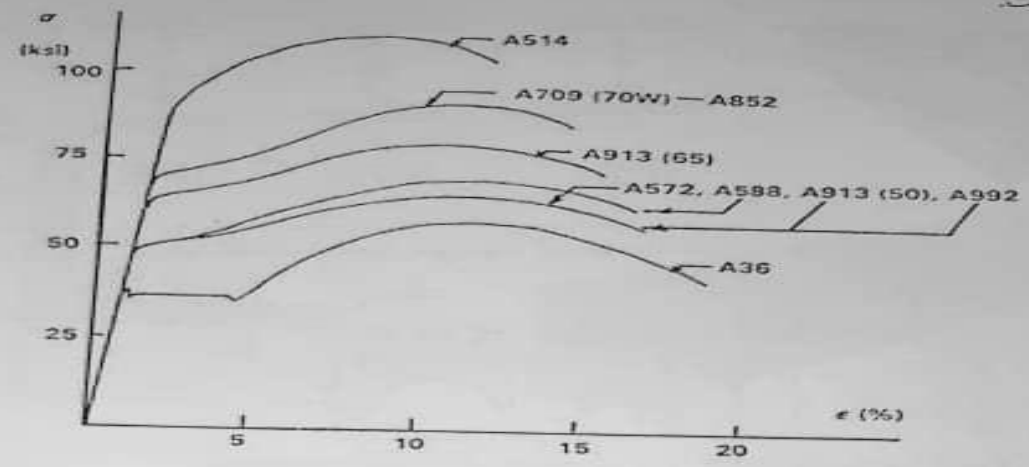
درس سازه های فلزی

جلسات ۱ تا ۵ غیر حضوری

بسم الله الرحمن الرحيم

منحنی تنش و کرنش انواع فولاد به صورت شکل زیر است. مشاهده می‌شود که شیب قسمت اولیه (خطی) کلیه فولادها یکسان است.



۱-۵- مشخصات فولاد

مشخصات کلی فولاد به شرح جدول زیر است:

مدول الاستیسیته	ضریب پواسون	وزن مخصوص	ضریب انبساط حرارتی	مدول برشی
2×10^6 Kg/cm^2	0.3	7850 Kg/m^3	12×10^{-6} /°C	0.77×10^6 Kg/cm^2

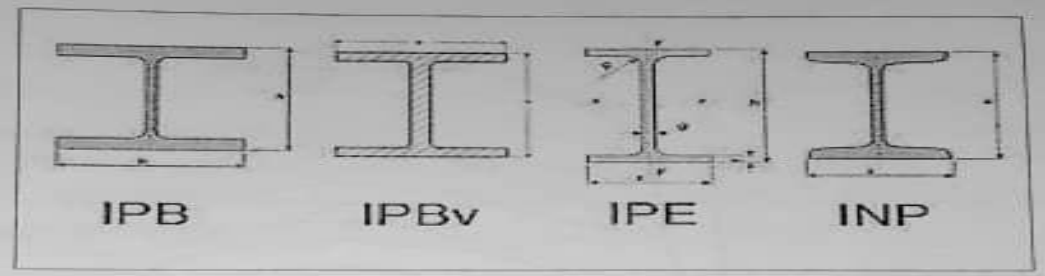
تنش تسلیم و تنش نهائی انواع فولاد با توجه به رده یا گرید آن به شرح جدول زیر است:

رده فولاد	تنش تسلیم (kg/cm^2)	تنش نهائی (kg/cm^2)
ST-37	2400	3700
ST-44	2750	4400
ST-52	3600	5200

