu}^* ، ϵ_{fu}^* (شدافت نهایی)

(مقاومت ۲. یعنی $\leftarrow$ به عنوان میانگین ۳ بار (مقاومت معیار))

۳- ضریب کاهش اثرات محیط : C_E

$$\begin{cases} \epsilon_{fu}^* \\ f_{fu}^* \end{cases} \xrightarrow{\times C_E} \begin{cases} \epsilon_{fu} : \text{گرفتگی گزینشی} \\ f_{fu} : \text{مقاومت معیار} \end{cases}$$

$$E_f = \frac{f_{fu}}{\epsilon_{fu}}$$

نسبت درجه بندی قیاس ضرورت شود
گرفتگی گزینشی و مقاومت

شرایط محیط	نوع راب	ضریب C_E
شرایط در نظر	C	0.95
	G	0.75
	A	0.85
فشار چیل و بار	C	0.85
	G	0.65
	A	0.75
مقاومت دائم و بار	C	0.85
	G	0.5
	A	0.7

۴) ضرایب ضریب (φ) : ACI 318

برای ϕ :
 $0.9 : TC$
 $0.65 \text{ تا } 0.75 : CC$
 $TR : \text{در سایر موارد}$

هنگامی که ضریب ϕ ...
 حاکم است زیرا که ...
 این است که ...
 و طول ...
 ...

۵) ضریب ضریب ضریب (φ_f) :
 FRP

φ_f ← FRP

φ_f = 0.85 : ...

φ_f = 0.95 : ...

φ_f = 0.85 : ...

Two Sided

φ_f = 0.85



...
 ...
 ...

φ_f = 0.85



(full wrap)

φ_f = 0.95



...
 ...

φ_f = 0.95 : ...

$$M_u \leq \phi (M_n + \phi_f M_{nf})$$

در صورتی که ...

7

الف) مشخصات مکانیکی الیاف :

مکانیکی الیاف	E (GPa)	توان کششی (MPa)	کشش (%)
i) General purpose	220-240	2050-3790	1.2
ii) High-strength	"	3790-4820	1.4
iii) Ultra " "	"	4820-6200	1.5
iv) High modulus	340-520	1720-3100	0.5
v) ultra " "	520-690	1380-2400	0.2
ب) الیاف شیشه‌ای			
i) E Glass	69-72	1860-2680	4.5
ii) S Glass	86-90	3440-4140	5.4
ج) الیاف کربنی			
i) General purpose	69-83	3440-4140	2.5
ii) High performance	110-124	3440-4140	1.0

در این جدول $f = 3800$ مدول، E و f_{fu} تنش کششی است.

ب) مشخصات مکانیکی ورق‌های FRP (laminates)

	E	f_{fu}^*	E_{fu}^*
CFRP	220-240	3700-4200	1.2-1.5%
GFRP	70-80	1600-2500	2.5-3.5%

8

FRP کارخانه ← Volume Fraction در دایان در FRP یعنی

$$V_f = 50 - 70\%$$

درست است V_f کمتر است. مثلاً: $V_f \approx 20 - 30\%$

- می توان به دلیله مستحقات مکانیک گفته شده یا این را مورد استناد قرار داد.

- مستحقات مکانیک این به صورت (wet lay up) به صورت استناد می شود.

این از زمان شده به صورت استناد

این مورد در FRP درست ساز

$$f_{fu}^*, E_{fu}$$

$$0.7 f_{fu}^*, 0.9 E_{fu}$$

در mis alignment در wet lay up غلب می کند.

