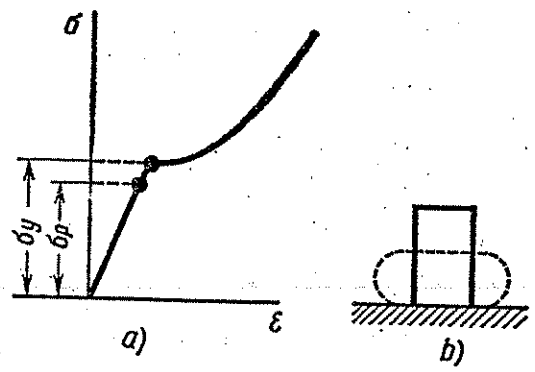


الشكل ٢ — ١٨

ويكون حد المقاومة عند الانضغاط σ_{uc} للمواد الهشة اكثر بكثير من حد المقاومة عند الشد σ_{ut}.

ان الرسم البيانى النموذجى لانضغاط المادة اللدنة (البلاستيكية) (كالفولاذ المنخفض الكربون) موضح فى الشكل ٢ — ١٨، a. فى البداية يكون الرسم البيانى للانضغاط مشابها للرسم البيانى للشد، وبعد ذلك يرتفع المنحنى الى اعلى اثر توسع مساحة مقطع النموذج وتصلب المادة. وفى هذه الحالة لا يحدث انهيار. بل يتمدد النموذج فقط (الشكل ٢ — ١٨، b) وهنا يجب ايقاف التجربة. ونتيجة للاختبار يبين حد الخضوع عند الانضغاط. ان حد الخضوع فى حالة الشد والانضغاط للمواد اللدنة لا يختلف عمليا، ولكن منطقة الخضوع فى حالة الانضغاط اصغر بكثير منها فى حالة الشد.

ز — الخواص الميكانيكية للبلاستيك

لقد ازداد فى الاعوام الاخيرة استعمال مواد جديدة فى الانشاءات، وهى مبنية على اساس البوليميرات الطبيعية والصناعية والتى تسمى باللدائن او البلاستيك.

ان البلاستيك اما يكون عبارة عن راتينج صاف، او مركب من الراتينج وعدة مركبات أخرى مثل الحشو، الملدن، الموازن، الصبغة، وغيرها.

وينقسم البلاستيك تبعا للحشو المستعمل الى: مؤلف ورقائقى. والبلاستيك المؤلف ينقسم بدوره الى مسحوقى وليفى وحشو على شكل نحاتة.

ويستعمل الحشو العضوى وغير العضوى لتعديل صفات المواد، وتحسين خواص المادة الفيزيائية — الميكانيكية والاحتكاكية وغيرها، كذلك لتخفيض تكاليفها.

ويعتبر دقيق الخشب (*woodflour*)، السليولوز، الورق، الانسجة القطنية (*cotton fabric*)، كحشو عضوى. وكحشو غير عضوى يستعمل الاسبستوس، الجرافيت، خيوط الزجاج (*glass fibre*)، الالياف الزجاجية (*glass cloth*)، الميكا، الكوارتز وغيرها من المواد.

ويسمح الحشو الذى على صورة قماش (منسوجات وغير منسوجات) بالحصول على البلاستيك الرقائقى ذى المتانة العالية (*laminated plastics*).

وباستعمال الانسجة القطنية كحشو فاننا نحصل على قماش رقائقى (*cloth laminate*) ومن نسيج الزجاج نحصل على القماش الزجاجى الرقائقى (*glass cloth laminate*)، ومن نسيج الاسبستوس نحصل على قماش الاسبستوس الرقائقى (*asbestos cloth laminate*)، ومن الورق نحصل على الورق المقوى (*hardened paper*)، ومن قشرة الخشب (*wood veneer*) نحصل على الخشب الرقائقى (*wood laminate*).

الجدول ٢ — ٣

الحشو الزجاجى	حد المقاومة σ_u كجم/سم٢	معامل المرونة E كجم/سم٢
زجاج مطفأ اللمعة	١٤٠٠ — ٢١٠٠	٣١٠ × (٨٠ — ١٢٠)
زجاج مطفأ اللمعة ذو تركيب معقد	٥٠٠٠ — ٦٠٠٠	٤١٠ × (١٨ — ٢٣)
نسيج زجاجى	١٨٠٠ — ٣٥٠٠	٤١٠ × (١٤ — ٢١)
الياف زجاجية متوازية	٧٨٠٠ — ١٠٥٠٠	٤١٠ × (٢٣ — ٤٠)

والمواد المقوية المصنوعة من الياف الزجاج، الزجاج الحبلى، الزجاج المطفأ اللمعة تشكل مجموعة خاصة من الحشو، تعطى امكانية صنع اجزاء لا تقل متانة عن الفولاذ (الجدول ٢ — ٣). ان معطيات الجدولين ٢ — ٣ و٢ — ٤ تخص التحميل القصير الاجل.

