بدء
بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم الأساسات بالطرق التقليدية وبرامج الحاسب الآلي

تأليف

د. مصطفى كمال بدرة

أستاذ الهندسة المدنية المساعد

جامعة الدمام (الملك فيصل سابقًا)

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بدرة، مصطفى كمال.

تصميم الأساسات بالطرق التقليدية وبرامج الحاسب الآلي./ مصطفى كمال بدرة - الرياض، ١٤٣٣هـ.

٤٠١ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٠ - ٩٣٦ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

١- الأساسات ٢- هندسة الإنشاءات ٣- المباني أ. العنوان

ديوي ٦٢٤,١٥ ١٤٣٣/٣٨

رقم الإيداع: ١٤٣٣/٣٨

ردمك: ٠ - ٩٣٦ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة وقد وافق المجلس العلمي على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكمين في اجتماعه السادس عشر للعام الدراسي ١٤٣٢/١٤٣١هـ، الذي عُقد بتاريخ ١٤٣٢/٥/٢٧هـ، الموافق ٢٠١١/٥/١م.

يعتذر النشر العلمي عن عدم وضوح بعض المعادلات لهذا الكتاب لورودها من المؤلف

إهداء

إلى من شجعتني وكانت لي خير معين على إتمام هذا الجهد :

"زوجتي ريم"

تمهيد

يتعلق تصميم الأساسات بعوامل متعددة، منها ما يتعلق بخواص وطبيعة التربة، ومنها ما يتعلق بخواص ونوع النظام الإنشائي للمنشأ ونوع الأساس والأحمال المؤثرة عليه. يتناول هذا الكتاب تحليل وتصميم الأساسات بما يخص المهندس الإنشائي، حيث يقدم الكتاب وصفا لكل نوع من أنواع الأساسات، ومن ثم يتم مناقشة الطرق التقليدية المستخدمة لتصميمه، وكذلك الطرق الحديثة باستخدام الحاسب. يتميز الكتاب بتغطيته وبنهج عصري معظم أنواع الأساسات التي يمكن أن يتعرض لها المهندس المدني في حياته العملية، وبتقديمه مسائل مختارة من صميم الواقع العملي مع اعتبار حالات تحميل متنوعة بما فيها الناتجة عن الزلازل والرياح وكيفية التعامل معها مع تقديم مقارنة بين الطرق للوصول إلى الحل الأدق والطريقة الأكثر كفاءة.

الكتاب مؤلف من ثمانية فصول وأربع مجموعات من الملاحق. الفصل الأول يعرض مفاهيم أساسية وعامة تتعلق بالأساسات بشكل عام، الفصل الثاني يناقش تصميم القواعد المنفصلة ويعرض سبعة أمثلة تطبيقية، الفصل الثالث يناقش تصميم الأساسات الشريطية ويعرض سبعة أمثلة تطبيقية، الفصل الرابع يناقش تصميم القواعد المشتركة ويعرض أربعة أمثلة تطبيقية والفصل الخامس يناقش تصميم أساسات

الحصيرة ويعرض خمسة أمثلة تطبيقية، الفصل السادس يناقش تصميم أساسات الأوتاد ويقدم ثلاثة أمثلة تطبيقية، الفصل السابع يناقش تصميم الحوائط الساندة وجدران الأقبية ويقدم ثلاثة أمثلة تفصيلية، والفصل الثامن يعرض بشكل موجز توصيات لتنفيذ بعض أنواع الأساسات مع الصور الملتقطة من مواقع الإنشاء. أما الملاحق A1-A6 فهي ملاحق تقنية رافد للنص الأصلي، الملاحق B1-B5 تشرح بخطوات تفصيلية طريقة نمذجة أمثلة مختارة محلولة باستخدام البرامج وبعض برامج التصميم الإنشائي، الملاحق C1-C10 تعرض رسومات مخططات التسليح لأمثلة متنوعة مختارة، وأخيرًا الملحق D1 يضم جدولاً بمحتويات القرص المدمج المرفق الذي يحتوي ملفات النماذج التحليلية للأمثلة المحلولة.