۱-۶- انواع مقاطع فولادی

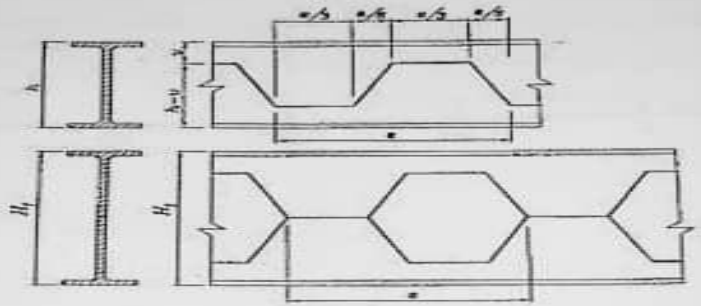
۱-۶-۱- مقاطع I شکل

در سه نوع IPE ،INP و IPB موجود هستند. IPB ها با نام HE-A و HE-B نیز در بازار موجود هستند. عدد بعد از پروفیل نشان دهنده‌ی ارتفاع پروفیل به میلی متر است. به‌طور مثال IPE200 یعنی پروفیل I شکلی که ارتفاع آن ۲۰۰ میلی متر یا ۲۰ سانتی‌متر است. در مقطع IPE عرض بال تقریباً نصف ارتفاع کل مقطع است. در مقطع IPB عرض بال تقریباً برابر با ارتفاع کل مقطع است.



مقاطع لانه زنبوری از برش در این مقاطع حاصل می‌شوند (معمولا ارتفاع تیر لانه زنبوری ۱.۵ برابر تیر اولیه خواهد بود).

IPE برای لانه زنبوری



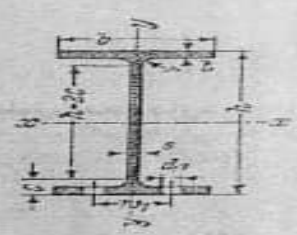
مشخصات دقیق پروفیل‌ها در جداول اشتال:

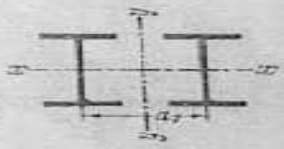
تیر آهن نیم پهن I

ردیف IPE-

طول استاندارد
در پروفیل‌هائی به ارتفاع
کمتر از ۳۰۰ میلیمتر ۸ تا ۱۶ متر
از ۳۰۰ میلیمتر به‌بالا ۸ تا ۱۶ متر

a_1 = فاصله بین دو مرکز تیرآهن برای اینکه هر دو گشتاور ماند اصلی مساوی هم و معادل $a_1/2$ شوند



