محاضرات مادة خرسانة مسلحة /2/

لطلاب السنة الثالثة

(هندسة مدنية)

الدكتور نزيه يعقوب منصور

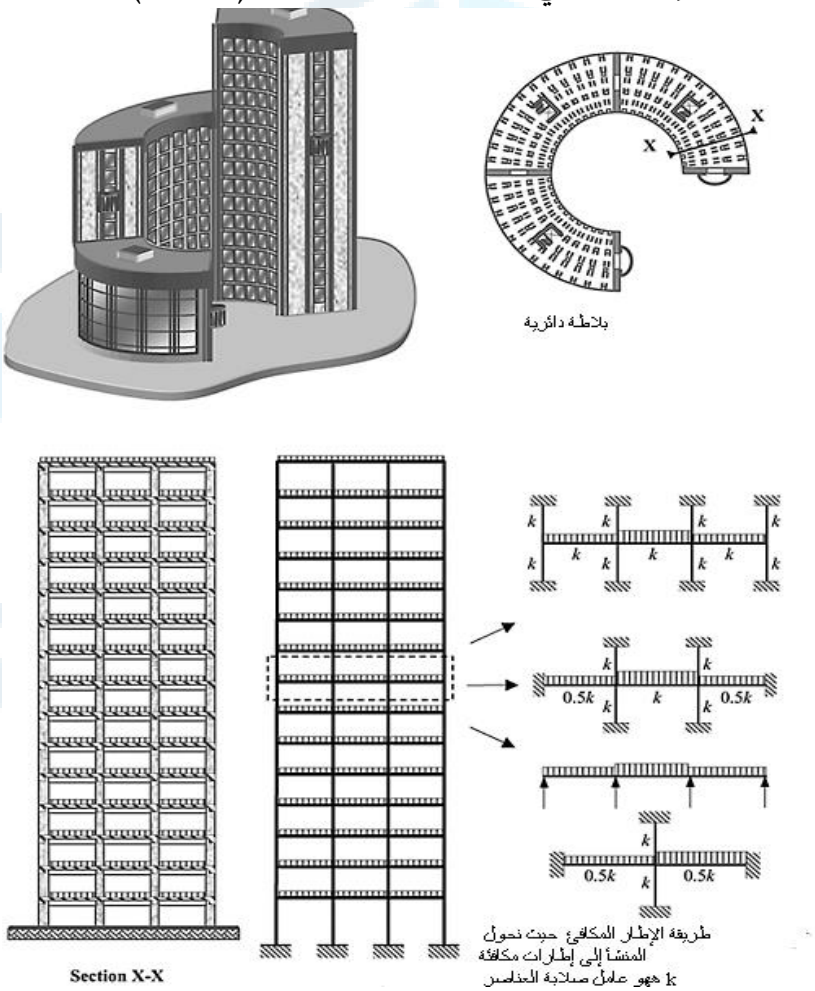
2026 - 2025

المحاضرة الثالثة حتى الخامسة

الفصل الثاني
تصميم البلاطات المليئة

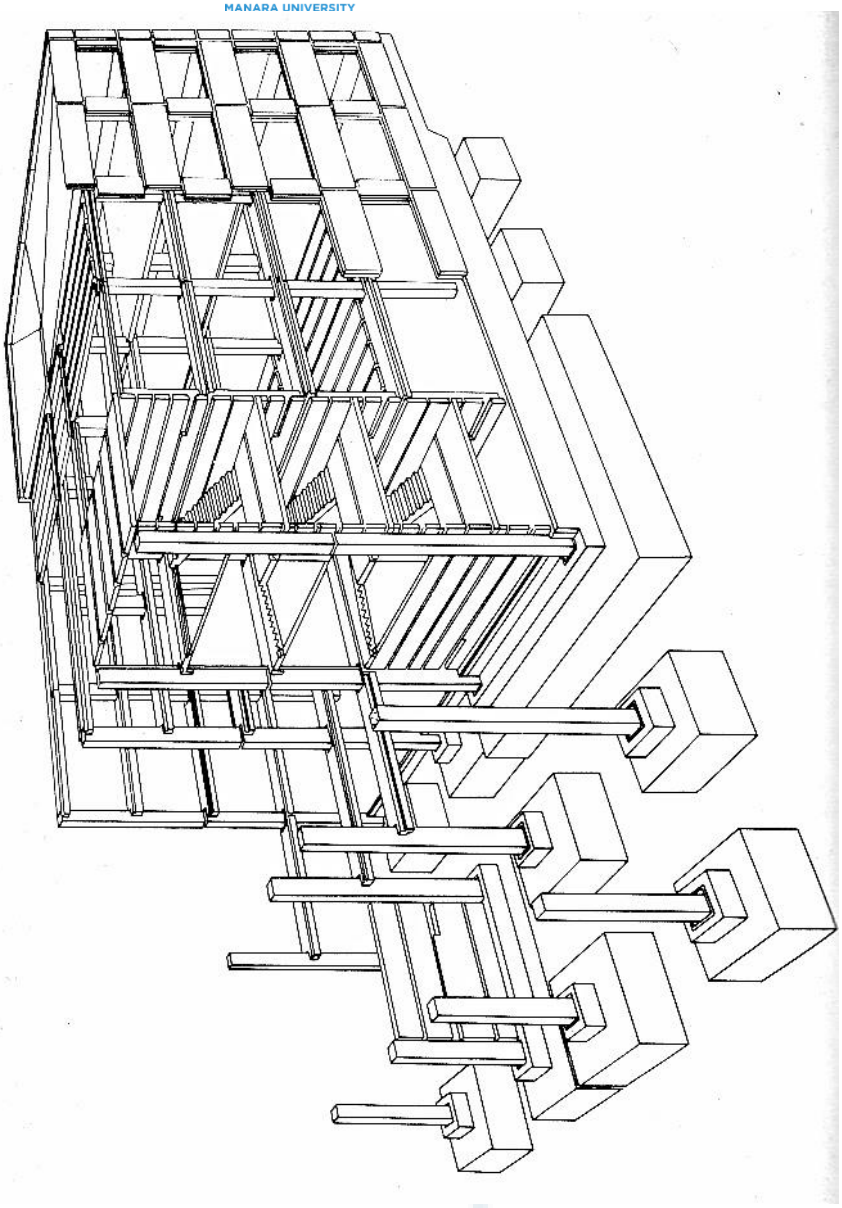
2-1- مقدمة :

تعتبر البلاطات البيتونية المسلحة المصبوبة في المكان من أهم العناصر الإنشائية في