

4.4 توزيع الاجهادات والانفعالات Stress and Strain Distribution

يفترض أن الانفعالات تكون ذات توزيع خطي عند التحليل بهذه الطريقة ، هذا وقد أثبتت التجارب انه حتى عند الفشل فان هذا الافتراض يكون صحيح إلى حد ما . أما بالنسبة لتوزيع الاجهادات فانه يكون خطياً لحد $(0.5f'_c)$ تقريباً . ثم يصبح بعدها غير خطي . الشكل الحقيقي للتوزيع غير معروف لحد الآن وذلك لان منحني الإجهاد- الانفعال للخرسانة يعتمد على عدة عوامل منها مقاومة الخرسانة ، سرعة التحميل الخ . وقد تم اعتماد شكل توزيع الاجهادات الموضح في الشكل (1.4) من قبل الكود وهو عبارة عن قطع مكافئ .

ليس المهم في التحليل والتصميم أن نحدد الشكل الدقيق لتوزيع الاجهادات بل المهم هو تحديد :-

- 1- القوة الكلية C للخرسانة
- 2- موقع القوة أي بعدها عن أليات الانضغاط العليا . ويمكن التعبير عن محصلة قوة انضغاط الخرسانة كما يلي :-

$$C = f_{av}bc \dots \dots \dots (5.4)$$

حيث f_{av} = معدل إجهاد انضغاط الخرسانة = عرض المقطع = b = عمق محور الحيود

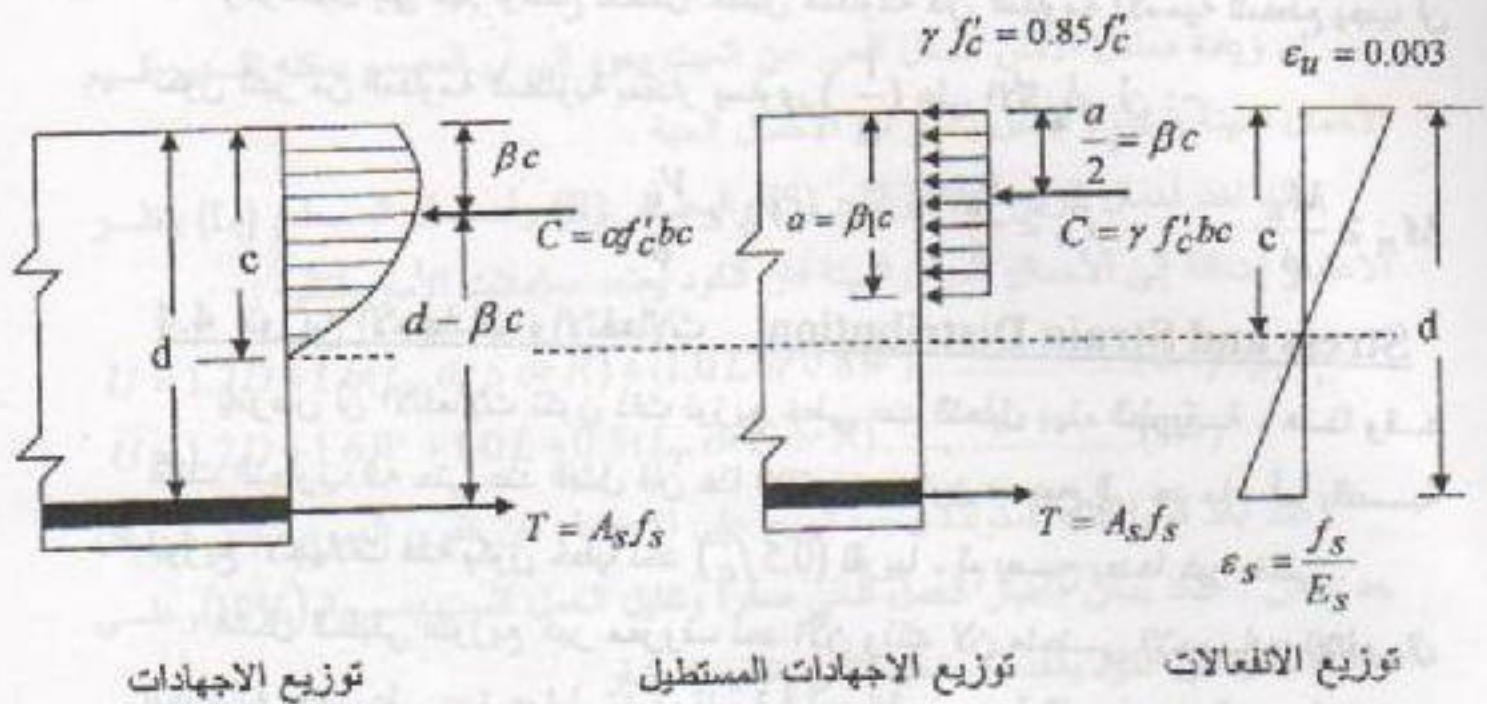
كما يمكن كتابة محصلة انضغاط الخرسانة بالشكل التالي :-