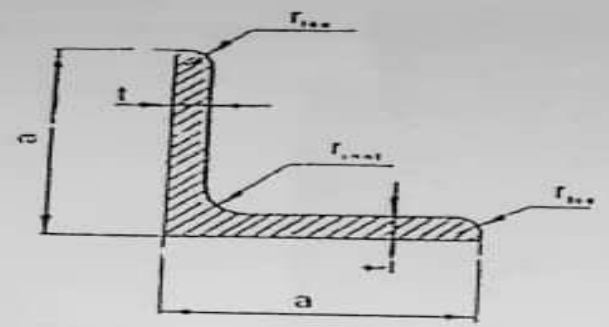


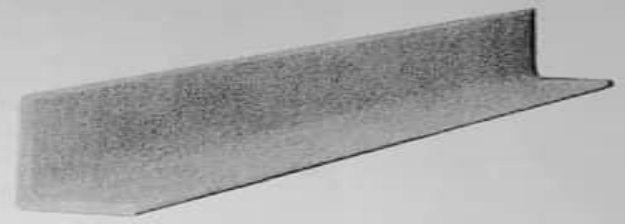
رادر صفحه ۳۱ ملاحظه کنید

علامت اختصاری	اندازه بمیلیمتر برای h	b	s	t	r	c	h-2c	F cm²	G kg/m	برای محور خمش x-x I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	y-y I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	a_1 mm	شعاع‌های لبه طبق دین ۹۹۷ استاندار اکتبر ۱۹۷۰ s_1 mm	w_1 mm
IPE	ردیف IPE (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۵ برگ ۵ انتشار مارس ۱۹۶۵ ردیف IPE معادل نرم اروپائی ۷۵ - ۱۹ است																	
80	80	46	3,8	5,2	5	10,2	59	7,64	6,00	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	63	8,4	28
100	100	55	4,1	5,7	7	12,7	74	10,3	8,10	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	79	8,4	30
120	120	64	4,4	6,3	7	13,0	95	13,2	10,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	98	8,4	36
140	140	73	4,7	6,9	7	13,9	112	16,4	12,9	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	112	11	40
160	160	82	5,0	7,4	9	16,4	127	20,1	15,8	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	125	13*)	44
180	180	91	5,3	8,0	9	17,0	146	23,9	18,8	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	145	13	50
200	200	100	5,6	8,5	12	20,0	159	28,5	22,4	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	162	13	56
220	220	110	5,9	9,2	12	21,2	177	33,4	26,2	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	179	17	60
240	240	120	6,2	9,8	15	24,8	190	39,1	30,7	3900	324	9,97	284	47,3	2,69	196	17	68
270	270	135	6,6	10,2	15	25,2	219	45,9	36,1	5700	429	11,2	420	62,2	3,03	220	21	72
300	300	150	7,1	10,7	15	25,7	248	53,8	42,2	8 360	557	12,5	604	80,5	3,35	245	21	90
330	330	160	7,5	11,5	18	29,6	271	62,6	49,1	11 770	713	13,7	788	98,5	3,55	270	25	88
360	360	170	8,0	12,7	18	30,7	296	72,7	57,1	16 270	904	15,0	1040	123	3,78	294	25	90
400	400	180	8,6	13,5	21	34,6	331	84,5	66,3	23 130	1160	16,5	1320	146	3,95	329	29	98
450	450	190	9,4	14,6	21	35,6	378	98,8	77,6	33 740	1500	18,5	1680	176	4,12	365	28	106
500	500	200	10,2	16,0	21	37,0	426	116	90,7	48 200	1930	20,4	2140	214	4,31	404	28	110

۱-۶-۲- مقاطع L شکل یا نبشی

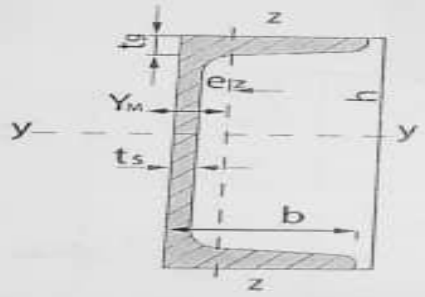
مقطع آن به شکل L است. معمولا در ایران نبشی‌های بال مساوی تولید می‌شود. پروفیل نبشی با طول دو ساق و ضخامت آن معرفی می شود. به‌طور مثال L100X100X10 یعنی نبشی که طول هر یکی از بال‌های آن ۱۰۰ میلی متر و ضخامت بال‌های آن ۱۰ میلی کتر است.

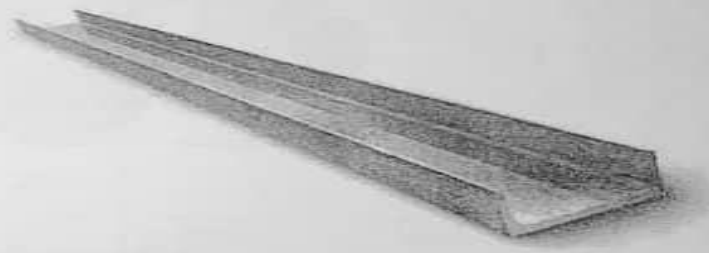




۱-۶-۳- مقاطع U شکل یا ناودانی

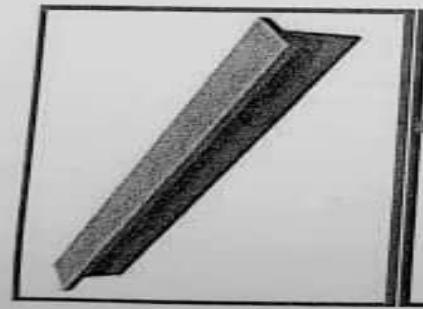
مقطع آن به شکل U است. عدد بعد از پروفیل نشان دهنده‌ی ارتفاع پروفیل به میلی متر است. به‌طور مثال UNP200 یعنی پروفیل U شکلی که ارتفاع آن ۲۰۰ میلی متر یا ۲۰ سانتی‌متر است.

