1.2 مقدمة عن البلاطات :ـ

1.1.2 التعريف :

♦ هي الجزء الأفقي المستوي السطح من البناء والمعد لفصل طبقاته المتعددة ولحمل شاغليه وأمتعتهم المختلفة من دون أن يكون لمختلف الحمولات أثر في إحداث سهم انحناء محسوسٍ وغير مقبول.

♦ البلاطات عبارة عن عناصر إنشائية مكونة من الخرسانة المسلحة ، ويتم تشكيلها وفقاً للنوع المراد إستخدامه هي احد انواع الاسقف المستخمة في هذا العصر ، فهى تعد من الطرق الحديثة مقارنة بالاسقف الخشبية والاسقف الحديدة التي كانت تستخدم قديما وإلي الآن .

2.1.2 التكوين :

♦ من الممكن تشكيل الخرسانة المسلحة لتعطي شكل اعمده او كمرات او مسطحات افقيه او هيكل انشائي بأي شكل كان و صب الخرسانة المسلحه بـأي شكل ويعتمد ذلك على توفر اشكال قوالب الصب وطريقة حديد التسليح وطـــرق الإنشاء بالموقع . يتطلب تصميم الخرسانة المسلحه حسابات دقيقة للأحمال الحيه والميتــة وحديد التسليح وكمية الإسمنت وسمك مقطع السطح و يتطلب نظام الخرسانة المسلحه الى وصلات انشائيـة مابين قطاعات النـظام وفواصل تمدد حراري لتفادي عـوامل التمدد والانكماش.

♦ تعتبر درجة قوة ومتانة ومقاومة الحريق المطلوبة للهيكل الخرساني من العوامل الأســاسية المحددة لنوعية مكونات الخليط الإسمنتي من حصـــى واسمنت وماء والمواد المضافة للخليط. يمكن تلوين السطح الخارجي للهيكل الإنشــائي بألوان وذلك باستخدام اسمنت ملـون او حصى ملون . من الممكن تشكيل السطح الخارجي للهيكل الإنشائي بأي شكل ويعتمد ذلك على تشكيل قوالب الصــب المستخدمه . كما يمكن اعداد عناصر الهيكل الإنشـائي من اعمده وكمرات وحوائط وأرضيات مسبقة الصب للتمكن من زيادة درجة التحكم في الجوده .

3.1.2 الوظيفة :

♦ تقوم بوظيفة رئيسة هي مقاومة الحمولات الدائمة والإضافية والحية التي تطبّق عليها، والناجمة عن وزنها هي نفسها ووزن التغطيات والأثاث والأوزان المعلقة في السقف عند سطحها السفلي وحركة الشاغلين فوقها. وتقوم الأرضية بنقل الإجهادات الناجمة عن هذه الحمولات إلى العناصر التي ترتكز عليها من جدران وعارضات وأعمدة ودعامات

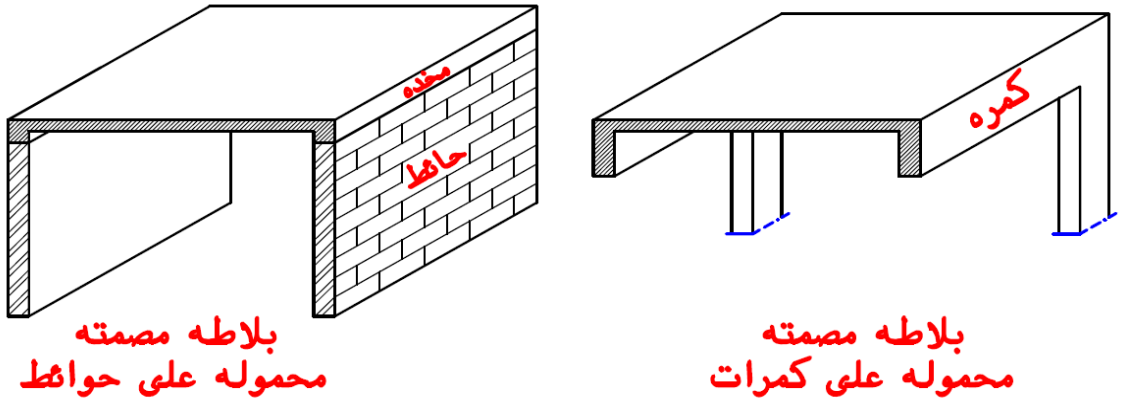
2.2 أنواع البلاطات :ـ

ما يلي سنذكر انواع الاسقف الخرسانية المسلحة (البلاطات) التي تمت تسميتها وفق شروط محددة من قبل جهات مختصة ويتم العمل بها .

1.2.2 البلاطات المصمتة (Solid Slabs)

1.1.2.2 ذات الاتجاه الواحد

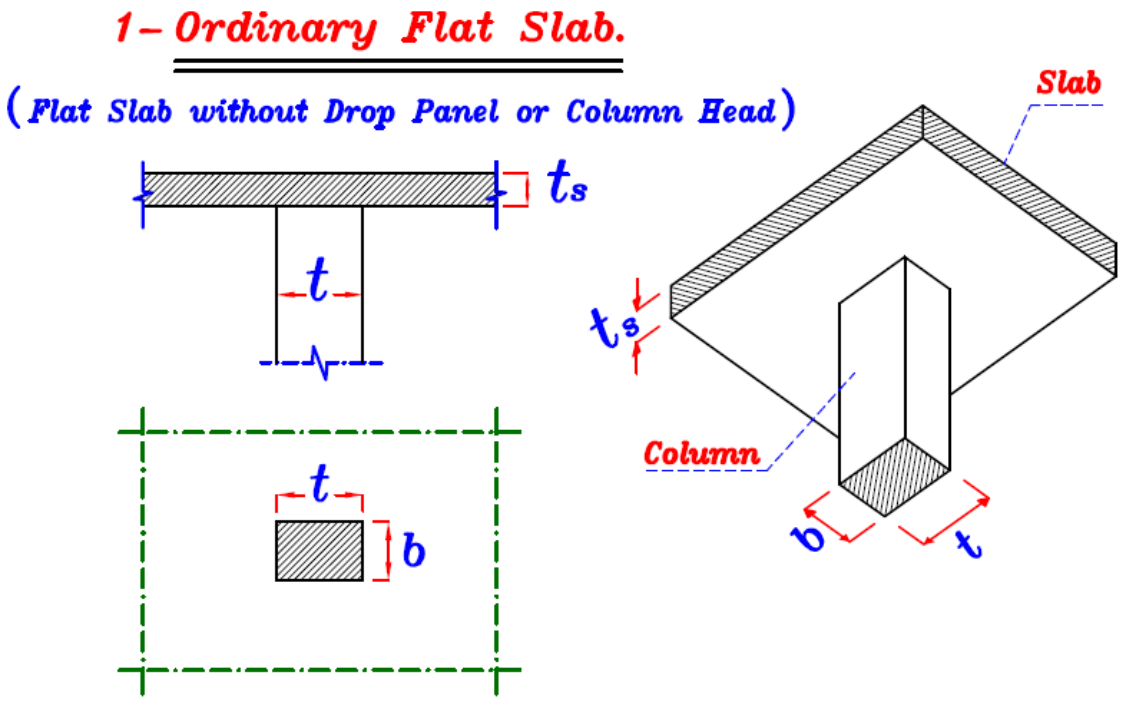
2.1.2.2 ذات الاتجاهين



الشكل (2-1) البلاطات المصمتة

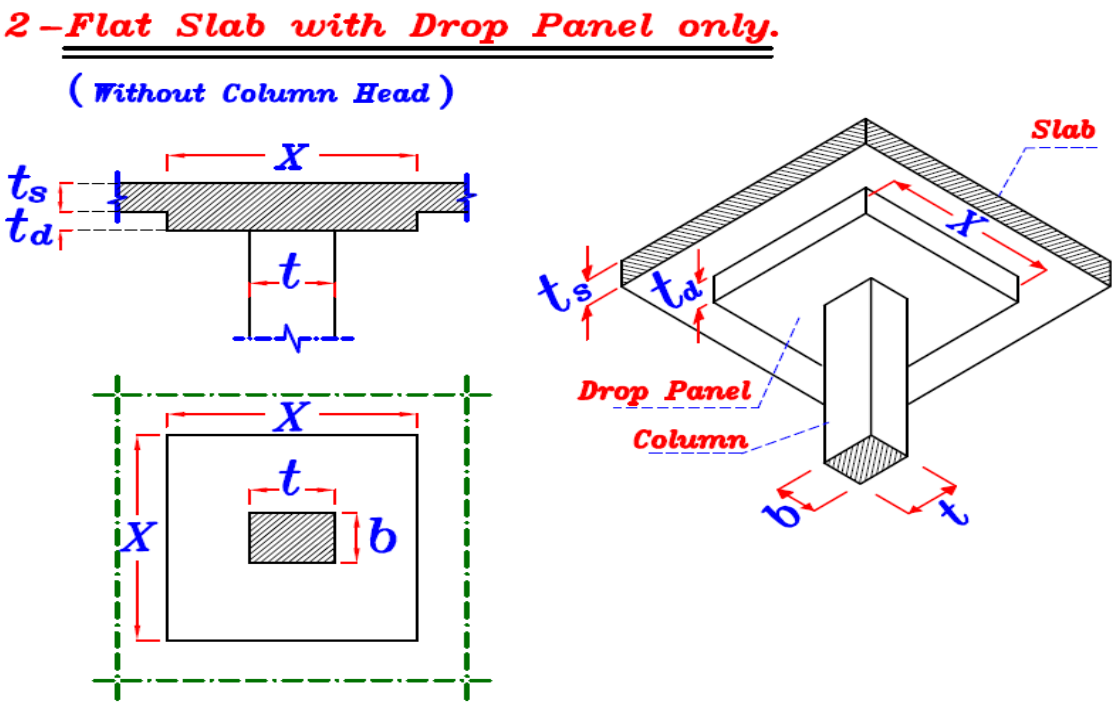
2.2.2 البلاطات المسطحة (Flat Slabs)

1.2.2.2 البلاطات المسطحة العادية (بدون تيجان وسواقط)



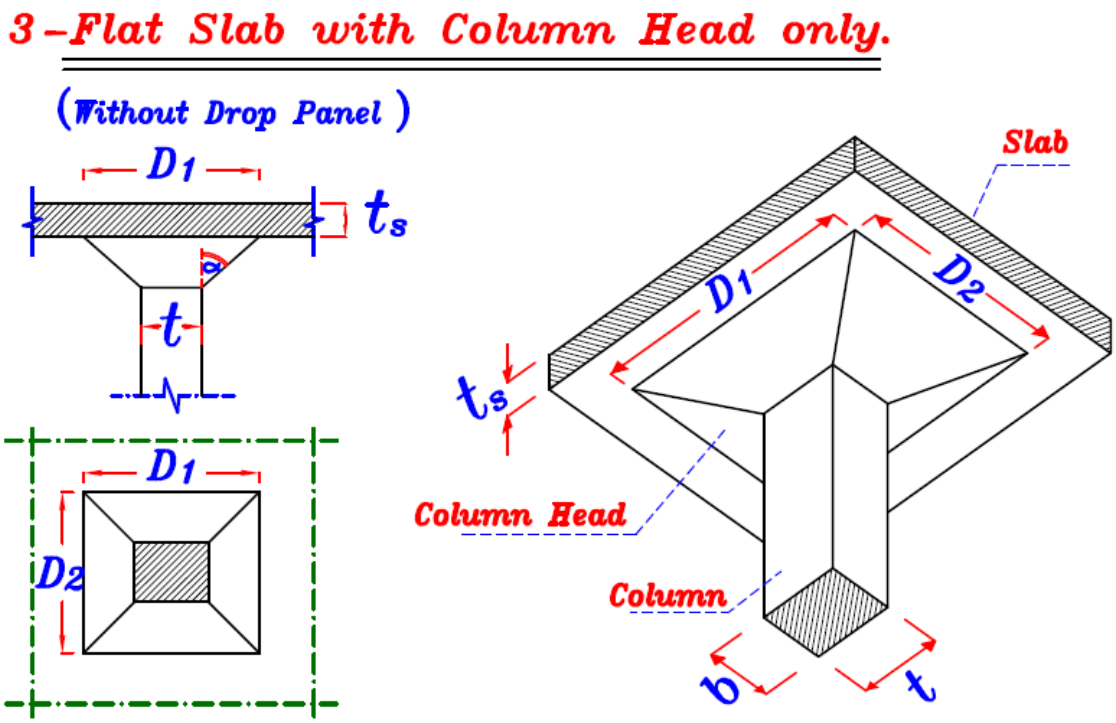
الشكل (2-2) البلاطات المسطحة العادية

2.2.2.2 البلاطات ذات السواقط فقط



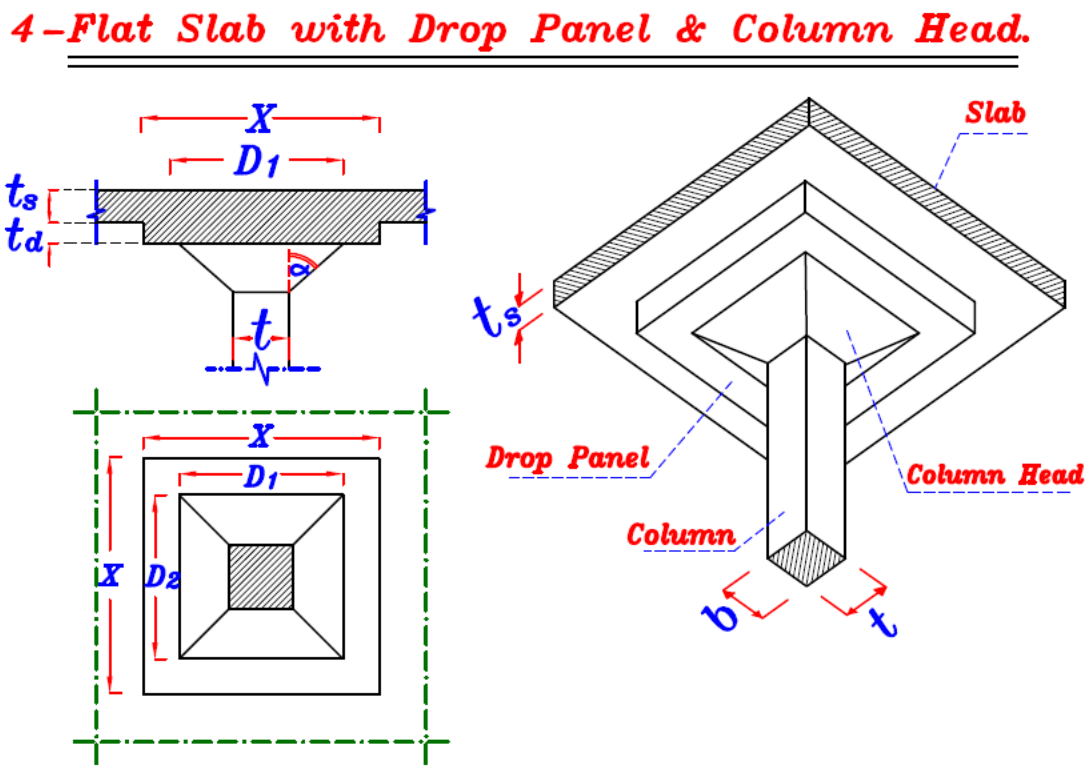
الشكل (2-3) البلاطات المسطحة ذات السواقط فقط

