مقـــاومة المـــواد

Strength of Materials

الدكتور
أمجد ابراهيم شحادة
(دكتوراه هندسة مدنية)

المهندس
عبد المجيد مسعود الكبللو
(ماجستير هندسة ميكانيكية)

دار الفجر للنشر والتوزيع

2005

obeikandl.com

مقـــاومـــة المـــواد
Strength of Materials

د. أمجـــد ابراهيم شحادة

م. عبد المجيد مسعود الكبللو

حقوق النشر
الطبعة الأولي 2005 م
جميع الحقوق محفوظة للناشر

رقم الإيداع
5605
الترقيم الدولي I.S.B.N.
977-358-089-x

دار الفجـــر للنشـــر و التـــوزيـــع
4 شارع هاشم الأشـــقـــر – الترهة الجديدة – القاهرة
ت : 6246252 (00202) ف : 6246265 (00202)

لا يجوز نشر أي جزء من الكتاب أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي نحو أو بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة و مقدما .

obeikandi.com

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ قل لو كان البحر مداداً لكلمات ربي لنفد البحر قبل أن تنفد كلمات ربي ولو جئنا بمثله مددا ﴾

صدق الله العظيم

الإهـــــــداء

إلى كل من يؤمن بأن الأسلوب العلمي هو الطريق الصحيح للنجاح ..... والى جميع الذين عملوا على تقديم العون لإنجاز هذا العمـــل ..... أجـــلالاً وتقـــديراً واحتراماً نهدي هذا العمل .

المولفان

obeikandl.com

obeikandl.com

محتـــويـــات الـــكتـــاب

مقـــدمـــة الكتـــاب 7

البـــــاب الأول : مدخـــل في علم مقـــاومة المـــواد 11

البـــاب الثانـــي : الشـــد والضغـــط 41

البـــاب الثالـــث : القـــص 147

البـــاب الرابـــع : الخواص الهندسية للمساحات والمقاطع 175

البـــاب الخامس : الالـــتـــواء 241

البـــاب السادس : الانحناء 287

المراجـــــــع 402

obeikandl.com

obeikandl.com

مقدمـــة الكتـــاب

أن مختلف الإنشاءات والآلات والمكائن الهندسية ، بمختلـف أنواعهـا يجب أن تتصف عند تصميمها ، بالمقاومة المطلوبة المتانـة ، أي القابليـة لمقاومة الانهيار تحت تأثير القوى الخارجية المسلطة عليها . ولهـذا فـأن أجزاء هذة الإنشاءات الهندسية المختلفة يجب أن تكون مصنوعة من مـواد مناسبة وحسب المواصفات والأبعاد الضرورية المطلوبة . بالإضافة إلى ذلك يتحتم في كثير من الحالات تحديد التغيرات في الشكل والأبعاد (التشـوهات) التي تحدث في أجزاء الإنشاءات عند تأثير الأحمال المختلفة عليها .

أن الأجسام التي تدرس في " الميكانيكا النظريـة " باعتبارهـا أجسـاماً مطلقة الصلابة أو أجساماً لا تتشوه لا وجود لها فـي الواقـع ، وحيـث أن التشوهات البسيطة تحت تأثير الحمل العادي لا تظهر تأثيراً ملموسـاً علـى قوانين توازن الأجسام لذا فأنها تهمل في الميكانيكا النظرية . لكن في أكثـر الحالات يجب تحديد مقدار الانفعالات التشوهات ، بغض النظر عن صـغرها بالنسبة إلى أبعاد الجزء المدروس إذ يستحيل الاستخدام الطبيعي للإنشـاءات الهندسية المختلفة في حالة عدم تحديد هذه الانفعالات والتشوهات .

أن قابلية أجزاء الإنشاءات لمقاومة التشوه (الصـلادة) تعتبـر أحـدى الخواص التصميمية المطلوبة والهامة ، كما أن أجزاء الإنشاءات الهندسـية المختلفة يجب أن تتصف بالاستقرار أي القابلية لمقاومة الانحرافات الكبيـرة عن التوازن عند تأثيرات انفعالية صغيرة . أن هذة القضـايا وغيرهـا هـي موضوع دراسة علم مقاومة المواد وهو ما يتضمنه هذا الكتاب .

يعتبر علم مقاومة المواد (Strength of Materials) أحـد فـروع العلوم الطبيعية التي تتخصص في حل جميع المشـاكل الهندسـية المتعلقـة بشرح طرق حساب متانة وصلادة واستقرار أجـزاء الإنشـاءات الهندسـية بمختلف أنواعها .

ويعد علم مقاومة المواد أحد أقدم العلوم الطبيعية حيث أن العلماء اليونانيون القدماء كانوا قد تطرقوا في كتابتهم إلى أسس ونظريات وسلوك واستقرار الأجسام المختلفة ، ومن أشهرهم العالم أرخميدس (Archimedes 212-287 ق.م) الذي قدم نظريات في توازن الأجسام واستقرارها بصورة صحيحة ودقيقة لا تزال مستخدمة ليومنا هذا .

