مقاومة المواد

تأليف

ف. سنجر و أ. بيتل

تعريب

دكتور عمر فاروق أفندي
أستاذ مساعد في قسم الهندسة المدنية (سابقا)
جامعة الملك عبدالعزيز - جدة

دكتور أياد عبدالمجيد الزيدي
أستاذ في قسم الجيولوجيا الهندسية
جامعة الملك عبدالعزيز - جدة

الأستاذ الدكتور وجيه محمد الدخاخني
أستاذ قسم الهندسة المدنية (سابقا)
جامعة الملك عبدالعزيز - جدة

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤١٩هـ (١٩٩٨م)

جميع حقوق الطبع محفوظة . غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب ، أو خزنه في أي نظام لخزن المعلومات واسترجاعها ، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة ، سواء كانت إلكترونية ، أو شرائط ممغنطة ، أو ميكانيكية ، أو استنساخًا ، أو تسجيلاً ، أو غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع .

الطبعة الأولى : ١٤١٩هـ (١٩٩٨م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سنجر ، ف .

مقاومة المواد / ف . سنجر ، أ . بيتل ؛ تعريب عمر فاروق أفندي ، أياد عبدالمجيد الزيدي ، وجيه محمد الدخاخني .ـ جدة .

. . . ص ؛ . . سم

ردمك ٩-٠٧٩-٠٦- ٩٩٦٠

١ - مقاومة المواد ٢ - هندسة الإنشاءات أ - بيتل ، أ. (م . مشارك)
ب - أفندي ، عمر فاروق (مترجم) ج - الزيدي ، أياد عبدالمجيد (مترجم)
د - الدخاخني ، وجيه محمد (مترجم) هـ - العنوان

ديوي ٦٢٠٠١١٢ ١٧/٠٠٧٧

رقم الإيداع : ١٧/٠٠٧٧
ردمك : ٩-٠٧٩-٠٦-٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

إهـــداء

إلـى والدينـا

شكر وتقدير

يتقدم المعربون بأجمل آيات الشكر والتقدير لكل من ساهم وأشرف وساعد على إنجاز هذا العمل ، مع الشكر الجزيل للعاملين في مركز النشر العلمي ومطابع الجامعة الذين قاموا بمراجعته وطباعته .

ونسأل المولى عز وجل أن يجزيهم عنا خير الجزاء.

تقديم الترجمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسولنا محمد وآله وصحبه أجمعين ..

.. وبعد

لقد نشطت حركة التعريب في النصف الثاني من القرن الرابع عشر الهجري، فشملت التعليم الثانوي بكامله في معظم البلدان العربية ـ إن لم تكن كلها ـ بل وتمكنَّ العاملون المخلصون في بعض الجامعات العربية من تعريب جزءٍ أو أجزاء من التعليم الجامعي ، وتأسست مراكز عدة لتنشيط حركة التعريب ودفعها إلى الأمام. وستستمر حركة التعريب باذن الله حتى تشمل المراحل كلها بما فيها مراحل الدراسات العليا في الوقت القريب .

إن المعربين ليشعرون بأن التعريب ضرورة ملحة، لأن اللغة العربية هي لغة القرآن، وإن الاهتمام بها واستعمالها في كافة المجالات يجدد الثقة فيها ويقوي الاعتزاز بها، ويدفع العرب خاصة والمسلمين عامة إلى الاهتمام بدراستها والتقوِّي فيها، مما يعمق تأثرهم بقرآنهم ويساعدهم على فهم دينهم فهمًا صحيحًا ، وهذا في اعتقادنا ضروري لكي تقود أمتنا من جديد البشرية إلى الحق والخير. هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن تعلم الطالب بلغته التي نشأ على التكلم بها وسماعها حتى امتزجت بروحه وعقله يعمق فهمه للعلوم ويجعلها أشد رسوخًا في ذهنه. ولذلك، فإننا ندعو وبشدة إلى الإسراع في تعريب المراحل الجامعية وما بعدها أيضا .