3.2.2.2 البلاطات ذات التيجان فقط



الشكل (2-4) البلاطات المسطحة ذات التيجان فقط

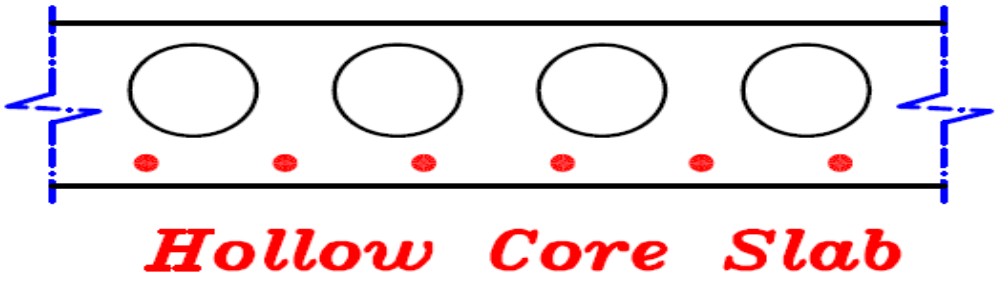
4.2.2.2 البلاطات ذات التيجان والسواقط (معاً)



الشكل (2-5) البلاطات المسحة ذات التيجان والسواقط

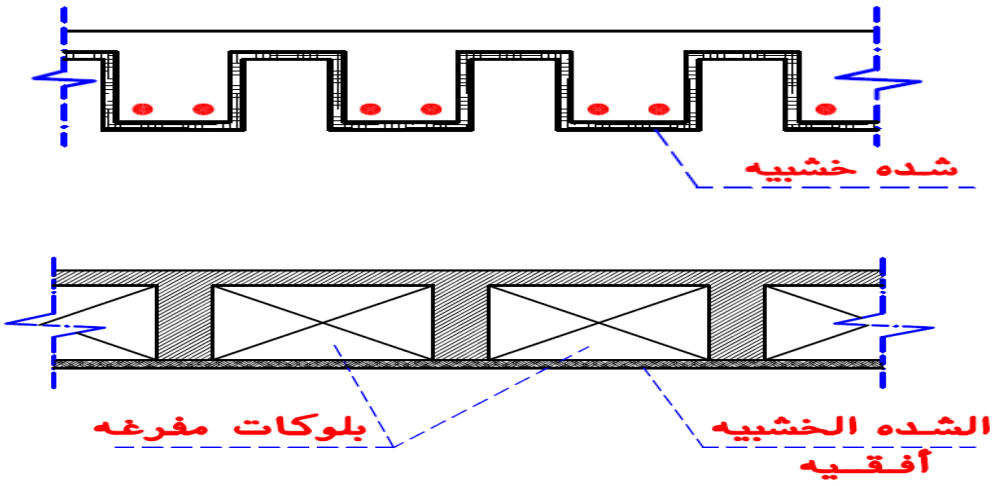
3.2.2 البلاطات ذات القوالب المفرغة (Hollow Block Slabs)

Hollow core slab 1.3.2.2



الشكل (2-6) Hollow core slab

Ribbed slab 2.3.2.2

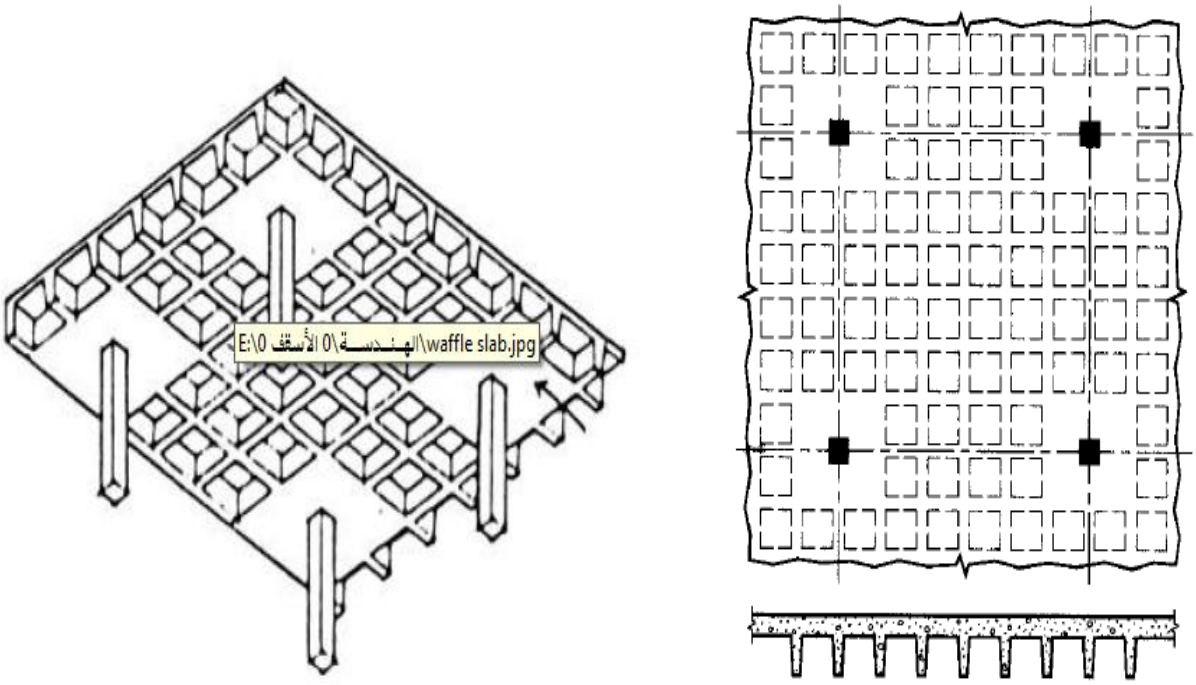


الشكل (2-7) Ribbed slab

4.2.2 البلاطات سابقة الصب والتجهيز (Precast Slabs)

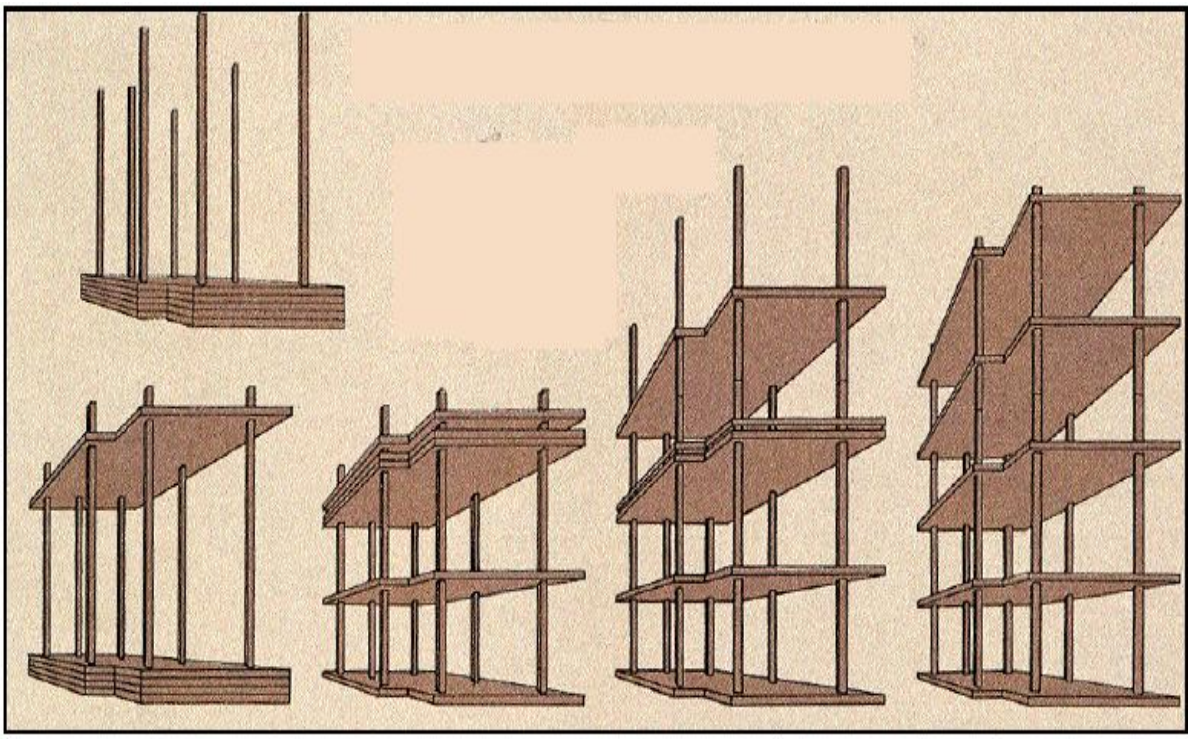
5.2.2 البلاطات سابقة الاجهاد (prestressed Slabs)

6.2.2 البلاطات المضلعة (Waffle Slabs)



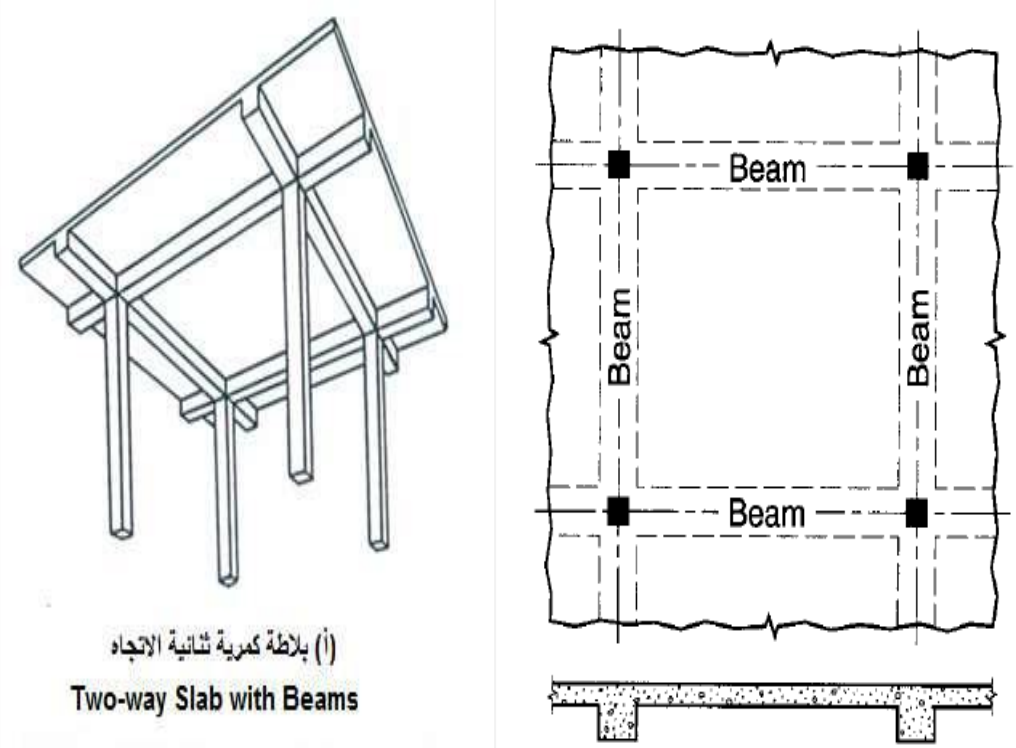
الشكل (2-8) **البلاطات المضلعة**

7.2.2 البلاطات المنشأة بالرفع (Lift Slabs)