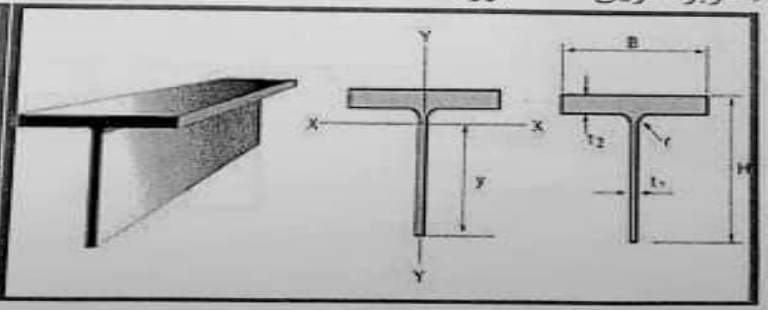


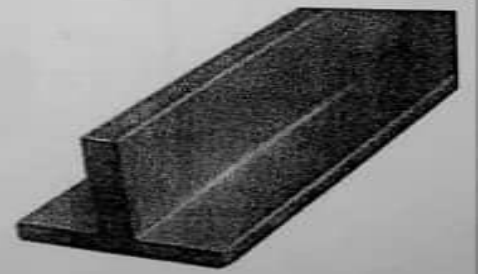


۱-۶-۴- مقطع T شکل یا سپری

مقطع آن به‌صورت T شکل است (کاربرد: ریل آسانسور)

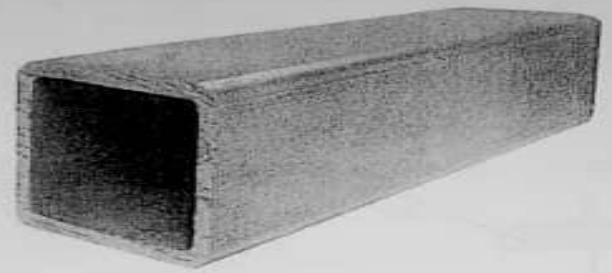






۱-۶-۵- مقاطع قوطی یا باکس

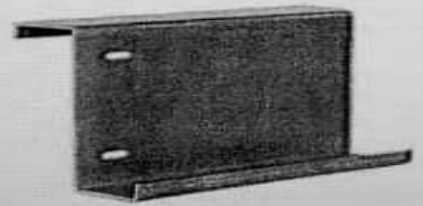
مقطع آن می‌تواند به‌صورت مربعی یا مستطیلی باشد. BOX200X200X12 یعنی مقطعی قوطی شکلی که اندازه هر ضلع آن ۲۰۰ میلی متر و ضخامت آن ۱۲ میلی متر است.

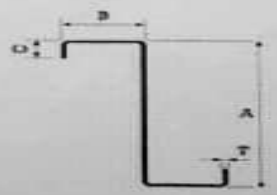


۱-۶-۶- مقاطع لوله

۱-۶-۷- مقاطع Z شکل

کاربرد اصلی این مقاطع در سوله‌ها به عنوان پرلین (لاپه) می‌باشد.

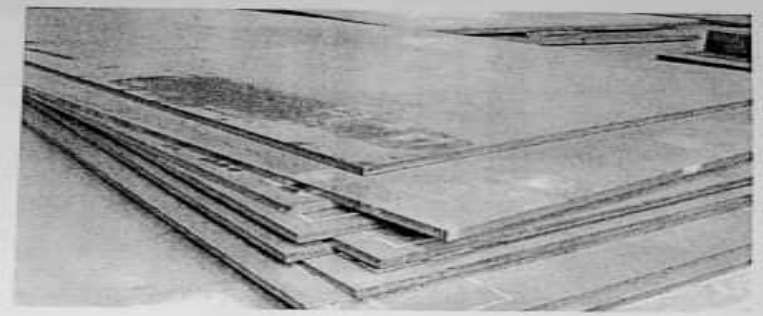




۱-۶-۸- انواع ورق‌ها و تسمه‌ها

به ابعای مختلف و ضخامت‌های ۲، ۳،۴، ۵ ،۶،۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ...میلی متر قابل تهیه می‌باشند. نامگذاری آن به صورت نمایش ابعاد طول و عرض و نهایتاً ضخامت ورق می‌باشد. وزن یک ورق به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

PL400X400X20
W=7850*0.4*0.4*0.02=25.12 kg



۱-۶-۹- انواع میلگردها

در میلگردها عدد نمایش داده شده پس از عنوان میلگرد قطر میلگرد به میلی‌متر است. به‌طور مثال Φ6 یعنی میلگردی که قطر سطح مقطع دایره‌ای شکل آن ۶ میلی‌متر است.