المنشآت المدنية باعتبارها العنصر الأول الذي يتلقى حمولات المنشأة الإضافية , بالإضافة إلى الأوزان الذاتية لهذه البلاطات و حمولات الإكساءات التي تعلوها كما يظهر الشكل (2 – 1) .



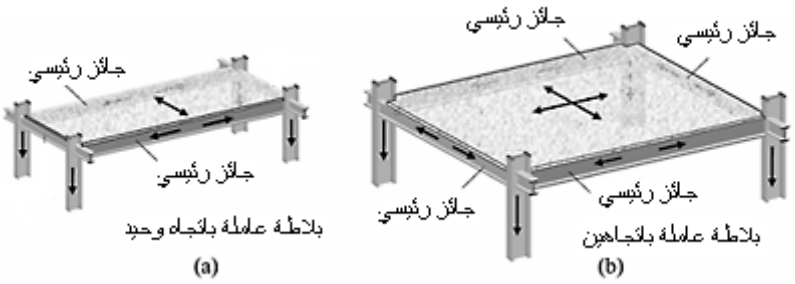
الشكل (2 – 1) : نماذج لبلاطات مختلفة مع الحمولات المختلفة التي تتعرض لها

وكذلك في المنشآت البيتونية مسبقة الصنع كما في الشكل (2 – 2).