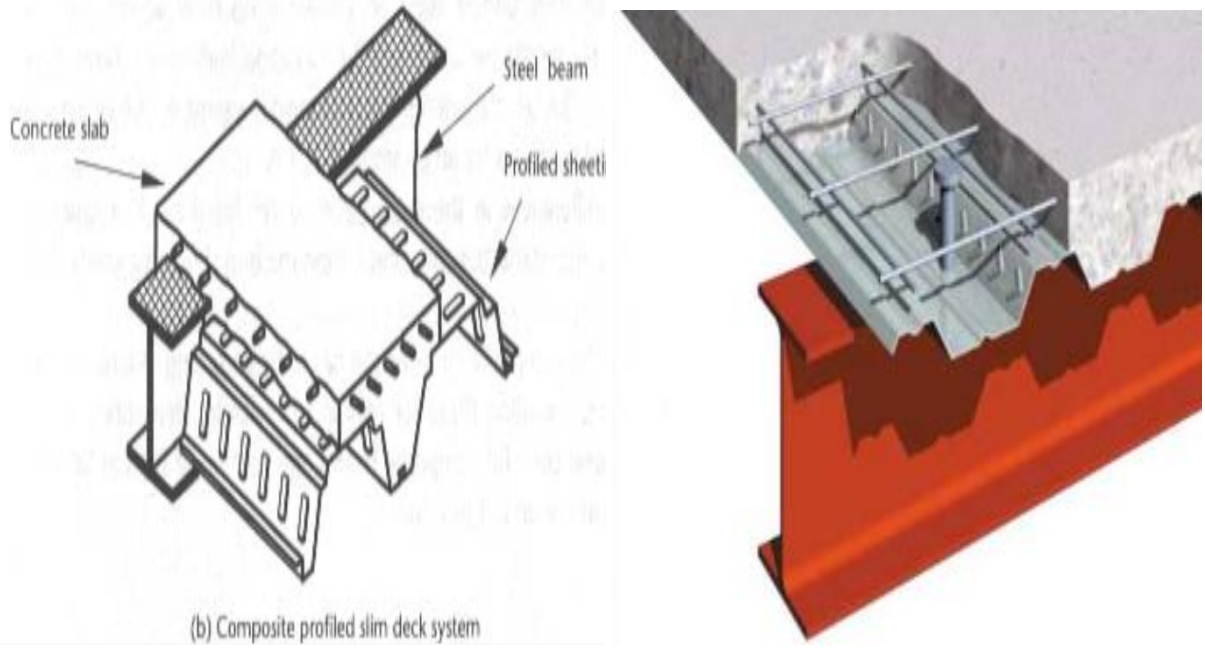
الشكل (2-9) **البلاطات المنشأة بالرفع (Lift Slabs)**

8.2.2 البلاطات الكمرية (Slabs With Beams)



الشكل (2-10) **البلاطات الكمرية (Slabs With Beams)**

9.2.2 البلاطات المركبة (Composite Slabs)



الشكل (2-11) **البلاطات المركبة (Composite Slabs)**

3.2 التشوهات التي تحدث للبلاطات :ـ

1.3.2 التصدع :

1.1.3.2 تعريف :

هو التدهور الذي يحصل في وضع البناء من تشقق أو تكسر أو اهتراء أو تآكل أو انخفاض في المتانة أو أي مظاهر ضعف أخرى تهدد سلامته الإنشائية أو تهدد صلاحيته للاستثمار.

2.1.3.2 ظواهر التصدع في البلاطات :

يمكن تلخيص ظواهر التصدع التي تحدث في البلاطات بالنقاط الاتية :

1) التشققات:

وهي ناتجة عن قوى شد أو ضغط (تشظي) مطبقة على العنصر الإنشائي تفوق قدرته على المقاومة. الشكل (2- a)

الشكل (2- a) : التشققات

2) التآكل:

وهو تفتت يحصل في مادة العنصر الإنشائي نتيجة تفاعلها مع مواد كيميائية موجودة في الوسط المحيط بها وذلك عندما يقل الغطاء الخرساني عن المطلوب . الشكل (2- b)

الشكل (2- b) : التآكل

3) الترخيم :

عبارة عن إنحراف كبير في العناصر الأفقية يجعل استعمالها غير ممكن، وينتج ذلك عن نقص في قساوة هذه العناصر . الشكل (2- c)

الشكل (2- c) : الترخيم

3.1.3.2 اسباب تصدع البلاطات :

1) أسباب ناتجة عن الخطأ في التصميم:

- عدم التقدير السليم للأحمال والقوى.
- وسوء تصميم مقاطع العناصر أو وصلاتها.
- وتفصيلات التصميم الضعيفة.
- عدم معالجة التغيرات الفجائية في المقاطع بصورة سليمة.

2) أسباب ناتجة عن الخطأ في التنفيذ:

- ضعف مقاومة مواد البناء المستعملة.
- سوء تنفيذ الوصلات وعدم تصريف الماء بصورة مناسبة.
- الفك المبكر لدعامات القالب .
- هز الخرسانة بعد بداية تصلبها.

3) أسباب ناتجة عن خطأ في الاستثمار:

- تعريض البناء لأحمال تفوق الأحمال المصمم عليها كثيراً
- تعريض البناء لمواد كيمياوية تتفاعل مع المواد المستعملة في البناء.
- إجراء تعديلات غير مدروسة في البناء.
- عدم تنفيذ صيانة دورية للبلاطات.
- ترك التسربات في التمديدات المائية من غير معالجة.

- أسباب ناتجة عن تأثير مرور الزمن على مواد البناء المجهدة .

4) أسباب غير بشرية (ناتجة عن فعل الطبيعة):

- كالأعاصير والزلازل والفيضانات وغيرها.

4.1.3.2 طريقة كشف أسباب التصدع :

- تعد هذه الخطوة عملياً أهم خطوة، إذ إنه من غير الممكن عملياً تقدير مدى الحاجة للصيانة ، إلا إذا عرف سبب أو أسباب التصدع .
- قد تكون المعطيات غير كافية لتحديد السبب، لذا توضع جميع الأسباب التي تؤدي عادة إلى التصدعات ثم تحذف الأسباب غير المحتملة واحداً إثر واحد، إلى أن يبقى عدد محدود من الأسباب يؤخذ بالحسبان

لا توجد قواعد محددة يمكن اتباعها لكشف سبب التصدع ولكن يمكن للمهندس الذي يقوم بالتشخيص اتباع الخطوات الآتية:

- فحص البناء ودراسته جيداً، ومقارنته مع الأبنية المجاورة ومع الأبنية المشابهة بأمكنة أخرى .
- الاستفسار من العناصر الفنية التي قامت بالدراسة أو بالإنشاء عن أسباب محتملة للتصدع .
- تحليل الأمور غير العادية والتفكير فيها على نحو علمي .

5.1.3.2 طريقة مراقبة تطور تصدعات البلاطات :

1) تحديد جميع التصدعات على مخططات خاصة مع تسجيل تاريخ التحديد

2) تسجيل طول الشق وثخانته واتجاهه ومكانه،أما على الموقع فتحدد نهايتا الشق بإشارة X ويعطى رقم لكل شق.

3) مراقبة التصدع :

- تراقب الشقوق بوضع طبقة من الجبص والكشف عليها مرة عدة أيام أو عدة أسابيع حسب سرعة تطور ظهور الشقوق واتساعها
- تراقب ظاهرة الترخيم الكبير والميلان بالقياس وبالرصد المساحي.

4.2 الانحراف (Deflection) :-

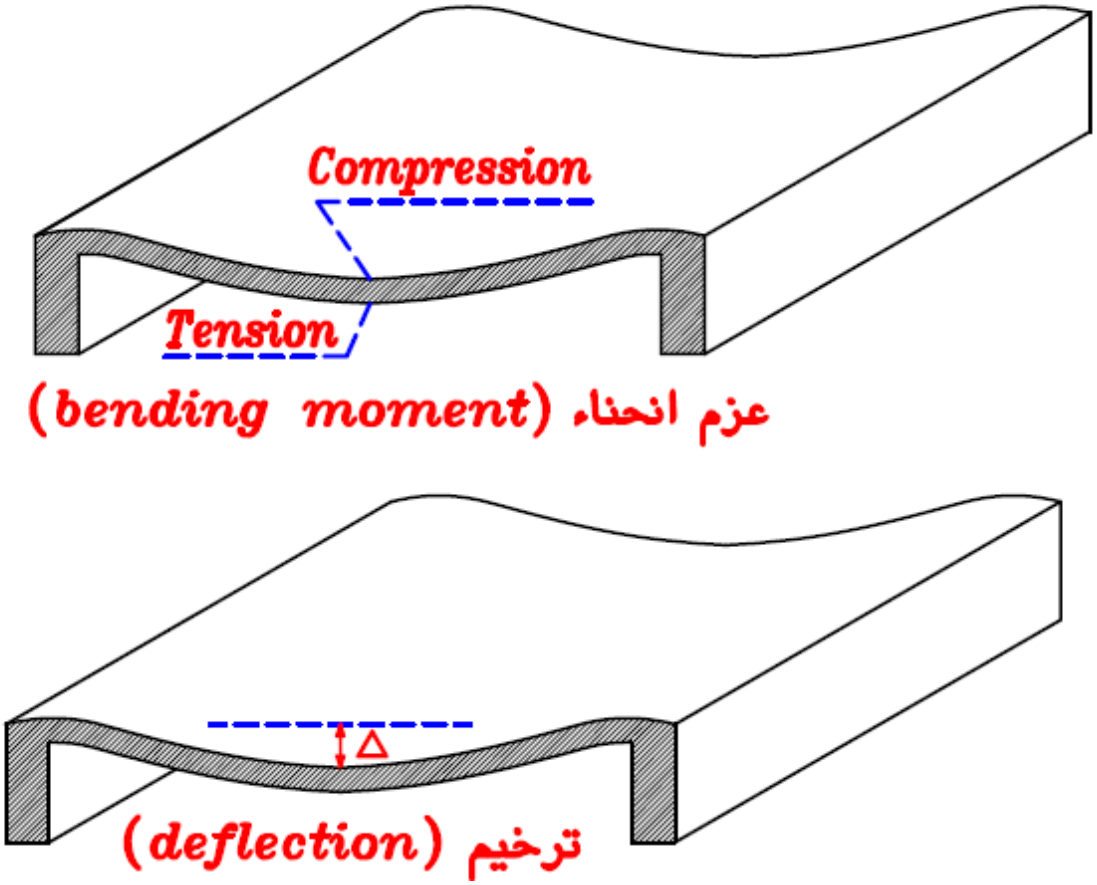
1.4.2 مقدمة :

♦ سوف نتطرق في هذا البحث التكميلي عن ظاهرة معينة من ظواهر التصدع التي تحدث للبلاطات ويتم تفصيل وتوضيح هذه الظاهرة على البلاطات المسطحة (Flat Slab) ، وتعرف ايضا بالترخيم .

♦ يحدث الانحراف في عناصر الانحناء و يجب ان تكون العناصر المعرضة لعزوم انحناء ذات صلابة كافية لمنع حدوث انحرافات ضارة تؤثر على مقاومة هذه العناصر او على صلاحيتها للاستثمار .

♦ عند التصميم بطريقة بطريقة الحد الاقصى فإن الخرسانة والفولاذ يعملان في مرحلة اللدونة ، ومع استخدام خرسانة وفولاذ بمقاومات عالية تصبح المقاطع العرضية اصغر وبالتالي يتزايد اثر الانحرافات ، واذا وصل المنشأ او العنصر الانشائي الي الوضعية الحدية ، حيث يتجاوز فيه الانحراف قيماً معينة يحدده الكود ، يخرج بعدها عن العمل ويصبح غير قابلاً للاستثمار ، لذلك لابد من التحقق من الانحراف . وبشكل عام أي عنصر يصمم ضمن الحدود الاقتصادية سيكون الانحراف فيه محققاً ، كما يؤثر الانحراف على العناصر الانشائية من ابواب وشبابيك وجدران وسقوف وأسطح ، ففي السقوف النهائية إذا لم يؤخذ بعين الاعتبار موضوع الانحراف سواء في العتب او في البلاطات ، يمكن أن تنشأ تقعرات في هذه البلاطات تتجمع فيها المياه فتؤدي للرشح إضافة لنشوء إجهادات إضافية غير محسوبة ، كذلك تؤثر على عمل العناصر الانشائية (إذا كانت كبيرة) على المدى الطويل والذي يؤدي إلي ظهور الانحراف ثم رجوعه ، اي التناوب ، الأمر الذي يضعف الخرسانة ، إضافة الي ظهور التشققات التي تترافق مع الانحراف وبالتالي ممكن أن تتسبب في صدأ فولاذ التسليح .

توضيح ميكانيكية حدوث الانحراف في البلاطات : الشكل (2-12)



الشكل (2-12) آلية حدوث الترخيم (الانحراف)

2.4.2 تحقيق الانحراف :

♦ بشكل عام يجب حساب الانحراف ومقارنته مع الانحراف المسموح به في الكود ، لكن في الحالات العادية يكون الانحراف في العتب أو في البلاطات مقبولاً إذا كانت نسبة الكمرة إلي الارتفاع الفعال أي (Span / effective depth) لاتزيد عن النسب المعطاه في الجدول (2-1) مع ضربها بالتعديلات من الجدولين (2-2) و (2-3)

♦إن نسبة الكمرة إلي الارتفاع الفعال للمقاطع المستطيلة أو المقاطع بشكل T أو L المعطاه في الجدول (2-1) تم تحديدها بحيث لايزيد الانحراف الكلي عن (span/250) والانحرف الجزئي الحاصل بعد تشييد القواطع وإنهاء التشطيبات (الإكمالات) لايزيد عن (span/350) أو 20mm أيهما اقل وذالك من اجل كمرا ت حتي 10m ولأجل قيم لـ [$(b_w/b) > 0.3$] يتم أخذ القيمة بشكل خطي بين القيم المعطاه في الجدول (2-1) للمقطع Tو L أما من اجل كمرات أكبرمن (10m) فيمكن إستخدام الجدول (2-1) فقط إذا كان ليس من الضروري تحقيق الإنحراف بعد تشييد القواطع والتشطيبات .

وعند ضرورة تحقيق الانحراف بعد تشييد القواطع والتشطيبات فإن القيم في الجدول (2-1) يجب ضربها بالنسبة (10/span) ماعدا الكابولي الذي يجب أن يتم تحقيقه بحساب الإنحراف .

يستخدم كل من الجدوليين (2-1) و(3-1) لتعديل عامل تسليح الشد أو الضغط .

