الفصل الأول : الأساسات السطحية

1.1 مقدمة

الأساس هو الجزء السفلي من المنشأ المتصل بالأرض, ينقل إليها حمولات المنشأ بطريقة آمنة.

يجب أن تحقق الأساسات ما يلي :

1-تحمل كافة حمولات المنشأ بأمان

2-نقل حمولات المنشأ إلى التربة بأمان وبحيث تكون الاجهادات تحت الأساس أقل من قدرة تحمل التربة المسموحة تحت الأساس

3-مقاومة الهبوط النسبي لأجزاء المنشأ ومقاومة انتفاخ التربة

4-تحقيق الاتزان والاستقرار للمنشأ ضد أي تأثير خارجي

5-مقاومة تأثير المياه الجوفية أو التأثيرات البيئية المحيطة بالأساس

1. 2 تعريف الأساس السطحي

هو الأساس الذي يتوضع بالقرب من سطح الأرض وعادة لاتتجاوز نسبة بعد سطحه السفلي عن سطح الأرض (عمق التأسيس D_f) إلى البعد الأصغري للأساس B (عرض الأساس) قيمة الـ 1 ($\frac{D_f}{B} \leq 1$).

تنفذ الأساسات السطحية في حفريات مفتوحة بطريقة مرئية، وتنقل الحمولات إلى التربة مباشرة تحت الأساس، وتقتصر قلقلة التربة على عمق صغير.

تستخدم هذه الأساسات في مجالات واسعة (كالأبنية والجسور والخزانات) عندما تتوفر الشروط الجيوتكنيكية المناسبة, ويفضل استخدامها في الترب جيدة التحمل كالحصويات والرمل المتراص أكثر من الترب ضعيفة التحمل كالرمل المخلخل والغضار، ويمكن استخدام الأساسات السطحية في الحالات التالية :

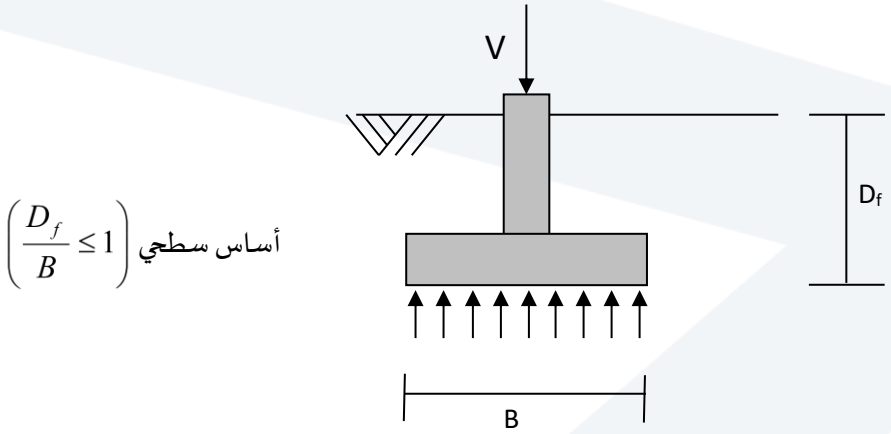
أ- عدم تعرض تربة الموقع للانجراف نتيجة لحركة المياه أو الفياضانات.

ب- امكانية السيطرة على المياه الجوفية وتخفيض منسوبها إلى ما تحت منسوب التأسيس بشكل دائم حتى الانتهاء من تنفيذ الأساسات وردم الموقع.

ت- خواص تربة الموقع لا تتأثر كثيراً بالزلازل كالحصويات والحجارة والصخور.

ث- تربة الموقع منخفضة الانتفاخية ولا تتعرض لهبوطات كبيرة

ج- إمكانية تنفيذ الأساسات السطحية بالآليات المتوفرة وخلال مدة معقولة دون التسبب بتأخير تنفيذ المشروع.



أساس سطحي $\left(\frac{D_f}{B} \leq 1\right)$

الشكل 1. 1 : الأساس السطحي

1. 3 اختيار منسوب تأسيس الأساس السطحي

عند اختيار منسوب التأسيس يجب مراعاة مايلي :

1- <u>عمق التغير الحجمي للتربة السطحية :</u>

يجب أن تتوضع الأساسات تحت المنطقة المتأثرة بالتغير الحجمي الكبير حيث لا ينصح بالتأسيس على الردميات وعلى الترب الغضارية ذات التغير الحجمي الكبير. تتراوح سماكة هذه المنطقة في بعض أنواع الترب الغضارية m(3.5-1). يوضح الجدول 1. 1 تصنيف التغير الحجمي للترب الغضارية بدلالة حدود أتربرغ :

	قرينة اللدونة		حد التقلص
وصف التغير الحجمي	مناطق جافة	مناطق رطبة	
صغير	0-15	0-30	> 12
متوسط	15-30	30-50	10-12
كبير	> 30	> 50	< 10

الجدول 1. 1 : تصنيف التغير الحجمي للترب الغضارية بدلالة حدود أتربرغ (Sowers 1962)

في حال وجود امكانية تغير حجمي كبير للترب فإنه يجب مراعاة مايلي :

أ- يجب ألا يقل عمق التأسيس الأصغري عن 1.5m

ب- يجب التأسيس تحت منسوب التربة الزراعية وتحت منسوب جذور الأشجار

ت- يجب التأسيس تحت منسوب التغير الحراري الاصطناعي

ث- يجب عدم التأسيس على الردميات الترابية الحديثة

2- منسوب خط التجمد :

يجب التأسيس تحت منسوب خط التجمد في المناطق المعرضة للمناخ البارد (حوالي 1m) نظراً للتغيرات الحجمية المرافقة.

3- منسوب المياه الجوفية :

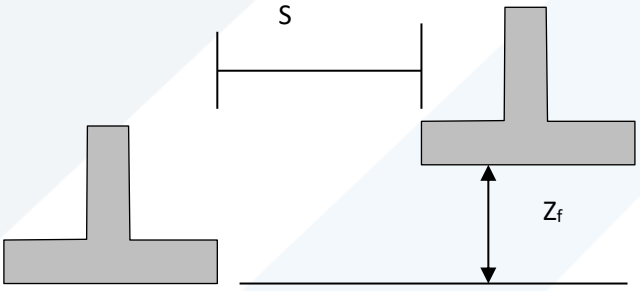
ينصح بالتأسيس تحت المنسوب الأدنى أو فوق المنسوب الأعلى لتذبذب سطح المياه الجوفية حيث تكون التربة في هذه المنطقة أقل ثباتاً ومقاومة.

4- الترب ذات المشاكل

يجب الحذر وعدم التأسيس على الترب ذات المشاكل كالترب الانهيارية والترب القابلة للانتفاخ وعند الضرورة يجب معالجة هذه الترب وتحسين خواصها قبل التأسيس عليها.

5- منسوب التأسيس للمنشآت المجاورة :

يجب ألا تتجاوز الأساسات حدود العقار, وفي حال وجود أساسات في العقار المجاور قريبة من حدود العقار فيفضل ألا يزيد عمق التأسيس لأساسات المبنى الجديد عن عمق التأسيس لأساسات المبنى القديم. أما إذا كان المبنى الجديد بحاجة لأن يكون عمق تأسيسه مختلفاً عن البناء القديم, كحالة وجود قبو مثلاً, فيجب ترك مسافة S بين الأساسين لا تقل عن الفرق بين منسوبي التأسيس للأساسين القديم والجديد Z_f (الشكل 1. 2).

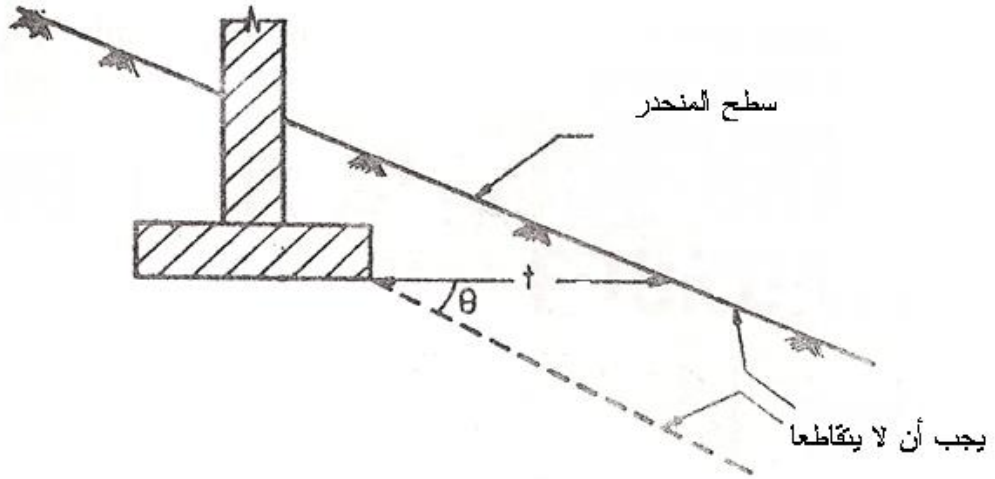


الشكل 1. 2 : موقع الأساس الجديد المجاور لبناء قديم

6- انحدار التربة :

عندما يكون الأساس مجاوراً لمنحدر طبيعي أو عندما تستخدم عدة مناسيب تأسيس للمنشأ الواحد فإن الكود الهندي ينصح بمراعاة مايلي :

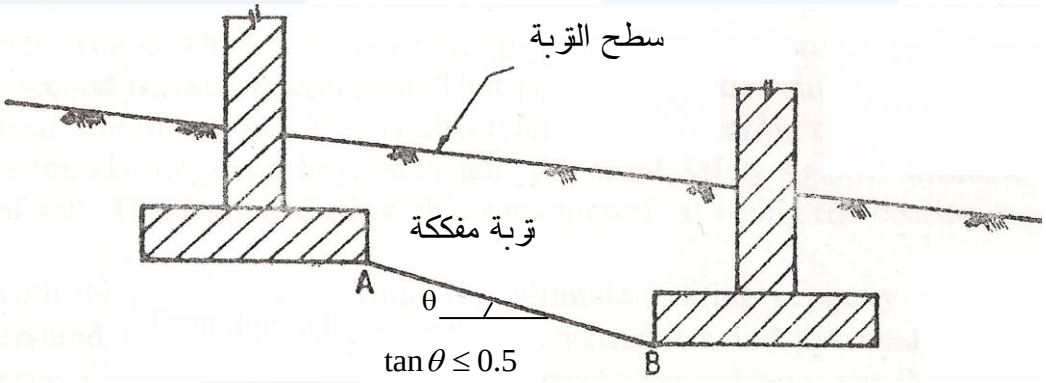
أ- عندما يكون سطح التربة منحدراً بالقرب من الأساس فإنه يجب ألا تقل المسافة الأفقية بين طرف الأساس وسطح المنحدر(t) عن 60cm في حالة الصخر و 90cm في حالة التربة. كما أن الخط المرسوم من أسفل طرف الأساس والذي يميل عن الأفق بزاوية θ مقدارها 60 درجة للصخر و 30 درجة للتربة لا يقطع سطح المنحدر (الشكل 1. 3).