الجدول ٢ – ٤

المادة	التركيب الاساسى	الوزن النوعى جم/سم٣	مقاومة الشد القصوى σ_{ut} كجم/مم٢	مقاومة الانضغاط القصوى σ_{uc} كجم/مم٢	مقاومة الانحناء القصوى σ_{uc} كجم/مم٢	معامل المرونة عند الشد E_t كجم/مم٢	معامل القص G كجم/مم٢	$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ut}}$
الفايبرجلاس	يتكون من نسيج او من الالياف محاورها الثنائية متعامدة	١,٤–١,٨٥	٢٦–٤٠	١٠–٣٠	١٣–٤٥	١٨٠٠–٢٢٠٠	٣٥٠–٤٠٠	٠,٢٢–٠,٢٥
		١,٧–١,٩	٣٠–٥٠	–	٢٣–٤٦	٢٤٠٠–٣٥٠٠	–	٠,٢٥–٠,٢٨
القماش الرقائقى	يتكون من القماش القطنى الورقى	١,٣–١,٤	٦–١١	١٣–١٥	٩–١٦	٩٥٠–١٠٠٠	٢٥٠	٠,٢٠–٠,٢٥
الخشب الرقائقى	يتكون من انواع مختلفة من الخشب	١,٢–١,٤	١٤–٢٢	١٢–١٥,٥	١٦,٥–٢٢	١٢٠٠–٣٤٠٠	٨٠–٢٥٠	٠,٢٥–٠,٣٠
الورق المصلد	يتكون من الورق المكبرت	١,٣–١,٤	٧–١٠	–	٨–١٤	١٠٠٠–١٨٠٠	٨٠–٢٥٠	٠,٢٠–٠,٣٠
الليف	يتكون من انواع خاصة من الورق	١,١–١,٢٥	٣–١٣	١١–١٣	٤–١٠	٥٠٠–٨٠٠	–	٠,٢٥–٠,٣٠
الزجاج العضوى	يتكون من بوليمرات وكوبوليمرات حامض الميتا كريليك	١,١٨	٧,١–٩,٢	–	٩,٩–١٥,٣	٢٩٠–٤١٦	–	٠,١٠–٠,١٦

ان خواص البلاستيك كمادة انشائية تتلخص فيما يلى:

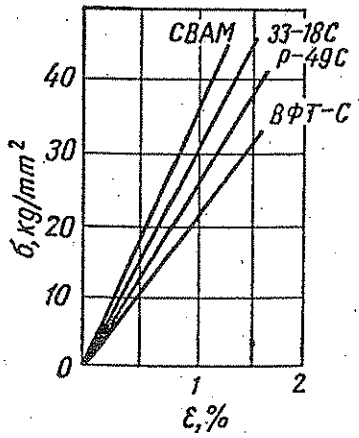
١ــ ان الرسم البيانى لتشوه البلاستيك يبقى خطيا حتى الانهيار، اما الاستطالة فى اكثر انواع البلاستيك الانشائى فلا تتعدى ٢ ــ ٣٪ عند الانفصال.

ويبين الشكل ٢ ــ ١٩ رسوما بيانية للشد فى بعض انواع البلاستيك.

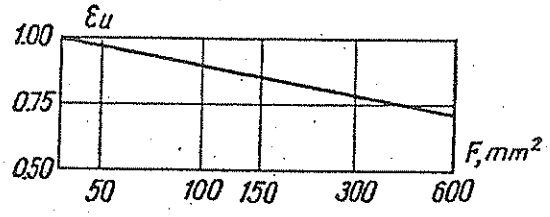
٢ــ ان البلاستيك لا يملك عادة خواص ميكانيكية واحدة عند الشد او الانضغاط.

٣ ــ ان البلاستيك اردأ من المعدن من ناحية مقاومة الحمل المتغير والطويل الامد.

٤ ــ ان صفات المرونة والمتانة فى البلاستيك تكون أكثر تبعثرا مما هى عليه فى المعادن. وهذا يعود الى الاصلاد الانفعالى للمواد بالزمن، تقبل رطوبة الهواء، تأثير الحرارة، تباين الخواص، التركيب غير المتجانس وتأثير التكنولوجيا فى الصناعة.