جدول (2-1) نسبة الكمرة إلي الارتفاع الفعال لمقطع مستطيل أو مقطع بشكل (T)

(Basic span / effective depth ratio)

(Clause of 3.4.6.3, BS 8110, Part 1, 1997)

ظروف الاستناد	مقاطع بشكل مستطيل	مقاطع T أو L حيث بشكل
كابولي (Cantilever)	7	5.6
استناد بسيط (Simply Supported)	20	16.0
مستمر (Continuous)	26	20.8
B ← عرض فعال للمقطع T أو L أي (b_f) b_w ← عرض وسطي للجسد في حالة مقطع T أو L.		

جدول (2-2) : تعديل العامل لأجل تسليح الشد

(Modification factor for tension reinforcement)

(Clause of 3.4.6.6, BS 8110, Part 1, 1997)

Service stress (Fs)		**M/ (bd^2)**								
		0.50	0.75	1.00	1.5	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
(Fy=250 N/mm^2	100	2.00	2.00	2.00	1.86	1.63	1.36	1.19	1.08	1.01
	150	2.00	2.00	1.98	1.69	1.49	1.25	1.11	1.01	0.94
	167	2.00	2.00	1.91	1.63	1.44	1.21	1.08	0.99	0.92
(Fy=460 N/mm^2	200	2.00	1.95	1.76	1.51	1.35	1.14	1.02	0.94	0.88
	250	1.90	1.70	1.55	1.34	1.20	1.04	0.94	0.87	0.82
	300	1.60	1.44	1.33	1.16	1.06	0.93	0.85	0.80	0.76
	307	1.56	1.41	1.30	1.14	1.04	0.91	0.84	0.79	0.76

M ← العزم التصميمي الاقصى في وسط الكمرة (أو عند المسند في حالة كابولي).

b ← عرض المقطع المستطيل أو (عرض فعال للمقطع T أو L أي bf).

d ← ارتفاع فعال للمقطع العرضي.

Fs ← إجهاد التشغيل التصميمي التقديري لتسليح الشد.

ويمكن ايضا حساب (Fs) من العلاقة :

$$f_s=[2f_yA_{s,req} / (3A_{s,prov})]*(1/\beta_b)$$

β_b ← النسبة بين العزوم بعد إعادة توزيع العزوم إلي العزوم قبل إعادة توزيع العزوم .

$A_{s,req}$ ← مساحة مقطع تسليح الشد اللازم (المطلوب) في وسط الكمرة ليقاوم العزم الناتج عن الحمولات التصميمية القصوى (أو في المسند في كابولي).

$A_{s,prov}$ ← مساحة مقطع تسليح الشد المستخدم في وسط الكمرة (أو في المسند في حالة كابولي).

جدول (2-3) تعديل العامل لاجل تسليح الضغط

(Modification factor for compression reinforcement)

(Clause of 3.4.6.7, BS 8110, Part 1, 1997)

1	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	
العامل (factor)	1.20	1.25	1.33	1.40	1.45	1.50
1		0.00	0.15	0.25	0.35	0.50
العامل (factor)		1.00	1.05	1.08	1.10	1.14

$A_{s,prov}$ ← مساحة مقطع تسليح الظغط المستخدم .

b ← عرض المقطع المستطيل أو (عرض فعال للمقطع T أو L أي bf).

d ← ارتفاع فعال للمقطع العرضي .

♦ اما من اجل حساب الانحرافات فيمكن اعتماد النظريات الأساسية في ميكانيكا المواد وحساب الإنشاءات وبشكل عام يعطي الانحراف بالعلاقة الأتية :

$$\delta = \beta \cdot L^2 \cdot \frac{M}{EI}$$

حيث :

δ ← الانحراف الاعظم .

M ← العزم في موقع الانحراف وفق وضعية التحميل المرافقة للانحراف المحسوب (العزم في المسند في حالة كابولي).

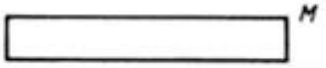
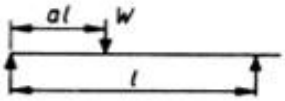
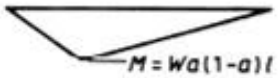
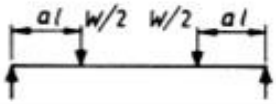
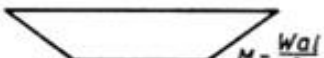
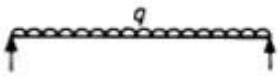
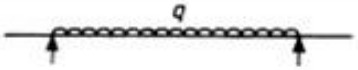
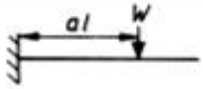
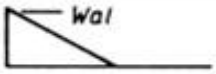
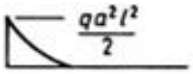
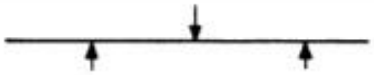
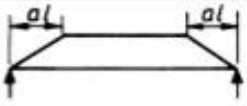
L ← طول البحر.

E ← عامل مرونة المادة.

I ← عزم القصور الذاتي للمقطع.

β ← عامل يتعلق بطبيعة الاستناد وبشكل التحميل المطبق ، ويمكن اخذه من الجدول (2-4) لبعض الحالات الخاصة .

جدول (2-4) العامل β حسب طبيعة الاستناد وشكل التحميل

Loading	Bending moment diagram	B
		0.125
		$\frac{3-4a^2}{48(1-a)}$ if $a=\frac{1}{2}$ $K=\frac{1}{12}$
		0.0625
		$0.125-\frac{a^2}{6}$
		0.104
		0.102
		$B=0.104\left(1-\frac{K}{10}\right)$ $K=\frac{M_A+M_B}{M_C}$
		end deflection $=\frac{a(3-a)}{6}$ load at end $K=0.333$
		$\frac{a(4-a)}{12}$ if $a=l$ $K=0.25$
		$B=0.083\left(1-\frac{K}{4}\right)$ $K=\frac{M_A+M_B}{M_C}$
		$\frac{1}{80}\frac{(5-4a^2)^2}{3-4a^2}$

♦ وفي البحور المستمرة ثابتة المقطع على طول البحر يمكن حساب الانحراف في وسط الكمرة من العلاقة الاتية :

$$\delta = \frac{5 \times L^2}{48 \times EI} [\ M_1 - \frac{1}{10}(M_L + M_r)]$$

حيث :

M_1 ← العزم الموجب في منتصف البحر .

M_L , M_r ← العزوم السالبة عند المساند (مسند يساري ومسند يميني) .وتؤخذ بالقيمة المطلقة .

5.2 الانكماش والتشقق والزحف في البلاطات وتاثيره على الانحراف :

1.5.2 الانكماش :

الانكماش هو خاصية من خواص الخرسانة التى تتصلد فى الهواء. ولايسبب الإنكماش مشاكل إلا إذا كان هناك قيداً على الحركة حيث يسبب إجهادات شد داخل الخرسانة مما يؤدى إلى تشرخها ويمكن التقليل من الآثار الضارة للإنكماش عن طريق :

أ - المعالجة الصحيحة والمبكرة للخرسانة Effective Curing

ب- عمل وصلات حركة Movement Joints

ج- وضع أسياخ تسليح لمقاومة الإنكماش Shrinkage Reinforcements

1.1.5.2اسباب حدوث الانكماش :

يحدث الانكماش فى الخرسانة نتيجة :

أ- هبوط الأجزاء الصلبة فى الخلطة وفقد الماء الحر من الخرسانة الطازجة مما يسبب ما يعرف بإسم الإنكماش اللدن.

ب- الإتحاد الكيميائى بين الأسمنت والماء يؤدى إلى حدوث الإنكماش الذاتى.

ج - جفاف الخرسانة نتيجة فقد الماء يسبب حدوث إنكماش الجفاف.

2.1.5.2 انواع الانكماش :

يوجد ثلاثة أنواع من الإنكماش هى :

أ- الانكماش اللدن Plastic Shrinkage

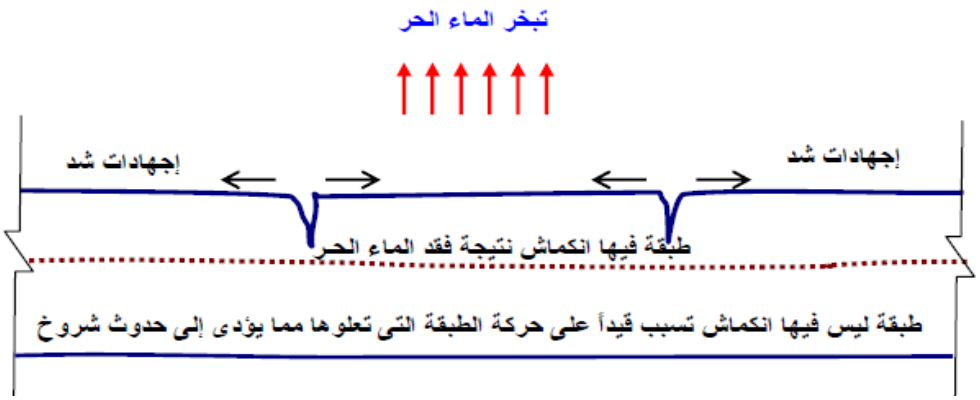
ب- الإنكماش الذاتى Autogenous Shrinkage

ج- الإنكماش بالجفاف Drying Shrinkage

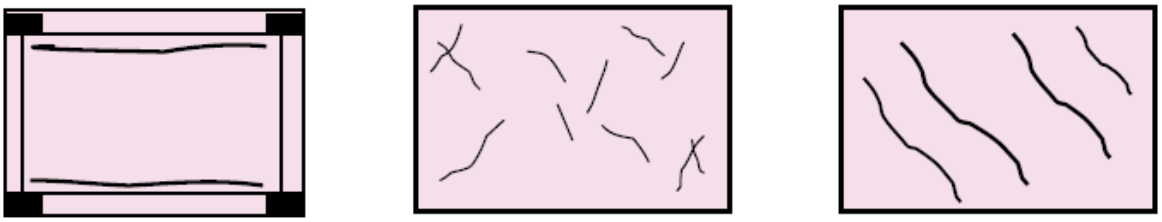
اولا: الانكماش اللدن: Plastic shrinkage

يحدث الانكماش اللدن قبل تصلد الخرسانة خلال بضعة ساعات من صب الخرسانة وسببه هو فقد الماء الحر من الخلطة وهبوط الأجزاء الصلبة (الركام) إلى أسفل مما يؤدى إلى صعود الماء إلى أعلى وتبخره. فعندما يكون معدل تبخر الماء من سطح الخرسانة أسرع من معدل الإدماء (نزوح الماء إلى سطح الخرسانة) يحدث الإنكماش اللدن شكل (2-13).ولذلك فان في الانكماش اللدن يُلاحظ اكثر فى البلاطات والأعضاء ذات المساحه السطحية الكبيرة المعرضة للجو الحار أو الرياح. ويؤدى هذا النوع من الإنكماش

إلى حدوث شروخ سطحية بالخرسانة. ويمكن منع شروخ الإنكماش اللدن بتقليل الفاقد من الماء السطحى عن طريق المعالجة المبكرة والفعالة وتشرخ الخرسانة اللدنة عادة يأخذ إحدى صور ثلاث كما فى الشكل(2-14) :



الشكل (2-13) ميكانيكية حدوث الانكماش



شروخ قطرية مائلة بالنسبة لحروف البلاطة وتكون المسافة بين هذه الشروخ من ٢٠ إلى ٢٠٠ سم.

شروخ موزعة توزيعاً غير منتظم ولا تصل إلى الحروف الحرة للبلاطة.

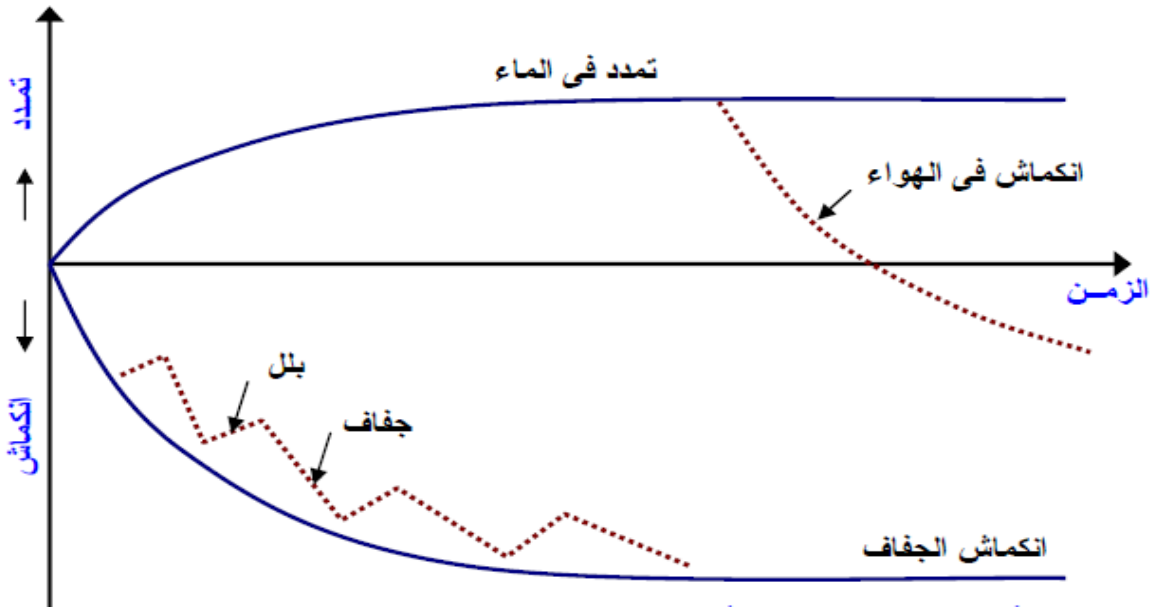
شروخ تتبع شكل توزيع حديد لتسليح أو التغير فى عمق القطاع الخرسانى.