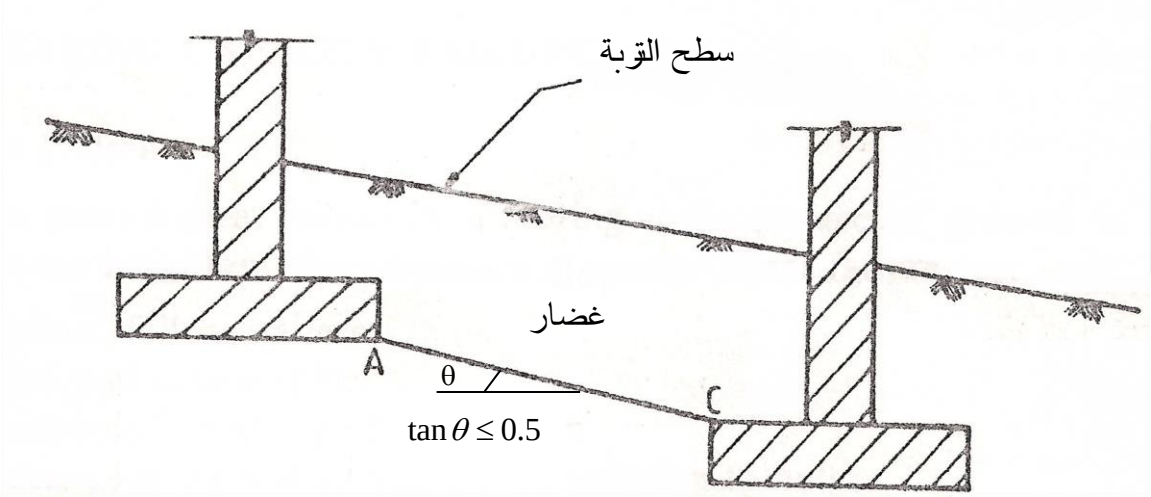
الشكل 1. 3 : أساس ضمن منحدر

ب- عند التأسيس على عدة مناسيب في الترب المفككة فإن ميل الخط الواصل بين الطرفين السفليين للأساسين التمجاورين يجب ألا يتجاوز 2 أفقي إلى 1 شاقولي (الشكل 1. 4).

ت- عند التأسيس على عدة مناسيب في الترب الغضارية فإن الميل عن الأفق للخط الواصل بين الطرف السفلي للأساس العلوي والطرف العلوي للأساس السفلي يجب ألا يتجاوز 2 أفقي إلى 1 شاقولي, كما أن (الشكل 1. 5).



الشكل 1. 4 : أساسات على مناسيب مختلفة في الترب المفككة



الشكل 1. 5 : أساسات على مناسيب مختلفة في الترب الغضارية

7- <u>منسوب أقنية التصريف والتمديدات العامة :</u>

يجب اختيار منسوب التأسيس أخفض من منسوب أقنية التصريف وتمديدات المياه كما يجب اتخاذ الاجراءات اللازمة لتجنب تأثيرها على تربة التأسيس.

<u>ملاحظات</u>

1- بشكل عام يفضل أن يكون عمق التأسيس صغيراً (بحدود 1.5m) إلا في الحالات التي نضطر فيها لزيادة عمق التأسيس كحالة وجود قبو مثلاً أو وجود طبقة تربة جيدة التحمل واقعة على عمق مقبول من سطح التربة, وعندما يكون منسوب هذه الطبقة كبيراً نسبياً فإنه من المفضل رفع منسوب التأسيس عن طريق صب طبقة من البيتون العادي اعتباراً من سطح الطبقة جيدة التحمل حتى منسوب التأسيس المرغوب.

2- يمكن اعتماد الحل المذكور أعلاه عندما يراد التخلص من تأثير المياه الجوفية على الأساس المسلح , حيث تصب طبقة من البيتون العادية ابتداءً من المنسوب المطلوب حتى منسوب الأساس المسلح.

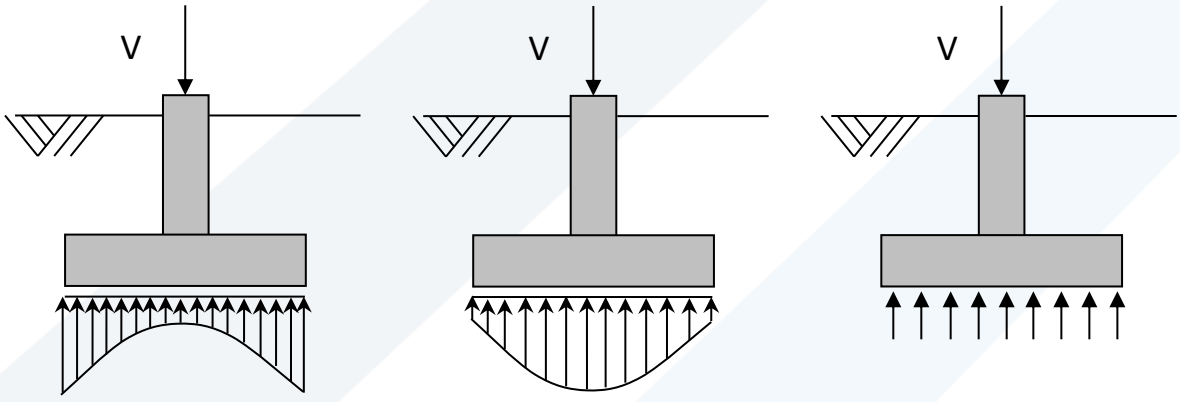
3- تستخدم في طبقة البيتون العادي حصويات نظيفة ذات تدرج حبي جيد, يكون عادة القطر الأعظمي للحصويات (50-75)mm ونادراً ما تستخدم حصويات حتى 150 mm.

4- يجب تجنب ملء الفراغ بين منسوب التأسيس وسطح أرضية الطابق الأرضي بالردميات الترابية الغضارية وذلك لأنها تمتص وتجمع المياه السطحية مما يؤدي إلى هبوطها وتصدع الأرضيات فوقها, وإذا كانت تربة التأسيس غضارية فيمكن للمياه المتجمعة أن ترطب تربة التأسيس وتخفض من قدرة تحملها. لذلك يفضل ملء هذا الفراغ ببقايا خشنة قاسية لا تتأثر بالمياه.

1.4 توزع الاجهادات تحت الأساس السطحي

لقد بينت الدراسات التحليلية لنظرية المرونة وبعض التجارب المخبرية والحقلية أن اجهاد التماس تحت الأساس ليس منتظماً وإنما يتعلق بصلابة الأساس ونوعه وبنوع تربة التأسيس. في حالة الأساس السطحي المنفرد الخاضع لقوة ناظمية محورية، تكون الاجهادات أعظمية تحت مركز الأساس وأصغرية تحت أطراف الأساس في حالة الترب الخشنة (الشكل 1. 6 b)، بينما في حالة التربة الناعمة فتكون الاجهادات أصغرية تحت المركو وأعظمية تحت الأطراف (الشكل 1. 6 a).

يتم عادة الافتراض بأن توزع الاجهادات منتظم تحت الأساس المعرض لقوة محورية (الشكل 1. 6 c). رغم أن هذه الفرضية ليست دقيقة إلا أن مراقبة الأساسات المصممة وفق هذه الفرضية لم تظهر أية مشاكل في هذه الأساسات وبالتالي فإن التصميم وفق هذه الفرضية مقبول وآمن.



الشكل 1. 6 : توزع الاجهادات تحت الأساسات السطحية

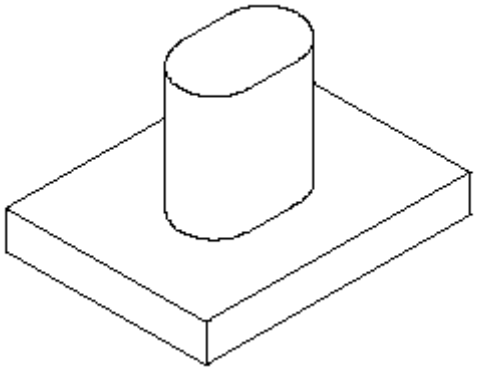
1.5 أنواع الأساسات السطحية

1. 5. 1 الأساسات المنفردة

يصمم الأساس المنفرد لتوزيع الحمولة المنقولة من المنشأ بواسطة عمود واحد ضمن التربة (الشكل 1. 7), وتكون ابعاد الأساسات المنفردة عادة صغيرة نسبياً باستثناء أساسات الجسور التي قد تتجاوز أبعادها 3m في الاتجاهين.

