# LOADS AND LOAD PATH

The Art Of Using Materials to Build Real Structures to **Withstand** Forces

**Chapter 4** 

STUDENTS-HUB.com

#### Introduction

- A structure must be adequate to support all of the loads it may foreseeably be subjected to during its lifetime without excessive deflections and vibrations.
- Calculating the loads is not always easy, especially loads caused by environmental events such as wind, earthquake, and snow. Therefore, engineers refer to the local codes and specifications to determine the minimum expected loads for which structures are to be designed.
- Despite the availability of this information, however, the designer's ingenuity and knowledge of the situation are often needed to predict the loads a particular structure will have to support in years to come.

### Typical Types of Loading



- Dead loads are loads of constant magnitude that remain in one position throughout the life of the structure. They include the weight of the structure under consideration as well as any fixtures that are permanently attached to it.
- Calculation of dead loads requires knowledge of the materials' density, in addition to a thorough review of the architectural and other engineering drawings and details.

الأ ادة	ال وزن (كن/م)
کلنک . بر	15.00 - 10.00
الاسمنت السائب وفي أكياس	16.00
الرمل الطبيعي (غير مدموك)	14.20
الرمل الطبيعي (مدموك)	16.40
الركام الطبيعي (غير مدموك)	18.00 - 15.00
الركام الناعم الناتج عن كسر الحجر الجيري (غير مدموك)	13.90
الركام الناعم الناتج عن كسر الحجر الجيري (مدموك)	15.90
الركام الخشن الناتج عن كسر الحجر الجيري (فولية ، غير مدموك)	12.40
الركام الخشن الناتج عن كسر الحجر الجيري (فولية ، مدموك)	14.50
الركام الخشن الناتج عن كسر الحجر الجيري (عدسية ، غير مدموك)	12.90
الركام الخشن الناتج عن كسر الحجر الجيري (عدسية ، مدموك)	14.60
الركام الخليط (فولية وعدسية ، غير مدموك)	12.90
الركام الخليط (فولية وعدسية ، مدموك)	14.50
الركام الخليط (فولية وعدسية وركام ناعم ، غير مدموك)	15.70
الركام الخليط (فولية وعدسية وركام ناعم ، مدموك)	18.10
مسحوق الجبس	15.00
مسحوق الجير المطفأ	14.90 - 5.50
الحجر البازلتي	30.00
الحجر الجرانيتي	28.00
الحجر الجيري	27.00
الحجر الرملي	23.00
حجر الخفاف	11.00 - 7.00
الطوب الطيني المشوي (مصمت)	20.00
الطوب الطيني المشوي (مفرغ)	10.00
Uploaded By: anonymouse (معد الجيري (معد)	18.25

الانشاء	البناء	مو اد	أوزان
		-	

5

الأ ادة	ال . وزن (كن/م)
الطوب الرملي الجيري (مفرغ)	14.40
الطوب الخرساني (مصمت)	20.00
الطوب الخرساني بسماكة 70 مم (مفرغ)	15.00
الطوب الخرساني بسماكة 100 مم (مفرغ)	14.50
الطوب الخرساني بسماكة 150 مم (مفرغ)	14.00
الطوب الخرساني بسماكة 200 مم (مفرغ)	13.50
الطوب الخرساني المفرغ للعقدات بسماكة 140 م م (وزن الطوب ة	10.00
الواحدة = 130 نيوتن)	12.00
الطوب الخرساني للفوغ للعقدات بسماكة 180 م م (وزن الطوب ة	11.00
الواحدة = 150 نيوتن)	11.00
الطوب الخرساني المفرغ للعقدات بسماكة 240 م م (وزن الطوب ة	40.00
الواحدة = 180 نيوتن)	10.00
الطوب الخرساني المفرغ للعقدات بسماكة 320 م م (وزن الطوب ة	10.50
الواحدة = 300 نيوتن)	12.50
بلاط الرخام أو السيراميك	25.00 - 24.00
الملاط الاسمنتي	22.00
الخرسانة العادية	23.00
الخرسانة المسلحة بنسبة (1) بالمائة	24.00
الخرسانة المسلحة بنسبة (2) بالمائة	25.00
الخرسانة المسلحة بنسبة (5) بالمائة	26.00
الخرسانة خفيفة الوزن (ذات الركام الخفيف)	20.00 - 12.00
الخرسانة خفيفة الوزن (ذات الهواء المحبوس)	16.00 - 5.00
الخرسانة الرغوUploaded By الخرسانة الرغوUploaded الخرسانة الرغو	9.00 - 3.00