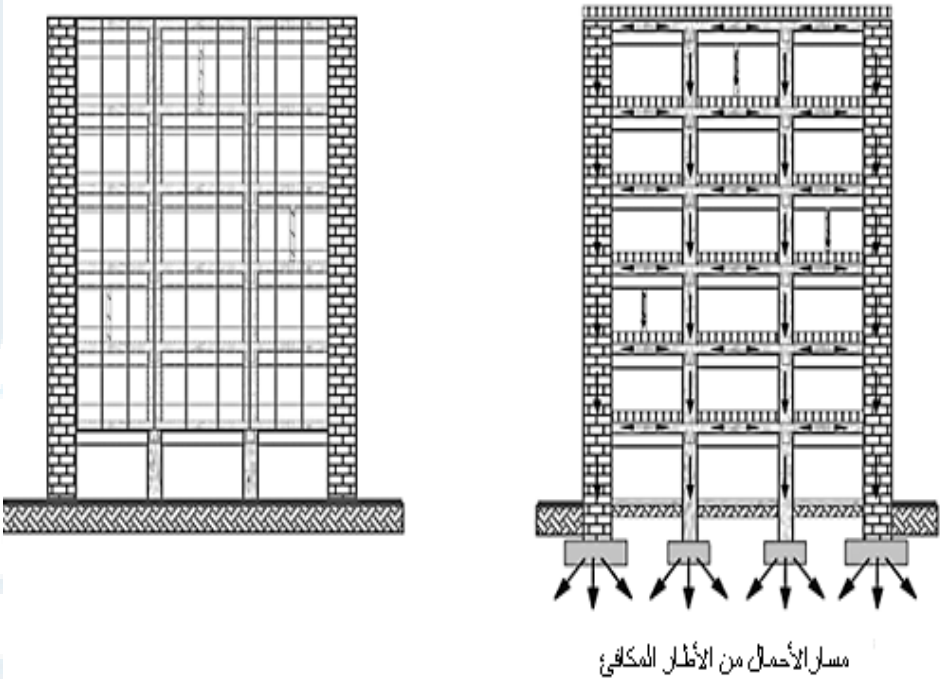
الشكل (2 – 2) : تركيب البلاطات في منشأة مسبقة الصنع

تنقل البلاطات حمولات المنشأة الإضافية , بالإضافة إلى الأوزان الذاتية لهذه البلاطات و حمولات الإكساءات التي تعلوها , و ذلك إلى الجوائز و الجدران الحاملة , كما يظهر الشكل (2– 3) , حيث تؤمن تغطية أسقف المباني و القاعات و المساحات الواسعة في منشآت البيتون المسلح .

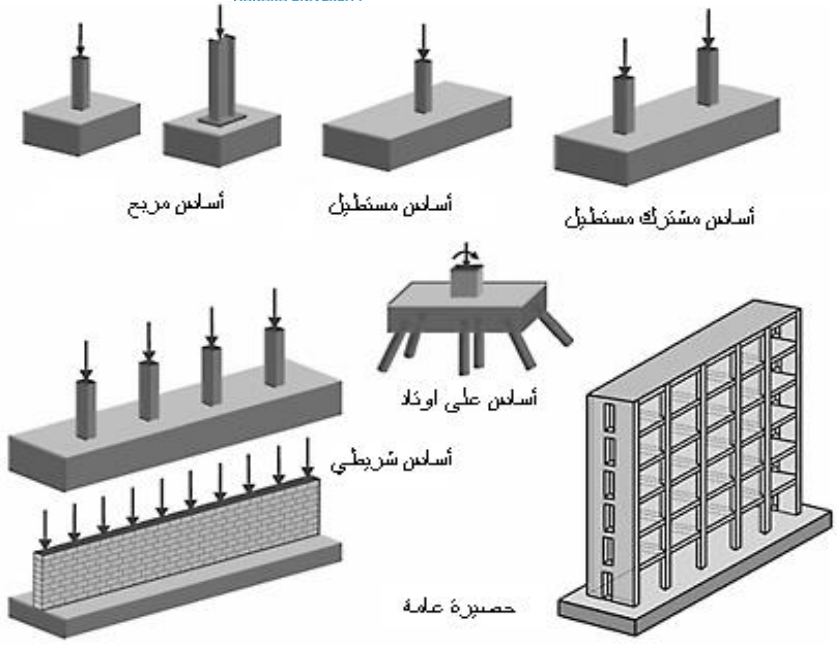


الشكل (2 – 3) : آلية نقل الحمولات من البلاطات إلى الجوائز ومنها إلى الأعمدة

تنتقل بعدها الحمولات إلى العناصر الحاملة الشاقولية الأعمدة والجدران, كما يظهر الشكل (2 – 4) ,ومن ثم إلى الأساسات, كما يظهر الشكل (2 – 5).