ولكي تعود لغة القرآن كما كانت من قبل لغة العلوم كلها إنسانية كانت أم هندسية، وإسهامًا منا في دفع عملية تعريب العلوم، وخاصة الهندسية منها، إلى الأمام قدمًا وبدافع من رغبتنا في مساعدة الطلاب لفهم هذه المادة (مقاومة المواد) التي تعتبر من أهم المواد الهندسية، فقد قمنا بتعريب هذا الكتاب الذي تجده أخي القاريء الكريم بين يديك، وهو بحق من أهم الكتب في مقاومة المواد وهو يشرح الموضوعات ويبسطها ويزود الطالب بأمثلة كثيرة محلولة ومسائل وافية للحل .

ولقد اتفقنا على أن نحتفظ بالمعادلات والحسابات والأشكال كما جاءت في الأصل دون تغيير أو تبديل . أما المصطلحات فقد استعمل كل منا في الجزء الذي عرّبه المصطلح العربي المقابل، الذي يعتقد أنه يناسب المعنى، ولهذا فقد جاء في بعض الأحيان القليلة مصطلحان عربيان لمصطلح إنجليزي واحد. وقد تداركنا هذا الأمر ووضحناه في ثبت المصطلحات .

ونسأل الله تعالى أن يجعل عملنا هذا خالصا لوجهه الكريم وأن يتقبله منا وينفع به المسلمين .

المترجمون

تقديم المؤلف

يستحيل عمليًا إنجاز تصميم آلة أو إنشاؤها بدون معرفة جيدة لعلمي الميكانيكا الهندسية ومقاومة المواد. وتؤكد المناهج الدراسية الهندسية الحديثة أهمية هذين الموضوعين بالدراسة الشاملة لمفاهيمهما الأساسية والمتقدمة . وهذه طبعة منقحة بوحدات القياس العالمية S.I. units تحاول أن تشرح هذه المفاهيم . نظريًا وتطبيقيًا بتفصيل وببساطة .

لقد اتجهت الثقافة الهندسية في الولايات المتحدة في الستينيات اتجاهًا رياضيًا متزايداً. حتى إنه في بعض الأحيان استُبدلت مقررات مقاومة المواد بمقررات الميكانيكا المستمرة continuum mechanics ونظرية المرونة . ولكن الفلسفة الحالية للثقافة الهندسية تُقر بأهمية التصميم في المناهج الهندسية. وهكذا فإن بعض المقررات التطبيقية كمقاومة المواد مثلاً عادت ثانية لتأخذ مكانها باعتبارها عنصرا أساسيًا هامًا في ثقافة المهندسين في كافة التخصصات .

إن الميزة الوحيدة للطبعة الثالثة من هذا الكتاب، التي تمتاز بها عن الطبعات السابقة، هي أنها قد كتبت كلها بوحدات القياس العالمية S.I. units وبالرغم من أننا الآن في فترة انتقال، حيث ينبغي على المهندس الممارس أن يكون معتاداً على استعمال أكثر من نظام واحد من الوحدات . إلا أن الاتجاه العالمي نحو استعمال وحدات القياس العالمية سيجعل هذه الفترة قصيرة جداً . ويعتقد المؤلفون أن الكتب الأساسية - كهذا الكتاب - يجب أن تكتب كلية بوحدات القياس العالمية لأنه عندما تتقن المفاهيم الأساسية جيداً في جملة من الوحدات فإن التصميم على الجمل الأخرى لن يكون صعبًا .

لقد حافظت هذه الطبعة على الخطة العامة للطبعات السابقة وعلى مميزاتها. فالتركيز الرئيس مازال على التحليل المرن بالرغم من أنها قد اشتملت على تغطية واسعة للتحليل غير المرن. ثم بعد اعتبارات واسعة له، أدخل ثانية في معالجة منسقة مستمرة للإجهاد المتخلف والتحليل الحدي . وكما في الطبعة الثانية فقد اشتملت هذه الطبعة أيضا على عرض حديث لطريقة التكامل المزدوج يوسِّع ويبسِّط تطبيقات هذه الطريقة لحساب انحراف العتب . وكذلك فقد احتفظت هذه الطبعة بطرق القدرة كنظرية كاستليانو والعمل الافتراضي ، بحيث أنها مع طريقة التكامل المزدوج وطريقة العزم - المساحة تُشكل دراسة كاملة لطرق الانحراف . ويوجد أيضا عرض قصير لكنه فعَّال لطريقة توزيع العزوم يتضمن معالجة حديثة للإشارة يبسِّط تطبيق هذه الطريقة . وإن كلاً من هذه المواضيع مستقل تمامًا ، بحيث يمكن حذف واحداً منها أو أكثر إذا كان الوقت محدوداً .