تتعلق أبعاد الأساسات المنفردة بشدة الحمولة المنقولة من العمود وبمقاومة التربة للقص وقابليتها للهبوط, ويتطلب تصميمها التحقق من مقاومتها للانعطاف عند أوجه العمود, بالإضافة للتحقق من القص حول العمود. ولأسباب إنشائية

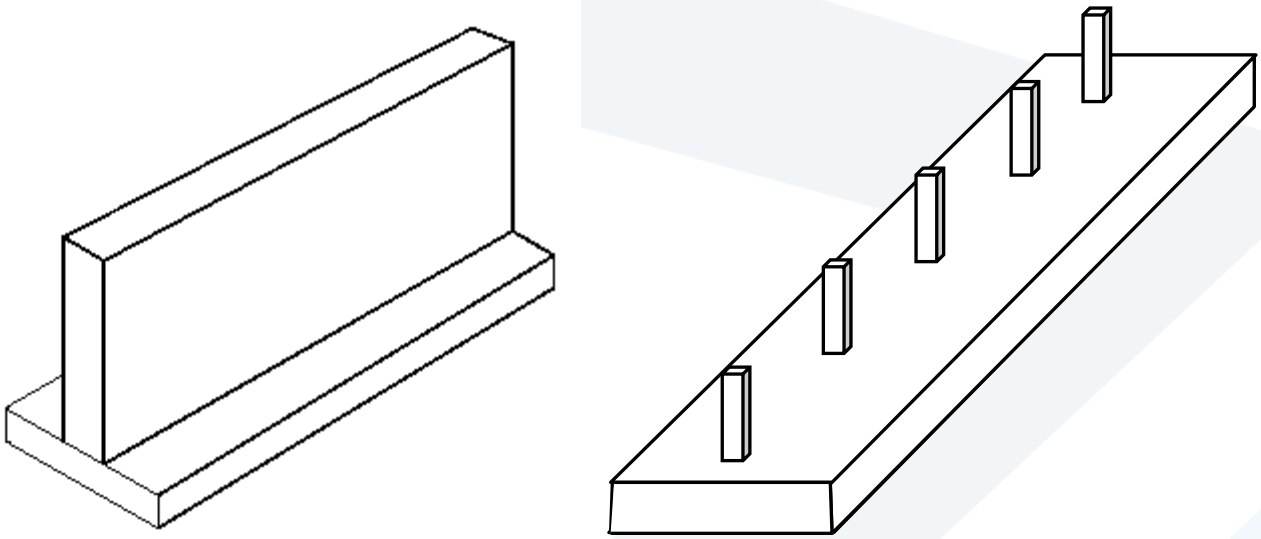
فإن الكودات تشترط أبعاداً أصغرية للأساسات السطحية فالكود العربي السوري يشترط ألا يقل البعد الأصغري للأساس المنفرد عن 100cm في الترب القوية (تحمل التربة لا يقل عن $300\ kN/m^2$), وعن 120 cm في الترب الضعيفة (تحمل التربة لا يزيد عن $100\ kN/m^2$), أما في الترب القاسية فيسمح الكود باستخدام أبعاد أصغر من ذلك.



الشكل 1. 7 : الأساسات المنفردة

1. 5. 2 الأساسات المستمرة

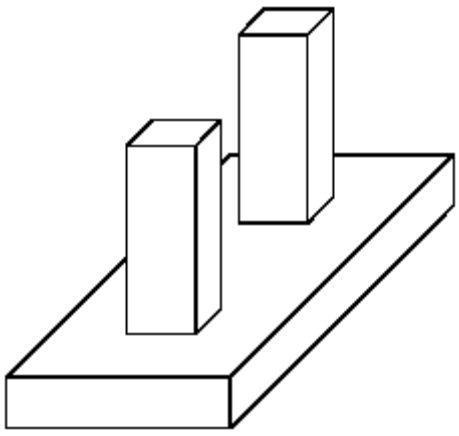
تستخدم الأساسات المستمرة كثيراً في الأبنية, وتتميز بكبر طولها مقارنة بعرضها (يتجاوز الطول عشرة أضعاف العرض), وتقوم بنقل حمولات إما صف من الأعمدة إلى التربة, ويكون القص وعزم الانعطاف باتجاه طول الأساس هما المسيطران في تصميم هذه الأساسات, أو حمولة جدار وتكون في هذه الحالة العزوم وقوى القص المسيطرة باتجاه عرض الأساس (الشكل 1. 8). وهناك أبعاداً أصغرية أيضاً للأساسات المستمرة مفروضة من قبل الكودات, فالكود العربي السوري يشترط ألا يقل البعد الأصغري للأساس المستمر عن 60cm في الترب القوية, وعن 90 cm في الترب الضعيفة, أما في الترب القاسية فيسمح الكود باستخدام أبعاد أصغر من ذلك.



الشكل 1. 8 : الأساسات المستمرة

1. 3.5 الأساسات المشتركة

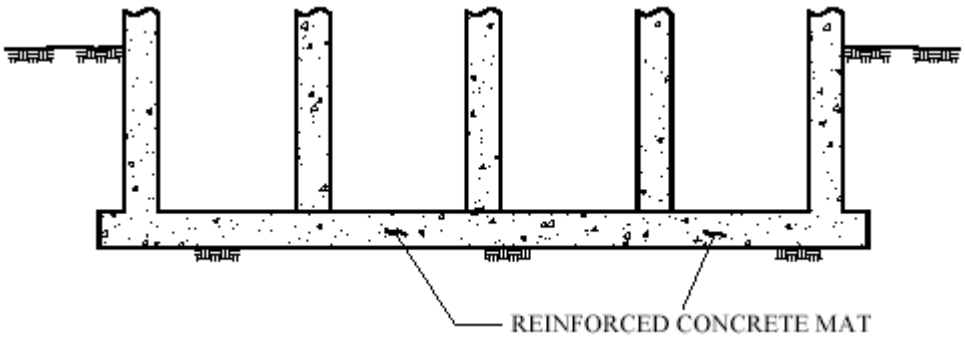
الأساسات المشتركة شبيهة بالأساسات المستمرة باستثناء كونها تنقل حمولات عمودين أوثلاثة أعمدة إلى التربة (الشكل 1. 9) , وتستخدم عادة عندما تكون المسافة بين الأعمدة صغيرة وغير منتظمة بحيث تصبح الأساسات المنفردة قريبة من بعضها.



الشكل 1. 9 : الأساسات المشتركة

1. 4.5 الأساسات الحصائرية :

تتكون الحصيرة من بلاطة واحدة تقوم بتحمل كامل أو معظم حمولات المنشأ (الشكل 1. 10) و تكون الحصيرة اقتصادية عندما تكون تربة الموقع ضعيفة والحمولات المنقولة من المنشأ كبيرة, فالحصيرة تمتد على مساحة كبيرة وهذا يخفض من الاجهادات تحتها, كما يخفض أيضاً الهبوطات التفاضلية وذلك من خلال الصلابة المرتفعة للحصيرة.



الشكل 1. 10: الأساسات الحصائرية

1. 6 الأحمال على الأساسات

تصمم الأساسات على تحمل الأحمال الدائمة والأحمال المؤقتة (الحية والتجهيزات غير الثابتة كأثاث المنزل والآلات وغيرها) بالإضافة إلى الحمولات الاستثنائية كالزلازل والرياح والحمولات الناتجة عن الحرارة

1. 6. 1 الأحمال الدائمة

وهي القوى الناتجة عن الحمولات الدائمة كالوزن الذاتي للعناصر الانشائية وحمولات التغطية من بلاط ورمل وطينة

1-أحمال الوزن الذاتي للعناصر الانشائية

وهي القوى الدائمة الناتجة عن الجاذبية الأرضية، كالأوزان على مختلف أنواعها، سواء منها الأوزان الذاتية للمنشأة أو أوزان العناصر الثابتة فوقها.

في حال عدم وجود معلومات خاصة، يمكن اعتماد الأوزان الواردة في الجدول (1.1) والمعطاة وفقاً لطبيعة مادة العنصر.

2-أحمال التغطية على البلاطات

في حال عدم القيام بحساب دقيق تؤخذ أحمال التغطية مساوية إلى $2kN/m^2$ ($200kgf/m^2$) عند عدم وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط، وتزداد إلى $3kN/m^2$ ($300kgf/m^2$) عند وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط. أما تغطية السطح النهائي فتحسب ويجب ألا تقل عن $3kN/m^2$ ($300kgf/m^2$).

1. 6. 2 الأحمال الحية غير الديناميكية

تعرف الأحمال الإضافية غير الديناميكية بما يلي :

1-الأوزان الستاتيكية التي تنتقل من مكانها من وقت لآخر، كأثاث المنازل والأجهزة والآلات الستاتيكية غير المثبتة والمواد المخزنة.

2-أوزان الأشخاص مستخدمي المنشأة

تدخل هذه الأوزان في الحساب بشكل أحمال موزعة بانتظام وأحمال مركزة كما يلي :

في المباني العادية، كمباني السكن والمدارس والمباني التجارية ... الخ، وعند عدم كودات خاصة فإنه يمكن اعتماد القيم الواردة في الجدول (1. 2).

3-تخفيض الأحمال الإضافية غير الديناميكية في المباني متعددة الطوابق

في المباني المعدة للسكن ذات الطوابق المتعددة (أكثر من 5)، وفي حال تحميلها بأحمال إضافية متساوية، يسمح بتخفيض الأحمال الإضافية على عناصر الارتكاز كالجدران والأعمدة والأساسات وفق الجدول (1. 3)، حيث تمثل P الحمل الإضافي للسقف.