الشكل (2 – 4) : نقل الحمولات من البلاطات عن طريق الأعمدة والجدران



الشكل (2 – 5) : نقل الحمولات من البلاطات عن طريق الأعمدة والجدران إلى الأساسات

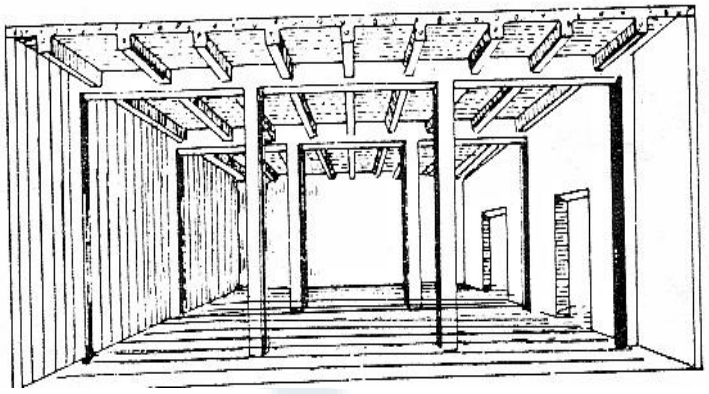
يمكن التمييز بين نوعين من البلاطات المليئة :

2-1-1- البلاطات المليئة المستندة على جوائز بارزة عن البلاطة (تسمى ايضاً جوائز متدلية أو مقلوبة) :

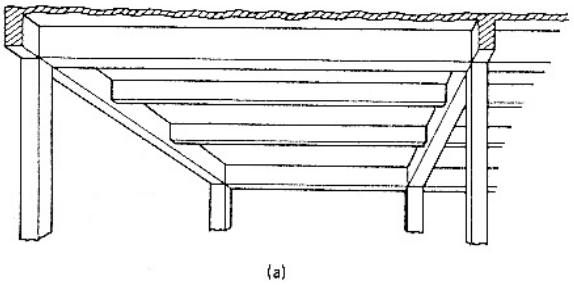
تقسم هذه البلاطات الى نوعين حسب آلية عملها :

1- بلاطات مليئة تعمل باتجاه واحد مستندة على جوائز ثانوية ورئيسية كما يظهر الشكل (2 – 6).

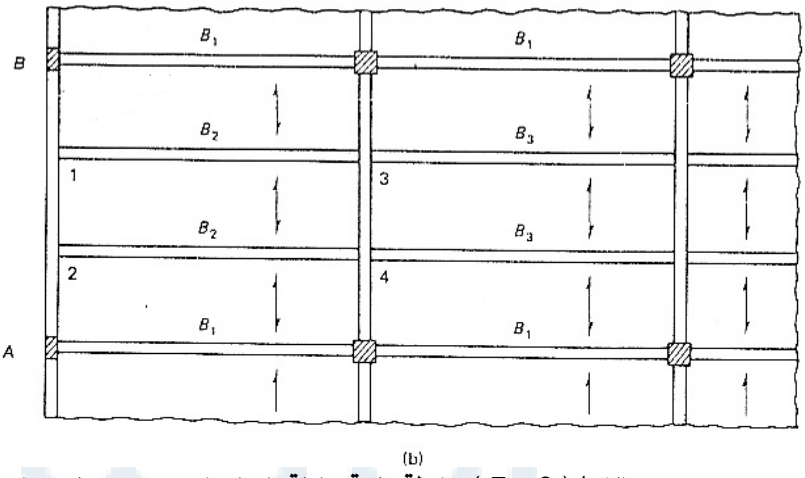
أو جوائز رئيسية كما يظهر الشكل (2– 7) ، حيث يشير السهم إلى اتجاه نقل الحمولات أي آلية عمل البلاطة .