ولهذا الكتاب مميزات أخرى تشتمل على معالجة موسَّعة لدفق القص، ومعالجة موسَّعة أيضا لتحليل حالات الإجهاد والانفعال ، مع التركيز على تطبيقات دائرة مور على مقياس الانفعال وتحليل (روزيت) ، وتأخير موضوع الوصلات المبرشمة والملحومة إلى القسم الأخير من الكتاب، حتى لاتنقطع استمرارية مناقشة المباديء الأساسية . وبالإضافة إلى ذلك فإن التعديلات التي طرأت على قواعد التصميم جعلت تحديث دراسة نظرية الأعمدة أمراً ضروريًا .

وهذه المواضيع بالإضافة إلى مواضيع أخرى في الكتاب قد عرضت بطريقة تُغني المدرس عن الشرح المفصل . فالمباديء قد اشتقت بطريقة منسجمة تربط أولاً الإجهادات بالتشوهات ، ثم تطبق معادلات التوازن الساكن، ثم تحقق الشروط الحدودية .

لم تغب عن أذهاننا وجهة نظر الطلاب ولامشاكلهم الخاصة، ولقد بذلنا كل جهدنا لنجعل المباديء الأساسية مفهومة تمامًا وبلغه واضحة وموجزة. أما المعاني الفيزيائية للمباديء الأساسية والفرضيات والحدود التي وضعت لاكتشاف هذه المباديء فقد شرحت ونوقشت بعناية، بحيث إن الاستظهار والحفظ عن ظهر قلب قد أنقِّص إلى أدنى كمية

ممكنة . والخلاصات الملحقة بمعظم الأبواب أريد بها إعطاء الطالب نصا مختصراً للعناصر الرئيسة، وهي مفيدة في المراجعة وفي العمل بعد التخرج في الكلية. وقد بُسِّطت قواعد الإشارات أيضا بإعطاء الاتجاه الموجب إلى الكميات التي تنطبق عليها الصفات إلى الأعلى أو فوق أو ما شابه ذلك ، والعكس صحيح بالنسبة للإشارات السالبة .

وتبين المسائل التوضيحية الكثيرة بالتفصيل كيفية تطبيق المبادئ . وأما الشرح فهو كامل ، ولا شيء يُقبل دون مناقشة خلال الكتاب بكامله، والمعادلات أو المبادىء المطبقة في حل المسائل وضعت ضمن أقواس على الجانب الأيسر من المعادلة. وفي الحل، استُبدلت القيم حسب الترتيب الذي تظهر فيه الرموز في المعادلة، وهذا يمكّن القاريء من متابعة خطوات الحل المختلفة بسهولة ودون الرجوع إلى نص الكتاب .

إن الألف مسألة تقريبا التي تحتوي عليها هذه الطبعة هي إما مسائل من الطبعة السابقة وضعت بوحدات القياس العالمية، أو مسائل جديدة تمامًا . وفي كلا الحالتين فقد اختيرت هذه المسائل بعناية لتوضيح المفاهيم الأساسية دون إرهاق الطالب بحسابات عددية شاقة . وقد استمر التأكيد على أهمية مخطط الجسم الطليق في حل مسائل مقاومة المواد . ورتبت المسائل تقريبا حسب درجة صعوبتها. وقد أعطيت أجوبة ثلثين منها، وأما المسائل الأخري فيمكن استعمالها في الامتحانات .