الشكل ٢ ــ ١٩

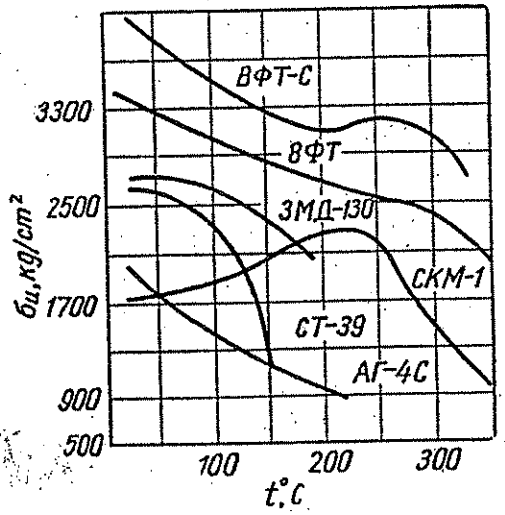


الشكل ٢ ــ ٢٠

٥ــ يتصف البلاستيك بانه يفوق المعادن من حيث تأثره النسبى بالمقاييس. ان حد المقاومة للاجزاء المصنوعة من البلاستيك يقل بوضوح بازدياد ابعاد المقطع العرضى.

ويبين الشكل ٢ ــ ٢٠ قيم معامل مقياس الرسم للزجاج اللوحى عند الشد تبعا لمساحة المقطع العرضى للنموذج.

٦ ــ ان صفات البلاستيك تتعلق كثيرا بدرجة الحرارة. وفى الشكل ٢ ــ ٢١ خطوط بيانية تبين علاقة حد المقاومة بدرجة الحرارة.



الشكل ٢ – ٢١

ان المجموعات الاساسية للبلاستيك تتمكن من العمل فى حدود درجات حرارة من – ٦٠ حتى + ٢٠٠ درجة مئوية. وبظهور البلاستيك المصنوع على اساس بوليمرات السليكون العضوية، فان الحد الاعلى لدرجة الحرارة وصل حتى + ٥٠٠ درجة مئوية.

٧ – للبلاستيك ميل شديد للزحف والارخاء حتى فى درجرت الحرارة العادية.

٨ – يتصف البلاستيك بان له صلابة قليلة، فان معامل المرونة لاصلب انواع البلاستيك (البلاستيك الزجاجى) يقل بحوالى ١٠ مرات عن المعادن.

ونتيجة لهذا فان الاجزاء المصنوعة من البلاستيك التى تقع تحت تأثير الاحمال تكون لها تشوهات وازاحة اكثر بكثير لما هى عليه فى الاجزاء المصنوعة من المعادن.

٩ – عند حساب البلاستيك الرقائقى يجب أخذ تباين خواص المادة فى الاعتبار وذلك على اساس طرق نظرية المرونة.

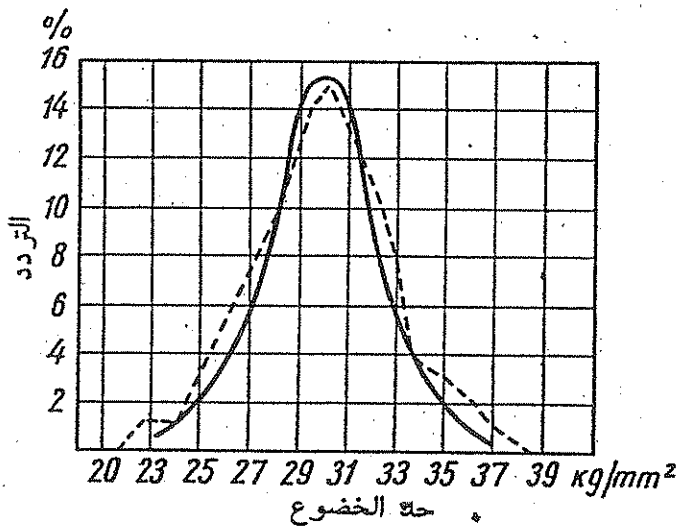
وتوجد فى الجدول ٢ – ٤ معلومات عن الخواص الميكانيكية للمجموعات الرئيسية من البلاستيك. وتجدر الاشارة الى ان دراسة الخواص الميكانيكية للبلاستيك لا زالت تتطلب ابحاثا علمية وعملية كثيرة.

ح – عدم تجانس المواد

لقد اوردنا فى البند ٢ بعض الفروض حول تجانس وتشابه خواص المادة فى حدود جزء واحد. ولكن فى الأجزاء المختلفة المصنوعة من مادة واحدة، من الممكن ان تكون الخواص الميكانيكية واللدنة (البلاستيكية) مختلفة جدا فيما بينها « مشتتة ».

وفى الواقع ، اذا صنعنا عدة نماذج متساوية من فولاذ واحد، واجرينا عليها تجارب شد لتحديد حد الخضوع ، فان النتائج ــ كقاعدة ــ لا تطابق بعضها البعض.

وكمثال على ذلك فان الشكل ٢ ــ ٢٢ يبيّن منحنى توزيع حد الخضوع للفولاذ المنخفض الكربون ــ فولاذ رقم ٣، والمرسوم نتيجة لاختبار ٦٠٠٠ نموذج. فالخط المنقّط يمثل الرسم البيانى التجريبى المتكرر، اما الخط الكامل فانه يمثل المنحنى النظرى (الذى يسمى بمنحنى التوزيع العادى) والذى يحول المنحنى المرسوم على اساس المعطيات التجريبية الاقتراب منه عند زيادة عدد التجارب.