أسلوب الكتاب مبسط قدر الإمكان مع التركيز على الناحية العملية دون إهمال الناحية النظرية، وقد تم اعتماد الكود الأمريكي لتصميم الخرسانة المسلحة ACI 318-2008. الكتاب موجه إلى طلبة كليات الهندسة المدنية بالجامعات والمراكز التعليمية، وللمهندسين المدنيين العاملين في المكاتب والشركات الهندسية في مجالات التصميم والإشراف والتنفيذ. أخيرا يأمل المؤلف أن يجد الزملاء المهندسون والأخوة الطلاب في هذا الكتاب عونًا لهم في تحمل أعبائهم للرقي بمستوى المهنة لمواجهة التحديات في صناعة الإنشاء.

الهدف من الكتاب وطريقة الاستفادة منه

الهدف من هذا الكتاب هو تقديم وعرض مبادئ تصميم الأساسات بمختلف أنواعها باستخدام الطرق التقليدية التي تعتمد على ميكانيكا الإنشاءات والهندسة الجيوتكنيكية، وباستخدام الطرق المعتمدة على الحاسب الآلي في ظل التطور الحالي الكبير لاستعمال البرامج الحاسوبية والتغيرات في كودات التصميم والأنظمة الإنشائية. يقدم الكتاب أمثلة عملية متنوعة وضعت بمتناول أيدي طلبة وخريجي الهندسة

الإنشائية والمدنية، وترميمًا لجسر الفجوة بين المبادئ النظرية والتطبيق العملي ويحاول المؤلف مراعاة التوازن بين القيمة الأكاديمية للنص وتسليط الضوء على الواقع العملي. يعرض الكتاب العديد من المسائل المتنوعة (٢٩ مسألة منها ١٦ مسالة محلولة باستخدام الحاسب) مع تقديم الحل بأكثر من طريقة ومقارنة النتائج للوصول إلى التوصيات. حسب رغبة وخبرة القارئ، يمكن الاستفادة من الكتاب بثلاث طرق:

أولاً: القارئ المتقن لاستخدام برامج تحليل التصميم الإنشائي: يمكن قراءة الكتاب بشكل متسلسل مع ممارسة الأمثلة التطبيقية بالاستفادة من نص الكتاب والقرص المدمج المرفق.

ثانيًا: القارئ الملم بشكل أساسي فقط باستخدام برامج التصميم الإنشائي: يفضل الابتداء بقراءة ومحاولة تطبيق الأمثلة التفصيلية الوارد شرحها في مجموعة الملاحق B1-B4 ومن ثم قراءة فصول الكتاب بشكل متسلسل مع ممارسة الأمثلة التطبيقية في الفصول، ومتابعة المدخلات والمخرجات بالاستفادة من القرص المدمج الملحق.

ثالثًا: يمكن استخدام الكتاب كمرجع لحل مسألة معينة، ويستفاد في هذه الحالة من قائمة المحتويات وكشاف الموضوعات للبحث عن موضوع معين أو مثال مشابه، وكذلك الجدول رقم (١,٧).

المؤلف

الرموز العامة ودلالاتها
Frequently-used Notations

Notation	دلالة الرمز (عربي)	الوحدة	الرمز
Reinforcement area	مساحة التسليح	cm^2	A_s
Stress of soil cohesion	إجهاد تماسك التربة	KN/m^2	c
Effective depth of base Distance between piles	الارتفاع الفعال للقاعدة التباعد بين الأوتاد	m	d
Pile diameter	قطر الوتد	m	D
Dead, Live load cases	حالة الحمل الميت، الحي	-	D, L
Height of soil till the bottom of RC footing	منسوب التأسيس (عمق التربة إلى أسفل القاعدة المسلحة	m	D_f
Earthquake load case in x, y directions	حالة حمل الزلازل بالاتجاه x, y	-	Ex, Ey
Concrete characteristic compressive strength	المقاومة المميزة للخرسانة على الضغط	MPa	f'c
Steel yield strength	إجهاد خضوع الحديد	MPa	f_y
Height of RC footing	ارتفاع الأساس	m	h
Modulus of sub-grade reaction	معامل رد فعل التربة	KN/m^3	K_s
Ultimate bending moment	عزم الانحناء الحدي	KN.m	M_u
Bending moment about x, y axis	عزم الانحناء المؤثر على الأساس	KN.m	Mx, My
Force applied on foundation	القوة المؤثرة على الأساس	KN	P