#### أوزان المتر المربع من الجدران حسب نوع المواد المستعملة في البناء

الوزن مع	الوزن مع قصارة	الوزن دون	سماک لہ الج لدار		
قصارة وجه ين	وج له واحد	قصارة	دون قصارة		
(كن ام )	(كن/م)	(كن/م*)	(مم)	sh i	لا بواد للستعملة 9 بي ال
2.320	2.880	2.440	120	1	الطوب الطيني المشوى
5.720	5.280	4.840	240	Ļ	(مصمت)
2.100	1.660	1.220	120	1	الطوب الطيني المشوي
3.300	2.860	2.420	240	Ļ	(مفرغ)
2.610	2.170	1.730	90	9	
6.850	6.410	5.970	290	9	
3.570	3.130	2.690	140	14	لطوب الرملي الجير ري
6.900	6.460	6.020	290	14	(مصمت)
4.520	4.080	3.640	190	19	
6.790	6.350	5.910	290	19	
2.140	1.700	1.260	90	9	
5.660	5.220	4.780	290	9	A LI LAN AND
3.820	3.380	2.940	190	19	لطوب الرمني الجيه تري
5.330	4.890	4.450	290	19	(مفرغ)
5.350	4.910	4.470	290	29	
2.280	1.840	1.400	70	1	
2.880	2.440	2.000	100		الطوب الخرساني
3.880	3.440	3.000	150	. *	(مصمت)
4.880	4.440	4.000	200	2	
1.980	1.540	1.100	70	1	
2.380	1.940	1.500	100	ب	الطوب الخرسابي
3.080	2.640	2.200	150		(مفرغ)
3.680	3.240	2.800	200	د	
4.330	3.890	3.450	150	1	جدار من الخرسانة
5.480	5.040	4.600	200		العادية
3.280	2.840	2.400	100	1	an 11
4.480	4.040	3.600	150	Ļ	جدار من الخرسانة
5.680	5.240	4.800	200		المسلحة
-	5.450	5.010	200	1	1 11 × 11 × 11
-	6.650	6.210	250	ب ا	جدار من الحجر الهيري
	7.850	7,410	300		مع التصفيح بالخرسانة

ملاحظة :تم حساب القيم الموجودة في الجدول على أسام أن سماكة القصارة للوجه الواحد تساوي (20) مليمترا STUDENTS-HUB.com وعلى أساس القيم الواردة في الجدول ذي الرقم (٢-٤).

Example: Calculate the Dead loads for the slab and the wall shown in the section below. Assume the wall height is 3 m.



#### A. Wall





#### B. Slab



Example: Calculate the Dead loads for the slab shown in the section below.





#

$$WT = 0.78 + 0.42 + 0.65 = 1.85 \text{ km}$$



For  $1 \frac{n^2}{m}$   $W_T = \frac{1.85}{52} = 3.57 \frac{1}{m}$ STUDENTS-HUB.com

### Live Loads

- Live loads are loads that can change in magnitude and position. Usually, they are acting downward and are distributed uniformly over the entire floor or roof area.
- They include occupancy loads, warehouse materials, construction loads, overhead service cranes, and equipment operating loads.