الشكل (2-14) شروخ سطحية بالخرسانة نتيجة الانكماش

ثانيا: الانكماش الذاتي: (Autogenous shrinkage)

عندما تبدأ عملية الإماهة Hydration بين الأسمنت والماء يحدث نقص فى حجم المونة لأن المونة المتصلدة حجمها أقل من مجموع حجمى الماء والأسمنت فى الخلطة مما يؤدى إلى

إنكماش الخرسانة الداخلية وهو ما يعرف بالإنكماش الذاتى لأنه يحدث ذاتياً نتيجة الإتحاد الكيميائى بين الأسمنت والماء. أما إذا تمت معالجة الخرسانة تحت الماء فإن الماء الداخل فى التفاعل يتم إستعاضته من الماء الخارجى وتمتص العجينة الأسمنتية ماءً زائداً مما يؤدى إلى زيادة طفيفة فى حجم الخرسانة وليس إنكماشاً كما فى شكل(2-15) أما الخرسانة التى تعالج فى الهواء أو تترك بدون معالجة فلايتم إستعاضة الماء الداخل فى التفاعل ولكن على العكس يحسب الماء من العجينة المتصلدة ويحدث إنكماشا إضافيا هو إنكماش الجفاف .



الشكل (2-15) الانكماش الذاتي

والإنكماش الذاتى يتأثر بعدة عوامل منها : التركيب الكيميائى للأسمنت - كمية الماء فى الخلطة – ودرجة الحرارة وقد تصل قيمة الانكماش الذاتي الي 0.1 لكل متر ويحدث 75% منه في الشهور التلاته الاولي من عمر الخرسانة .

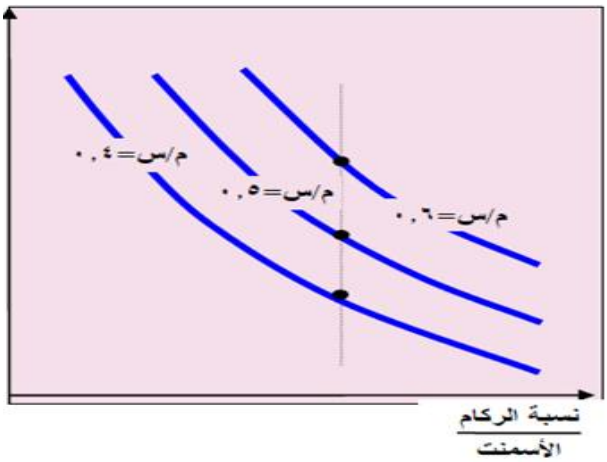
ثالثا: إنكماش الجفاف: (Drying shrinkage)

عندما تتعرض الخرسانة المتصلدة - المعالجة فى الماء - للجفاف فإنها تفقد أولاً الماء الموجود فى الفجوات والشقوق الشعرية الداخلية ولا تبدأ فى الإنكماش إلا إذا إستمر الجفاف بحيث تفقد الماء الموجود بالعجينة المتصلدة ذاتها وهو ما يعرف بالإنكماش نتيجة الجفاف وقد تصل قيمة هذا الإنكماش إلى 1500 * 10 ^-6 ومن أهم وظائف الركام فى الخلطة تقليل إنكماش مونة الأسمنت. والإنكماش بالجفاف يبدأ بمعدلات عالية ويستمر لمدة طويلة ولكن بمعدل يتناقص بإستمرار. ويمكن إفتراض أن نصف الانكماش الكلى نتيجة الجفاف يحدث فى السنة الأولى .

3.1.5.2 العوامل التي تؤثر علي انكماش الجفاف :

1- مكونات الخلطة :

إن الإنكماش يتناسب طردياً مع كمية الماء بالخلطة ويتناسب عكسياً مع كمية الركام بها كما بالشكل



الشكل (2-16) تأثير الماء والركام على الانكماش

الماء : يحدث الإنكماش نتيجة فقد الماء إلى الجو المحيط. فكلما كان هناك ماء أكثر متاح للتبخر كلما زادت إمكانية الإنكماش أثناء الجفاف

الأسمنت : أهمية الأسمنت بالنسبة للإنكماش ترجع فقط إلى أن كميته ونعومته تؤثر على كمية الماء فى الخلطة

الركام : كلما زادت آمية الركام كلما زاد تأثير الركام على تقليل الإنكماش لمونة الأسمنت. كذلكفإن إستعمال الركام ذى مساحة سطحية أقل ما يمكن يساعد على تقليل محتوى الماء فى الخلطة وبالتالى يعمل على تقليل الإنكماش.

2- معالجة الخرسانة :

تعمل معالجة الخرسانة على تقليل الفاقد الحرارى وبالتالى تقليل فروق الحرارة فى الأعضاء الضخمة كما أنها فى نفس الوقت تقلل الفاقد من ماء الخرسانة وبالتالى تبطئ من معدل الإنكماش فى فترة المعالجة مما يقلل من إحتمالات التشرخ.

3- حجم وشكل العضو الخرساني :

حيث أن الجفاف (فقد الرطوبة) يكون من سطح العينة فإن ذلك يعنى أنه كلما زادت المساحة السطحية لكل وحدة كتلة كلما زاد معدل إنكماش العضو. فالعضو الضخم السميك يستطيع الإحتفاظ بكمية من الماء أكبر من تلك التى تستطيع بلاطة رفيعة الإحتفاظ بها. وبالتالى يكون تأثير الإنكماش كبيراً وخطيراً فى حالة البلاطات وخاصة الرقيقة منها. ويمكن التعبير عن حجم العضو الخرساني ومساحته السطحية بما يسمي Bبالبعد الاعتباري للقطاع الذي الذي يقدر كما يلي :

$$B = 2Ac / Pc$$

حيث :

B = البعد الاعتباري للقطاع (مم)

Ac= مساحة المقطع الخرساني (مم)

Pc = محيط المقطع الخرساني المعرض للجفاف (مم)

جدول (2-5) يوضح بعض القيم الإسترشادية لإنفعال إنكماش الجفاف وذلك فى حدود درجة رطوبة نسبيه (40 و85)%

حـــالة الجـــو	جو جاف (الرطوبة حوالى ٥٥%)			جو رطب (الرطوبة حوالى ٧٥%)		
العمر المعتبر عنده الإنكماش	البعد الإعتبارى للقطاع B - مم			البعد الإعتبارى للقطاع B - مم		
	B ≥ 600	600>B>200	B ≤ 200	B ≥ 600	600>B>200	B ≤ 200
٣ - ٧ أيام	٠,٣١	٠,٣٨	٠,٤٣	٠,٢١	٠,٢٣	٠,٢٦
٧ - ٦٠ يوم	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٣
أكثر من ٦٠ يوم	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,١٩	٠,٢٠	٠,١٩	٠,١٦

4- درجة الحرارة والرطوبة :

كلما قلت نسبة الرطوبة آلما زاد معدل وآمية الفاقد من الماء إلى سطح الخرسانة مما يؤدى إلى زيادة الإنكماش ونفس التأثير يحدث عند زيادة درجة حرارة الجو.

5- التسليح :

تنكمش الخرسانة المسلحة بدرجة أقل من إنكماش الخرسانة العادية نظراً لأن صلب التسليح يسبب قيداً على الحرارة. وعلى ذلك فوظيفة أسياخ الإنكماش ليست فقط مقاومة إجهادات الشد الناتجة من الإنكماش وإنما تقليل الإنكماش نفسه كذلك.

2.5.2 التشقق :- cracking

بينما خرسانة لها بعض القدرة لحمل إجهاد الشدّ، مقاومة الثني للشدّ تقريبا 10/1 من قدرة الضغط. عندما حمل الثني يسبّب إجهاد الشدّ المطبق لتجاوز إجهاد التشقق، الإجهاد مخفض في ذلك الموقع

وإعادة التوزيع للإجهاد يحدث مع الزيادة الناتجة في تقوس المقطع العرضي . بينما الحمل يزيد، عدد الشقوق عموما أيضا تزداد . في حسابات المقطع العرضي، في مواقع الشقّ، الخرسانة تفترض لعدم تحمل أي شد . في المناطق بين الشقوق، يحوّل حديد تسليح الشد المقيد الشد الناتج إلى الخرسانة . هذا السلوك عادة يسمى باسم تصلّب الشد . في العضو المتشقق جزئيا، التقوس المتوسط على المنطقة الممتدة بين الردّ غير المتصدّع والمتصدّع . إحدى نماذج تصلّب الشد الأصلية تم تطويرها من قبل برانسن (4) . على أية حال، بسبب الإدراك الذي نموذج برانسن يزيد في تقدير الجساءة في الأعضاء ذات نسب تسليح المنخفضة ، نماذج أخرى منذ ذلك الحين قد طوّرت لتوقّع الإنحرافات بشكل أفضل في الأعضاء ذات نسب تسليح المنخفضة مثل البلاطات. مثل هذا النموذج واحد مقدّم في Euro code 2-2004 : (5)

$$\alpha = \zeta\alpha_{11} + (1-\zeta)\alpha_1$$

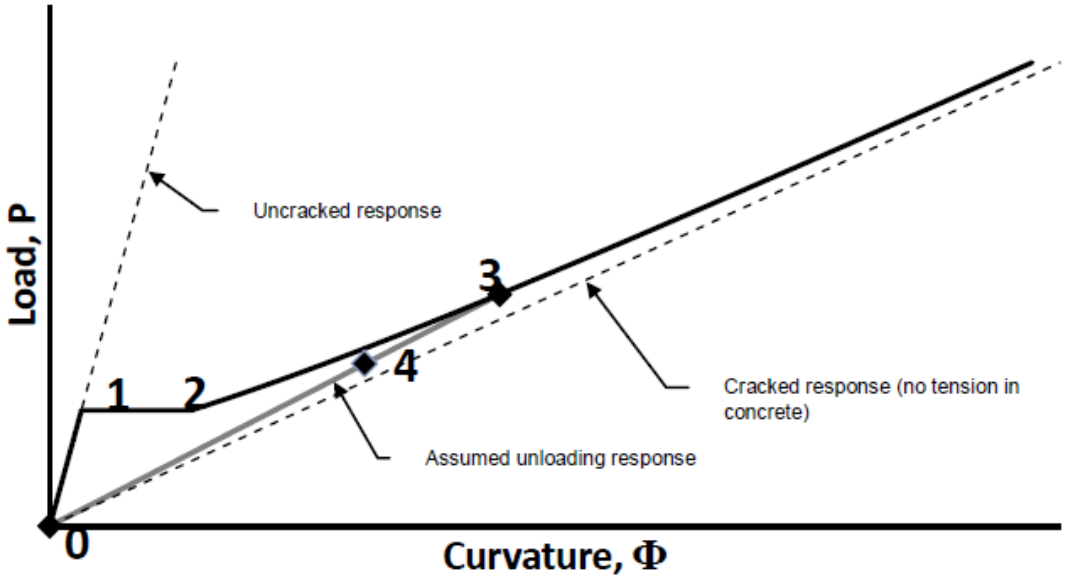
حيث أنّ α التقوس المتوسط , α_1 التقوس غير المتصدّع، و α_{11} التقوس المتصدّع بالكامل و ζ معامل التوزيع :

$$\zeta = 1 - \beta\left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2$$

وقيمة β مأخوذه 1.0 للأحمال اللحظية و0.5 للأحمال الثابتة , σ_s الإجهاد في تسليح الشد في المقطع المتصدّع، و σ_{sr} الإجهاد في تسليح الشد تحت شروط التحميل الذي يسبّب التصدّع الاولي .

هذا النموذج أوضح إرتباطا جيدا بنتائج الإختبار لمدى واسع من نسب التسليح . هناك أيضا العامل لتفسير نوعية الرابطة بحديد التسليح الذي لم يقدّم هنا للبساطة .

الإختبارات أجرت من قبل سكوت و(6) Beeby عرض ذلك بمرور الوقت أن الشد في الخرسانة بين الشقوق يتحوّل له حول نصف قيمته الأولية . في إختباراتهم، حدثت هذه الخسارة لجساءة الشد بسرعة كبيرة . إنّ السبب للتخفيض في الإجهاد من المحتمل ان يتعلّق بزحف الشدّ وزيادة التصدّع بمرور الوقت، بالإضافة إلى من المحتمل إضعاف رابطة حديد التسليح قرب الشقوق . هذا السبب لتطبيق β عامل للأحمال الطويلة المدى في معادلة Euro code 2 . شكل (2-17)