Notation	دلالة الرمز (عربي)	الوحدة	الرمز
Soil pressure resultant (1.0 m slice) on a wall	محصلة ضغط التربة على جدار ساند (لشريحة بعرض 1.0 m)	KN	P_a
Stress of soil reaction	إجهاد رد فعل التربة	KN/m^2	q
Soil allowable bearing capacity	التحمل المسموح للتربة	KPa	q_a
Net allowable soil bearing capacity	التحمل المسموح الصافي للتربة	KPa	q_{an}
Ultimate stress of soil reaction	إجهاد رد فعل التربة الحدي	KN/m^2	q_u
Pile load capacity	تحمل الوتد المسموح	KN	Q_{all}
Allowable concrete shear strength	مقاومة القص المسموحة للخرسانة	KN	V_c
Ultimate shear force	قوة القص الحدية	KN	V_u
Angle of reaction for soil Strength reduction factor	زاوية احتكاك التربة معامل تخفيض المقاومة	cent-grade -	ϕ
Concrete weight of volume	كثافة الخرسانة	KN/m^3	γ_c
Weight of volume for soil	كثافة التربة	KN/m^3	γ_{soil}
Reinforcement ratio	نسبة التسليح	-	ρ

تحويلات مهمة

Important unit factor conversions

1 KN = 1000 N, 1 MN =1000 KN = 1000000 N
1 Pa = 1 N/m^2, 1 KPa = 1 KN/m^2 =1000 N/m^2
1MPa = 1000KPa =1000000 N/m^2
1 KN ≈ 100Kgf*
1KPa ≈ 0.1 tonf*/m^2 or 0.01 Kgf/cm^2
1MPa ≈ 10 Kgf/cm^2
1Kg/cm^2 = 10 $tonf/m^2$
1psi** = 0.145 KN/m^2

* Kgf, tonf (Kg force, ton force)
** psi (pound or lb. per square inch)

المحتويات
Contents

إهداء.....هـ
تمهيد ..... ز
الرموز العامة ودلالاتها..... ك

الفصل الأول: مفاهيم أساسية وعامة ١
(١,١) استكشاف التربة وتحري الموقع..... ١
(١,١,١) الخطوات التفصيلية لاستكشاف التربة..... ٢
(١,١,٢) توزيع وعدد الجسات ٢
(١,٢) تصنيف التربة..... ٣
(١,٢,١) نظام آشتو ٣
(١,٢,٢) النظام الموحد..... ٤
(١,٣) تحمل التربة المسموح ٥
(١,٤) معامل رد فعل التربة..... ٦

(١,٥) تقرير ميكانيكا التربة ٨
(١,٦) الأساسات والغرض منها..... ٩
(١,٦,١) أنظمة الأساسات السطحية..... ٩
(١,٦,٢) الأساسات العميقة..... ١٢
(١,٦,٣) اشتراطات عامة للكود ACI318-08 بما يتعلق بالأساسات
وتصميم الخرسانة ١٢
(١,٧) تصميم الأساسات باستخدام الحاسب ١٤
(١,٧,١) أنواع برامج التصميم الإنشائي المستخدمة على نطاق واسع..... ١٤
(١,٧,٢) برامج تصميم الأساسات..... ١٤
(١,٧,٣) برامج تصميم الأساسات المستخدمة في الكتاب ١٦