طبقه‌بندی	علامت مشخصه	استحکام تسلیم بالایی R_{eH} N/mm²		استحکام کششی R_m N/mm²
		حداقل	حداکثر	حداقل
ساده	س ۲۴۰	۲۴۰	–	۳۶۰
آج‌دار مارپیچ	آج ۳۴۰	۳۴۰	–	۵۰۰
	آج ۳۵۰	۳۵۰	۴۵۵	۵۰۰
آج‌دار جناغی	آج ۴۰۰	۴۰۰	–	۶۰۰
	آج ۴۲۰	۴۲۰	۵۴۵	۶۰۰
آج‌دار مرکب	آج ۵۰۰	۵۰۰	–	۶۵۰
	آج ۵۲۰	۵۲۰	۶۷۵	۶۹۰

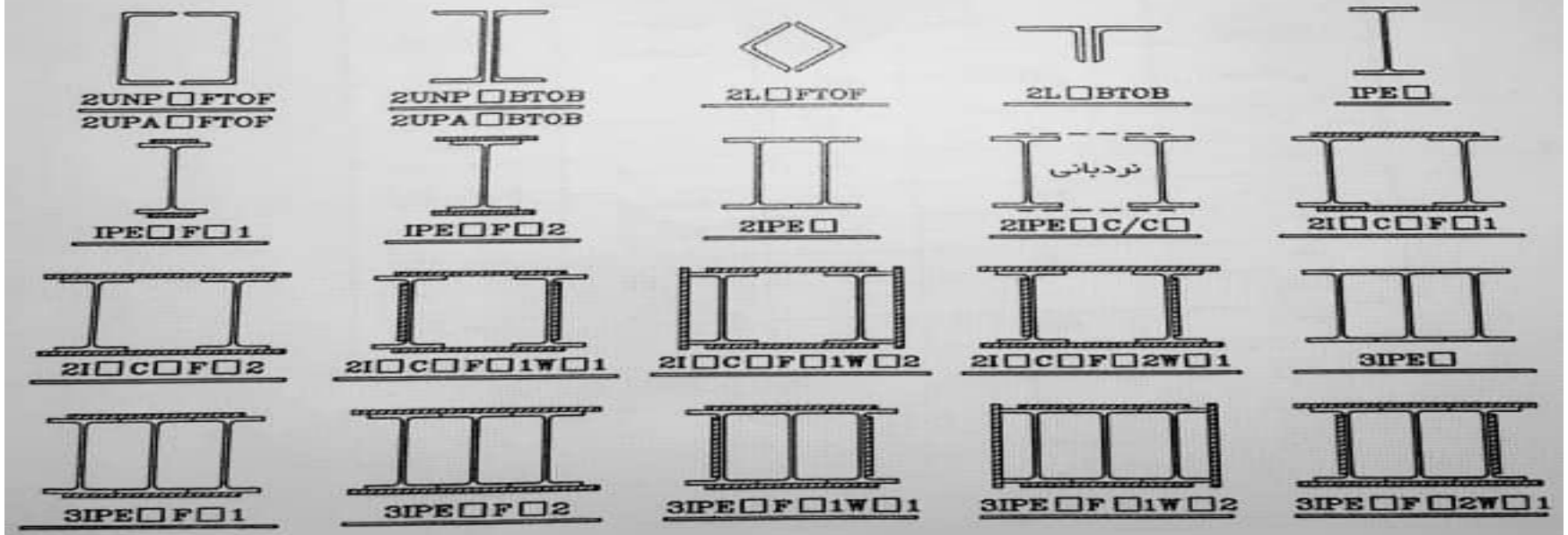
نحوه محاسبه وزن یک متر طول میلگردهای مصرفی به شرح زیر است (d بر حسب متر):

وزن یک متر طول میلگرد $\rightarrow G = \left(\frac{\pi}{4} \times d^2\right) \times 7850 = 6165.38 \times d^2$

بنابراین برای میلگردهای مختلف خواهیم داشت:

D: قطر آرماتور	G(kg/m)
Φ6	0.222
Φ8	0.395
Φ10	0.617
Φ12	0.888
Φ14	1.21
Φ16	1.58
Φ18	2.00
Φ20	2.47
Φ22	2.98
Φ25	3.85
Φ28	4.83

۱-۶-۱۰- انواع مقاطع مرکب



۱-۷- مبانی طراحی

مبنای طراحی ساؤه‌های فولادی بررسی و کنترل آن‌ها در حالت‌های حدی برای حصول ایمنی و قابلیت بهره‌برداری است. مطالب زیر از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است:

۱۰-۱-۲-۱ حالت‌های حدی

حالت‌های حدی به شرایطی اطلاق می‌شوند که اگر تمام یا بخشی از سازه به هر یک از آن حالت‌ها برسند، قادر به انجام وظایف خود نبوده و از حیز انتفاع خارج می‌شوند. مطابق این مبحث، تعیین پیکربندی، ابعاد و مشخصات اجزای سازه باید به نحوی باشد که مجموعهٔ سازه، شامل اعضا و اتصالات آن، تحت شرایط بارگذاری محتمل، به هیچ یک از حالت‌های حدی زیر نرسد.

الف- حالت‌های حدی مقاومت

حالت‌های حدی مقاومت حالت‌هایی هستند که مجموعهٔ سازه، شامل اعضا و اتصالات آن، ضمن حفظ انسجام خود، تحت اثر ترکیبات مختلف بارگذاری تا رسیدن به آن حالت‌ها (نظیر تسلیم، گسیختگی، کمانش و ...) از مقاومت کافی و شکل‌پذیری مورد نیاز برخوردار بوده و پس از رسیدن به هر یک از آنها پایداری خود را از دست می‌دهند.

ب- حالت‌های حدی بهره‌برداری

حالت‌های حدی بهره‌برداری حالت‌هایی هستند که مجموعهٔ سازه، شامل اعضا و اتصالات آن، تا رسیدن به آن حالت‌ها (نظیر قابلیت نگهداری، حفظ ظاهر، دوام، آسایش و ...) وظایف خود را به طور کامل انجام می‌دهند و پس از رسیدن به هر یک از آنها قادر به انجام وظایف خود نخواهند بود.

۱۰-۱-۲-۲ طراحی بر اساس حالت‌های حدی مقاومت

۱۰-۱-۲-۲-۱ در این مبحث روش طراحی مورد استفاده برای تامین الزامات حالت‌های حدی مقاومت، روش ضرایب بار و مقاومت می‌باشد و از طریق دو سری ضرایب ایمنی به شرح زیر در تحلیل و طراحی منظور می‌گردد.

الف- اولین دستهٔ ضرایب ایمنی از طریق تشدید ضرایب بارها منظور می‌شود و مقدار آنها به میزان عدم اطمینان در برآورد مقدار بارها بستگی دارد. مقدار این دسته از ضرایب ایمنی باید مطابق با ترکیبات بارگذاری ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان باشد.

ب- دومین دستهٔ ضرایب ایمنی از طریق ضرایب کاهش مقاومت (ϕ) منظور می‌شود و مقدار آنها با توجه به دقت تئوری مورد استفاده در ضوابط طراحی، تغییرات احتمالی مشخصات مصالح و ابعاد مقطع تعیین می‌گردد. مقادیر ضرایب کاهش مقاومت (ϕ) در فصل ۱۰-۲ این مبحث ارائه شده است.

۱۰-۱-۲-۲-۲ معیارهای طراحی برای تامین الزامات حالت‌های حدی مقاومت باید مطابق جدول ۱۰-۱-۲-۱ در نظر گرفته شوند.