محدودیت تمام سازی:

به دلیل عدم سازگاری در دایان از FRP نانو رزین است با خواص خاص. کیفیت فایده این چیزها کم است.

$$\varphi R_{existing} \geq (1.1 S_{PL} + 0.75 S_{LL})_{new}$$

بارهای مکرر

بار زنده ۲۰٪ و ۵۰٪ یکبار است. - زمان بار زنده ۵٪ بار زنده یکبار است.

$$\varphi M_n \geq (1.1 M_{a_{max}} + 0.75 M_{LL_{max}})$$

در وقت آئینه

بجای f_y و f_s باید وید سازه همان ماده

$$A = 0.85 f'_c \beta_1 b$$

$$B = A E_s \epsilon_{cu} + A_f E_f (\epsilon_{cu} + \epsilon_{di}) \quad C = -A_f E_s \epsilon_{cu} d + A_f E_f \epsilon_{cu} h$$

وید ϵ_s (ϵ_y)

$$M_n = A_s f_s (d - \frac{\beta_1 C}{2}) + n_f \frac{A_f f_f}{f} (h - \frac{\beta_1 C}{2})$$

$$M_u \leq \phi M_n \quad \phi = 0.65 \leftarrow CC$$

ب - سخت کنش (f_s, f_b)

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon \rightarrow \epsilon \\ f \rightarrow f_{dl} \end{array} \right.$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

$$\epsilon_c < \epsilon_{cu} + 0.003$$

ب - ۱۰) سخت FRP بر بتن مسترده :

مستقل و تنه برقرار است $\rightarrow$ خیزش $\rightarrow$ کنترت $\rightarrow$ تنه $\checkmark$

$$\alpha_1 = 0.85$$

$$\beta_1 \rightarrow \begin{array}{l} 0.85 \\ 1.05 - 0.00714 f'_c \end{array} \quad f'_c < 28 \text{ MPa}$$

خیزش



هفتاد

توده

$$f_c = \frac{2 f'_c (\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o})}{1 + (\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o})^2}$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 2 - \frac{4 \left[\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}{\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right) \ln \left[1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}$$

$$\alpha_1 = \frac{0.9 \ln \left[1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}{\beta_1 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)}$$

$$\epsilon_o = 1.71 \frac{f'_c}{E_c}$$

Case 1: $DL = 7$, $LL = 5$

Q.5: air

$$q_u = 1.2 q_D + 1.5 q_L = 16.4 \Rightarrow \text{Demand} = \frac{16.4}{11.5} = 1.41 \Rightarrow 41\%$$

$$\text{Allowable} \rightarrow R = \frac{S}{7} \rightarrow (\%)_{\text{all}} = 43.2\%$$

$$41 < 43.2 \checkmark \text{ O.K.}$$

Case 2: $DL = 7$, $LL = 7$

$$q_u = 1.2 q_D + 1.5 q_L = 19.5 \Rightarrow \text{Demand} = \frac{19.5}{11.5} = 1.69 \Rightarrow 69\%$$

$$\text{Allowable} \rightarrow R = 1 \rightarrow (\%)_{\text{all}} = 51.4\%$$

$$69 \not< 51.4 \text{ N.G.}$$

$$(\varphi R_n)_{existing} \Rightarrow (1.1 S_{DL} + 0.75 S_{LL})_{new}$$

$$\rightarrow (\gamma)_{max} = \frac{0.1 + 0.85 R}{1.1 + 0.75 R}$$

کننده آئین نام : برای کنترل محدودیت انزوئیس بر درسام سازش در اکثر سفتین دوم در سام سازش و یا (مقدار جابجایی)

شدت بار زلزله از $\frac{400}{m^2}$ بیش تر باشد در کنترل دایره ج. ج. $0.75 S_{LL}$ در S_{LL} 1.0 استفاده شود.

$$\rightarrow (\gamma)_{max} = \frac{0.1 + 0.6 R}{1.1 + 1.0 R}$$

4 - محدودیت تنسور در برابر برش در سام سازش FRP :

i) $f_{s,s} \leq 0.8 f_j$ (D+L) زیرا اگر فولاد تنسیم شود، FRP به تنسور بر اثرش می افتد.

ii) $f_{s,s} \leq 0.6 f'_c$ (D+L)