المـــــادة	الوزن الحجمي (tf / m^3)	الوزن الحجمي (kN/m^3)
الخرسانة العادية دون التسليح	2.4	24
الفولاذ	7.85	78.5
الخرسانة المسلحة (نسبة تسليح 1%)	2.5	25
الحجر البازلتي (حجم مليء)	3	30
الحجر الغرانيتي (حجم مليء)	2.8	28
الحجر الكلسي (حجم مليء)	2.7	27
الحجر الرملي (حجم مليء)	2.3	23
البلوك (الطوب) المجوف	1.9 −1.4	19-14
البحص الزلط (حجم طبيعي غير مدكوك)	1.8 −1.5	18-15
الرمل (حجم طبيعي غير مدكوك)	1.8 − 1.5	18-15
الأسمنت (فلت)	1.2 − 1	12-10
البناء العادي بالمونة (البناء بالبلوك المليء)	2 − 1.8	20-18
الخرسانة الخفيفة الوزن	2 − 1.2	20-12
البناء بالحجر المجوف الخرساني	1.4	14
البناء بالبلوك (الطوب) المجوف	1.4	14
بلاط الرخام أو السيراميك	2.5 −2.4	25-24
الطينة (بحيث لا يقل سمك الطين عن 20 mm من كل جهة من الحوائط)	2	20
المجبول الاسفلتي	2.3	23

الجدول 1. 1 : الأوزان الحجمية للمواد الأكثر استخداماً

الغرض من استعمال المبنى			شدة الحمل الموزع		الحمل المركز المطبق على مربع ضلعه 300mm [1]	
			kN/m²	kgf/m²	kN	kgf
السطوح	غير مستعملة (لا يمكن الوصول إليها)	أفقية أو مائلة حتى 10 درجات	1.0	100		
		مائلة أكثر من 10درجات	0.5	50		
	مستعملة (يمكن الوصول إليها)		مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 2.0	مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 200		
الشرفات	مباني خاصة		4.0	400		
	مباني عامة		5.0	500		
المباني السكنية	غرف		2.0	200	1.4	140
	ممرات خارجية وأدراج		3.0	300	1.8	180
الفنادق	غرف نوم		2.5	250	1.8	180
	ممرات خارجية وأدراج		5.0	500	4.5	450
المدارس	غرف صفوف وإدارة		3.0	300	2.7	270
	ممرات خارجية وأدراج		5.0	500	4.5	450
المشافي	غرف نوم		2.5	250	1.8	180
	ممرات خارجية وأدراج		4.0	400	4.5	450
	غرف عمليات		تحسب [2] ولا تقل عن 3.0	تحسب [2] ولا تقل عن 300	4.5	450
المكاتب	غرف	مباني عامة	3.0	300	2.7	270
		مباني خاصة	2.0	200	2.7	270
	أضابير		تحسب ولا تقل عن 5.0	تحسب ولا تقل عن 500	تحسب	تحسب
	غرف حاسوب		تحسب ولا تقل عن 4.0	تحسب ولا تقل عن 400	تحسب	تحسب
	ممرات خارجية وأدراج	مباني عامة	4.0	400	4.5	450
		مباني خاصة	3.0	300	4.5	450
المكاتب	غرفة مطالعة دون تخزين كتب		3.0	300	4.5	450

	غرفة مطالعة مع تخزين كتب	5.0	500	4.5	450
الصالات (القاعات و المدرجات)	مقاعد ثابتة	5.0	500		
	مقاعد متحركة	6.0	600	3.6	360
	رقص وجمباز *	*6.0	*600	*3.0	*300
	غرف إسقاط	6.0	600	3.6	360
	مدرجات رياضية *	*6.0	*600	*3.0	*300
	منصة مسرح*	*6.0	*600	*3.6	*360
	متاحف وقاعات فن و عرض	تحسب ولاتقل عن 5.0	تحسب ولاتقل عن 500	تحسب	تحسب
المخازن و المستودعات	مخازن سلع (عرض وبيع)	5.0	500	3.6	360
	مخازن كتب	2.4 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 7.0	240 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 700	4.5	450
	مخازن ورق و قرطاسية للمطابع	تحسب ولا تقل عن 4.0 لكل متر ارتفاع	تحسب ولا تقل عن 400 لكل متر ارتفاع	تحسب	تحسب
	برادات خزن	5.0 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 15	500 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 1500	تحسب	تحسب
	مستودعات مصانع ومباني مشابهة	5.0-10.0 حسب المواد والآلات	500-1000 حسب المواد والآلات	تحسب	تحسب

أماكن التجمع العامة	دور عبادة	5.0	500	4.5	450
	أبهاء عامة، قاعات	5.0	500	4.5	450
	مسارح، سينما	5.0	500	4.5	450
الورشات ومرائب السيارات	ورش تصليح	تحسب ولا تقل عن 6.0	تحسب ولا تقل عن 600	أسوأ وضع ممكن لأحمال العجلات	
	مواقف وممرات سيارات ومنحدرات لسيارات أقل من وزن 25 kN	6.0	600	9.0	900
	مواقف وممرات ومنحدرات لسيارات بوزن أكثر من 25 (2.5 ton) kN	تحسب ولا تقل عن 6.0	تحسب ولا تقل عن 600	تحسب ولا تقل عن 9.0	تحسب ولا تقل عن 900
استعمالات مختلفة	مرافق صحية	2.0	200	–	–
	مطابخ عامة، مختبرات	تحسب ولا تقل عن 3.0	تحسب ولا تقل عن 300	–	–
	مصابغ، غرف غسيل	تحسب ولا تقل عن 3.0	تحسب ولا تقل عن 300	4.5	450
	غرف سخانات ومضخات ومراجل	7.5	750	4.5	450
	ستوديو	4.0	400	تحسب	
	مطابع	تحسب ولا تقل عن 20.0	تحسب ولا تقل عن 2000	تحسب	

- تصعد قيم الأحمال للمدرجات الرياضية وصالات الرقص ومنصات المسارح بعامل ديناميكي لا يقل عـن 1.1،

ملاحظة :

تصعد قيم الأحمال للمدرجات الرياضية وصالات الرقص ومنصات المسارح بعامل ديناميكي لا يقل عن 1.1 وفي حالة المرائب يؤخذ عامل التصعيد يساوي 1.3 بشرط عدم السماح بوقوف سيارات ذات وزن أكبر من 3 طن.

الجدول 1. 2 : الأحمال الإضافية غير الديناميكي

موقع السقف	قيمة الحمل الإضافي
السقف الأعلى أو السطح	P
السقف الأول تحت السطح	P
السقف الثاني تحت السطح	0.9 P
السقف الثالث تحت السطح	0.8 P
السقف الرابع تحت السطح	0.7 P
السقف الخامس تحت السطح	0.6 P
السقف السادس تحت السطح ومادون	0.5 P

الجدول 1. 3 : تخفيض الأحمال الإضافية في الأبنية متعددة الطوابق

ملاحظة: لا يُسمح بأخذ عامل التخفيض إذا كان عدد الطوابق لا يزيد على خمسة، أو إذا كانت الطوابق تُستعمل مستودعات أو مخازن أو مشاغل أو مدارس أو أماكن عامة أخرى، يمكن أن يفرض استعمالها المتوقع تحميل الطوابق بالأحمال الإضافية القصوى في الوقت ذاته.

1. 3.6 الأحمال الإضافية الديناميكية

تسبب الأحمال الديناميكية (كالزلازل والرياح والانفجارات ... الخ) قوى إضافية تضاف إلى القوى الأساسية وتحسب هذه القوى وفق قواعد وشروط محددة بالكود وسنستعرض هنا فقط طريقة حساب القوى الناتجة عن الزلازل.

أ-تقييم أحمال الزلازل بالطريقة الستاتيكية المكافئة

تحسب بالطريقة الستاتيكية المكافئة قوة القص القاعدي V ، وهي قوة القص الكلية الأفقية في اتجاه اتصال الأساس مع المبنى أو المنشأة (أي مستوى القاعدة) اعتماداً على عدة بارامترات، وهي :

- معامل التسارع الزلزالي للأرض (Z)
- معامل أهمية المنشأة (I)
- معامل السلوك اللامرن (R)
- الدور الأساسي للمنشأة (T)
- تصنيف مقطع التربة الزلزالي (من S_A حتى S_F)، ويعبر عن سلوك التربة الزلزالي ومقدار تضخيمها للأمواج الزلزالية، ويعبر عن ذلك بالعاملين Ca و Cv.

تحسب قوة القص القاعدي الزلزالي التصميمية في اتجاه ما بالعلاقة التالية :

$$0.11C_a\,I\,W \le V = \frac{C_v\,I}{R\,T}W \le \frac{2.5C_a\,I}{R}w \qquad (1.1)$$

W تمثل الحمل الدائم الكلي للمنشأ بالإضافة لنسب من الأحمال الأخرى المصنفة كما يلي :

(أ) في المستودعات والمخازن تؤخذ نسبة دنيا لا تقل عن 25% من الأحمال الحية للطوابق.

(ب) 75% من حمل الثلج عندما تزيد قيمته عن ($1.5kN/m^2$).

(ت) الوزن الكلي للمعدات الدائمة.

معامل أهمية المنشأة (I)

يعرف البارامتر (I) بأنه معامل أهمية المنشأ، وتتراوح قيمته (1.5-1.0) وتؤخذ من الجدول(1. 4)

نوع الإشغال	أنواع أو وظائف المنشأة	معامل الأهمية الزلزالي I	معامل الأهمية الزلزالي I_p (1)
1- المرافق الرئيسية.	- الإشغالات الحاوية على المرافق الخاصة بالعمليات الجراحية ومعالجة الطوارئ.	1.25	1.50
	- المحطات الخاصة بالمطافئ والشرطة.		
	- المرائب والملاجئ الخاصة بآليات الطوارئ وكذلك مطارات الطوارئ.		
	- المنشآت والملاجئ الواقعة في مراكز الاستعداد للطوارئ.		
	- أبراج مراقبة الطيران.		
	- المنشآت والمعدات في مراكز الاتصال الحكومية وباقي المرافق المطلوبة لاستجابة نداء الطوارئ.		
	- معدات توليد الطاقة الكهربائية الاحتياطية.		
	- المنشآت الوظيفية الهامة مثل منشآت الدفاع المدني والصوامع والجسور .... إلخ.		
	- الخزانات أو باقي المنشآت الحاوية على المياه المنزلية أو المياه الداعمة أو أية مواد أخرى تستعمل لإطفاء الحريق.		
2 - المرافق الخطرة.	- الإشغالات والمنشآت الحاوية على مواد كيميائية سامة أو قابلة للانفجار.	1.25	1.50
	- المنشآت التي ليس لها شكل المباني والتي تحتوي على كميات من المواد السامة أو المتفجرة.		
3- المنشآت الأخرى.	- باقي المنشآت	1.00	1.00

(1) إن حدود قيمة (I_p) لوصلات العوارض تساوي (1.0) لمجمل الوصلة.

(2) لإرساء الماكينات والتجهيزات المطلوبة لتوفير أمان ذي عمر طويل، تؤخذ قيمة (I_p) مساوية لـ (1.5).
أما المنشآت النووية وما شابهها فيحدد لها عوامل الأهمية، ويتم تصميمها بالاعتماد على كوداتها الخاصة.