الأحمال الحية للأرضيات والعقدات							
الحمل المركز	الحم لل	الاستعمال	نوع المبنى				
البديل	لا وزع			18			
کن	کن/م`	الأشغ ال	خاص	pl s			
			النوع الأول :	المباذ ي			
		جميع الغرف بما في ذل لك	مباني الشقق السكنية	الخاصة			
		غ برف الد وم والمط بابخ	التي لا يزيد ارتفاعها	والسكنية.			
1.4	2.0	وغرف الغسيل وما شابه	عن ثلاثة طوابق ولا				
	-	ذلك (All Usages).	يزيد عدد الشقق				
			التي يمكن الوصول إليها				
			من خلال درج مشترك				
			عن أربع شقق				
	c		للطابق الواحد.				
			النوع الثاني :				
1.8	2.0	غرف النوم.	المباني التي لا ينطب ق				
-	2.0	الحمامات.	عليھ ١٠ م ١٠ ورد في				
		الطعام وردهات الاستراحة	النه وع الأول و				
		والبلياردو .	البنه سيونات والمبه مايي				
2.7	2.0		المخص . يصة لاقام . ي				
			الضيوف.				
4.5	3.0	الممرات والمداخل والأدراج					
		و ب سطات الأدراج					
		والممرات المرتفعة الموص لمة					
		بين المباني.					
4.5 Un	Daded By	anopuishois + july					

#### Live Loads

الحمل المركز البديل

طولي يؤثر عند

تابع الأحمال الحية للأرضيات والعقدات					العقدات	بع الأحمال الحية للأرضيات و	ט		
الحمل للركز البديل	الحم ل الم وزع	الاستعمال	} اللبنى	نوع	الحمل المركز البديل	الحم لل الم وزع	الاستعمال	ع المبنى	نو
کن	کن/م*	الاشغ ال	خاص	pl s	كن	کن/م	الاشغ ال	خاص	ء ام
4.5	7.5	المراجل والمحركات والمراوح وماشاب له ذلك.	تابع النوع الثالث:	تابع المباذ ي	4.5	7.5	المراجل والمحركات والمراوح وما شابه ذلك يما فيما أوزان	تابع النوع الثاني:	تابع المان
3.6	5.0	قاعات الرقص والم ساحات المشتركة دون مقاعد ثابتة.		الخاصة والسكنية		1.0	الماكينات.	ų.	الحناصة الحناصة
-	4.0	قاعات التجمع بمقاعد ثابتة.			1.5لکل متر	حمل الغرفـة الـتي	الشرفات.		والسكنية.
8	5.0	قاعات المشروبات.			طولي يؤثر عند	نؤدي اليها على أن الا ما حدي			
1.5لكل متر	حمل الغرفة التي	الشرفات.		s) (4.5	الحافة الحارجية. 1.0	لا يفل عن (3).	and the local data		
طولي يۇثر عند الحافة	تؤدي اليها على				على مسافة متر با ما بين الميا		الممرات الضيفة.		
الخارجية.	أن لا يقل عن (4) .				واحد بين الحمل				
	كما في النوع الثاني.	الممرات الضيقة.						البر م الدار م	
نالث من المباني	كما ورد في النوع ال السكنية	غرف المراج لل والمحرك لات والمبراوح وغ برف المشروبات والحم . لمات وال .شرفات والمم برات	ال سجون والمستشفيات والم دارس والكليات.	المباذ ي التعليمية وماشابّهها	1.8	2.0	غرف النوم والمهاجع.	اللوع الثالث. الفدادق والم . بوتيلات ومنازل الطلبة	
		وغرف الطع مام ورده مات			-	2.0	الحمامات.	وماشابحه .	
		الاستراحة والبلياردو. الممرات والمداخل والأدراج			2.7	2.0	الطعام وردهات الاس متراحة والبلياردو.		
ئثاني من المباني	كما ورد في النوع ا السكنية	وبسطات الأدراج والممرات المرتفعة الموصلة بين المباني.			4.5	4.0	الممرات والمداخل والأدراج وبسطات الأدراج والممرات المرتفعة الموصلة بين المباني.		
		STUDENTS-HUB.	com		4.5 Up	loaded.By: and	المطاب خ وغرف <b>تحليي</b> nym		

#### SNOW LOAD

- Snow Load is the load applied to building roofs due to snow accumulation.
- As shown in the table, the Ground Snow Load (S<sub>o</sub>) is given based on the site height above sea level. S<sub>0</sub> is modified based on several other factors, such as
- 1. Site Sun and Wind Exposure (Exposure Category)

Exposure B in urban and suburban residential areas

Exposure C in open terrain with scattered obstructions

Exposure D in flat, unobstructed areas and water surfaces STUDENTS-HUB.com Uploaded By: anonymous

#### أحمال الثلوج

حمل الثلج (₅S) (كن/م <sup>ĭ</sup> )	إرتفاع المنشأ عن سطح البحر (h) (بالمتر)
0	250 > h
(h-250)/800	500 > h > 250
(h-400)/320	1500 > h > 500







#### SNOW LOADS

- 2. Thermal Conditions of the structure Heating and insolation conditions.
- 3. Roof slope and Layout geometry.