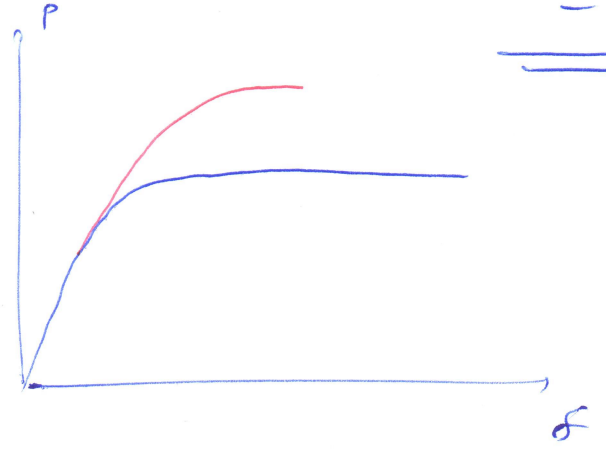
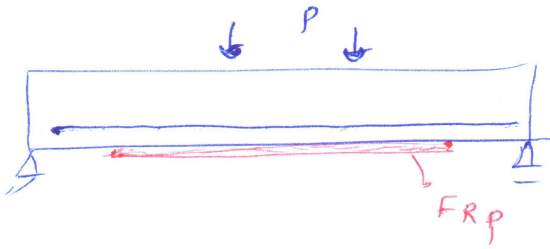
iii) $f_{s,s}$ (D+0.3L+...) تنسور در FRP تحت بار برش در اکثر دایره ج. ج. سفتین

$$f_{f,s} \leq \begin{cases} 0.2 f_{fu} & \leftarrow GFRP \\ 0.3 f_{fu} & \leftarrow AFRP \\ 0.55 f_{fu} & \leftarrow CFRP \end{cases}$$

به عبارت دیگر در عمارت های که نظر خزنه یکدست و دایره ج. ج. در عمارت های کوچک.

11

تکویت فیم



فیمتیه و قلمر: ورتن ورتن

کوتیه: کتیه: FRP رتیه کتیه با ورتن ورتن، ورتن ورتن.

کوتیه (rupture)

(FRP failure) کتیه (Debonding)

رتیه ورتن FRP رتیه ورتن ورتن ورتن (EBR رتیه)

$$\epsilon_{fu}^* \rightarrow \epsilon_{fu} = \frac{c}{E} \times \epsilon_{fu}^*$$

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{\frac{f'_c}{n t_f E_f}} \leq 0.9 \epsilon_{fu}$$

ACI 440.2

n : ورتن ورتن FRP
 t_f : ورتن ورتن (mm)
 E_f : ورتن ورتن (MPa)

۱۰۰

$$\Sigma f_u = 0.015$$

[illegible]

تشریح حاصل حصول کی ہے۔

$$\epsilon_{\text{rel}} \approx 0.0064$$

در nt زرد زرد است یعنی صاف است FRP فرایر سوختن من و کمال کم بود
در جلدی در جلد آنکه یک در جلد آنکه یک در جلد آنکه یک در جلد آنکه یک در جلد آنکه یک

FRP سے تیار کی گئی ہے

واقعیت: در زمان اقبال FRP به سطح نشستن، در سطح نشستن و در سطح نشستن

← ۱۰۰ / هر مرد و هر زن یک بار بنده و هر دوازده

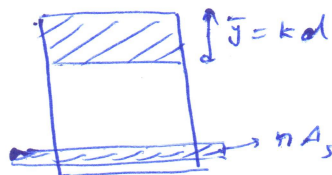
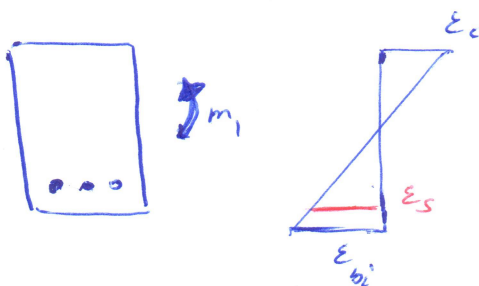
← m_1 : مقدار مورد