الجدول 1. 4 : قيم معامل أهمية المنشأ I

معامل السلوك اللامرن (R)

يعرف (R) بمعامل السلوك اللامرن، وتتعلق قيمته بنوع الجملة الانشائية المقاومة للزلازم وتؤخذ قيمته من الجدول (1. 5) ، ففي حالة الجملة المكونة من جدران القص تكون (R=4.5) ، وفي حال الجملة المكونة من إطارات مقاومة للزلازل تكون (R=6).

التسلسل	الجملـــــة الإنشـــائيـــــة	المعامل R
١	جملة إطارات متوسطة محلية (أي متوسطة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم ومحسوبين بإستعمال إجهاد شد أعظمي = f_y ، إضافة لبقية الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	6.0
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	5.5
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	5.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية، مع تحقيق متطلبات و اشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.	4.5

الجدول 1. 5 : قيم **معامل السلوك اللامرن R**

الدور الأساسي للمنشأة (T)

T الدور الأساسي للمنشأ، وهو الدور الطبيعي الأول لاهتزاز المنشأ بالاتجاه المدروس مقدراً بالثانية.

يتم تحديد الدور الأساسي للمنشأ بالطرق التالية :

أ-الطريقة التقريبية في حال استخدام جدران قص لمقاومة قوى الزلازل. يحسب الدور بالعلاقة التقريبية التالية :

$$T_{(sec)} = 0.08N \qquad (2.1)$$

حيث N عدد طوابق المنشأة

ب-أما في حال كون المنشأة منفذة من جمل إطارية فراغية مطاوعة من الخرسانة المسلحة قادرة على امتصاص مجمل القوى الجانبية الناجمة عن الزلازل، ولا تتصل مع عناصر صلدة أخرى تمنعها من الحركة تحت تأثير القوى الجانبية، فيمكن تحديد الدور الأساسي للمنشأة مقدراً بالثانية بالعلاقة التجريبية التقريبية التالية :

$$T_{(sec)} = 0.1N \qquad (3.1)$$

ج-كما يمكن حساب الدور الأساسي لأي مبنى بشكل تقريبي وفق العلاقة التقريبية التالية :

$$T_{(sec)} = \gamma_t .(h_n)^{3/4} \qquad (4.1)$$

حيث :

hn : ارتفاع المنشأة من القاعدة حتى أعلى منسوب (أي المنسوب n) مقدراً بالمتر.

γt=0.0853 للإطارات المعدنية المقاومة للزلازل.

γt =0.0731 للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المكتفة لا مركزياً.

γt=0.0488 للمباني الأخرى كافة.

Ca و Cv =معاملات زلزالية تحدد قيمها اعتماداً على معامل التسارع الزلزالي للأرض Z ، وعلى تصنيف مقطع التربة زلزالياً.

معامل المنطقة الزلزالي Z

تم تقسيم القطر إلى سبع مناطق زلزالية (من 0 ، 1، 2A، 2B، 2C، 3، 4)، وأسند إلى كل منطقة قيمة للمعامل ، وهذه القيمة تعبر عن تسارع الأرض التصميمي على سطح الصخر المتكشف، وقد تم اختيار هذه القيم اعتماداً على احتمال تعرض كل منطقة للأخطار الزلزالية وفقاً لما يلي :

(أ) المنطقة (0) لا تعد معرضة لزلزال ذو أهمية (حتى 5 درجات على مقياس ميركالي المعدل).

(ب) المنطقة (1) لا تعد معرضة لزلزال مضرة (حتى 6 درجات على مقياس ميركالي المعدل)، أو تسارع 0.075g .

(ت) المنطقة (2A) لا تعد معرضة لزلزال متوسطة الشدة (حتى أقل من 7 درجات على مقياس ميركالي المعدل) ، أو تسارع 0.15g .

(ث) المنطقة (2B) لا تعد معرضة لزلازل أكثر من متوسطة الشدة (حتى 7 درجات على مقياس ميركالي المعدل) ، أو تسارع 0.2g .

(ج) المنطقة (2C) معرضة لزلازل متوسطة الشدة (حتى أكبر من 7 درجات بقليل على مقياس ميركالي المعدل) ، أو تسارع 0.25g .

(ح) المنطقة (3) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل عالية الشدة (حتى 8 درجات على مقياس ميركالي المعدل) ، أو تسارع 0.3g .

(خ) المنطقة (4) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل عالية التسارع تحدث تهدمات فتاكة (أكبر من 8 درجات على مقياس ميركالي المعدل) ، أو تسارع 0.4g أو أكثر.

يبين الجدول 1. 6 قيم معامل المنطقة الزلزالي تبعاً للمنطقة الزلزالية (من 0 حتى 4)

المنطقة	0	1	2A	2B	2C	3	4
العامل Z	0	0.075	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

الجدول 1. 6 : قيم معامل المنطقة الزلزالي Z تبعاً للمنطقة الزلزالية

يبين الجدول 1. 7 قيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) بالـ m/sec^2 في المدن السورية، المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% لأهم مركز المدن السورية

المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي
أبو قبيس	300-400	خناصر	200	عامودة	75
أبو الشامات	200	خنيفيس	150	عدرا	200
أبو كمال	75	دمشق	250	عشارنة	300-400
ادلب	300-400	درياسية	75	عفرين	300
أريحا	300-400	درعا	250	عين العرب	75
إزرع	250	دير الزور	75	غباغب	250
اعزاز	300	دريكيش	300-400	فرقلس	200
باب الهوى	300-400	دير عطية	200	فيق	300-400
الباب	200	راجو	300-400	قصير حمص	300
بانياس	300	رأس العين	75	قامشلي	75
بصرى الشام	250	رستن	300	القحطانية	75
بلودان	250	رقة	75	قدموس	300-400
البصيري	75	رنكوس	250	قريتين	200
تدمر	150	زبداني	250	قصر الحير الغربي	150
تل أبيض	75	زلف	200	قطنا	250
تل شنان	200	سبع بيار	150	قطيفة	250
تلكلخ	300-400	سخنة	150	قلعة الحصن	300-400
تل كوجك (اليعربية)	75	سراقب	300	قرداحة	300-400
التنف	75	سلمية	200	كسب	300-400
جديدة يابوس	250	سويداء	250	كسوة	250
جبلة	300	سد الطبقة	150	اللاذقية	300
جبول	200	سلحب	300-400	محردة	300

إعداد الدكتور رامي اسطة

جديدة الوادي	250	شهبا	250	مسكنة	150
جرابلس	150	شيخ مسكين	250	مسلمية	250
جسر الشغور	300-400	شيخ بدر	300-400	مصياف	300-400
جوسية	300-400	الشحمة	75	معرة النعمان	300
جيرود	150	صافيتا	300-400	منبج	150
حارم	300-400	صلخد	250	ميادين	75
حسكة	75	صلنفة	300-400	ميدان اكبس	300-400
الحفة	300-400	صنمين	200	المالكية	75
حلب	250	صيدنايا	200	المخرم	200
حمام	300-400	الصوانة الشرقية	150	النبك	200
حماه	300	ضمير	200	نوى	250
حمص	250	طرطوس	250	وادي العيون	300-400

خان أرنبة	300	عسال الورد	250	يبرود	250
خان شيخون	300	عرنة	300	اليعربية	75

الجدول 1. 7 قيم التسارعات الأرضية العظمي (PGA) بالـ m/sec2 المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% لأهم مركز المدن السورية

تصنيف مقطع التربة زلزالياً

يتم تصنيف مقطع التربة زلزالياً وفقاً لجيولوجية الموقع وخواص التربة (SF, SE, SC, SB, SA) (الجدول 1. 8) ، وفي حال عدم توفر المعلومات الجيولوجية والجيوتكنيكية الكافية يتم تصنيف مقطع التربة SD.

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	تسمية المقطع الجانبي (الشاقولي) للتربة (الوصف العام)	الخصائص الوسطية للتربة ذات العمق (30.5 m) من المقطع الجانبي		
		سرعة أمواج القص $\overline{V_S}$ (m/sec)	تجربة الاختراق النظامية $(\overline{N})$ أو $(\overline{N_{CH}})$ للترب غير المتماسكة من طبقات التربة (blows/ft) (ضربة/قدم)	مقاومة القص غير المصرفة $\overline{S_U}$ (kPa)
S_A	صخر صلب (قاس)	1500	-	-
S_B	صخر	760 - 1500	-	-
S_C	تربة ذات كثافة عالية جداً وصخر طري (كونغلوميرات)	360 - 760	> 50	> 100
S_D	تربة صلبة	180 - 360	15 – 50	50 – 100
S_E[1]	تربة طرية	< 180	< 15	< 50
S_F	تربة تتطلب دراسة خاصة في الموقع (يراجع البند (٣-٤-١))			

الجدول 1. 8 : تصنيف مقطع التربة زلزالياً وفقاً لجيولوجية الموقع وخواص التربة

يبين الجدولان 1. 9 و 1. 10 قيم Ca و Cv بحسب معامل المنطقة الزلزالي و بحسب تصنيف مقطع التربة الزلزالي

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.25	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Nv
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Nv
S_C	0.13	0.25	0.32	0.38	0.45	0.56 Nv
S_D	0.18	0.32	0.40	0.47	0.54	0.64 Nv
S_E	0.26	0.50	0.64	0.74	0.84	0.96 Nv
S_F	انظر الملحوظة (١)					

الجدول 1. 9 : قيم المعامل Cv حسب صنف مقطع التربة الزلزالي و معامل المنطقة الزلزالي Z

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.25	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Na
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Na
S_C	0.09	0.18	0.24	0.29	0.33	0.40 Na
S_D	0.12	0.22	0.28	0.32	0.36	0.44 Na
S_E	0.19	0.30	0.34	0.35	0.36	0.36 Na
S_F	انظر الملاحظة (١)					

(1) لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع () يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية حقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

الجدول 1. 10 : قيم المعامل Ca حسب صنف مقطع التربة الزلزالي و معامل المنطقة الزلزالي Z