إن طريقة الترقيم تمكّن القاريء من أن يعيِّن بسرعة أية نقطة في الكتاب، وبهذه الطريقة فإن كل الفقرات والأشكال والمعادلات والجداول والمسائل مسبوقة برقم الفصل الذي تظهر فيه، ومرقَّمة تسلسليًا في كل فصل. أما أشكال المسائل المعينة للحل فقد أعطي كل منها رقم المسألة التي تخصها لكي نبسط ربط شكل المسألة بمعطيات المسألة نفسها .

يُعلن المؤلفون بأنهم مدينون لزملائهم في الأمة بكاملها على اقتراحاتهم الكثيرة القيمة لإخراج هذه الطبعة. وإن ذكر أسمائهم واحداً واحداً ليشكل قائمة طويلة (مع احتمال حذف غير مقصود لأسماء بعضهم) وقد عبرنا عن شكرنا لكل منهم على حدة. إلا أننا مدينون بصورة خاصة للدكتور جان لاندا الذي نقدر له جداً مساعدته في إعداد هذه

الطبعة . وعلى الرغم من حرصنا الشديد على إلغاء الاخطاء، إلا أن وجود بعضها يتعذر اجتنابه. والمؤلفون يقدرون حق التقدير إخبارهم بهذه الأخطاء ويرحبون بأية ملاحظة أو تعليق يصلهم من القراء .

فرديناند ل . سنجر

اندور بيتل

المحتويـــات

	رقم الصفحة
تقديـــم الترجمة	ط
تقديـــم المؤلـــف	ك
قائمة بالرموز والاختصارات	ث
الفصل الأول : الإجهاد البسيط	١
١ , ١ مقدمـة	٣
١ , ٢ تحليل القوى الداخلية	٤
١ , ٣ إجهـاد بســيط	٧
١ , ٤ إجهاد قصي	٢١
١ , ٥ إجهاد مضجعي	٢٦
١ , ٦ الأسطوانات رقيقة الجدار	٣٠
الفصل الثاني : الانفعال البسيط	٤١
٢ , ١ مقدمة	٤٣
٢ , ٢ منحنى الإجهاد والانفعال البياني	٤٣
٢ , ٣ قانون هوك ـ التشوه المحوري	٤٩
٢ , ٤ نسبة بواسون : التشوهات ثنائية وثلاثية المحاور	٦٠
٢ , ٥ الأجزاء غير المحددة بقواعد الاتزان الساكن	٦٥
٢ , ٦ الإجهادات الحرارية	٨١

الفصل الثالث : الالتـواء ٩٧
٣,١ مقدمة وافتراضات ٩٩
٣,٢ اشتقاق معادلات الالتواء ١٠٠
٣,٣ وصلات مشفَّهة بالبراغي ١١٥
٣,٤ الإجهاد القصي الطولي ١٢٠
٣,٥ التواء الأنابيب الرقيقة الجدران : التدفق القصي ١٢١
٣,٦ النوابض الحلزونية ١٢٥

الفصل الرابع : القص والعزم في العتب ١٣٩
٤,١ مقدمة ١٤١
٤,٢ القص والعزم ١٤٣
٤,٣ تفسير القص العمودي وعزم الانحناء ١٦٢
٤,٤ العلاقات بين الحمل والقص والعزم ١٦٤
٤,٥ الأحمال المتحركة ١٩٠

الفصل الخامس : الإجهاد في العتب ١٩٩
٥,١ مقدمة ٢٠١
٥,٢ معادلة إجهادات الانحناء ٢٠١
٥,٣ المقاطع الاقتصادية ٢١٩
٥,٤ هيكلية الأرضيات ٢٢٥
٥,٥ العتب غير المتماثل ٢٣١
٥,٦ تحليل فعل الانحناء ٢٤٠
٥,٧ استنباط صيغة إجهادات القص الأفقية ٢٤٥
٥,٨ التصميم لمقاومة الانحناء والقص ٢٥٩