الفصل الثاني: القواعد المنفصلة (المنعزلة)..... ١٩
(٢,١) أنواع القواعد المنفصلة..... ١٩
(٢,٢) تصميم القواعد المنفصلة المربعة المعرضة لقوة محورية ٢١
(٢,٣) تصميم القواعد المستطيلة المعرضة لقوة محورية ٣٠
(٢,٤) تصميم القواعد المنفصلة المحملة لامركزيًا (قوة محورية مع عزم أو عزمي انحناء).... ٣٢
(٢,٤,١) طريقة التحليل الجاسئة ٣٤
(٢,٤,٢) طريقة مستطيل الضغط المكافئ ٣٩
(٢,٥) أمثلة تطبيقية..... ٤٢
المثال (٢,١): تصميم قاعدة منفصلة مربعة معرضة إلى قوة محورية..... ٤٢
المثال (٢,٢): تصميم قاعدة مستطيلة معرضة إلى قوة محورية..... ٤٦
المثال (٢,٣): تصميم قاعدة منفصلة معرضة إلى قوة محورية وعزم (إجهاد
ضغط كلي) ٥٠

المثال (٢,٤): تصميم قاعدة منفصلة معرضة إلى قوة محورية وعزم (إجهاد ضغط جزئي) ٥٥
المثال (٢,٥): تحقيق قاعدة منفصلة معرضة إلى قوة محورية وعزمي انحناء ٦٠
المثال (٢,٦): تحقيق قاعدة منفصلة معرضة لقوى جاذبية وزلالزل ٦٦
المثال (٢,٧): تحقيق قاعدة منفصلة معرضة لقوة وعزمين – لامركزية خارج الثلث الأوسط ٧٠

الفصل الثالث: الأساسات الشريطية (المستمرة) ٧٧
(٣,١) أنواع الأساسات الشريطية ٧٧
(٣,٢) تصميم الأساسات الشريطية المعرضة لقوة محورية ٧٨
(٣,٣) تصميم الأساسات الشريطية المعرضة لقوة محورية وعزم بالاتجاه العرضي ٨٢
(٣,٤) الأساسات الشريطية لجدران بيت الدرج ونواة المصعد ٨٥
(٣,٥) تصميم الأساسات الشريطية تحت صفوف الأعمدة ٨٦
(٣,٥,١) طرق التحليل الإنشائي للأساسات الشريطية تحت صفوف الأعمدة ... ٨٨
(٣,٦) الأساسات الشريطية غير المنتظمة ٩٠
(٣,٧) أمثلة تطبيقية ٩٤
المثال (٣,١): أساس شريطي معرض إلى قوى محورية..... ٩٤
المثال (٣,٢): أساس شريطي لجدار قبو ٩٧
المثال (٣,٣): أساس شريطي منتظم لبئر درج (أحمال الجاذبية فقط) ١٠٠
المثال (٣,٤): أساس شريطي لبئر درج غير منتظم..... ١٠٣
المثال (٣,٥): أساس شريطي تحت صف أعمدة (مقطع T مقلوب)..... ١٠٩
المثال (٣,٦): أساس شريطي تحت صف أعمدة (مقطع مستطيل) ١١٧
المثال (٣,٧): أساس شريطي تحت صف أعمدة باتجاهين ١٢٤

الفصل الرابع: القواعد المشتركة ١٢٩
(٤,١) أنواع القواعد المشتركة وأسس تصميمها..... ١٢٩
(٤,٢) تصميم القاعدة المشتركة مستطيلة الشكل..... ١٣١
(٤,٣) تصميم القاعدة المشتركة على شكل شبه منحرف ١٣٥
(٤,٤) تصميم القاعدة المشتركة لعمودين باستخدام جسر رابط ١٣٨
(٤,٤,١) حالات القواعد ذات الجسر الرابط..... ١٤١
(٤,٥) أمثلة تطبيقية..... ١٤٢
المثال (٤,١): قاعدة مشتركة مستطيلة الشكل..... ١٤٢
المثال (٤,٢): أساس مشترك لعمودين بشكل شبه منحرف ١٤٨
المثال (٤,٣): أساس مشترك باستخدام جسر رابط..... ١٥٦
المثال (٤,٤): أساس مشترك لثلاثة أعمدة بخيارين (مقطع مستطيل ومقطع T مقلوب) ١٦٤