ب-التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية

يتم توزيع القوة الزلزالية الكلية V على ارتفاع المنشأة وفق العلاقات (1. 5) و(1. 6) و(1. 7) وذلك في حال عدم توفر إجراء أكثر دقة :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i \qquad (5.1)$$

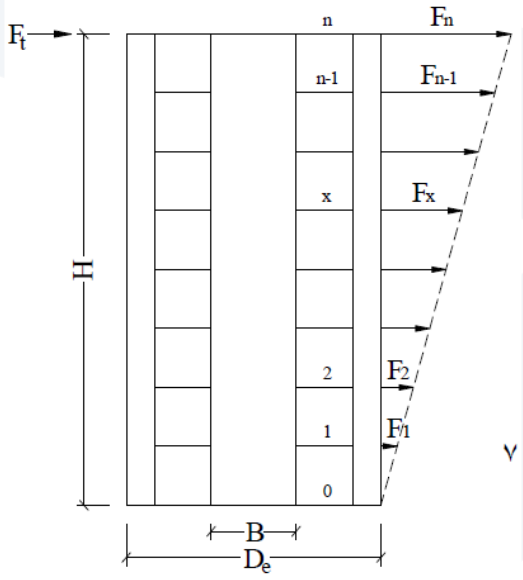
تحدد القوة F_t عند القمة بالعلاقة التالية :

$$F_t = 0.07T.V \qquad (6.1)$$

يجب أن لا تتجاوز قيمة Ft مقدار (0.25V) ويمكن أخذها مساوية للصفر عندما تكون (T=0.7sec) أو أقل. أما الجزء المتبقي من قوة القص القاعدي V فيتم توزيعه على كامل ارتفاع المنشأة وفق العلاقة التالية :

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x.h_x}{\sum W_i.h_i} \qquad (7.1)$$

تطبق القوى Fx عند مناسيب البلاطات في مختلف الطوابق (أماكن توزع كتل المنشأة)



الشكل 1. 11 : توزع القوى الزلزالية التصميمية F المطبقة في الطوابق

1. 7 طرق تصميم الأساسات

يمكن تصميم الأساسات إما بطرية المرونة (طريقة اجهاد التشغيل) أو بطرية المقاومة القصوى (الطريقة الحدية).

يمكن تلخيص أسس تصميم الأساسات بالطريقتين المذكورتين بالآتي :

1-تحديد خواص ومقاومات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة وتحديد الخواص المميزة وعوامل الأمان التي يتم التصميم عليها

2-تحديد القوى الخارجية والأحمال الدائمة والمتحركة التي تؤثر على المنشأ في مرحلتي الانشاء والتشغيل

3-تحديد القوى الداخلية في عناصر المنشأ (عزوم انعطاف – قوى ناظمية – قوى قاصة ... الخ)

4-تصميم عناصر المنشأ بحيث يتم مقاومة القوى الداخلية المتولدة وتأمين متطلبات التشغيل للمنشأ

1. 1.7 التصميم بطريقة المرونة (اجهاد التشغيل)

تستخدم هذه الطريقة في الدول النامية حيث الإمكانيات وطرق التنفيذ متواضعة، وعند استخدام هذه الطريقة في التصميم يجب أن لا تتجاوز قيم الاجهادات في كل من الخرسانة وفولاذ التسليح تحت تأثير أحمال التشغيل قيم الاجهادات المسموحة المحددة في الكود المستخدم في التصميم.

الفرضيات في حالة التصميم بطريقة المرونة

يفترض في حالة التصميم بطريقة المرونة ما يلي :

1- الاجهادات الفعلية في المقاطع الحرجة في كل من اخرسانة والفولاذ لا تتجاوز اجهادات الاستثمار المسموحة.
2- يتم تحليل وتصميم المقاطع بإهمال الخرسانة على الشد وتيحمل الفولاذ وحده كامل اجهادات الشد في المقطع.
3- تؤخذ الاجهادات المسموحة بقيمها المعطاة في الكود إذا كان المقطع معرضاً لأثر الأحمال الميتة Dوالإضافية L وبضمنها الأثر الحركي (الديناميكي) إن وجد وأثر ضغط التربة أو أثر ضغط السوائل F في حال وجود أحدهما.
4- إذا شملت الأحمال المؤثرة ضغط الرياح W أو أثر التشوهات T (حرارة – انكماش .. الخ) فيمكن زيادة الاجهادات المسموح بها في كل من الخرسانة وفولاذ التسليح بنسبة 33% على أن يتم التحقق دوماً دون هذه الآثار.
5- في حال وجوب التحقق لأثر الزلازل فيجب أن تتم الدراسة بطريقة حد المقاومة القصوى (الطريقة الحدية).
6- في جميع الأحوال، يتم تصميم أو تحقيق العنصر أو المقطع على تراكب الآثار التي تعطي أكبر قيمة للاجهاد المحسوب في المقطع المدروس.

قيم الاجهادات المسموحة في حالة التصميم بطريقة المرونة

-الشد لفولاذ التسليح : تعد قيمة إجهاد الشد المسموح لفولاذ التسليح مساوياً لـ $0.55f'_c$.

-الضغط في الخرسانة : في حالة الضغط البسيط يؤخذ الاجهاد المسموح في الخرسانة مساوياً لـ $0.3f'_c$ ، أما في حالة الانعطاف فيؤخذ مساوياً لـ $0.55f'_c$.

1. 7. 2 التصميم بطريقة حد المقاومة القصوى (الطريقة الحدية) (Ultimate Strength Limit State Method)

يعرف حد المقاومة القصوى بالحد الذي يضمن عدم حدوث انهيار المنشأ أو أجزاء منه والناتج عن وصول الاجهادات في المقطع إلى مقاومته الأعظمية.

جرت محاولات لاستخدام الطريقة الحدية في تصميم الأساسات ولكن هذه المحاولات لم تكلل بالنجاح التام، لذلك تم استخدام طريقة وسطية بين طريقة المرونة والطريقة الحدية، حيث يقوم المصمم بتحديد قدرة تحمل التربة المسموحة، ويقوم بالتحقق من الهبوط، ويحدد أبعاد الأساس باستخدام الحمولات التشغيلية وقدرة تحمل التربة المسموحة، ثم يتم تصعيد قدرة تحمل التربة المسموحة والحمولات الخارجية واستخدامها في التحقق من الاجهادات وحساب تسليح الأساس.

تصعيد أحمال التشغيل بالطريقة الحدية

يتم في الطريقة الحدية حساب الأحمال والقوى القصوى على عناصر المنشأ عن طريق تصعيد أحمال التشغيل وذلك حسب الكود المستخدم في التصميم. على سبيل المثال، في الكود العربي السوري تؤخذ تراكيب الحمولات التالية :

- في حال أخذ الحمولات الدائمة (D) والمؤقتة (L) فقط، تكون الحمولة المصعدة المستخدمة في التصميم :

$$1.4D+1.7L$$

- في حال أخذ القوة الزلزالية (E) والأوزان الناتجة عن الثلوج (S) وقوى الرياح (W) بعين الاعتبار، تكون الحمولة المصعدة المستخدمة في التصميم :

$$1.32D+1.1E+1.1(f_1 L+ f_2 S)$$
$$1.2D+ f_1 L+1.0 E_m$$

E_m : القوة الزلزالية العظمى المحسوبة والتي تساوي : $Em = \Omega_0 Eh$

$\Omega 0$: معامل تكبير القوة الزلزالية المطلوبة في الحساب لأخذ تأثير المقاومة الإضافية من الناحية الانشائية. ففي حالة الجملة الانشائية المكونة من جدران قص أو من إطارات مقاومة للعزوم تكون $\Omega_0=2.8$

S : حمولة الثلج

f1 : تساوي (1.0) للأسقف المتكررة في المواقع ذات التجمعات العامة وفي الأماكن التي تتجاوز فيها الأحمال الحية ($5kN/m^2$) وفي الأحمال الحية لمرائب السيارات، وتساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

f2 : تساوي (0.7) للأسقف النهائية ذات الأشكال الخاصة (مثل سقف سن المنشار) والتي لا تسمح بالتخلص من الثلج، وتساوي (0.2) لباقي الأشكال من الأسقف النهائية.

E : القوة الناتجة عن الهزة الأرضية المؤثرة على عنصر من المنشأة والناتجة عن تراكيب المركبة الأفقية (Eh) والمركبة الرأسية (EV).

$$E=\rho E_h+E_V=\rho E_h+0.5 C_a I D$$

Eh : القوة الناتجة عن المركبة الأفقية للهزة الأرضية الناتجة عن القص القاعدي V

Ev : القوة الناتجة عن المركبة الشاقولية للهزة الأرضية

ρ : المعامل الممثل للوثوقية، وتؤخذ قيمته تساوي الواحد في المناطق الزلزالية (0، 1 و 2) أما في بقية المناطق فتحسب قيمته بالعلاقة التالية :

$$1\le \rho=2-\frac{6.1}{r_{\max}\sqrt{A_B}}\le 1.5$$

r_i : تمثل قيمة القص النسبية لعنصر في الطابق () وتساوي قيمة القص في هذا العنصر منسوبة لقوة القص الاجمالية لهذا الطابق، وذلك في الاتجاه المدروس.

r_{max} : هي القيمة العظمى لـ (r_i) التي تحدث في أي من مناسيب الطوابق، ضمن الثلثين السفليين لارتفاع البناء.

أما (A_B) فهي مساحة الطابق الأرضي في المنشأة (m^2).

- في حالة الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم (ما عدا عند استعمالها في الجمل الثنائية) فإن (ρ) يجب أن لا تتجاوز (1.25).

تحقيق الأمان بالطريقة الحدية

يعد الأمان محققاً في حالة الطريقة الحدية عندما تكون المقاومة المميزة للعنصر أو لكل مقطع منه (المحسوبة باستخدام المقاومات المميزة للبيتون والفولاذ) مضروبة بمعامل تخفيض المقاومة ϕ لا تقل عن القوة الداخلية الناجمة عن الحمولات المصعدة.