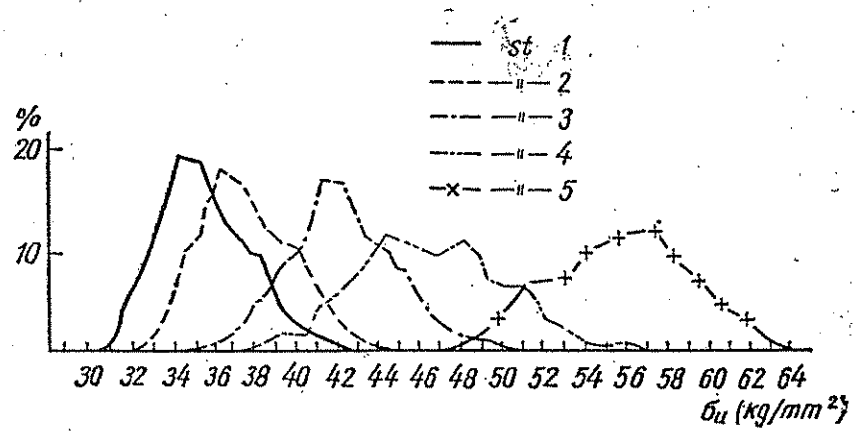
الشكل ٢ ــ ٢٢

ويتضح من هذا المنحنى، ان قيمة حد الخضوع لهذا الفولاذ والتى كثيرا ما تتردد هى = ٣٠٠٠ كجم/سم² (١٥٪ من جميع الحالات). والقيمة الصغرى قريبة من ٢٢٠٠ كجم/سم² والعظمى قريبة من ٢٨٠٠ كجم/سم². ويظهر من شكل المنحنى بانه (عندما يكون عدد الاختبارات كثيرا) لا تستبعد امكانية اكتشاف قيم حد الخضوع فى جهة اكثر انخفاضا وفى جهة اخرى اكثر ارتفاعا.

وقد رسمت مثل هذه المنحنيات لمواد اخرى.

وبالنسبة للمواد الاقل تجانسا، مثل الخرسانة والخشب فالمنحنيات غ منحدرة، اى انه فى هذه الحالة يكون تشتت القيم المناظرة للمقادير اكثر بكثي

والشكل ٢ — ٢٣ يوضح الرسوم البيانية المتكررة لحد مقاومة الفولاذ رقم ١ الى رقم ٥، والتى تبين، ان الفولاذ رقم ٤ والفولاذ رقم ٥ اقل تجانسا م بقية انواع الفولاذ.



الشكل ٢ — ٢٣

ان وجود منحنيات التوزيع ، التى تعطى الخواص المضبوطة لدرجة تجانس المادة، يساعد على حساب الاجزاء بتفاضل اكبر، وذلك باستعمال اكبر اجهادات يسمح بها للمواد الاكثر تجانسا فى ظروف اخرى متساوية.

ان منحنيات التوزيع هى الجوهر الاساسى للطريقة الاستاتيكية الجديدة لحساب الانشاءات (انظر البند ١١٤).

١٢ — عامل الامان (*factor of safety*). اختيار الاجهادات المسموح بها

نحن نعرف الآن، ان الاحمال الحقيقية التى تؤثر على الجزء، وخواص المواد التى يصنع منها ذلك الجزء، يمكن ان تختلف كثيرا وبصورة غير ملائمة، عن تلك التى استعملت فى الحسابات.

فالعوامل التى تقلل من متانة الاجزاء (تجاوز الحمل، عدم تجانس المواد ... الخ) تحمل بصورة عامة طابعا عفويا ولا يمكن أخذها فى الحسبان مقدما.

ذلك لان الاجزاء والانشاءات يجب ان تعمل بامان وحتى فى هذه الظروف غير الملائمة، يجب اتخاذ بعض الاجراءات الوقائية . ولذلك فان الاجهادات المسموح بها تؤخذ اقل من تلك الاجهادات الحدية، التى لا يمكن معها استمرار الاستعمال العادى لذلك الجزء. وعلى هذا الاساس تستعمل

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{n} \qquad (٢-١٧)$$

حيث n — معامل احتياطى المتانة ويسمّى كذلك عامل الأمان.

σ_{lim} — الاجهاد الحدى للمادة.

يستعمل حد المقاومة بدلا من الاجهاد الحدى بالنسبة للمواد الهشة. اما بالنسبة للمواد اللدنة (البلاستيكية) فيستعمل حد الخضوع ، وذلك لان تشوهات لدنة (بلاستيكية) كبيرة غير مسموح بها، تظهر عند الاجهادات التى تساوى حد الخضوع.

وعلى هذا الاساس فان عامل الامان يستخدم لاجل امانة وسلامة عمل الانشاء واجزائه، بغض النظر عن امكانية الانحراف غير الملائم لظروف عملها الحقيقية عن الظروف الحسابية.