- Winds are a dynamic force on buildings, highly fluid and quickly changing, and must always be considered multi-directional.
- Winds create external and internal pressure in a submerged building as shown below.



Determination of the wind load in a specific structure depends on:

- Basic wind speed. Three-second gust speed at 10 m above the ground in Exposure C. (varies from 34m/s to 50 m/s in Palestine)
- Risk category for the building or other structure. The risk category serves as a threshold for a variety of code provisions related to earthquakes, floods, snow, wind loads, and even the magnitude of special inspections.
- Exposure Category. Reflects the change in wind speeds from standard conditions to the conditions of the specific site based on the surface roughness of the surrounding site By: anonymous



# Risk category of Buildings

RISK CATEGORY	NATURE OF OCCUPANCY
I	Buildings and other structures that represent a low hazard to human life in the event of failure, including but not limited to: • Agricultural facilities. • Certain temporary facilities. • Minor storage facilities.
II	Buildings and other structures except those listed in Risk Categories I, III and IV
III	<ul> <li>Buildings and other structures that represent a substantial hazard to human life in the event of failure, including but not limited to:</li> <li>Buildings and other structures whose primary occupancy is public assembly with an occupant load greater than 300.</li> <li>Buildings and other structures containing elementary school, secondary school or day care facilities with an occupa load greater than 250.</li> <li>Buildings and other structures containing adult education facilities, such as colleges and universities, with an occupant load greater than 500.</li> <li>Group I-2 occupancies with an occupant load of 50 or more resident care recipients but not having surgery or emergency treatment facilities.</li> <li>Group I-3 occupancies.</li> <li>Any other occupancy with an occupant load greater than 5,000°.</li> <li>Power-generating stations, water treatment facilities for potable water, waste water treatment facilities and other public utility facilities not included in Risk Category IV.</li> <li>Buildings and other structures not included in Risk Category IV containing quantities of toxic or explosive materials that:     <ul> <li>Exceed maximum allowable quantities per control area as given in Table 307.1(1) or 307.1(2) or per outdoor control area in accordance with the <i>International Fire Code</i>, and Are sufficient to pose a threat to the public if released <sup>b</sup>.</li> </ul></li></ul>
IV IV	<ul> <li>Buildings and other structures designated as essential facilities, including but not limited to:</li> <li>Group I-2 occupancies having surgery or emergency treatment facilities.</li> <li>Fire, rescue, ambulance and police stations and emergency vehicle garages.</li> <li>Designated earthquake, hurricane or other emergency shelters.</li> <li>Designated emergency preparedness, communications and operations centers and other facilities required for emergency response.</li> <li>Power-generating stations and other public utility facilities required as emergency backup facilities for Risk Category IV structures.</li> <li>Buildings and other structures containing quantities of highly toxic materials that: Exceed maximum allowable quantities per control area as given in Table 307.1(2) or per outdoor control area in accordance with the <i>International Fire Code</i>; and Are sufficient to pose a threat to the public if released <sup>b</sup>.</li> <li>Aviation control towers, air traffic control centers and emergency aircraft hangars.</li> <li>Buildings and other structures having critical national defense functions.</li> <li>Water storage facilities and pump structures tequired to mainty water pressure for fire suppression.</li> </ul>

I

e ion	Enclosure Classification	Criteria for Enclosure Classification	Internal Pressure
ficat	Enclosed buildings	$A_o$ is less than the smaller of $0.01A_g$ or 4 ft <sup>2</sup> (0.37 m <sup>2</sup> ), and	Moderate
Enc classi	Partially enclosed buildings	$A_{oi}/A_{gi} \le 0.2$ $A_o > 1.1A_{oi}$ , and $A_o >$ the lesser of $0.01A_g$ or 4 ft <sup>2</sup> (0.37 m <sup>2</sup> ), and $A_o/A_o \le 0.2$	High
•	Partially open buildings	A building that does not comply with Enclosed, Partially Enclosed, or Open classifications	Moderate
	Open buildings	Each wall is at least 80% open	Negligible

• Topographic factor Kzt. Reflect the increase in the wind speeds due to the topography (speed-up).