 ϵ_{bi}

(Bond line initial)

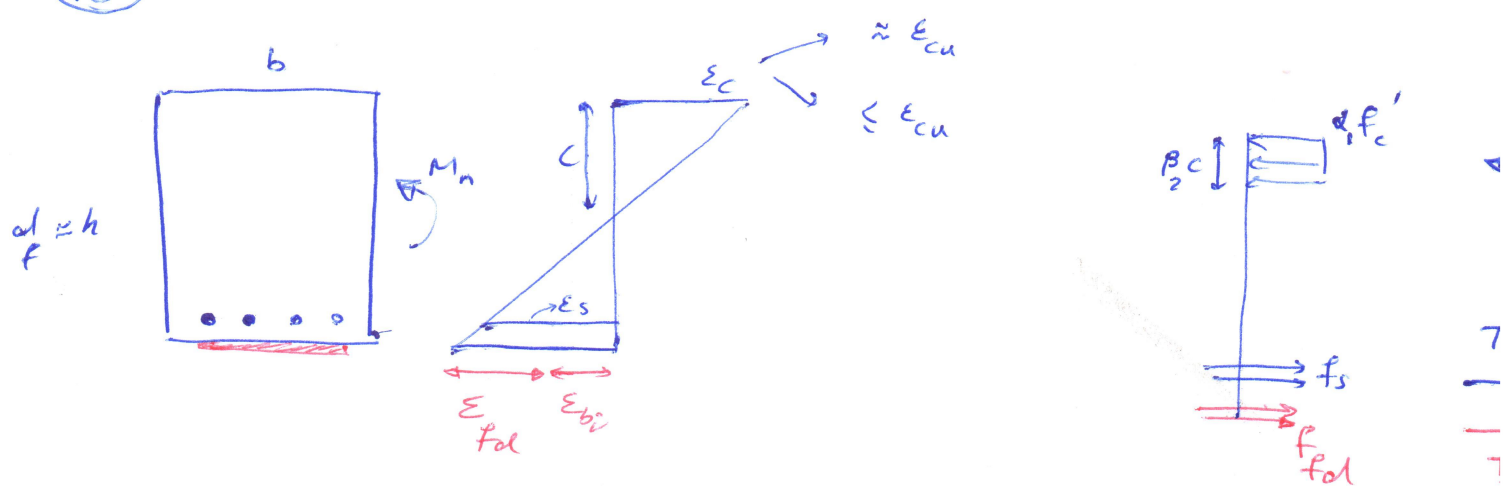
$$r = \frac{As}{bol}$$

$$k = -n f_+ \sqrt{n^2 p^2 + 2np}$$



$$E_{b_i} = \frac{m_i (h - \bar{y})}{E_c I_{tr}}$$

$$n = \frac{200000}{4700 \sqrt{P_1}}$$



فرد به به f_{fd} تعبیر به طراحی شد زیرا مقدار طراحی است.

$$C = 0.85 f_c' a b$$

$$T_s = A_s f_s$$

$$T_f = A_f f_{fd}$$

$$\sum F = 0 \Rightarrow C = T_s + T_f$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow M_n = M_{ns} + \gamma_f M_{nf}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