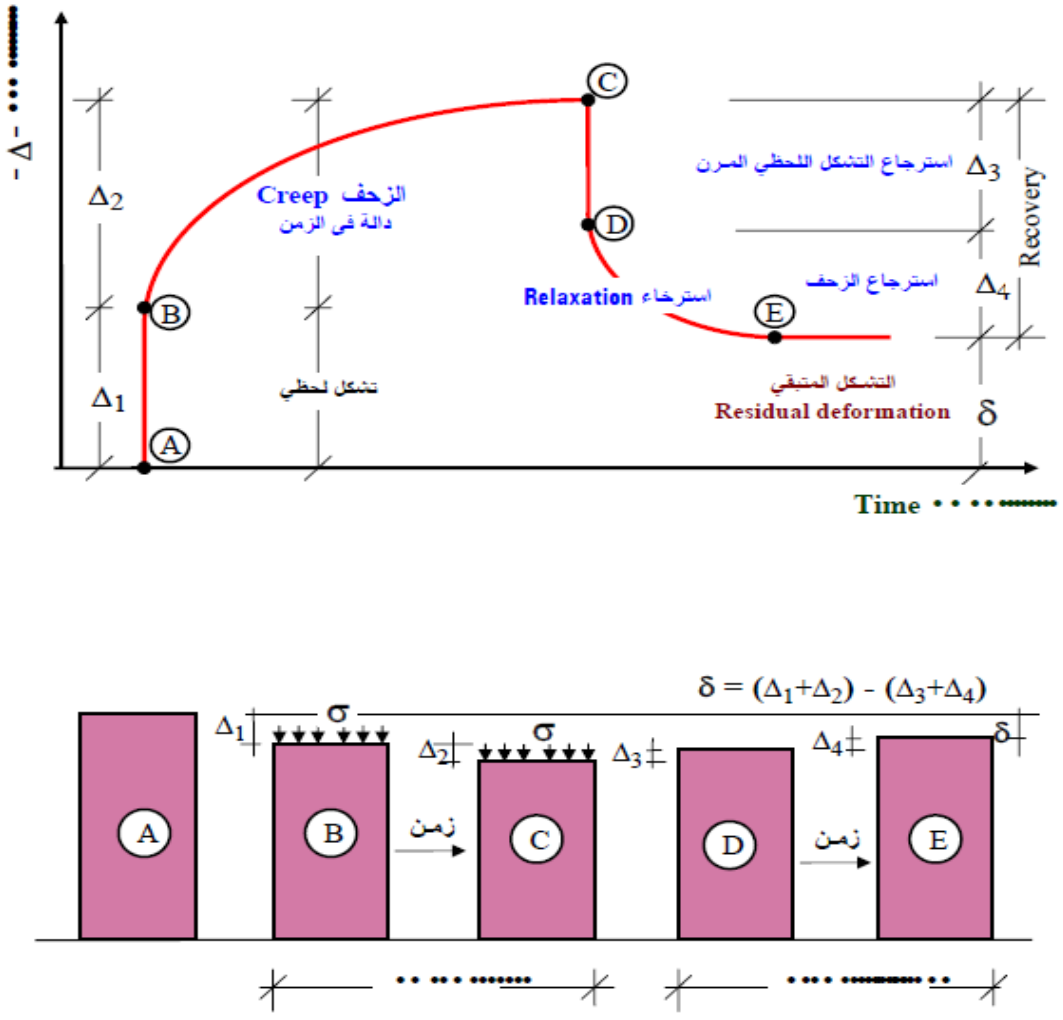
الشكل (2-17) : تأثيرات جساءة الشد في حالة التحميل وغير التحميل

إنّ نموذج جساءة الشد يخطّط بشكل نوعي في شكل **(2-17)** مع $\beta = 0.5$. إنّ الحمل المتصدّع واصل في النقطة 1 . بينما يزيد الحمل ما بعد التصدّع بين النقاط 2 و3، يقترب الردّ المتوسط من الردّ المتصدّع . على وجه التحديد، الردّ المتصدّع وغير المتصدّع فقط سيكون خطيّ لسلوك المواد المرن الخطيّ. إضافة إلى ذلك، إنفعالات الزحف قد يسبّب في جعل المبنى في حالة عدم التحميل على طول الخطّ المختلف من منحنى التحميل، الذي يؤدّي إلى إنفعال الزحف .

على الرغم من هذه التعقيدات، هو معقول لتطبيق نموذج جساءة الشد إلى هذه الحالات منذ أن تحرّف ببساطة بين المناطق المتصدّعة وغير المتصدّعة.

3.5.2 الزحف :

- هو الانفعال غير المرن الذي يحث مع مرور الزمن تحت تاثير اجهاد ثابت اي ان الزحف يعتمد علي الزمن وقد تصل قيمته الي عدة اضعاف قيمة الانفعالات اللحظية التي تحدث نتيجه احمال التشغيل الشكل (2-18) يبين ميكانيكية حدوث الزحف .



الشكل (2-18) ميكانيكية حدوث الزحف

- قيمة الانفعال الناتج من من الزحف للخرسانه تتراوح من بين (5-20) * 10^-6 وذلك لكل 1كجم لكل سم2 ويمكن اخذ قيمه متوسطه للزحف الكلي للخرسانه علي اساس 0.01 مم لكل متر لكل 1كجم لكل سم2 وبالتالي فان اجهادات للضغط مغداره 300 كجم لكل سم2 يسبب زحفا مقداره 0.003 (اي عضوا طوله واحد متر اذا تعرض لاجهاد ثابت مقداره 300 كجم لكل سم2 فانه يحدث له تشكل مقداره 3 ملم

نتيجه الزحف). ومن العوامل التى تؤثر على قيمة الزحف نوع الأسمنت المستخدم ومقاومة الخرسانة ونسبة الماء إلى الأسمنت فى الخلطة وكذلك الوقت الذى تم فيه أول تحميل للخرسانة وخواص المقطع الخرسانى وقيمة الرطوبة النسبية للجو المحيط بالمنشأ. وبصفة عامة فإن قيمة الزحف تقل كلما زادت مقاومة الخرسانة ، وقد وجد أن قيمة الزحف لخرسانة ذات مقاومة للضغط 200كجم لكل سم2 يقدر بحوالي 18 * 10^-6 لكل 1 كجم لكل سم2 اجهاد في حين كانت قيمه الزحف المناظره لخرسانه ذات مقاومه 600 كجم لكل سم2 هي 5 *10 *-6 . فقط .

- يستمر الزحف مع الوقت فى الأعضاء المعرضة لأحمال ثابتة لسنوات عديدة ولكن معدل زيادة إنفعالات الزحف يقل حتى يصبح ضئيلا يمكن إهماله. وبالتقريب فإننا يمكننا أن نقول أن ربع قيمة الزحف الكلية تحدث فى أول شهر وأن نصف قيمة الزحف الكلية تحدث فى أول سنة. وأن قيمة الزحف بعد حوالى سبعة سنوات يزيد عن قيمة الزحف بعد عام بحوالى30% وتجدر الإشارة أن قيمة الزحف النهائى فى الشد تساوى تقريباً القيمة فى الضغط إلا أن معدل حدوث الزحف فى الشد يكون أسرع نسبياً من معدل حدوثه فى الضغط.

1.3.5.2 حساب قيمة الزحف :

يمكن حساب القيمة الكلية للإنفعال الناتج عن أقصى زحف والإنفعال اللحظى المرن من المعادلة الآتية :

$$\varepsilon_t = \varepsilon_o (1 + \varphi) = f_o (1 + \varphi) / E_c$$

حيث :

εo= الانفعال اللحظي المرن الناتج عن التحميل الاولي

εt= الانفعال الكلي عند زمن t

ϕ = معامل الزحف

ϕεo = انفعال الزحف

fo = اجهاد الخرسانه الابتدائي عند التحميل

Ec = معاير مرونه الخرسانه عند عمر التحميل

وتؤخذ قيمه معامل الزحف الاسترشادية من الجدول (2-6) وذلك بمعلوميه الرطوبه النسبيه للجو والبعد الاعتباري للقطاع والعمر عند بدء التحميل .

جدول (2-6) قيم استرشادية لمعامل الزحف φ

حـــالة الجـــو	جو جاف (الرطوبة حوالى ٥٥%)			جو رطب (الرطوبة حوالى ٧٥%)		
	البعد الإعتبارى للقطاع B - مم			البعد الإعتبارى للقطاع B - مم		
العمر المعتبر عنده التحميل	B ≥ 600	600>B>200	B ≤ 200	B ≥ 600	600>B>200	B ≤ 200
٣ - ٧ أيام	٢,٩٠	٣,٢٠	٣,٨٠	٢,١٠	٢,٤٠	٢,٧٠
٧ - ٦٠ يوم	٢,٥٠	٢,٨٠	٣,٠٠	١,٩٠	٢,٠٠	٢,٢٠
أكثر من ٦٠ يوم	٢,٠٠	١,٩٠	١,٧٠	١,٧٠	١,٦٠	١,٤٠

2.3.5.2 تاثير الزحف :

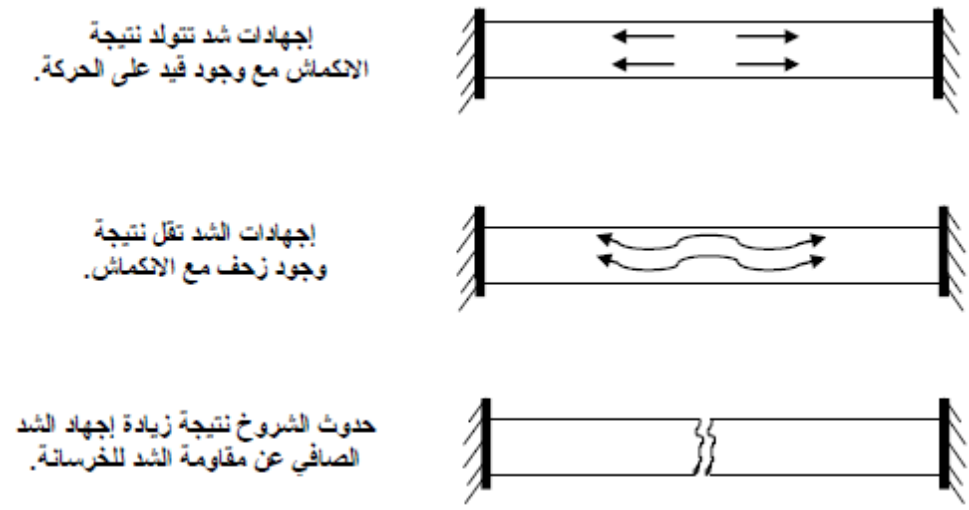
لظاهرة الزحف فى الخرسانة تأثيرات ضارة وتأثيرات أخرى نافعة نوجزها فيما يلى :

1) التاثير الضار :

يعمل على توسيع الشروخ التى تنشأ من عوامل أخرى يزيد من قيمة الترخيم في بعض الحالات زيادة الإنفعالات نتيجة الزحف قد يؤدى إلى تشريخ الخرسانةولكن بصفة عامة فإنه لا توجد حالات إنهيار نتيجة الزحف بمفرده ولكنه عامل مساعد على تصدع الخرسانة فى بعض الحالات

2) التاثير النافع :

يؤدى الزحف إلى تقليل الإجهادات التى يسببها إنفعال شد ثابت مع الوقت (مثل الإنكماش) وبالتالى يتولد عندنا إجهاد شد صافى هو الفرق بين الإجهاد الأصلى وتأثير الزحف. وهذه الظاهرة تعرف بالاسترخاء ومما هو معروف أن الشروخ لا تتكون إلا إذا زاد إجهاد الشد الصافى عن مقاومة الخرسانة للشد ، كما هو موضح بشكل (2-19)



الشكل (2-19) الاجهادات نتيجة انفعال الشد

4.5.2 تأثيرات الاحمال عبر المدى الزمني :

بينما يتوقّع نموذج جساءة الشد الردّ المتصدّع للأحمال اللحظية، ويفسّر ضعف جساءة الشد بشكل كافي بمرور الوقت، هو لا يعالج قضايا أخرى بشكل كافي تعلّقت بتأثيرات تأريخ الحمل على العضو.

إذا العضو محمّل ما بعد التصدّع في عمر مبكّر، ثمّ يحسب الزحف الناتج مستند على العضو المتشقق بالكامل المنطقي . على أية حال، إذا الحمل المتصدّع لم يمتدّ إلى بعض الوقت بعد تطبيق الأحمال الثابتة ثمّ يعتبر تأثيرات الزحف كما لو أنّ العضو تشقق لكامل المدّة يمكن أن تزيد في تقدير الزحف كثيرا . بينما يحسب ردّ المقطع المتصدّع، تقوس المقطع العرضي المتصدّع يجب دائما أن يستعمل لتحديد الانفعالات اللحظية ، لكن إنفعالات الزحف الذي إعتبر يجب أن يأخذ في الحسبان سواء أو ليس المقطع العرضي تصدّع في الحقيقة. أيضا، عندما يحسب الحالة المتصدّعة (حيث منحنى الإجهاد والانفعال الخرساني لا يعتبر شد) الزحف يجب فقط أن تطبق إلى أجزاء الإنفعال تتغيّر في الضغط .

إنّ نموذج جساءة الشد يستعمل كثيرا ب $\frac{M_{cr}}{M_a}$ بدلا من $\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}$ معادلة Euro code . للأعضاء بدون أحمال محورية مهمة وإفترضت سلوك مادي مرن خطيّ، هذا التمثيل مكافئ نظريا. لهذه الحالات، اللحظة المتصدّعة يمكن أن تعدّل لتفسير تأثير ضبط تحكم الإنكماش . صيغة واحدة لتفسير تأثيرات تقييد التسليح إقترح من قبل جلبرت (7) وطور من قبل Scanlon و (8) Bischoff. عندما تكون الأحمال المحورية مطبقة، كما في حالة الأعضاء المسبقة الإجهاد هذه أحمال يجب أن تفسّر بشكل ملائم.

القضية الأخرى بنموذج جساءة الشد بأنّه لا يؤخذ في الحسبان عدم التحميل عموما، إذن لو أنّ الحمل الثابت أقل بكثير من الحمل الأقصى ، النموذج ليس قابل للتطبيق مباشرة. لكي يتم تفسير التأثيرات طويلة المدى بعض الامتدادات ترجع إلى النموذج . عندما المقطع العرضي حُمّل بذلك الحمل الذي يؤدي الي حدوث التصدع ، وعندما يتم تخفيض التحميل مخفّض فإن الشقوق ستغلق . على أية حال،

نتيجة للإنزلاق في موقع الشق بسبب القص في المقطع العرضي ، المخالفات في الشَقِّ لَنْ تتوقف والشَقَّ لا يَستطيعُ الغَلْق بالكامل .

لإتّباع كامل تأريخ الحمل للمقطع العرضي المثالي، زيادات التحميل على طول الخطّ 0-1 حتى حدوث التصدّع . عامل المدى البعيد β مطبق في هذه النقطة، يجلب التقوس في النقطة 2 بدون زيادة أخرى في الحمل. زيادات التحميل الأخرى ، يحدث التقوس حتى يصل المقطع عرضي الي التحميل الأقصى في نقطة 3. بعد هذا، النموذج بدون تحميل في النقطة 4، حيث أنّ الحمل موجود لتلك الفترة الزمنية الطويلة. هذا التقوس المتوسط النهائي للمقطع العرضي. من المهم ملاحظة ذلك الردّ الرسمي المتصدّع الذي يُعتبر التاريخ المتصدّع الملازم للمقطع العرضي عندما يقرّر حدوث الزحف . إذا التصدّع يحدث مبكرا في تأريخ الحمل، منحنى التقوس سيكون أكثر سطحية من إذا كان التصدّع يحدث متأخرا في تأريخ الحمل.