٥ . ٩ خطوة الروابط في العتب المركب ٢٦٦

الفصل السادس : انحراف العتب ٢٧٥
٦ . ١ مقدمة ٢٧٧
٦ . ٢ طريقة التكامل المزدوج ٢٧٨
٦ . ٣ نظريتا طريقة العزم / المساحة ٢٩٤
٦ . ٤ مخططات العزم بالتجزئة ٢٩٩
٦ . ٥ انحراف العتب الكابولي ٣١١
٦ . ٦ الانحرافات في العتب البسيط ٣٢١
٦ . ٧ انحرافات منتصف الباع ٣٣٦
٦ . ٨ طريقة العتبة المترافقة ٣٤٢
٦ . ٩ الانحرافات بطريقة التراكب ٣٤٧

الفصل السابع : عتب مقيد الحركة ٣٦٣
٧ . ١ مقدمة ٣٦٥
٧ . ٢ مساند إضافية في عتب مدعم ومقيد الحركة ٣٦٥
٧ . ٣ تطبيق طريقتي التكامل المزدوج والتراكب ٣٦٦
٧ . ٤ تطبيق طريقة المساحة / العزم ٣٧٨
٧ . ٥ عتبة مقيدة مكافئة لعتبة بسيطة بعزمي نهاية ٣٩٠
٧ . ٦ تصميم العتب المقيد ٣٩٤

الفصل الثامن : العتب المستمر ٤٠١
٨ . ١ مقدمة ٤٠٣
٨ . ٢ الشكل العام لمعادلة العزوم الثلاثة ٤٠٤

٨,٣ بعض مقادير معادلة العزوم الثلاثة ٤٠٨
٨,٤ تطبيق معادلة العزوم الثلاثة ٤١٤
٨,٥ ردود فعل العتب المستمر ٤٢٢
٨,٦ العتب الكابولي المستمر ٤٢٨
٨,٧ حساب الانحراف في العتب بطريقة معادلة العزوم الثلاثة ٤٣٨
٨,٨ توزيع العزم ٤٤٥

الفصل التاسع : الإجهادات المركبة ٤٥٩
٩,١ مقدمة ٤٦١
٩,٢ الأحمال المركبة محوريًا وانحنائيًا ٤٦١
٩,٣ لباب المقطع ، الأحمال المسلطة خارج محوري التناظر ٤٧٤
٩,٤ تغير الإجهاد مع ميل العنصر ٤٧٩
٩,٥ الإجهاد في نقطة ٤٨١
٩,٦ تغير الإجهاد في نقطة : الاشتقاق التحليلي ٤٨٢
٩,٧ دائرة مور ٤٨٦
٩,٨ تطبيقات دائرة مور على التحميلات المركبة ٤٩٩
٩,٩ تحويل مركبات الانفعال ٥١٤
٩,١٠ وردة الانفعال ٥٢٣
٩,١١ العلاقة بين معاير الجسوءة ومعاير والمرونة ٥٢٨

الفصل العاشر : العتب المسلح ٥٣٣
١٠,١ مقدمة ٥٣٥
١٠,٢ العتب المصنع من مواد مختلفة ٥٣٥
١٠,٣ إجهادات القص وانحراف العتب المركَّب ٥٤٤

١٠,٤ عتب الخرسانة المسلحة ٥٤٦
١٠,٥ تصميم عتب من الخرسانة المسلحة ٥٥٣
١٠,٦ عتب T المسلح ٥٥٨
١٠,٧ إجهادات القص والرباط ٥٦١

الفصل الحادي عشر : الأعمدة ٥٦٧
١١,١ مقدمة ٥٦٩
١١,٢ الحمل الحرج ٥٧٠
١١,٣ الأعمدة الطويلة وصيغة أويلر ٥٧٢
١١,٤ حدود صيغة أويلر ٥٧٩
١١,٥ الأعمدة المتوسطة ـ صيغ تجريبية (اختيارية) ٥٨٤
١١,٦ الأعمدة المعرضة لأحمال لامركزية ٦٠٢
١١,٧ صيغ القاطع ٦٠٨