معامل تخفيض المقاومة ϕ

يحدد معامل تخفيض المقاومة ϕكما يلي :

1- (ϕ=0.9) للمقاطع المعرضة للانعطاف البسيط أو لقوى شد محورية أو لا محورية.
2- (ϕ=0.75) للمقاطع المعرضة للقص أو الفتل.
3- (ϕ=0.65) للمقاطع المعرضة لقوى الضغط المحوري.

معاملات زيادة الاجهاد المسموح للتربة من الأحمال القصوى التي تشمل الزلازل

يسمح بزيادة الاجهادات المطبقة على التربة والمحسوبة من الأحمال القصوى التي تشمل تأثير الزلازل (بأية طريقة واردة في الكود الأساس أو في الملحق (2)) بحيث تصعد الاجهادات المسموحة على التربة بالمعاملات الآتية :

- (1.6) إذا كان توزع الاجهادات المطبقة على التربة تحت الأساس منتظماً (أي أن النسبة بين الاجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس تساوي 1).
- (2.0) عندما لا تقل النسبة بين الاجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس عن 2 . وفي حال وجود شد تحت الأساس (حيث يلزم حذف هذا الجزء المشدود تحت الأساس من الحساب) تعد النسبة أكبر من 2 .
- يمكن أخذ قيمة متوسطة لمعامل التصعيد بين 1.6 و 2 حسب تغير النسبة بين الاجهادين من 1 إلى 2 .

1. 8 خواص المواد المستخدمة في الأساسات

1. 8 . 1 فولاذ التسليح

يوجد أربعة أنواع أساسية لفولاذ التسليح، وهي :

أ- فولاذ طري، عادي المقاومة ذو سطح أملس، ويرمز له بالرمز ϕ.

ب- فولاذ طري، متوسط المقاومة ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة، ويرمز له بالرمز H .

ت- **فولاذ طري، عالي المقاومة، مدلفن على البارد، ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة، ويرمز له بالرمز T .**

ث- فولاذ قاسي، عالي المقاومة، معالج على البارد، ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة، ويرمز له بالرمز Y .

أقطار فولاذ التسليح المستخدمة

تُستعمل الأقطار الآتية مقدرة بالميليمتر :

6 , 8 , 10 , 12 ,14, 16 ,18, 20 ,22 , 25 , 28, 30 , 32 , 40

الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح

تحدد الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح بالعناصر الآتية :

1-اجهاد الخضوع (fy)، الذي يترك 0.2% من التشوهات الدائمة

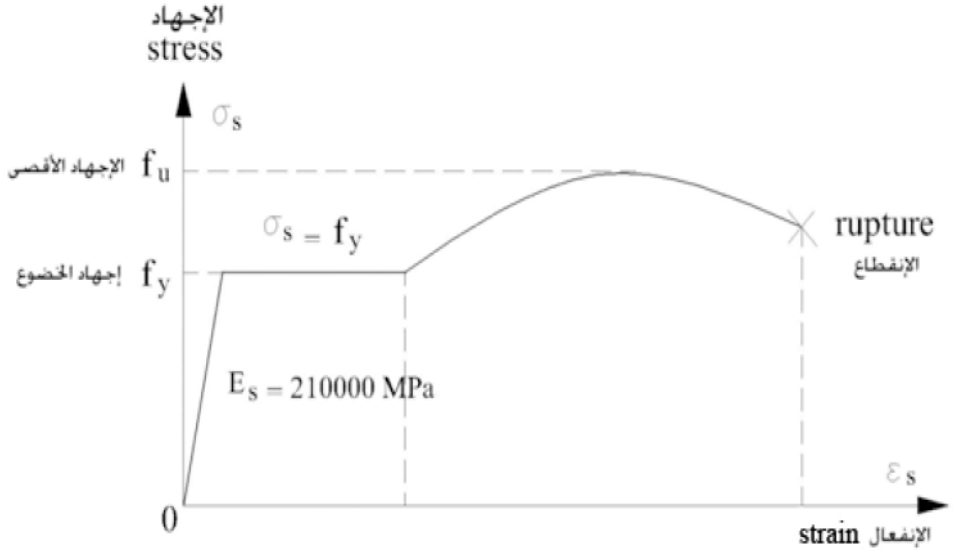
2-مقاومة الشد القصوى عند الانقطاع (fsu).

3-النسبة المئوية للاستطالة عند الانقطاع.

يبين الشكل 1. 12 المنحني الافترضي للاجهاد والتشوه للفولاذ الطري العادي والعالي المقاومة المعالج على الساخن في الشد، موضحاً عليه اجهاد الخضوع (fy) و مقاومة الشد القصوى عند الانقطاع (fsu)

يبين الجدول 1. 11أنواع قضبان الفولاذ الأكثر استخداماً مع خواصها الميكانيكية، وتعتمد فيه قيم النسبة المئوية للاستطالة عند الانقطاع على طول أصلي من العينة قبل الاختبار مقداره خمسة أمثال قطرها.

ملاحظة : يجب أن لا تقل الاستطالة النسبية لأية عينة مختبرة عما هو وارد في الجدول 1. 11 حسب نوع الفولاذ.



الشكل 1. 12 : المنحني الافترضي للاجهاد والتشوه للفولاذ الطري العادي والعالي المقاومة المعالج على الساخن في الشد (وبشكل متناظر عكسياً للضغط)

نوع الفولاذ (الصُـلب) والرمز	الحد الأدنى لمقاومة الشد (عند الإنقطاع) f_{su} MPa	الحد الأدنى لإجهاد الخضوع أو 0.2% إجهاد الضمان MPa	النسبة المئوية الدنيا للاستطالة عند الانقطاع
فولاذ طري ϕ	370	240	*20
فولاذ طري متوسط المقاومة H	440	300	*16
فولاذ طري عالي المقاومة T	500	400	*12
فولاذ قاس معالج على البارد Y	500	400	*10

الجدول 1. 11 : الخواص الميكانيكية لأنواع الفولاذ الأكثر استخداماً

ملاحظة: يتم في مناطق الزلازل اختيار فولاذ تسليح ذو مقاومة مميزة لا تتجاوز fy=400MPa ولا تقل عن fy=240MPa.
وفي حال زادت المقاومة المميزة عن 400MPa فيمكن قبوله شريطة :

- أن لا يقل اجهاد الانقطاع fsu لكل عينة عن 1.25 مرة حد المرونة للعينة.

- لا تزيد نسبة العينات التي يزيد حد مرونتها عن 400MPa عن 5% من مجموع العينات المختبرة عندما يزيد عدد العينات عن 30 عينة.
- في حال اختبار عينتين فقط، فيسمح أن يكون حد مرونة إحدى العينتين فقط فوق 460MPa .

1. 8. 2 الخرسانة

الخواص الفيزيائية والكيميائية للخرسانة

الوزن الحجمي

عند عدم وجود بيانات أكثر دقة، يمكن اعتماد الوزن الحجمي للخرسانة العادية دون تسليح كما يلي :

$22kN/m^3$ ($2200\ kgf/m^3$) إذا كان الركام كلسياً

$24kN/m^3$ ($2400\ kgf/m^3$) إذا كان الركام سيليسياً (بازلت، حجر بركاني، رمل وحصى فراتي)

كما يمكن اعتماد الوزن الحجمي للخرسانة المسلحة في الأحوال العادية $25kN/m^3$ ($2500\ kgf/m^3$) ، وإذا استعملت أنواع خاصة من الركام الثقيل، أو كانت نسبة التسليح كبيرة، فيؤخذ ذلك في الحسبان، بإدخال الإضافة اللازمة في الوزن.

قوام الخرسانة

يمثل قوام الخرسانة الخواص التي تحدد قابلية الخرسانة للتشغيل، ودرجة حركتها، وطراوتها عند الصب.

يتحدد قوام الخرسانة من اختبار الهبوط القياسي على مخروط ناقص ارتفاعه 300mm وقطره العلوي 100mm والسفلي200mm (مخروط أبرمز)، وفي حال عدم وجود قيم أخرى من الاشتراطات المحلية، أو الشروط الخاصة بالمشروع، فيمكن الاسترشاد بالقيم المبينة بالجدول التالي (جدول 1. 12).

الرقم	نوع العنصر الإنشائي الخرساني	الحد الأعلى للهبوط (بالميليمتر mm)
١	الأجزاء الخرسانية السميكة والأرضيات	100
٢	بلاطات الطرق بالخرسانة دون تسليح	75
٣	الأساسات والجدران بالخرسانة دون تسليح	125
٤	جدران وركائز الأساسات بالخرسانة المسلحة	75
٥	البلاطات والجيزان والاعمدة و الجدران بالخرسانة المسلحة	75

الجدول 1. 12 : الحد الأعلى لهبوط المخروط القياسي (مخروط أبرمز)

الخواص الميكانيكية المميزة للخرسانة

تحديد المقاومة المميزة للخرسانة على الشد والضغط من نتائج اختبارات الضغط والشد والانفلاق على عينات قياسية (D=150mm, h=300mm) عمرها 28 يوم، محفوظة تحت الماء في درجة حرارة (20 ± 2) درجة مئوية. ويجب أن لا تزيد عدد العينات التي تنخفض مقاومتها عن المقاومة المميزة عن 10%.

يبين الجدول 1. 13 المقاومة المميزة للخرسانة وفقاً لاستخداماتها

درجة الجودة		C 5	C 8	C 10	C 12
المقاومة المميزة بالضغط f'_c	Mpa kgf/cm^2	5 50	8 80	10 100	12 120
مجال الاستعمال		خرسانة ردمية	نظافة تحت الاساسات	خرسانة عادية (أساسات – جدران .... الخ)	

درجة الجودة		C15	C 18	C 20	C 25	C 30	C 35	C40	C45
المقاومة المميزة بالضغط f'_c	MPa kgf/cm^2	15 150	18 180	20 200	25 250	30 300	35 350	40 400	45 450
مجال الاستعمال		خرسانة مسلحة			خرسانة مسلحة وخرسانة مسبقة الإجهاد				

الجدول 1. 13 المقاومة المميزة للخرسانة وفقاً لاستخداماتها

كذلك لا تستعمل خرسانة من درجة جودة أدنى من C18 في الخرسانة المستخدمة للمباني والمنشآت التي ستنفذ من الخرسانة المسلحة في مناطق الزلازل.