وفي القرن السابع عشر استطاع العالم الإيطالي المعروف غاليليو (Galileo 1564 – 1642 م) ، لأول مرة تفسير تصرف أجزاء الإنشاءات بطريقة علمية ومنطقية وقد أطلق عليه " مؤسس طرق العلوم التطبيقية " ، وقد ساهم في بداية القرن التاسع عشر مجموعة من العلماء في تطوير هذا العلم أمثال (هوك بيرنوللي ، وبويسن ، وسين فينان ، وكوش لاميه) وغيرهم مساهمة كبيرة في تطوير نظرية " مقاومة المواد " إذ أنهم صاغوا الفرضيات الأساسية ووضعوا بعض القوانين والمعادلات الحسابية لها ، كما وتدرج الإشارة إلى الأبحاث القيمة التي قام بها العالم السويسري (ليوناردو ايلر) في حساب استقرار القضبان المضغوطة والتي تستخدم حتى يومنا هذا . كما حازت أبحاث العالمين الروسيين (جورافسكى وغولفين) في القرن التاسع عشر شهرة عالمية ، حيث تستخدم صيغة العالم جورافسكى حتى الآن لتحديد أجهادات القص عند الانحناء .

أما بالنسبة للعلماء العرب والمسلمين فلا يفوتنا أن نذكر فضلهم في تقدم العلوم الرياضية بشكل عام ، وعلم مقاومة المواد وسلوك الأجسام واستقرارها بشكل خاص ومنهم العلماء (ثابت بن قرة ، وأبن الهيثم ، وأبو يوسف الكندي ، والعالم الفارابي ، ومحمد البيروني ، وابن رشد) وغيرهم من العلماء النابغين الذين لا يزال يذكرهم التاريخ بالفخر والإجلال ، ويتحدث عن إنجازاتهم وأثارهم بالإعجاب والتقدير .

وقد تطور علم مقاومة المواد منذ بداية القرن العشرين تطـوراً نوعيـاً نظراً لارتباطه المباشر بمرحلة النمو المطرد للصناعة ، عندما برزت الحاجة إلى إنشاء عدد كبير من المعامل والمصانع والجسور والموانئ والإنشـاءات الهندسية المختلفة ، ونتيجة لتراكم الأبحاث والمعطيات التجريبيـة ، حيـث ظهرت أبحاث قيمة جداً كلها مكرسة لمتابعة تطوير وإتقان الطرق الحسـابية المستخدمة في هذا العلم ، حيث أصبح في الوقت الحاضر يعتمد على طـرق ونظريات وفرضيات علمية محددة ، تستخدم لحل معظم القضـايا الهندسـية المتعلقة بالمتانة والاستقرار للإنشاءات الهندسية المختلفة .

أن هذا الكتاب مخصص أساساً لطلبة الجامعات والمعاهد المهنية العليا ، وخصوصاً الطلبة الذين يدرسون الهندسة بمختلف فروعهـا فـي المراحـل الجامعية الأولى ، ونظراً لان برامج الدراسة مختلفة في فروع الهندسة كافة فقد روعي قبل كل شيء عند عرض مادة هذا الكتـاب أن يكـون المنهـاج متكاملاً بقدر الأمكان ، وأن يعطي صورة كافيـة عـن المبـادئ الأساسـية والطرق اللازمة للمهندسين في مجالات تطبيق علم مقاومة المـواد بشـكل واضح ومبسط .

ولقد أحتوى الكتاب جزءً كبيراً من الأمثلة والمسـائل المحلولـة ، كمـا تحتوي حلول المسائل على إرشادات وملاحظات تساعد الطالب عبر دراسـته لعلم مقاومة المواد بدون مدرس ، لذا فأن هذا الكتاب مفيـد للطلبـة الـذين يتعلمون بأنفسهم .

أن المشكلة الحقيقية المطروحة الآن أمام العـالم وخاصـة فـي مجـال التطبيقات الهندسية هي اقتصاد المواد الأوليـة المسـتخدمة فـي تصـميم الإنشاءات الهندسية الحديثة بمختلف أنواعها واستخداماتها وتطوير وتحسين طرق إنتاجها وذلك عن طريق استخدام المواد مناسبة ذو مواصفات وأبعـاد ضرورية معينة ورفدها بأحدث الوسائل العلميـة والفنيـة ، ورفـع نوعيـة

ومستوى أعداد الكوادر الهندسية وتوسيع القاعدة النظرية لمعلوماتهم ، وأن دراسة علم مقاومة المواد يعتبر أحد البنيات الأساسية العلمية الحديثة في أنجاز هذا المهام .

وأخيراً نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كل من ساهم في أعداد وطباعة هذا الكتاب ونخص بالذكر الدكتورة انتصار طالب الباجه جي لمساهمتها القيمة في طباعة هذا الكتاب وظهوره بهذه الصورة المشرقة . كما نتقدم بالشكر الخالص إلى الأخت أسيا خمير لمساعدتها الطيبة في طباعة هذا العمل .

كما نود أن نشكر الدكتور علي أبرإهيم سعد والدكتور علي أشطيبة والدكتور عصام أبرإهيم شحادة والدكتور جمال طه لتشجيعهم على الإقبال لإنجاز هذا العمل . كما نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الإخوة الدكتور نضال شحادة والمهندس عبد الله الباجه جي لمساعدتهم الطيبة في اصدار هذا الكتاب .

وأخيراً نتقدم بالشكر نحو كل العاملين في إدارة المركز العالي للمهن الميكانيكية- جنزور ، وإدارة المركز العالي للمهن الشاملة- 2 مارس - طرابلس لما أولوه من دعم معنوي كبير في أعداد هذا العمل .

والله الموفق

المؤلفان