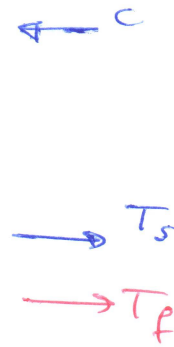
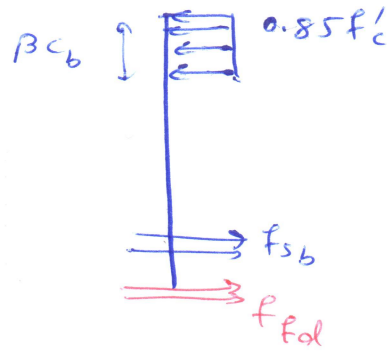
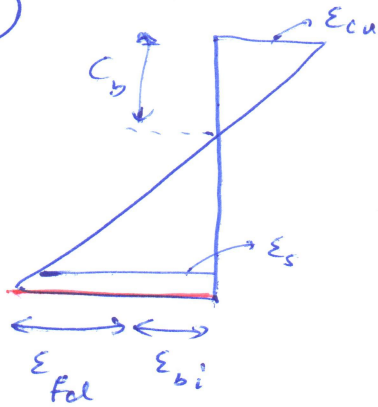
انواع حالات شکست:

- ✓✓ الف-۱) خوردن بتن درش پس از سطح مقعرها
- الف) شکست ناگهانی
- ✓ الف-۲) ~ ~ ~ ~ ~ قبل از ~ ~ ~
- ب) شکست کششی
- ب-۱) شکست FRP درش پس از سطح مقعر درش
- ب-۲) ~ ~ ~ ~ ~ قبل از ~ ~ ~

* هر شکست درش در سطح تقویت شد و در صورت متوازن سطح تقویت شد

درست در همان لحظه که FRP شکست را رسد (پاره یا جدا شد) پس از آن $\epsilon_{cu} = 0.003$ یا $1/300$

14



$$c_b = \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{fcl} + \epsilon_{bi}} \right) h$$

$$f_{fcl} = E_f \epsilon_{fcl}$$

$$\sum F = 0 \Rightarrow 0.85 f'_c \beta_1 c_b b = A_s f_{sb} + A_{fb} f_{fcl}$$

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_{cu}} = \frac{d - c_b}{c_b} = \frac{d}{c_b} - 1 \Rightarrow \epsilon_s = \epsilon_{cu} \left(\frac{d}{c_b} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow f_{sb} = 600 \left(\frac{d}{c_b} - 1 \right) \leq f_y$$

$$\frac{A_{fb}}{A_s} = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_{fcl}} c_b b \Rightarrow A_s \frac{f_{sb}}{f_{fcl}}$$

$$\rho_{fb} = \left(0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_{fcl}} \frac{h}{d} \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{fcl} + \epsilon_{bi}} \right) \Rightarrow \rho \frac{f_{sb}}{f_{fcl}}$$

نکته: در صورتی که $\rho < \rho_{fb}$ باشد

$$P_f \geq P_{fb}$$

الف - ۱) تعیین ظرفیت در آیین مقررات

$$0.85 f'_c B_1 c b - A_s f_y - A_f f_f = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{bi} + \epsilon_f} = \frac{c}{h - c} \Rightarrow \epsilon_f = \epsilon_{cu} \left(\frac{h}{c} - 1 \right) - \epsilon_{bi}$$

$$\Rightarrow f_f = E_f \epsilon_f = \dots \quad (2)$$

قرار دادن (۲) در (۱)

$$A c^2 + B c + C = 0$$

معادله درجه ۲ در مورد (c) معین می‌شود

$$A = 0.85 f'_c B_1 b$$

$$B = A_s E_f (\epsilon_{cu} + \epsilon_{bi}) - A_s f_y$$

$$C = -A_s E_f \epsilon_{cu} h$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu} \left(\frac{d - c}{c} \right) = \epsilon_{cu} \left(\frac{d}{c} - 1 \right) > \epsilon_y \quad \checkmark$$

در غیر این صورت به حالت الف ۲ مراجعه

$$\epsilon_f = \epsilon_{cu} \left(\frac{h}{c} - 1 \right) - \epsilon_{bi} < \epsilon_{fdl}$$

$$M_n = T_s Z_s + \gamma_f T_f Z_f$$

$$\Rightarrow M_n = A_s f_y \left(d - \frac{B_1 c}{2} \right) + \gamma_f A_f f_f \left(h - \frac{B_1 c}{2} \right)$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$\phi \begin{cases} 0.9 \\ 0.6 \sim 0.9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \epsilon_s > 0.005 \\ \epsilon_y < \epsilon_s < 0.005 \end{cases}$$