يبين الجدول 1. 14 كمية الاسمنت اللازمة وفقاً للمقاومة المميزة المطلوبة

كمية الأسمنت kg/m^3		300	350	400		450*		
درجة جودة الاسطوانة		C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة الاسطوانية المميزة المحتملة f'_c	MPa	18	20	25	30	35	40	45
	kgf/cm^2	180	200	250	300	350	400	450

الجدول 1. 14 : كمية الاسمنت اللازمة وفقاً للمقاومة المميزة المطلوبة

مقاومة الشد المميزة للبيتون

تؤخذ مقاومة الضغط للبيتون أساساً لحساب مقاومة الشد، ويمكن اتخاذ العلاقة التالية أساساً للتقدير :

$$f_{ct} = 1.4\sqrt{f'_c} \quad (kgf/cm^2 \qquad (8.1)$$

يبين الجدول 1. 15 مقاومة الشد المميزة للبيتون تبعاً لعيار البيتون

درجة جودة الخرسانة		C10	C12	C15	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة المحتملة للخرسانة في الشد	MPa	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
	kgf/cm^2	14	15	17	19	20	22	23	24	25	26

الجدول 1. 15 : مقاومة الشد المميزة للبيتون تبعاً لعيار البيتون

تصحيح المقاومة المميزة للخرسانة وفقاً لأشكال العينات المختبرة

عند إجراء الاختبار على أشكال أخرى من القوالب غير الاسطوانية القياسية (قطر 150mmوارتفاع 300mm)، لأعمال الخرسانة المسلحة، يجب ضرب قيم المقاومات الناتجة بمعامل التصحيح الواردة في الجدول 1. 16

شكل العينة	أبعاد عينة الاختبار بالميليمتر بفرض أنها ذات أسطح مستوية ومتوازية	معامل التصحيح
الاسطوانة	ارتفاع 300 × 150 قطر	1.00
	ارتفاع 200 × 100 قطر	0.97
	ارتفاع 500 × 250 قطر	1.05
الموشور	150 × 150 × 300	1.00
	150× 150 × 450	1.05
	200× 200 ×600	1.05
المكعب	100 × 100 ×100	0.78
	150× 150 ×150	0.80
	200 × 200 ×200	0.83
	300× 300 × 300	0.90

الجدول 1. 16 : قيم معامل التصحيح لأشكال العينات المختبرة

التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الضغط

يبين الجدول 1. 17 معامل التصحيح للمقاومة المميزة للخرسانة على الضغط لعمر أقل من 28 يوم. أما من أجل عمر يتجاوز 28 يوم فتؤخذ المقاومة الموافقة لعمر 28 يوم.

عمر الخرسانة باليوم	3	7	28	60	90	360 أو أكثر
اسمنت بورتلاندي عادي	2.50	1.50	1.00	0.95	0.90	0.80
اسمنت بورتلاندي سريع التصلب	1.80	1.30	1.00	0.97	0.95	0.90

الجدول 1. 17 معامل التصحيح للمقاومة المميزة للخرسانة على الضغط لعمر أقل من 28 يوم

مقاومة الخرسانة للمواد الكيميائية

تتأثر المنشآت الخرسانية ببعض المواد الكيميائية كالزيوت النباتية والدهون ومحاليل الكبريتات والكلوريدات ومياه البحر والمياه الجوفية المحتوية على تلك المحاليل. وينشأ من التعرض الطويل لهذه المواد تغيراً لخواص الخرسانة وتلفها تدريجياً.

تأثير الكبريتات على الخرسانة:

تحتوي بعض أنواع التربة والمياه الجوفية على كبريتات على شكل كالسيوم ومغنيسيوم وصوديوم وأمونيوم وبوتاسيوم. عندما يتم بناء هيكل خرساني على هذه الأنواع من التربة، قد تهاجم هذه المواد الخرسانة.

بشكل عام، لا تهاجم الكبريتات في الحالة الصلبة الخرسانة بشدة ولكن عندما تكون في صورة سائلة فإنّها تمر في فراغات الخرسانة وتتفاعل مع منتجات الأسمنت المائي. تسبب كبريتات الكالسيوم الحد الأدنى من الضرر بسبب انخفاض قابليتها للذوبان بينما تسبب **كبريتات المغنسيوم** أقصى ضرر.

تهاجم معظم الكبريتات هيدروكسيد الكالسيوم وَألومينات الكالسيوم المائي وسيليكات الكالسيوم الموجودة في الخرسانة وتحدث تدهوراً في الهيكل الخرساني وتجعلها كالمسحوق.

الاحتياطات اللازمة للحد من هجوم الكبريتات على الخرسانة:

تتأثر الخرسانة ذات نسبة الأسمنت المنخفضة في الماء بشكل أقل بكبريتات المغنيسيوم بينما تتأثر الخرسانة ذات نسبة الأسمنت العالية بالماء بشدة .كما يجب استخدام الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات حيث توجد الكبريتات في التربة

أو الماء أو الغلاف الجوي وتتلامس مع الخرسانة. ويمكن أيضًا استخدام الأسمنت عالي الكبريت، المصنوع من خبث الأفران العالية، على الرغم من عدم توفره على نطاق واسع. بحيث يمكن لهذا الأسمنت مقاومة أعلى تركيزات من الكبريتات.

تأثير الكلوريد على الخرسانة:

يعتبر هجوم الكلوريد على الخرسانة أحد الجوانب المهمة لِمتانة الخرسانة، حيث يؤثر بشكل أساسي على فولاذ التسليح فيخرب طبقة الحماية الرقيقة للفولاذ ويسبب التآكل.

أسباب هجوم الكلوريد على الهياكل الخرسانية:

يمكن أن يحدث هجوم الكلوريد على الهياكل الخرسانية إمّا من داخل الخرسانة أو من خلال دخول الكلوريد من الخارج إلى داخل الهياكل الخرسانية. بحيث تتواجد الكلوريدات في الخرسانة أثناء عملية الصب للأسباب التالية:

1-استخدام مياه البحر في عملية خلط الخرسانة

2-استخدام كلوريد الكالسيوم كمادة مضافة لزيادة مدة إعداد الخرسانة

3-استخدام الركام غير المغسول الذي يحتوي على الكلوريدات

الاحتياطات اللازمة للحد من تأثير الكلوريد على الخرسانة:

تتوفر عدة طرق من أجل الحد من تأثير الكلوريدات على الهياكل الخرسانية. ومن هذه الطرق ما يلي:

1. زيادة الغطاء فوق قضيب التسليح، وهذه هي أبسط طريقة لمنع هجوم الكلوريد. بحيث أظهرت الدراسات أن زيادة الغطاء بمقدار بوصة واحدة يمكن أن تزيد من فترة حياة الهيكل بمقدار الضعف.
2. يمكن منع زيادة معدل تدهور الخرسانة نتيجة لتأثير الكلوريد من خلال وجود حديد التسليح المغطى بالإيبوكسي، أو باستخدام حديد التسليح المغطى بالفولاذ المقاوم للصدأ.
3. تخفيض دخول أيون الكلوريد إلى الخرسانة عن طريق تخفيض نفاذية الخرسانة.

تأثير الكربنة على الخرسانة:

عندما يخترق ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي الخرسانة وَيتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم لتكوين كربونات الكالسيوم، فإنّ هذه العملية تسمّى الكربنة .وبشكل عام، تشكل الخرسانة ذات المحتوى القلوي العالي طبقة واقية حول التسليح. ولكن عندما يتحول ثاني أكسيد الكربون إلى حمض الكربونيك المخفف، فإنّه يقلّل القلوية ويسبب التآكل. يبلغ عُمق الكربنة في الخرسانة جيدة الكثافة حوالي 3 ملم في مرحلة مبكّرة وقد يزيد إلى 6-10 ملم بعد 30-40 سنة. قد يصل عُمق الكربنة في الخرسانة الرديئة إلى 50 ملم بعد 6-8 سنوات.

تأثير الاحماض على الخرسانة:

يمكن للأحماض مهاجمة الخرسانة بسهولة لأن الخرسانة ليست مقاومة تماماً للأحماض. بعض الأحماض مثل حمض الأكساليك وأحماض الفوسفوريك ليست ضارة بالخرسانة .يتأثر الركام الجيري أكثر بالأحماض بينما يكون الركام السليكي مقاومة جيدة .يعتمد مستوى الضرر تمامًا على الرقم الهيدروجيني للمحلول الحمضي. يكون الضرر شديدًا جدًا إذا كانت قيمة الأُس الهيدروجيني منخفضة جدًا. إذا وصلوا إلى التعزيز من خلال الشقوق أو المسام، فسوف يتسببون في تآكل القضبان وسيحدث تشقق الخرسانة.

الاحتياطات اللازمة للحد تأثير الاحماض على الخرسانة

لمنع الهجوم الحمضي، يلزم استخدام خرسانة كثيفة جيدة مع غطاء مناسب ويجب استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات.

تأثير الاملاح على الخرسانة:

يحدث هجوم الملح عندما يتعرض السطح الخارجي للهيكل الخرساني للماء الذي يحتوي على الملح. بمجرد أن يتبخر الماء، يبقى الملح على سطح الخرسانة ويسبب الضغط والتلف. يمكن أن يؤدي وضع مادة مانعة للتسرب على سطح الخرسانة واستخدام الخرسانة عالية الجودة إلى تخفيف هجوم الملح.

يبين الجدول 1. 18 مدى خطورة المكونات الموجودة في المياه على الخرسانة

	الأضرار		
	أضرار صغيرة	أضرار كبيرة	أضرار خطيرة
الأس الهيدروجيني (PH)	5.5-6.5	4.5-5.5	<4.5
حمض الكربون (mg/l)	15-30	30-60	>60
الأمونيا (mg/l)	15-30	30-60	>60
المغنزيوم (mg/l)	100-300	300-1500	>1500
الكبريتات (mg/l)	200-600	600-2000	>2000

الجدول 1. 18 : خطورة المكونات الموجودة في المياه على الخرسانة