الفصل الثاني عشر : الوصلات المبرشمة والملحومة ٦١٥
١٢,١ مقدمة ٦١٧
١٢,٢ أنواع الوصلات المبرشمة : تعاريف ٦١٧
١٢,٣ مقاومة وصلة تراكبية بسيطة ٦١٩
١٢,٤ مقاومة وصلة تناكبية معقدة ٦٢٢
١٢,٥ الإجهادات في الوصلات المبرشمة ٦٣١
١٢,٦ الوصلات الإنشائية المبرشمة ٦٣٤
١٢,٧ الوصلات المبرشمة اللامركزية التحميل ٦٣٩
١٢,٨ الوصلات الملحومة ٦٤٨
١٢,٩ الوصلات الملحومة اللامركزية التحميل ٦٥٥

الفصل الثالث عشر : موضوعات خاصة ٦٦٧
١٣.١ مقدمة ٦٦٩
١٣.٢ التحميل المتكرر ؛ الكلالي ٦٦٩
١٣.٣ تركيز الإجهاد ٦٧٢
١٣.٤ نظريات الانهيار ٦٧٧
١٣.٥ طرق الطاقة ٦٨٠
١٣.٦ الصدم أو التحميل الحركي ٦٩١
١٣.٧ إجهاد القص في الأعضاء رقيقة الجدران الخاضعة لانحناء ؛ دفق القص ٦٩٩
١٣.٨ مركز القص ٧٠٢
١٣.٩ الانحناء غير المتناظر ٧١٢
١٣.١٠ العتب المقوس ٧٢٤
١٣.١١ الأسطوانات سمكية الجدران ٧٣٥

الفصل الرابع عشر : الفعل غير المرن ٧٤٣
١٤.١ مقدمة ٧٤٥
١٤.٢ عزم الفتل الحدي ٧٤٦
١٤.٣ العزم الحدي ٧٤٩
١٤.٤ الإجهادات المتخلفة ٧٥٤
١٤.٥ التحليل الحدي ٧٦٥

الملحق (أ) : عزوم القصور الذاتي ٧٨١
أ ـ ١ تعريف عزم القصور الذاتي ٧٨٣
أ ـ ٢ عزم القصور القطبي ٧٨٥

أ ـ ٣ نصف قطر القصور ٧٨٦
أ ـ ٤ صيغة النقل لعزم القصور الذاتي ٧٨٧
أ ـ ٥ عزوم القصور الذاتي باستخدام التكامل ٧٨٨
أ ـ ٦ عزم القصور الذاتي للمساحات المركبة ٧٩٦
أ ـ ٧ عزم القصور المشترك ٨٠٩
أ ـ ٨ عزم القصور المشترك بالنسبة لمحاور التماثل ٨٠٩
أ ـ ٩ صيغة النقل لعزم القصور المشترك ٨١١
أ ـ ١٠ عزم القصور الذاتي بالنسبة لمحاور مائلة ٨١٨
أ ـ ١١ دائرة مور لعزم القصور الذاتي ٨٢١
أ ـ ١٢ عزوم القصور الذاتي العظمى والصغرى ـ المحاور الرئيسة ٨٢٤

الملحق (ب) جداول ٨٣١
ب ـ ١ معدل الخواص الفيزيائية للمعادن الشائعة ٨٣٣
ب ـ ٢ خواص المقاطع العريضة الشفة (شكل W) ٨٣٤
ب ـ ٣ خواص مقاطع العتب بشكل I (شكل S) ٨٤٢
ب ـ ٤ خواص المقاطع بشكل قناة ٨٤٤
ب ـ ٥ خواص المقاطع بشكل زاوية متساوية الجانبين ٨٤٦
ب ـ ٦ خواص المقاطع بشكل زاوية غير متساوية الجانبين ٨٤٩

الملحق (جـ) ثبت المصطلحات ٨٥٣
جـ - ١ عربي / إنجليزي ٨٥٥
جـ - ٢ إنجليزي / عربي ٨٦٠