الفصل الخامس: الحصائر ١٧٥
(٥,١) أنواع الحصائر ١٧٥
(٥,٢) طرق التحليل الإنشائي للحصائر ١٧٧
(٥,٢,١) الطريقة الكلاسيكية الجاسئة ١٧٨
(٥,٢,٢) الطريقة التقريبية المرنة..... ١٧٩
(٥,٢,٣) طريقة العناصر المحدودة..... ١٨٠
(٥,٣) الطريقة الكلاسيكية الجاسئة – خطوات تفصيلية..... ١٨٢
(٥,٤) خصائص نمذجة الحصائر..... ١٨٥
(٥,٥) ارتباط النوابض ١٨٦

(٥,٥,١) ارتباط النوابض بطريقة بوسينسك ١٨٧
(٥,٥,٢) مضاعفة النوابض المحيطية ١٨٨
(٥,٦) الحصائر الدائرية ١٨٩
(٥,٧) أمثلة تطبيقية ١٩١
المثال (٥,١): حصيرة بلاطة منبسطة ١٩١
المثال (٥,٢): حصيرة نوع "بلاطة مع جسور مقلوبة" ٢٠٨
المثال (٥,٣): حصيرة خزان عالٍ مربعة الشكل مع تمثيل ارتباط النوابض ... ٢٢٠
المثال (٥,٤): حصيرة منشأ صناعي دائرية الشكل ٢٢٨
المثال (٥,٥): حصيرة جزئية غير منتظمة ٢٣٦

الفصل السادس: الأساسات العميقة (الأوتاد) ٢٤١
(٦,١) مقدمة وتعريف ٢٤١
(٦,٢) تحمل الوتد المسموح ٢٤٣
(٦,٣) أنواع الأوتاد ٢٤٤
(٦,٣,١) الأوتاد المصنوعة من الخرسانة ٢٤٥
(٦,٤) مجموعات الأوتاد ٢٤٦
(٦,٤,١) أنواع مجموعات الأوتاد ٢٤٦
(٦,٤,٢) كفاءة مجموعات الأوتاد ٢٤٧
(٦,٥) قبعات الأوتاد ٢٤٩
(٦,٥,١) الاشتراطات البعدية لقبعات الأوتاد ٢٤٩
(٦,٥,٢) طرق تصميم قبعات الأوتاد ٢٥٠
(٦,٦) أمثلة تطبيقية ٢٥٣
المثال (٦,١): قاعدة عمود على أربعة أوتاد ٢٥٣

المثال (٦,٢): قاعدة عمود على ثمانية أوتاد..... ٢٥٩
المثال (٦,٣): أساس حوائط بيت درج على صف وحيد للأوتاد..... ٢٦٥

الفصل السابع: الحوائط الساندة ٢٦٩
(٧,١) مقدمة وتعريف ٢٦٩
(٧,٢) ضغط التربة الجانبي أثناء الراحة..... ٢٧٢
(٧,٣) ضغط التربة على الحوائط الساندة باستخدام طريقة رانكن..... ٢٧٤
(٧,٤) تصميم الحوائط الساندة ٢٧٧
(٧,٤,١) أبعاد الحوائط الساندة..... ٢٧٧
(٧,٤,٢) التحقيق على الانقلاب..... ٢٧٧
(٧,٤,٣) التحقيق على الانزلاق..... ٢٧٩
(٧,٤,٤) التحقق من عدم تجاوز تحمل التربة ٢٨٠
(٧,٥) جدران الأقبية..... ٢٨٢
(٧,٦) أمثلة تطبيقية..... ٢٨٣
المثال (٧,١): جدار ساند كتلي..... ٢٨٣
المثال (٧,٢): جدار ساند كابولي من الخرسانة المسلحة ٢٨٦
المثال (٧,٣): تصميم جدار قبو ٢٩٤