ان مسألة تحديد مقدار عامل الامان القانونى n * (اى المعامل المثبت بواسطة قوانين تصميم الانشاءات) تحل عندما نأخذ فى الاعتبار التجربة الموجودة فى استعمال الانشاءات والمكائن.

وقد قسم عامل الامان n مؤخرا الى عدة عوامل امان خاصة، حيث يعكس كل من هذه العوامل تأثير عامل معين او مجموعة عوامل على متانة جزء الانشاء . ان احد العوامل مثلا يعكس امكانية انحراف خواص المادة الميكانيكية عن الخواص المستعملة فى الحسابات، والآخر يعكس انحراف مقادير الاحمال المؤثرة عن قيمها الحسابية ... الخ.

---

*ويستعمل الرمز n لعامل الامان القانونى ايضا.

ان هذا التقسيم لعامل الامان العام يساعد على مراعاة الشروط الملموسة المختلفة لعمل اجزاء الالات والانشاءات بصورة افضل، وتصميمها بحيث تكون اكثر امانا واقتصادا.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{n}$$

ان عامل الامان يتمثل بشكل حاصل ضرب

$$n = n_1\ n_2\ n_3 \ldots \qquad (٢-١٨)$$

وحتى الان فان مسألة عدد العوامل ومقاديرها ليس موحدا.

ان قيم عوامل الامان عادة تستعمل على اساس تجربة الانشاءات واستعمال الالات من نوع واحد.

ويستعمل فى الوقت الحاضر عامل واحد او ثلاثة عوامل او خمسة، وحتى عشرة عوامل امان خاصة.

وفى « دليل انشاء الماكينات » ينصح باستعمال ثلاثة عوامل امان خاصة

$$n = n_1\ n_2\ n_3 \qquad (٢-١٩)$$

حيث n_1 — عامل، يراعى عدم الدقة فى تحديد الاحمال والاجهادات، وقيمة هذا العامل عند التحديد العالى الدقة للاجهادات المؤثرة، يمكن ان تساوى ١ر٢ — ١ر٥، وتستعمل ايضا القيمة ٢ — ٣ عندما تكون دقة الحسابات اقل.

n_2 — عامل، يراعى عدم تجانس المادة، والحساسية العالية لعدم دقة المعالجة الميكانيكية. ان قيمة n_2 عند الحساب بواسطة حد الخضوع فى حالة تأثير الحمل الاستاتيكى يمكن ايجادها من الجدول ٢ — ٥ (مع عدم مراعاة تأثير الابعاد المطلقة) بالعلاقة بين نسبة حد الخضوع الى حد المتانة.

الجدول ٢ — ٥

$\frac{\sigma_y}{\sigma_u}$	٠,٤٥ — ٠,٥٥	٠,٥٥ — ٠,٧	٠,٧ — ٠,٩
n_2	١,٢ — ١,٥	١,٤ — ١,٨	١,٧ — ٢,٢

وعند حساب حد المقاومة للمواد القليلة اللدونة والهشة تستعمل n_2 كالاتى:

أ — للمواد القليلة اللدونة (فولاذ عالى المتانة وقليل الطراوة) $n_2 = ٢ \div ٣$

ب ــ للمواد الهشة: $n_2 = ٣ \div ٤$ ،

جـ ــ للمواد الهشة جدا: $n_2 = ٤ \div ٦$.

وعند حساب الكلل « الاعياء » (انظر الباب الثانى عشر) فان مقدار n_2 يكون مساويا ١ر٥ ــ ٢، ويزداد حتى ثلاثة او اكثر للمواد ذات التجانس القليل (وخاصة للمصبوبات) وللاجزاء ذات الابعاد الكبيرة.

n_3 ــ عامل حالة الخدمة، الذى يأخذ فى الاعتبار مهمة الجزء، ويستعمل بمقدار يتراوح بين ١ و١ر٥.