### EARTHQUAKE LOAD

 Earthquake load refers to the inertia force that a structure experiences due to ground motion or acceleration.

 Usually, for most small and moderate-sized buildings, earthquake loads are represented as "static equivalent load" applied to the structure.





## EARTHQUAKE LOAD

- Earthquake load calculations consider factors such as:
  - The intensity and duration of ground shaking, as reflected by the risk maps.
  - The type of site soil.
  - Building risk category or occupancy.
  - The structure's dynamic characteristics including the structure's mass, natural period or frequency and damping ratio.



Risk-Targeted Maximum considered earthquake (MCE<sub>R</sub>) Ground motion Response Accelerations S<sub>s</sub> and S<sub>1.</sub>

Uploaded By: anonymous

#### LOAD COMBINATION

 Whilst each load or set of loads can be considered acting independently, buildings are usually loaded by combinations of the various loads. As the building must carry any combination, it is usual to consider a range of combinations called load cases.

Service load(SL) = D + LSTUDENTS-HUB.com

Notation

- D = dead load
- *E* = earthquake load
- L = live load
- $L_r$  = roof live load
- R = rain load
- S = snow load
- U = Ultimate load
- *W* = wind load

#### Vertical Load Path

The load path is the track all loads follow from their point of application on the structure to the foundations or supports of the structure.





#### Vertical Load Path Hierarchy



### Slab Behavior

Based on the Load transformation concept, Slabs are

- One-way slab: curves and carry the load in one direction only.
- Two-way slab: curves and carry the load in two directions.



One-way system – single curvature Load distributed to<sub>s</sub>the longer edges





Two-way system – Load distributed to Uploaded Byathedges

#### One-Way Vs Two Way slabs

Classification is based on load distribution in one or two directions. This can be determined based on:

I. Structural Geometry: Where the ratio of the long side to the short side of a panel >2, the load is transferred primarily by bending in the short direction and the panel acts as a oneway slab. Otherwise, the load will be distributed in two directions.

> $L/B \ge 2.0 \Rightarrow$  one-way slab  $L/B < 2.0 \Rightarrow$  two-way slab

> > STUDENTS-HUB.com







#### One-Way Vs Two Way slabs

#### II. Method of construction and the construction materials



Tributary area (A<sub>t</sub>): The loaded area of a structure that directly contributes to the load applied to a particular member. The tributary boundary is often defined by drawing dividing lines midway between adjacent supporting members.



Consider the floor framing system shown. Assume that the area load applied to the slab is  $DL = 5 \text{ KN/m}^2$ ,  $LL = 3 \text{ KN/m}^2$ , L = 2m, and L2 = 5 m. Calculate and sketch the load which should be applied to B1, B2, and the girder.



Consider the floor framing system shown here. Assume that the area load applied to the slab is  $DL = 8 \text{ KN/m}^2$ ;  $LL=2 \text{ KN/m}^2$ . Calculate and sketch the load that should be applied to beam B1 and girder G2. find the total load going to the column located on gridline A2.



$$\begin{array}{c} \mathcal{OL} = 9 \, k \, N/m & , \ LL = 2 \, k \, N/m & \\ \mathcal{UL} = 1.2 \, x \, 8 + 1.6 \, y \, 2 = 12.8 \, k \, N/m & \\ \mathcal{F} or B_1 \longrightarrow The Shab is 2 - way & \\$$

STUDENTS-HUB.com

#### Lateral Load Path

#### Lateral load path hierarchy **Out-of-plane wall** Floor or roof (diaphragm) Diaphragms and/or footing In-plane shear wall VLFRS) Out-of-plane Vertical lateral force wall resisting system (in-plane) Foundation In-plane shear wall Out-of-plane (LFRS) Floor or roof (diaphragm) Pressure on wall w (a) (b) (c)

STUDENTS-HUB.com

Uploaded By: anonymous