الفصل الثامن: تنفيذ الأساسات ٢٩٩
(٨,١) رسومات الأساسات ٢٩٩
(٨,٢) أعمال تخطيط الموقع والحفر وتنفيذ الأساسات..... ٢٩٩
(٨,٣) توصيات لتنفيذ أساسات الحصيرة ٣٠١
(٨,٤) توصيات لتنفيذ أساسات الأوتاد..... ٣٠٣

الملاحق ٣٠٧
الملحق A1: تحويل العزم المؤثر على الأساس إلى ازدواج قوى ضغط وشد ٣٠٧
الملحق A2: إيجاد الخواص الهندسية لأساس غير منتظم ٣١٢
الملحق A3: حسابات قوة القص وعزم الانحناء في قاعدة مشتركة بشكل شـــبه منحرف – المثال (٤,٢) ٣١٥
الملحق A4: تحويل العزم المؤثر على الأساس إلى ازدواج قوى ضغط وشد (حالة حصيرة دائرية – المثال ٥,٤) ٣١٨
الملحق A5: مثال تطبيقي لحساب صلابات النوابض المختلفة في قطاعات حصيرة ..٣٢٠
الملحق A6: اشتراطات عامة للحصائر حسب الكود السوري لتصميم منـــشآت الخرسانة المسلحة، ٢٠٠٣م ٣٢٢
الملحق B1: مبادئ عامة معتمدة في نمذجة المسائل في الأمثلة (مدخلات ومخرجات) ٣٢٣
الملحق B2: المثال (٣,٦): إعداد النموذج التحليلي لأساس شريطي تحت صـــف أعمدة – خطوات تفصيلية ٣٢٦
الملحق B3: المثال (٥,١): إعداد النموذج التحليلي لحصيرة بلاطـــة منبـــسطة – خطوات تفصيلية ٣٣٣
الملحق B4: المثال (٥,٤): إعداد النموذج التحليلي لحصيرة دائرية – خطوات تفصيلية ..٣٤٥
الملحق B5: المثال (٦,٢): إعداد النموذج التحليلي لقبعة أوتاد – خطوات تفصيلية ٣٥٤
الملحق C1: مخطط التسليح لقاعدة منعزلة – المثال (٢,١) و المثال (٢,٢) ومخطط التسليح لأساس شريطي – المثال (٣,١).....٣٦٤
الملحق C2: مخطط التسليح لأساس شريطي تحت صـــف أعمـــدة – مقطـــع T مقلوب – المثال (٣,٥) ٣٦٥
الملحق C3: مخطط التسليح لأساس شريطي تحت صف أعمدة – مقطع مستطيل – المثال (٣,٦) ٣٦٦

الملحق C4: مخطط التسليح لقاعدة مشتركة مستطيلة – المثال (٤,١) ومخطـــط التسليح لقاعدة مشتركة بشكل شبه منحرف – المثال (٤,٢) ٣٦٧
الملحق C5: مخطط التسليح لأساس مشترك بجسر رابط – المثال (٤,٣) ٣٦٨
الملحق C6: مخطط التسليح لحصيرة نوع بلاطة منبسطة – المثال (٥,١) ٣٦٩
الملحق C7: مخطط التسليح لحصيرة نوع بلاطة مقواة بجسور مقلوبة – المثال (٥,٢) ... ٣٧٠
الملحق C8: مخطط التسليح لحصيرة دائرية – المثال (٥,٤) ٣٧١
الملحق C9: مخطط التسليح لقبعة وتد مع تسليح الوتد النموذجي– المثال (٦,١)... ٣٧٢
الملحق C10: مخطط التسليح لجدار ساند – المثال (٧,٢) مخطط التسليح لجـــدار قبو (طابقين) – المثال (٧,٣)..... ٣٧٣
الملحق D1: جدول ملفات النماذج التحليلية المتضمنة بالقرص المدمج الملحق..... ٣٧٤
المراجع ٣٧٧
ثبت المصطلحات..... ٣٨١
أولاً: عربي – إنجليزي ٣٨١
ثانيًا: إنجليزي – عربي ٣٩٠
كشاف الموضوعات ٣٩٩