الجدول ٢ ــ ٦

المواد	الاجهادات المسموح بها، كجم/سم٢	
	حالة الشد σ_t	حالة الانضغاط σ_c
الحديد الزهر الرمادى سبيكة СЧ 12—84	٢٠٠ ــ ٣٠٠	٧٠٠ ــ ١١٠٠
الحديد الزهر الرمادى سبيكة СЧ 15—24	٢٥٠ ــ ٤٠٠	٩٠٠ ــ ١٥٠٠
الحديد الزهر الرمادى سبيكة СЧ 21—40	٣٥٠ ــ ٥٥٠	١٦٠٠ ــ ٢٠٠٠
الفولاذ رقم صفر ورقم ٢	١٤٠٠	١٤٠٠
الفولاذ رقم ٣	١٦٠٠	١٦٠٠
الفولاذ رقم ٣ للكبارى	١٤٠٠	١٤٠٠
الفولاذ الانشائى الكربونى فى بناء الماكينات	٦٠٠ ــ ٢٥٠٠	٦٠٠ ــ ٢٥٠٠
الفولاذ الانشائى السبائكى فى بناء الماكينات	١٠٠٠ ــ ٤٠٠٠ واكثر	١٠٠٠ ــ ٤٠٠٠ واكثر
ديور الومينيوم	٨٠٠ ــ ١٥٠٠	٨٠٠ ــ ١٥٠٠
النحاس الاصفر	٧٠٠ ــ ١٤٠٠	٧٠٠ ــ ١٤٠٠
الصنوبر ــ باتجاه الالياف (الشعيرات)	٧٠ ــ ١٠٠	١٠٠ ــ ١٢٠
السنديان ــ (البلوط) باتجاه الالياف	٩٠ ــ ١٣٠	١٣٠ ــ ١٥٠
الطوب المستعمل فى البناء	حتى ٢	٦ ــ ٢٥
الخرسانة	١ ــ ٧	١٠ ــ ٩٠
القماش الرقائقى	١٥٠ ــ ٣٠٠	٣٠٠ ــ ٤٠٠
الورق المصلد	٥٠٠ ــ ٧٠٠	٥٠٠ ــ ٧٠٠

وعند حساب الانشاءات البنائية تستعمل ثلاثة معاملات: معامل تجا الحمل، معامل التجانس، ومعامل حالة الخدمة *. ان قيم هذه المعاملا تعطى فى ظروف تكنيكية وقواعد تصميم الانشاءات البنائية.

فى الجدول ٢ — ٦ توجد المقادير التقريبية للاجهادات المسموح ب عند التحميل الاستاتيكى لبعض المواد.

١٣ — انواع المسائل الاساسية عند حساب متانة القضبان المشدودة (المضغوطة)

بعد تحديد الاجهاد فى المقطع الخطر للقضيب المشدود (المضغوط بواسطة المعادلة (٢ — ٢) وتثبيت الاجهاد المسموح به طبقا للاعتبارات المذكور اعلاه، يمكن القيام بتقدير متانة القضيب.

ولاجل هذا، يجب مقارنة الاجهادات الحقيقية فى المقطع الخطر للقضيب مع الاجهادات المسموح بها.

$$\sigma = \frac{N}{F} \leqslant [\sigma]. \qquad (٢-٢٠)$$

ويقصد بالاجهادات المسموح بها هنا اما لحالة الشد $[\sigma_t]$ واما لحالة الانضغاط $[\sigma_c]$ وذلك تبعا للحالة الموجودة لدينا — حالة شد ام حالة انضغاط.

ان العلاقة غير المتساوية (٢ — ٢٠) تسمى بحالة المتانة عند الشد (الانضغاط).

وباستعمال هذه المعادلة يمكن حل المسائل التالية:

١. فحص متانة القضيب، اى تحديد الاجهادات الحقيقية عندما يكون الحمل وابعاد المقطع العرضى للقضيب معلومة لدينا، ومقارنتها مع الاجهادات المسموح بها. ان الاجهادات الحقيقية يجب ان لا تحيد عن تلك المسموح بها أكثر من $\pm$ ٥٪. وان تجاوز الاجهاد أكثر من هذا المقدار، أمر غ

*وطبقا (للمقاييس البنائية وقواعد تصميم الانشاءات البنائية — ١٩٦٢) ليس من الضرور تخصيص معامل حالة الخدمة بصورة منفردة.

1894

مسموح به من وجهة نظر المتانة اما اذا كان المقدار اقل من الاجهاد المسموح به فهذا يدل على التبذير فى المادة.

٢ ــ تحديد ابعاد المقطع العرضى المطلوبة للقضيب طبقا لشروط متانته (مع العلم بان الحمل والاجهاد المسموح بهما معروفان)

$$F \geqslant \frac{N}{[\sigma]}. \qquad (٢١ - ٢)$$

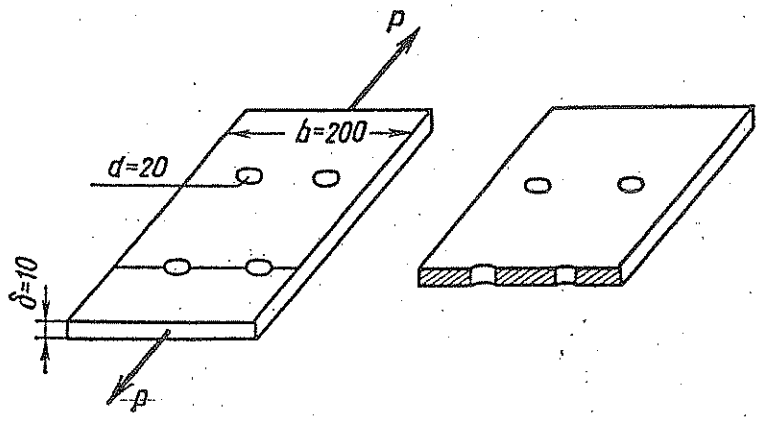
٣ ــ تحديد مقدار القوة الطولية المسموح بها، بواسطة ابعاد المقطع العرضى المعطاة للقضيب وبواسطة الاجهاد المسموح به والمعروف مسبقا.

$$N \leqslant F[\sigma]. \qquad (٢٢ - ٢)$$

وبعد تحديد القوة الطولية المسموح بها وتثبيت العلاقة بين القوة الطولية والحمل (بمساعدة طريقة القطع او بطرق اخرى)، من الممكن تحديد الحمل المسموح به.