الف - ۲) خرد کردن بتن بدون تسلیف (مستطریح)

بجای f_y باید f_s جایگزین شود

$$A = 0.85 f'_c \beta_1 b$$

$$B = A E_s \epsilon_{cu} + A E_f (\epsilon_{cu} + \epsilon_{f1}) \quad C = -A E_s \epsilon_{cu} d + A E_f \epsilon_{cu} h$$

و یا $\epsilon_s (\epsilon_y)$ می باشد

$$M_n = A_s f_s \left(d - \frac{\beta_1 C}{2} \right) + \varphi_f \frac{A f_f}{f} \left(h - \frac{\beta_1 C}{2} \right)$$

$$M_u \leq \varphi M_n \quad \varphi = 0.65 \leftarrow CC$$

ب - سخت کشی $(f_f < f_s)$

ب - ۱۰) سخت FRP بر اساس مقدار:

$$\begin{cases} \epsilon_f \rightarrow \epsilon_{fd} \\ f \rightarrow f_{fd} \\ \epsilon_s > \epsilon_y \\ \epsilon_c < \epsilon_{cu} \approx 0.003 \end{cases}$$

مستطیل و دایره برقرار است $\rightarrow$ ضربه خورده $\rightarrow$ کمترین $\rightarrow$ دایره ✓

$$\alpha_1 = 0.85$$

$$\beta_1 \rightarrow \begin{cases} 0.85 & f'_c < 28 \text{ MPa} \\ 1.05 - 0.00714 f'_c & \end{cases}$$



هافت

$$f_c = \frac{2 f'_c \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)}{1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2}$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 2 - \frac{4 \left[\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}{\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right) \ln \left[1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}$$

$$\alpha_1 = \frac{0.9 \ln \left[1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)^2 \right]}{\beta_1 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \right)}$$

$$\epsilon_o = 1.71 \frac{f'_c}{E}$$

17

$$0.85 f'_c \beta_1 c b = A_s f_y + A_f f_{fd}$$

$$\checkmark f_{fd} = E_f \epsilon_{fd}$$

$$\Rightarrow C = \frac{A_s f_y + A_f f_{fd}}{0.85 f'_c \beta_1 b}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \phi_f A_f f_{fd} \left(h - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_{fd} + \epsilon_{bi}} = \frac{d - c}{h - c} \Rightarrow \epsilon_s = \left(\frac{d - c}{h - c} \right) (\epsilon_{fd} + \epsilon_{bi}) \begin{matrix} \nearrow > \epsilon_y \checkmark \text{ok.} \\ \searrow < \epsilon_y \rightarrow \text{ف. ب.} \end{matrix}$$

ب- ۲ : محتمل نشد بدون سطح سیرد نشد

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$\epsilon_f = \epsilon_{fd}$$

$$A = 0.85 f'_c \beta_1 b \quad B = - \left[0.85 \beta_1 f'_c b h + A_s E_s (\epsilon_{fd} + \epsilon_{bi}) + A_f E_f \epsilon_{fd} \right]$$

$$C = A_s E_s (\epsilon_{fd} + \epsilon_{bi}) d + A_f E_f \epsilon_{fd} h$$

حل معادله (تقریباً) فرضاً ϵ_{fd} و ϵ_{bi} و ϵ_s و ϵ_f

$$\epsilon_s = \left(\frac{d - c}{h - c} \right) (\epsilon_{fd} + \epsilon_{bi}) < \epsilon_y$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \phi_f A_f f_{fd} \left(h - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

$$M_u \leq \phi M_n, \quad \phi = 0.65$$