6.2 حساب الانحرافات :ـ

المتطلبات العامه من فعاليه وشكل المنشاة غير مهمين وليست ذات ضرر بالنسبه للانحراف الذي يحدث اثناء عمر المنشاة . ويجب ان يهتم بقيمه الانحراف في مراحل عدة من عمر المنشاة . ويجب مطابقتها مع الحدود المسموح بها اثناء كل مرحلة من المراحل اعتمادا علي طبيعه المنشاة والتحميل المسلط عليها .

لكن بالنسبه للخرسانه المسلحه يجب الاخذ في الاعتبار الاتي :

1- الانحراف النهائي للاعضاء الافقيه تحت مستوى الصب يجب الا يتعدي البحر مقسوم علي 250 .

2- قيمه الانحراف التي تحدث بعد انشاء الفواصل والتشطيبات التي تحدث يجب الا تتعدي 20 ملم او البحر مقسوم على 500 . لتلافي الاضرار الناتجه .

الانحراف الجانبي يجب الا يهمل خصوصا في المنشاءات النحيفه ويجب علي المنهدس في هذه الحاله معرفه حدود الانحرافات المسموح بها .

من المهم ان نعي هذا ان هناك عوامل ذات الاثر المهم في الانحراف ويجب ان تؤخذ في الاعتبار ولذا وجب اعتبار ان كل قيمه تم حسابها هي قيمه تقريبيه . ومن اهم هذه العوامل الاتي :

1- يجب افتراض حالات تثبيت السواند في الافتراضات المبسطة والتي لها درجات من الدقه

2- الاحمال البسيطه والمستمرة لا يمكن توقعها .وكذلك الاخطاء في حساب الاحمال الميته قد يكون لها تاثيرات كبيرة .

3- الاعضاء المتشققه سلوكها مختلف عن الاعضاء المتشققه – وقد تكون مشكله في الاعضاء المسلحه ذات الاوزان الخفيفه لان الاحمال المطبقه قد تكون قيمها قريبه من حدود التشقق .

4- من الصعب حساب وتقدير اثر احمال التشطيبات والفواصل والاضافات .لذا كثيرا م يتم تجاهلها علي الرغم من صلابه اثرها .

في بعض الاحيان من الممكن تقدير اقصي وادني قيم لتاثير تلك العوامل ويجب ان تكون قيم ضمن هذه الجدود . وهناك عدة طرق لتقدير وحساب هذه الحدود . والطريقه المستخدمة في المدونة البريطانية هي طريقه شاملة والتي تستند علي حساب منحنيات للمقطع المعرض لعزوم انحناء وله سماحيه لتاثير كل من الزحف والانكماش . ومن ثم يتم حساب الانحراف من هذه المنحنيات .

1.6.2 المنهجيه لحساب وتقدير الانحراف طويله ومعقده وتتضمن الخطوات الاتيه :

1- حساب المنحني قصير الامد تحت تاثير الاحمال الكليه $c_{\mathrm{s.tot}}$

2- حساب المنحني قصير الامد ل(1) والمنحني طويل الاجل اذا كان مطلوبا .

3- حساب المنحني قصير الامد للاحمال الدائمه $c_{\mathrm{s}.perm}$

4- حساب المنحني طويل الامد للاحمال الدائمه $c_{1.perm}$

5- حساب منحني الانكماش c_{shr}.

6- حساب المنحني طويل الامد النهائي $c_{1\,\mathrm{as}}$

$$c_1 = c_{\mathrm{s.tot}} - c_{\mathrm{s}.perm} + c_{1.perm} + c_{shr}$$

7- حساب الانحراف طويل الامد باستخدام القيمه في (6).

ان المنحنيات في كل من من 1 و3 و4 تؤخذ كاكبر قيمه باعتبار ان المقطع :

أ- متشقق

ب- غير متشقق

كما ان للخرسانه قد يحث فيها تشققات تحت تاثير الاحمال الكليه . فالمنحني قصير الامد

الاضافي$c_{\mathrm{s.temp}}$ نتيجة لـ التحميل المؤقت يتحصل عليه من الصيغه :

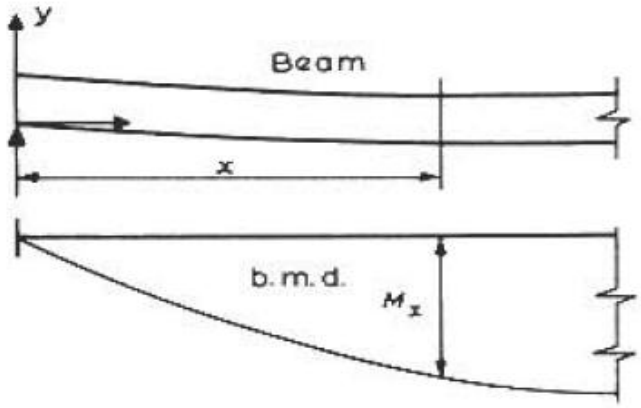
$$c_{\mathrm{s.temp}} = c_{\mathrm{s.tot}} - c_{\mathrm{s}.perm}$$

في الجزء (6) من الخطوات والذي لم يحسب مباشرة .

اذا تم افتراض ان الانحراف له قيمه صغيرة نظريه الثني البسيط تعتمد علي التعبير الاتي :

$$\boldsymbol{m_x = EI\frac{d^2}{dx^2}} \quad \text{..... (6.1)}$$

حيث ان m_x عزم الانحناء للمقطع علي بعد x من بدايه المقطع كما في الشكل (2-20)



الشكل (2-20) التقوس في العارضة

للانحراف البسيط المصطلح $\frac{d^2y}{dx^2}$

تقريبا مساوي للمنحني والذي يتبادل مع نصف قطر الانحناء

$$m_x = EI\frac{1}{r_x} \quad \text{.....(6.2)}$$

حيث $\frac{1}{r_x}$ قيمه المنحني عند x

بالتكامل مرتين تنتج قيمه للازاحه y اذا كان منحني العضو معلوم يمكن حساب الازاحه للعضو

هذا التحليل للانحراف يستخدم عوامل امان جزئيه في كل من جدول 1-2 و جدول 2-2 والذي يعني ان خواص المواد تؤخذ قيم مميزه وان التحميل حقيقا فعال .

2.6.2 حساب التقوس قصير المدى :

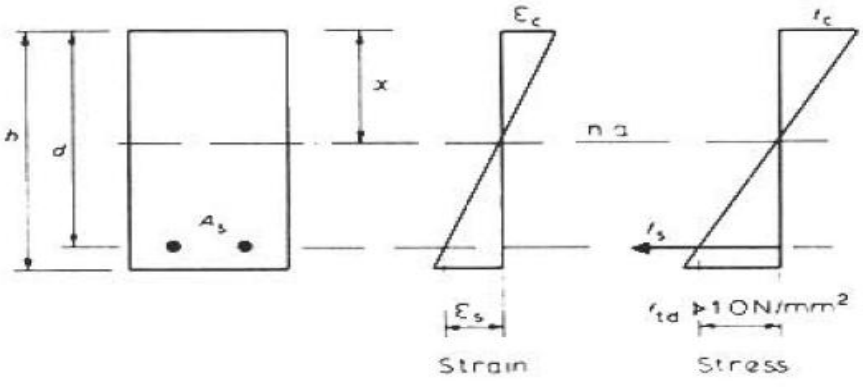
المنحنيات لاي مقطع يجب ان تؤخذ كتقصي قيمه يتحصل عليها باعتبار ان المقطع متشقق او غير متشقق

(1) المقطع غير المتشقق :

بافتراض ان توزيع كل من الانفعال والاجهاد المرن كما موضح في الشكل(2-21) وان القيمه الاعلي للخرسانه في مستوي حديد تسليح الشد يجب ان تحدد من المعادلة (6.2)

التقوس: $$\frac{1}{r} = \frac{m}{E_c I}$$

من نظريه الانحناء: $$f_c = \frac{m_x}{I}$$



الشكل (2-21) المقطع غير المتشقق – مخطط توزيع الاجهاد والانفعال

لذلك :

$$\frac{1}{\mathrm{r}} = \frac{\mathrm{f_c}}{\mathrm{E_c}} \frac{1}{\mathrm{x}}$$

m =العزم المطبق في المقطع

E_c = معامل اللدونه الآني للخرسانه (للانحراف قصير الامد)

I =عزم المساحه الثاني للمقطع

F_c =اقصي قيمه للضغط في الخرسانه

للخرسانة في التعبير السابق يعطي المنحني الآني للمقطع غير المتشقق . واذا وجد ان هذه القيمه اكبر من المقطع المتشقق فان اجهاد الشد f_{td}مستوي حديد تسليح الشد يجب ان يتحقق منه .

(2) المقطع المتشقق :

توزيع الاجهادات والانفعالات الموصى بهما في الشكل (2-22) حيث تأثير تصلّب الخرسانة المتصدّعة يؤخذ في الحساب بكتلة الإجهاد القابلة للشدّ كما يلي :

التقوس =

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{f_c}}{\boldsymbol{xE_c}}$$

$$= \frac{\boldsymbol{f_s}}{\boldsymbol{(d-x)E_S}}$$

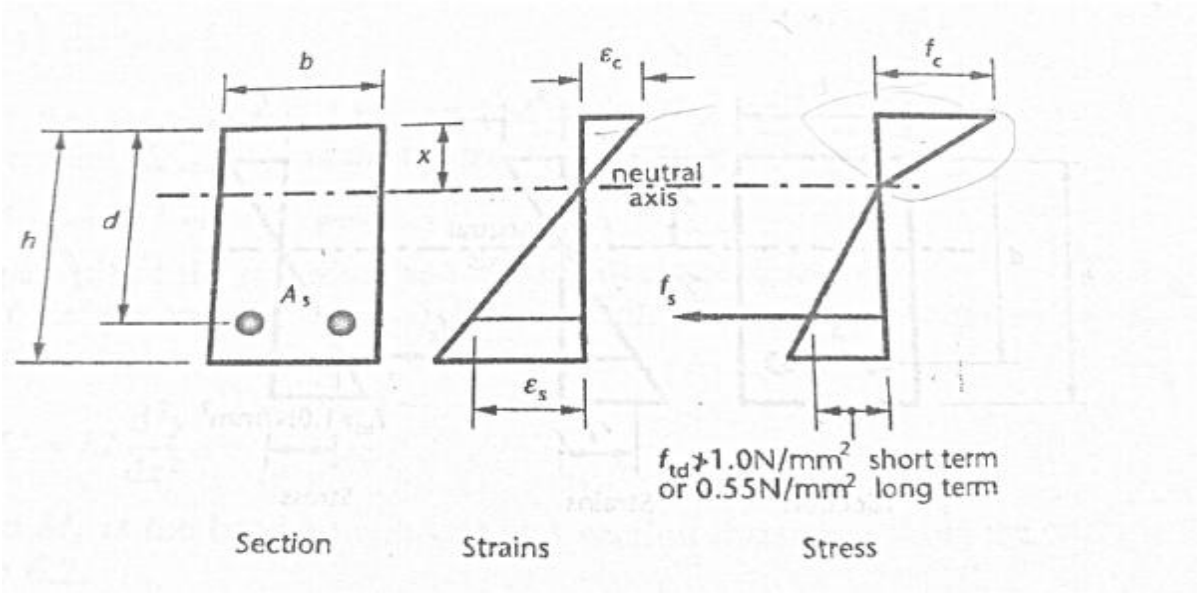
لذلك هو ضروري لتحليل المقطع المعرض إلى العزم المطبق M للحصول على قيمة x وسواء f_c أو f_s ، . هذا الحساب يناسب مثاليا إلى تطبيق الحاسوب لكن إذا مطلوبة لكي تحلّ يدويا يجب أن تؤدّي على قاعدة التجربة والخطأ.

إعتبار موازنة المقطع بأخذ العزم حول مركز الضغط .

$$\mathbf{M = A_S\, f_s\, (d - \frac{x}{3}) + \frac{1}{3}\, bh f_{ct} (h - x)} \quad \text{.....(6.3)}$$

ومن توزيع الانفعالات :

$$\boldsymbol{f_c = \frac{x}{(d-x)} \frac{E_C}{E_s} f_s} \quad \text{.....(6.4)}$$



الشكل (2-22) المقطع المتشقق – مخطط توزيع الاجهاد والانفعال

وبمساواة قوتي الضغط والشد :

$$\frac{1}{2}bxf_c = f_sA_S + \frac{1}{2}b\,(h - x)\,f_{ct} \quad \text{.....(6.5)}$$

f_c = إجهاد الشد الاقصى المسموح به في الخرسانة ، $(\frac{h-x}{d-x})\, f_{td}$

E_C = معاير المرونة للخرسانة (للانحراف قصير المدى)

$200\ \text{KN}/mm^2 = E_s$

إنّ الطريقة الأكثر سهولة من حلّ التعابير أن تفترض موقع المحورالمحايد لقيمة x تقييم (f_s) من المعادلة 6.3 واستخدام القيمة المستخرجة من القيمتين f_c من المعادلات 6.4 و 6.5 . وهذه يجب ان تكرر لقيمتين محاكمة ل x والرسم البياني ل f_c من كل توضيح يكون عكس x . تقاطع القوسين سينتجان قيم x و f_c بالدقة الكافية للسماح للتقوس لكي ينم حسابها .