جدول ۱۰-۱-۲-۱ معیارهای طراحی برای تامین الزامات حالت‌های حدی مقاومت

ردیف	معیار طراحی
۱	حالت‌های حدی مقاومت از قبیل تسلیم، گسیختگی، کمانش، تشکیل مکانیزم خرابی (فروریختگی) [۱]
۲	ناپایداری کلی از قبیل ناپایداری در برابر واژگونی و یا ناپایداری به علت تغییرمکان جانبی زیاد [۱]
۳	گسیختگی به علت خستگی [۲]
۴	کنترل آب جمع‌شدگی [۳]
۵	کنترل برای اثرهای خوردگی [۴]
۶	کنترل برای شرایط آتش‌سوزی [۵]
۷	کنترل برای ترد شکنی [۶]
۸	کنترل اتصال فولاد و بتن در قطعات مختلط [۶]

۱۰-۱-۲-۲-۳ در روش ضرایب بار و مقاومت، طراحی اعضای مختلف سازه باید چنان صورت گیرد که مقاومت طراحی (ϕR_n) بزرگتر یا مساوی مقاومت مورد نیاز (R_u) باشد. یعنی:

$$R_u \leq \phi R_n \qquad (۱۰-۱-۲-۱)$$

که در آن:

$R_u =$ مقاومت مورد نیاز که منظور از آن همان نیروهای داخلی موجود در مقطع مورد نظر تحت اثر ترکیبات مختلف بارگذاری است. در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت، نیروهای داخلی باید بر اساس تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری نظیر حالت‌های حدی مقاومت مندرج در مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان تعیین شود.

$\phi =$ ضریب کاهش مقاومت. مقادیر ضریب کاهش مقاومت در فصل ۱۰-۲ این مبحث ارائه شده است.

جدول ۱۰-۱-۲-۲ معیارهای طراحی برای تامین الزامات حالت‌های حدی بهره‌برداری»

ردیف	معیار طراحی
۱	کنترل تغییرشکل‌ها
۲	کنترل تغییرمکان‌های جانبی
۳	کنترل ارتعاش
۴	ملاحظات پیش‌خیز
۵	ملاحظات آثار ناشی از حرکت باد
۶	کنترل اثرات انبساط و انقباض
۷	کنترل لغزش اتصالات

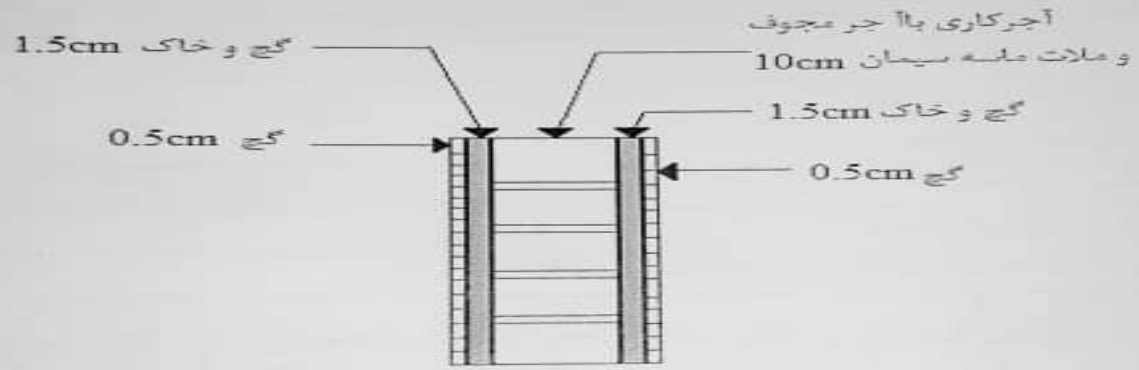
۲- فصل دوم- بارگذاری سازه‌ها

۲-۱- بارهای مرده

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمان‌ها مانند تیر و ستون‌ها، دیوارها و کف‌ها، بام‌ها و سقف‌ها، راه پله، نازک کاری، پوشش‌ها و دیگر بخش‌های سهیم در اجزا سازه‌ای و معماری. همچنین وزن تاسیسات و تجهیزات ثابت جز بارهای مرده محسوب می‌شوند.