ويجدر ان نأخذ فى الاعتبار حساب الاستقرار للقضبان المضغوطة عدا حساب المتانة فى المقطع الاكثر ضعفا، وذلك لانه عند مقدار معين من القوة الضاغطة قد يحدث اعوجاج (انحناء طولى) للقضيب المضغوط (انظر الباب العاشر).

مثال ٢ ــ ٣. يراد تحديد الحمل المسموح به لصفيحة فولاذية مشدودة، اضعفت بثقوب قطرها $d = ٢٠$ مم (الشكل ٢ ــ ٢٤)، مع العلم ان الاجهاد



الشكل ٢ ــ ٢٤

المسموح به $[\sigma_t] = ١٦٠٠$ كجم/سم^2 وسمك الصفيحة $\delta = ١٠$ مم وعرضها $b = ٢٠٠$ مم.

الحل. نحدد الحمل المسموح به بواسطة حساب المتانة فى المقطع المضعف بالثقوب. وذلك لان يحدث هنا تحطم قبل اى مكان آخر. ان المساحة الكلية لمقطع الصفيحة F_{gross} تساوى

$$F_{gr} = 20 \times 1 = 20 \text{ cm}^2.$$

مساحة الاضعاف بثقبين: $\Delta F = 2 \times 1 \times 2 = 4 \text{cm}^2$

المساحة العاملة للمقطع F_{net}

$$F_{net} = F_{gross} = \Delta F = 20 = 4 = 16 \text{ cm}^2.$$

الحمل المسموح به:

$$[P] = F_{net}\ [\sigma_t] = 16 \times 1600 = 25600 \text{ kg}.$$

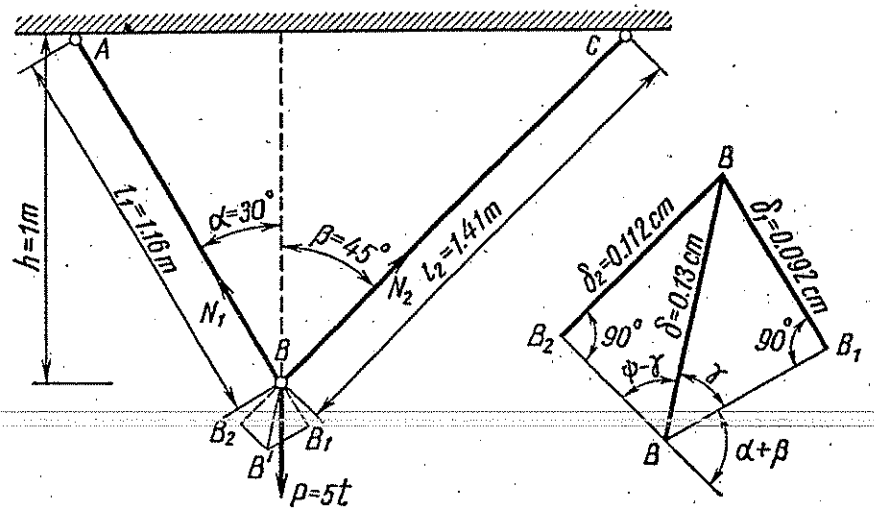
مثال ٢ — ٤. يراد اختيار مقطع لاجزاء المجموعة المرسومة فى الشكل ٢ — ٢٥ وتحديد ازاحة المفصل B. المادة — الفولاذ رقم ٣ $[\sigma] = ١٦٠٠$ كجم/سم^2.

الحل. نستعمل طريقة القطع ونحدد القوى فى القضبان:

$$\Sigma X = 0, \quad -N_1 \sin 30° + N_2 \sin 45° = 0$$

لذلك: $N_1 = N_2 \cdot \sqrt{2}$

$$\Sigma Y = 0, \quad N_1 \cos 30° + N_2 \cos 45° - 5 = 0.$$



الشكل ٢ — ٢٥

وبحل معادلتين ذات مجهولين نحصل:

$$N_1 = 3.69\,t,\ N_2 = 2.62\ t.$$

كلا القوتين شادة ــ نختار مقطع الاجزاء:

$$F_1 = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{3680}{1600} = 2.31\ \text{cm}^2$$

$$F_2 = \frac{N_2}{[\sigma]} = \frac{2600}{1600} = 1.64\ \text{cm}^2$$

نحدد ازاحة المفصل B . فى البداية نحصل على استطالة القضيب:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EF_1} = \frac{3680 \times 116}{2 \times 10^6 \times 2.3} = 0.092\ \text{cm}$$

$$\Delta l_2 = \frac{2600 \times 141}{2 \times 10^6 \times 1.62} = 0.112\ \text{cm}$$

ولتحديد ازاحة المفصل B، نستعمل طريقة بيانية.