$$C = \alpha f'_c bc \dots \dots \dots (6.4)$$

حيث α = النسبة بين معدل إجهاد الخرسانة إلى مقاومة الخرسانة .
إن موقع المحصلة يعبر عنه عادة بالمقدار (βc) حيث β = النسبة بين عمق محصلة الانضغاط إلى عمق محور الحيود .

من النتائج المختبرية فان قيم المتغيرين α و β هي كما يلي :-

$\alpha = 0.72$ لقيم $f'_c \leq 30Mpa$ وتنقص بمقدار (0.04) لكل (7Mpa) زيادة في مقاومة الخرسانة على أن لا تقل قيمتها عن $(\alpha = 0.56)$



شكل (1.4)

توزيع الاجهادات والانفعالات للعتبات .

$\beta = 0.425$ لقيم $f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$ وتنقص بمقدار (0.025) لكل (7 Mpa) زيادة في

مقاومة الخرسانة على أن لا تقل قيمتها عن ($\beta = 0.325$) .

يصبح تحليل بعض المقاطع معقدا عند اعتماد التوزيع أعلاه عليه يتم تقريب توزيع الإجهادات إلى أشكال منتظمة وقد اعتمد التقريب المستطيل من قبل الكود والذي اقترح أصلا من قبل العالم (Whitney) على شرط أن يكون مقدار قوة الانضغاط نفسه ولها نفس الموقع كما موضح في الشكل (1-4) .

فلو فرضنا أن عمق منطقة الانضغاط هو (a) فإن :

$$C = \alpha f'_c cb = \gamma f'_c ab \dots \dots \dots (7.4)$$

ولو عبرنا عن (a) كما يلي :

$$a = \beta_1 c \dots \dots \dots (8.4)$$

فإننا يمكن أن نحصل على قيم γ ، β_1 بدلالة α ، β كما يلي :

أ- بما أن موقع المحصلة هو نفسه للحالتين (التوزيع المنحني والمستطيل) فإن :

$$\frac{a}{2} = \beta c \quad \therefore a = 2\beta c$$

من معادلة (8.4) فإن

$$\beta_1 c = 2\beta c$$

$$\beta_1 = 2\beta \dots \dots \dots (9.4)$$

وبالتعويض في المعادلة (7.4) فإن :

$$\alpha f'_c cb = \gamma f'_c \beta_1 cb$$

$$\therefore \gamma = \alpha / \beta_1 \dots \dots \dots (10.4)$$

من المعادلات أعلاه ومن قيم (α, β) يمكن إيجاد قيم (β_1, γ) وهي :

$$\gamma = \alpha / \beta_1 = 0.85 \dots \dots \dots (11.4)$$

وهي ثابتة لا تتغير

$\beta_1 = 0.85$ لقيم $f'_c \leq 30 \text{MPa}$ وتقل القيمة بمقدار (0.05) لكل زيادة (7Mpa) في

مقاومة الخرسانة على أن لا تقل قيمتها عن (0.65) أي أن :

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05(f'_c - 30) / 7 \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85 \dots \dots \dots (12.4)$$