3.6.2 حساب التقوس طويل المدى :

في حساب التقوس طويل المدى من الضروري الاخذ في الحسبان تأثير الزحف والانكماش بالاضافة الي تخفيض مقاومة الشد لمقطع الخرسانة المتشقق المشار اليه في المعادلة 6.4

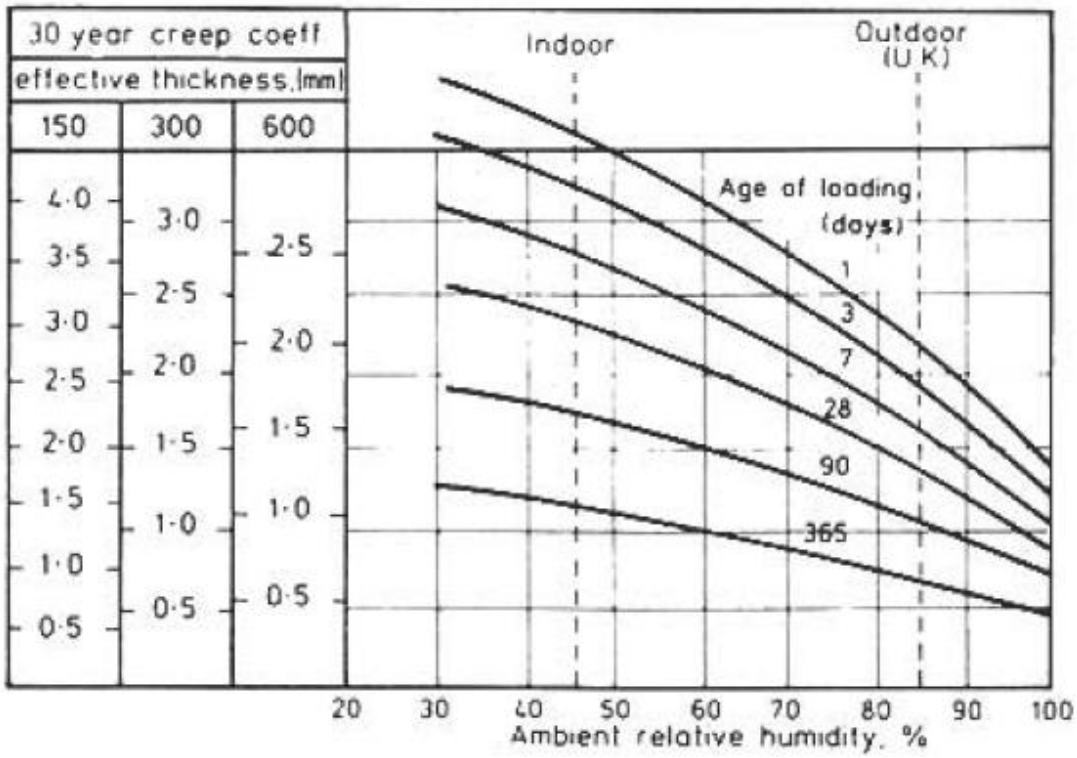
1.3.6.2 الزحف :

هذا يسمح له بتحويل المعامل الفعّال لمرونة الخرسانة إلى $E_{eff} = E_c /(1+\emptyset)$

حيث :

$\emptyset$ = معامل الزحف ، يساوي النسبة بين انفعال الزحف وانفعال المرونة الاولي .

قيمة $\emptyset$ عندما تتأثر بالخصائص الكلية ، ويخلط التصميم و يعالج الشروط ، محكوم أيضا بالعمر عند التحميل الاولي ، مدّة الحمل وأبعاد المقطع . الشكل (2-23) تعطي قيمة المدى الطويل لقيمة $\emptyset$ وفقاً للمدونة البريطانية 8110 ، والتي يمكن افتراضها بنسبة حوالي 40 % ، 60 % و 80 % هذا سيحدث خلال شهر واحد ، 6 شهور و 30 شهر تحت الحمل على التوالي لرطوبة نسبية ثابته . سمك المقطع الفعال يؤخذ ضعف مساحة المقطع العرضية المقسمة على الحواف المعرضة ، ولكن مأخوذ 600 mm إذا كان التجفيف ممنوع بواسطة غمر الخرسانة في الماء .



الشكل (2-23) معاملات الزحف

2.3.6.2 الانكماش :

التقوس بسبب الانكماش يجب ان أن يخمّن ويوضع في الحسبان بسبب العزم المطبق مثل :

$$\frac{1}{r_{cs}} = \frac{\varepsilon_{cs}\alpha_e s_s}{I}$$

حيث ε_{cs} = هي اجهاد الانكماش الحر

$\propto_e$ = هي النسبة بين E_S/E_{eff}

s_s = عزم المساحة الاول لحديد التسليح حول المحور المحايد للمقطع المتشقق .

الإنكماش يتأثّر بالعديد من ميزّات إجراءات البناء والخلط ، لكن لاكثر الظروف حينما تكون ليس لديها خصائص انكماش عالية .

قيمة ε_{cs} يمكن الحصول عليها من الشكل (2-24) في المدونة البريطانية 8110

الانحراف طويل المدى لمقطع خاضع لمجموعة من الاحمال الدائمة يجب ان تحسب كما يلي :

الانحراف طويل المدى = الانحراف طويل المدى نتيجة للاحمال الدائمة

+ الانحراف قصير المدى نتيجة للاحمال غير الدائمة

+ انحرافات الانكماش

في هذا التوضيح الانحراف قصير المدى نتيجة للاحمال غير الدائمة محسوب كالاتي :

(الانحراف الكلي – الانحراف نتيجة للاحمال غير الدائمة)

هذه لان الحمال الكلية قد تسبب مقطع متشقق وتقوس كبير .

إنّ النتيجة النهائية بأنّ التقوس الطويل المدى لعنصر خرساني مسلح قد يكون أعظم إلى حدّ كبير من القيمة الآنية .

4.6.2 حساب الانحرافات من التقوس :

التكامل المضاعف من التعبير 6.1

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = M_x$$

سينتج تعبير للانحراف . هذا قد يكون موضح باعتبار الشكل (2-25) هي حالة لعارضة ذات نهايتي مفصليتين خاضعة لعزم ثابت M في كافة انحاء طولها ، M_x = M

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = \text{M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6.6)$$

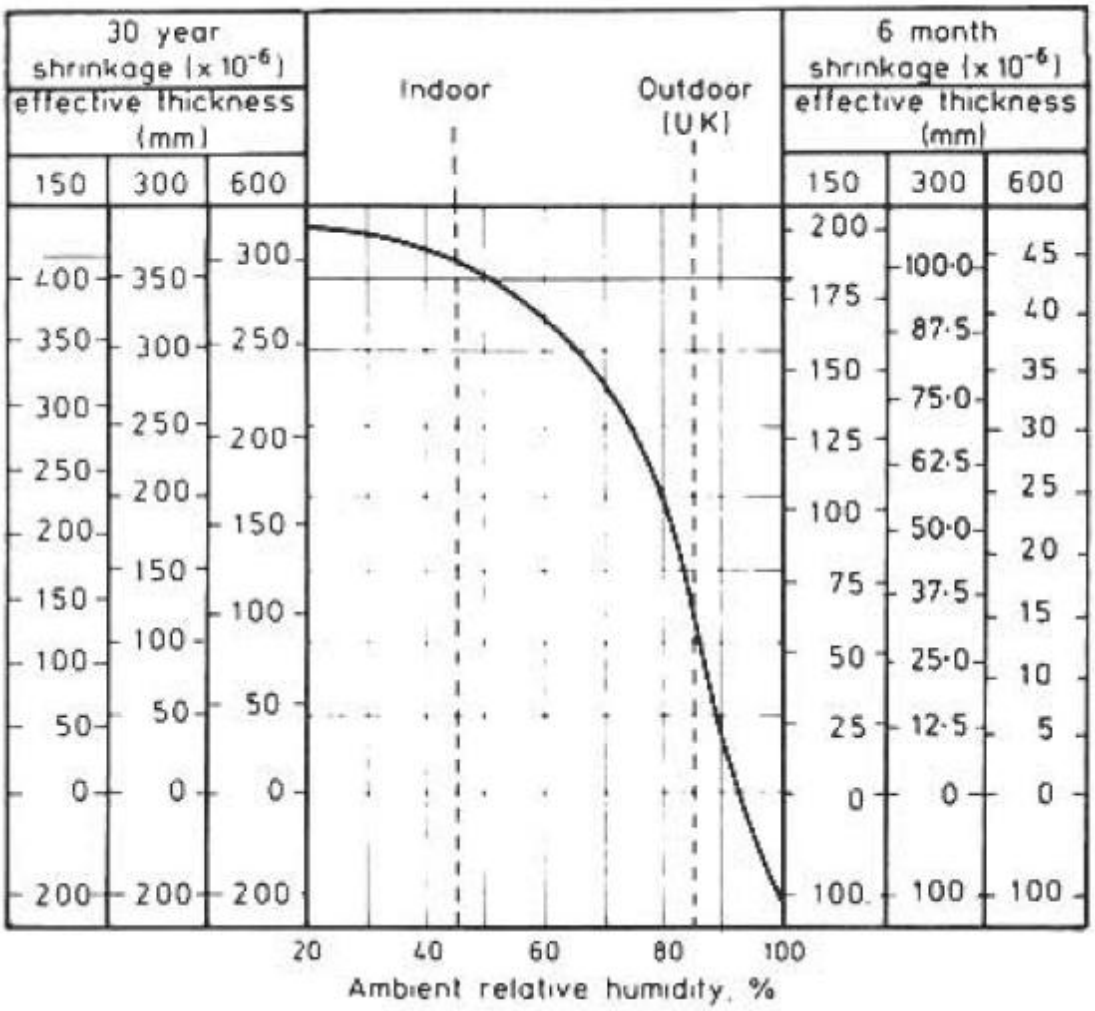
بناءً عليه :

$$EI\frac{dy}{dx} = M_x + \text{C}$$

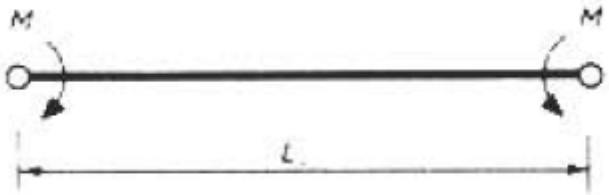
ولكن اذا كان الميل صفر عند منتصف البحر حيث

$$\text{C} = -\frac{ML}{2}$$

$$EI\frac{dy}{dx} = M_x - \frac{ML}{2}$$



الشكل (2-24) انكماش الزحف



الشكل (2-25) عارضة مفصلية معرضة لعزم

بالتكامل مرة اخرى يعطي :

$EIy = \frac{M_{x^2}}{2} - \frac{MLx}{2} + D$

ولكن في الجانب الايسر من الساند عند y=0 , x=0 تصبح

D=0

وهكذا تكون المعادلة لأي مقطع :

$y = \frac{M}{EI} (\frac{x^2}{2} - \frac{Lx}{2})$ .... (6.7)

الانحراف الاقصى في هذه الحالة سيحدث عند منتصف البحر $x=L/2$ ، وتكون

$y_{max} = - \frac{ML^2}{EI\,8}$

ولكن عند اي مقطع غير متشقق

$\frac{M}{EI} = \frac{1}{r}$ ....(6.8)

الانحراف الاقصى يمكن توضيحة كالاتي :

$y_{max} = - \frac{1}{8} L^2 \frac{1}{r}$

بصورة عامة توزيع عزوم الانحناء على طول العضو لن يكون ثابت ، لكن سيكون بدلالة x . الشكل الاساسي للنتيجة على حال سيكون بالمثل ، والانحراف الاقصى يكون كما موضح :

$$a = KL^2 \frac{1}{r_b} \quad \text{.....(6.9)*}$$

حيث :

K = قيمة ثابت ، تعتمد على توزيع عزم الانخناء في العضو.

L = الطول الفعال للبحر.

$\frac{1}{r_b}$ = التقوس عند منتصف البحر للعارضات ، أو التقوس عند الساند للكابولي .

القيم المكافئة ل K معطاه في جدول 6.9 للاشكال المشتركة المختلفة من مخططات عزوم الانحناء . إذا كان التحميل معقد ، ثم قيمة K يجب ان تقدر للحمل الكامل منذ جمع انحرافات المكونات الاسهل ، سيعطي النتائج الصحيحة .

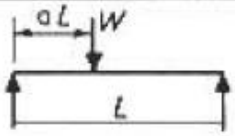
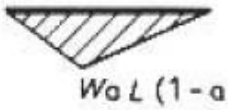
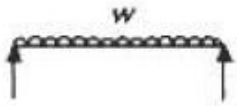
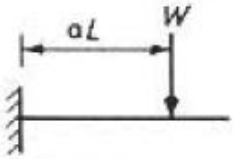
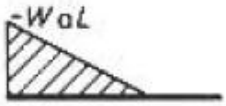
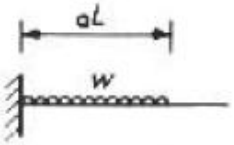
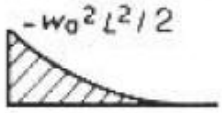
بالرغم من أن الاشتقاق يكون على قاعدة مقطع غير متشقق .

التعبير النهائي في الشكل الذي سيتعامل مع المقطع المتشقق ببساطة من قبل استبدال التقوس الملائم .

منذ ان يتضمن التعبير مربع البحر ، من المهم ان يكون الطول الحقيقي الفعال للبحر خصوصاً في حالة الكابولي .

إنحرافات الكابولي لربّما أيضا تزيد بدوران العضو المساند، وهذا يجب أن يؤخذ في الحسبان متى التركيب المساند مرن جدا.

جدول (2-7) معاملات الانحراف المثالية

Loading	B.M. Diagram	K
		0·125
		$\frac{4a^2-8a+1}{48a}$ [if a = 1/2 then K = 0·083]
		0·104
		End Deflection $\frac{a(3-a)}{6}$ [if a = 1 then K = 0·33]
		End Deflection $\frac{a(4-a)}{12}$ [if a = 1 then K = 0·25]