قائمة بالرموز والاختصارات

A	مساحة
$A`$	مساحة جزئية من مقطع عتبة
$\bar{a}$ ، $\bar{b}$	إحداثيات المركز الوسطى لمخطط العزم الناتج عن أحمال بسيطة الإسناد
b	عرض، اتساع
c	مسافة بين المحور المحايد والليفة القصوى
D,d	القطر
E	معامل المرونة في الشد أو الضغط
e	الاختلاف المركزي، أساس اللوغاريتم الطبيعي
f	تردد ، تواتر
f_c	وحدة إجهاد الضغط في الخرسانة
f_s	وحدة إجهاد الضغط في فولاذ التسليح
G	معامل الصلابة (معامل المرونة في القص)
g	تسارع الجاذبية ($9.81\ m/s^2$)
h	ارتفاع ، عمق العتبة
I	عزم القصور الذاتي للمساحة
I_{NA}	عزم القصور الذاتي بالنسبة إلي المحور المحايد
$\bar{I}$	عزم قصور ذاتي بالنسبة لمحور يمر من المركز المتوسط
J	عزم القصور الذاتي القطبي
$\bar{J}$	عزم القصور الذاتي القطبي بالنسبة للمركز المتوسط
K	عامل تركيز الإجهاد
k	ثابت النابض ، نصف قطر الدوران

L	طـــــول
L_e	الطول الفعّال للأعمدة
M	عزم الانحناء
m	كتلة
N	قوة عمودية، عامل أمان
n	نسبة معاملي المرونة
p	قوة ، حمولة مركزة ، شد طوقي (حلقي)
ρ	قدرة
p_{cr}	الحمولة الحرجة للأعمدة
p_{uv}، p_{xy}	جداء القصور الذاتي
p	الضغط على وحدة المساحة
Q	عزم المساحة الساكن أو العزم الأول للمساحة
q	دفق القص
R	رد الفعل، قوة محصلة، نصف القطر
r	نصف قطر ، نصف قطر الدوران
S	معامل المقطع (I / C)
σ	وحدة إجهاد ، إجهاد عمودي
σ_b	وحدة إجهاد الاستناد
σ_c	وحدة إجهاد ضغط
σ_{cr}	وحدة إجهاد حرج في قانون الأعمدة
σ_f	وحدة إجهاد الانحناء
σ_r	وحدة إجهاد قطري
σ_w	إجهاد مسموح
σ_t	وحدة إجهاد شدي ، وحدة إجهاد مماسي
σ_x , σ_y , σ_z	وحدات إجهاد عمودي في اتجاه x و y و z على التوالي
σ_{yp}	إجهاد في نقطة الخضوع
T	اللي ، درجة الحرارة
t	السمك ، الانحراف المماسي

τ	وحدة إجهاد قصي
τ_{xy}	وحدة إجهاد قصي في المستوى $x-y$
$u,\ v,\ w$	إحداثيات متعامدة
V	قوة قص رأسية
v	سـرعة
W	وزن كلي ، حمولة
w	وزن أو حمولة بوحدة الطول
X, Y, Z	مركبات عمودية لقوة
X, Y, Z	إحداثيات متعامدة
$\bar{x}\ ,\ \bar{y}\ ,\ \bar{z}$	إحداثيات المركز المتوسط أو مركز الثقل
y	انحراف العتبة
α	معامل التمدد الطولي في درجة الحرارة
α, β, γ	زوايا
γ	وحدة انفعال القص
δ	الاستطالة الكلية أو الانكماش ، انحراف العتبة ، الانحراف الأعظم للعمود
δ_{st}	الانحراف الساكن
$\in$	وحدة انفعال شدي أو ضغطي
$\in_x\ ,\ \in_y\ ,\ \in_z$	وحدة انفعالات شد أو ضغط في اتجاه المحاور z و y و x على التوالي
θ	زاوية الالتواء الكلية ، ميل زاوية للمنحنى المرن
ρ	نصف قطر الانحناء . نصف قطر متغير ، كثافة كتلة
ν	نسبة بواسون
ω	سرعة زاوية
$C\ G$	مركز الثقل
deg	درجـات
DF	عامل توزيع
FS	عامل أمـان

FEM	عزم نهاية مثبتة
ID	نصف قطر داخلي
NA	محور محايد
OD	نصف قطر خارجي
PL	حد التناسب
YP	نقطة الخضوع