5.4 تصنيف العتبات حسب كمية حديد التسليح

تعتمد نظرية المقاومة على أن الفشل في العتبات يحصل إما بخضوع الحديد أي وصوله إلى إجهاد الخضوع (f_y) ويسمى فشل الشد (Tension failure) أو تهشم الخرسانة قبل وصول الحديد إلى إجهاد الخضوع ويسمى فشل الانضغاط (Compression failure) وقد وجد من التجارب أن تهشم الخرسانة يحدث عند انفعال يتراوح ما بين (0.003) و (0.004) وقد تم اعتماد الانفعال الأقصى ($\epsilon_u = 0.003$) كقيمة محافظة للانفعال عند تهشم الخرسانة من قبل الكود .

أما عند وصول الخرسانة إلى الانفعال الأقصى في نفس الوقت الذي يصل فيه إجهاد الحديد إلى حد الخضوع فيسمى الفشل بالفشل المتوازن (Balanced Failure) .
إن نوع الفشل يعتمد على كمية حديد التسليح عند كون أبعاد المقطع ومقاومة المواد محددة وتصنف المقاطع حسب نسبة الحديد إلى :

1.5.4 العتبات متوازنة التسليح Balanced Reinforced Beams

في هذه العتبات يحدث الفشل بخضوع الحديد ($f_s = f_y$) وتهشم الخرسانة ($\epsilon_c = \epsilon_u$) في آن واحد . ويمكن اشتقاق معادلة لتحديد نسبة الحديد التي تؤدي إلى كون المقطع متوازنا ويطلق عليها نسبة التوازن (ρ_b) وتؤخذ نسبة إلى المقطع الفعال (bd) .
من توازن القوى (شكل 1.4) :

$$T = C$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c ab = 0.85 \beta_1 c f'_c b$$

$$\rho b d f_y = 0.85 \beta_1 f'_c cb \dots \dots \dots (13.4)$$

$$\therefore \rho = \frac{0.85 \beta_1 c f'_c}{f_y d} \dots \dots \dots (14.4)$$

ومن توافق الانفعالات (شكل 1-4) وعند أخذ $(\epsilon_u = 0.003)$ كشرط لازم لتشميم الخرسانة فإن :

$$\frac{c_b}{d} = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y}$$

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \frac{f_y}{E_s}} d \quad E_s = 200000 \text{ MPa} \quad \epsilon_u = 0.003$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} d \quad (15.4)$$

وبالتعويض في معادلة (14-4) فإن نسبة التوازن ρ_b تساوي :