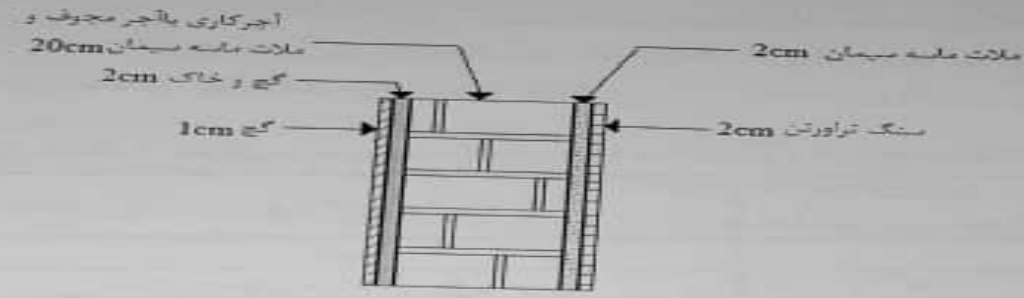
جهت محاسبه وزن اجزای ساختمان می‌توان از جداول پیوست یک مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (جرم مخصوص مواد و مصالح) استفاده نمود.

مثال: وزن یک متر مربع دیوار به مشخصات زیر را محاسبه نمائید.



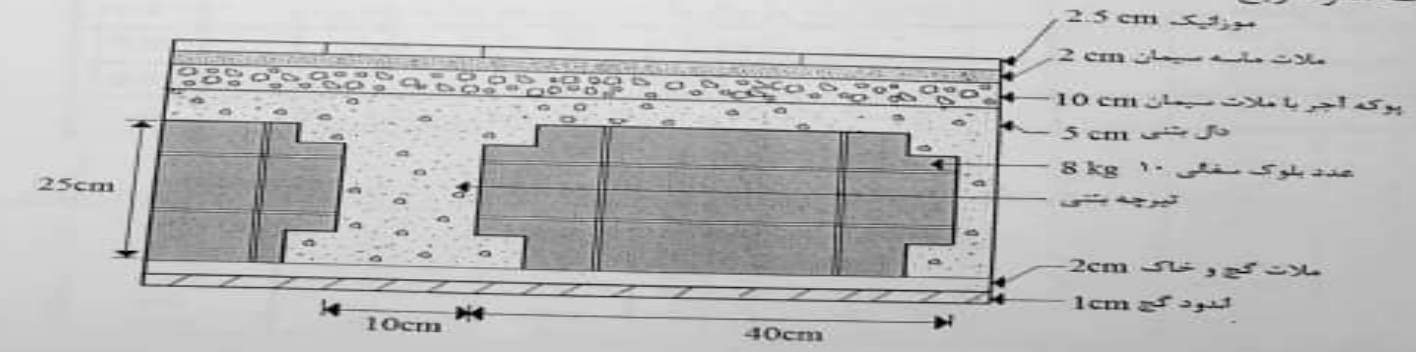
ردیف	جزئیات	بار واحد حجم(kg/m^3)	ضخامت(m)	بار واحد(kg/m^2)
۱	ملات گچ	۱۳۰۰	۰/۰۰۵	۱۳۰۰ * ۰/۰۰۵*۲=۱۳
۲	ملات گچ و خاک	۱۶۰۰	۰/۰۱۵	۱۶۰۰ * ۰/۰۱۵*۲= ۴۸
۳	آجرکاری با آجر مجوف وملات ماسه سیمان	۸۵۰	۰/۱	۸۵۰ * ۰/۱ = ۸۵
مجموع				۱۴۶ kg/m^2

مثال: وزن یک متر مربع دیوار به مشخصات زیر را محاسبه نمائید.



ردیف	جزئیات	جرم واحد حجم (kg/m^3)	ضخامت (m)	بار کل (kg/m^2)
۱	سنگ تراورتن	۲۴۰۰	۰/۰۲	۲۴۰۰ * ۰/۰۲ = ۴۸
۲	ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۰/۰۲	۲۱۰۰ * ۰/۰۲ = ۴۲
۳	آجرکاری با آجر مجوف و ملات ملات ماسه سیمان	۸۵۰	۰/۲	۸۵۰ * ۰/۲ = ۱۷۰
۴	ملات گچ وخاک	۱۶۰۰	۰/۰۲	۱۶۰۰ * ۰/۰۲ = ۳۲
۵	ملات گچ	۱۳۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰ * ۰/۰۱ = ۱۳
	مجموع			۳۰۵ kg/m^2

تمرین: وزن یک متر مربع سقف به مشخصات زیر را محاسبه نمائید.



پایان