من النقطتين A و C، نقوم برسم قوسين بنصفى قطرين مساويين لبعدى القضيب الجديدين AB و BC (مع مراعاة الاستطالة)، فيتقاطعان فى نقطة B' ــ المكان الجديد للمفصلة B. ونتيجة لقلة تشوهات القوسين، فبالامكان استبدالهما بالخطين المستقيمين B_2B' و B_1B' ، العموديين على اتجاه BC وAB . وللحصول على حل مضبوط يرسم (الرسم البيانى للازاحة) بمقياس رسم كبير (الشكل ٢ ــ ٢٥، b). وعند ذاك فان القسم BB' وحسب مقياس الرسم المتخذ يقوم بتحديد ازاحة المفصلة B .

وهى فى هذه الحالة تساوى $\delta = ١٣ر٠$ سم.

ويمكن ايضا تطبيق طريقة تحليلة. الا انها تتطلب استعمال نظرية الجيوب مرتين: للمثلث BB_2B' وللمثلث BB_1B' . وبذلك نحصل على:

$$\frac{\Delta l_1}{\sin\gamma} = \frac{\delta}{\sin 90^\circ} = \delta, \qquad (\text{I})$$

$$\frac{\Delta l_2}{\sin(\psi - \gamma)} = \frac{\delta}{\sin 90^\circ} = \delta \qquad (\text{II})$$

حيث $\psi = 180^\circ - \alpha - \beta = 105^\circ$

وبمساواة الجانبين الايسرين للمعادلتين (I) و (II) واستعمال صيغة المثلثات:

$$\sin(\psi - \gamma) = \sin\psi\cos\gamma - \sin\gamma\cos\psi .$$

وبعد التحويل نحصل على:

$$\tan\gamma = \frac{\Delta l_1 \sin\psi}{\Delta l_2 + \Delta l_1 \cos\psi}$$

ونعوض بالقيم المعطاة فنحصل على:

$$\tan\gamma = \frac{0.092 \sin 105^\circ}{0.112 + 0.092 \cos 105^\circ} = \frac{0.092 \cdot 0.966}{0.112 - 0.092 \cdot 0.259} = 1.008$$

$$\gamma = 45^\circ 16', \quad \sin\gamma = 0.71$$

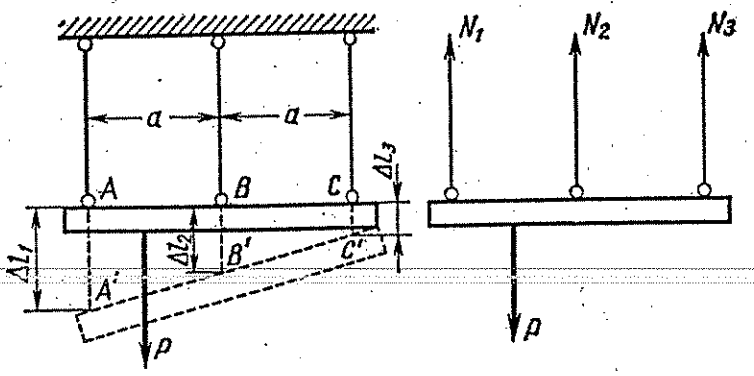
ومن المعادلة (I) او (II) نحصل على:

$$\delta = \frac{\Delta l_1}{\sin\gamma} = \frac{\Delta l_2}{\sin(105 - \gamma)} = \frac{0.092}{0.71} = \frac{0.112}{0.864} = 0.129 \text{ cm}.$$

١٤ – المسائل غير المحددة استاتيكيا فى حالة الشد والانضغاط

فى كثير من المجموعات التى تشكلها القضبان المنفردة، لا يمكن تحديد القوى التى فى القضبان بواسطة معادلة التوازن وحدها فقط. ان هذه المجموعات تسمى مجموعات غير محددة استاتيكيا.

وكمثال على ذلك، فاننا سنبحث المجموعة المبينة في الشكل ٢ – ٢٦. فباستعمال طريقة القطع، نحصل على ثلاث قوى مجهولة وهى N_1، N_2، N_3. ولكن يمكننا وضع معادلتين فقط للتوازن: مجموع مساقط جميع القوى على المحور الرأسى التى تؤثر على القسم المقطوع، يجب ان تساوى صفرا، ومجموع



الشكل ٢ – ٢٦