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \quad (16.4)$$

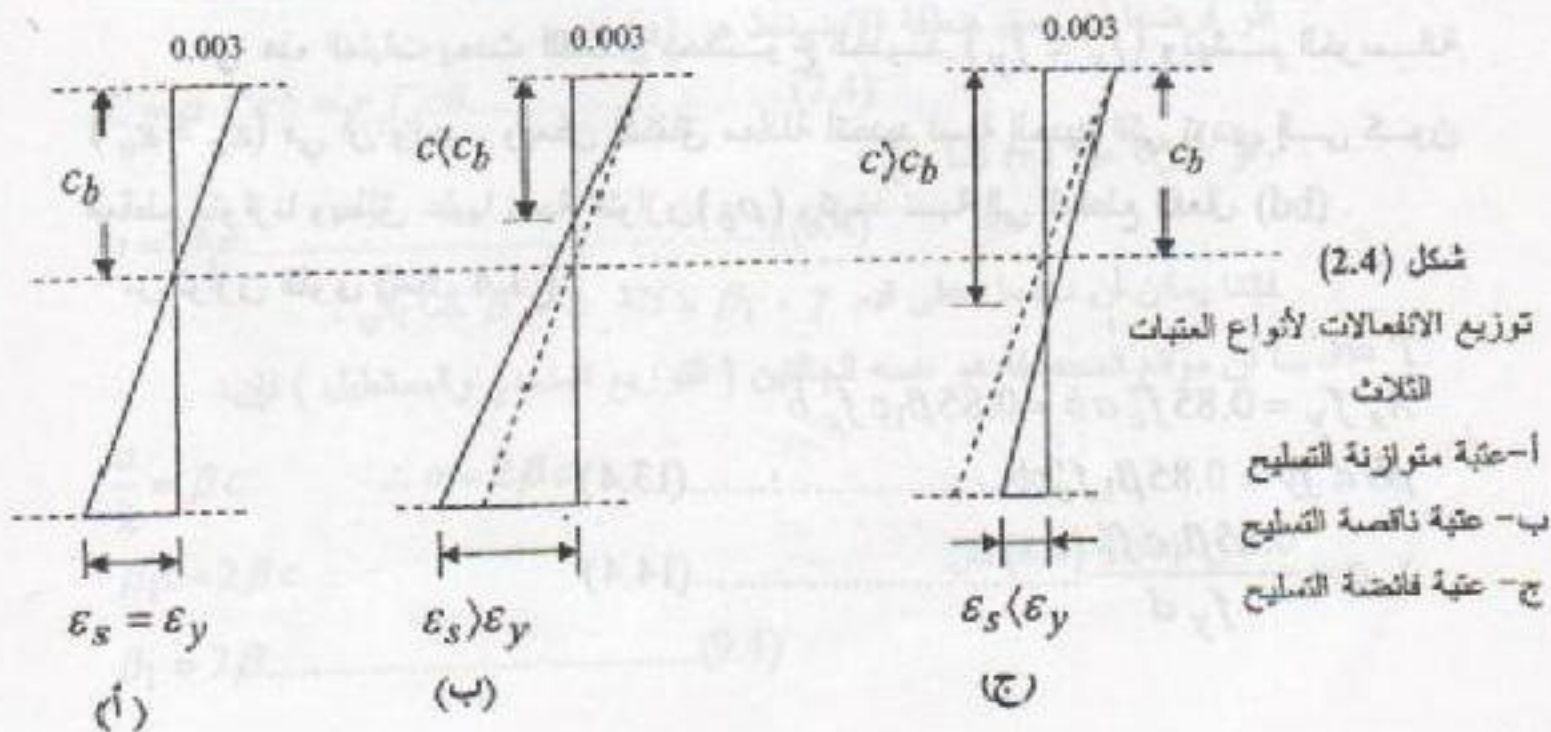
إن توزيع الانفعالات لفشل التوازن موضح في الشكل (1.2.4)

2.5.4 العتبات ناقصة التسليح Under Reinforced Beams

وهي العتبات التي تكون فيها نسبة الحديد أقل من تلك التي تسبب الفشل المتوازن أي أن

$$\rho = \frac{A_s}{bd} < \rho_b \quad \text{وهنا يكون } c < c_b \quad \epsilon_s > \epsilon_y$$

يحدث الفشل عند وصول الحديد إلى (f_y) أولاً حيث يحدث هطول في العتبة يتبعه تحول في موقع محور الحيود وزيادة في انفعالات الخرسانة إلى أن تصل إلى (0.003) فتتهشم ويسمى الفشل في هذه الحالة فشل الشد (Tension Failure). توزيع الانفعالات له موضحة في الشكل (2.4 - ب).



3.5.4 العتبات فائضة التسليح Over Reinforced Beams

وهي العتبات التي تكون فيها نسبة التسليح أكبر من النسبة التي تسبب فشل التوازن أي

$$\rho = \frac{A_s}{bd} > \rho_b \quad \text{وهنا يكون } c > c_b \quad \epsilon_s < \epsilon_y$$

ويحدث الفشل بتهشم الخرسانة أي وصولها إلى انفعالات $(\epsilon_u = 0.003)$ قبل وصول الحديد إلى إجهاد الخضوع (f_y) . ويسمى الفشل فشل الانضغاط (Compression failure).

إن هذا النوع من الفشل يكون فجائياً ويدون تحذير عكس فشل الشد عليه فإن المدونات (codes) لا تسمح بهذا النوع من الفشل وذلك بتصميم العتبة ناقصة التسليح كما سنوضح لاحقاً.

انفعالات هذا النوع من العتبات موضحة على الشكل (2.4 - ج).