الشكل(2 – 6): بلاطة مليئة عاملة باتجاه واحد مستندة على جوائز ثانوية ورئيسية



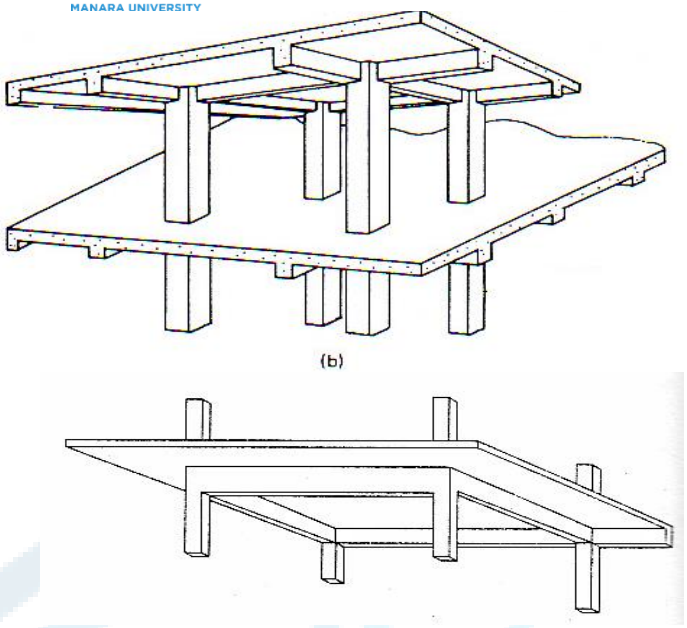
(a)



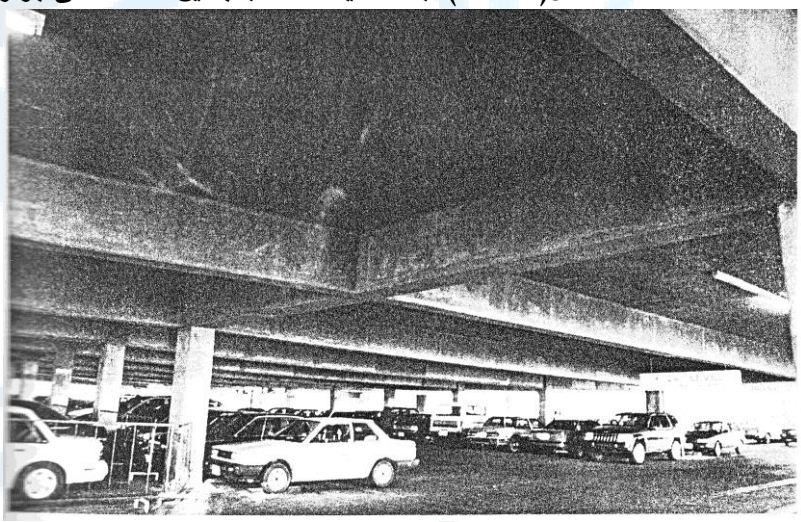
(b)

الشكل(2 – 7): بلاطة مليئة عاملة باتجاه واحد مستندة على جوائز رئيسية

2- بلاطات مليئة تعمل باتجاهين مستندة على جدران ، أو على جوائز بارزة عن البلاطة , كما يظهر الشكل (2 – 8) و الشكل (2 – 9) .



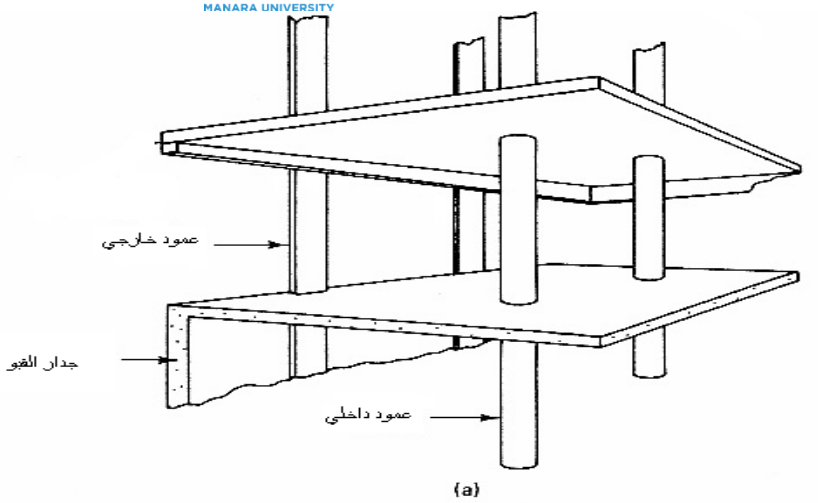
الشكل(2 – 8): بلاطة مليئة عاملة باتجاهين مستندة على جوائز بارزة



الشكل(2 – 9): بلاطة مليئة عاملة باتجاهين مستندة على جوائز بارزة (كراج سيارات)

2-1-2- البلاطات المليئة المستندة مباشرة على الأعمدة دون جوائز أو على تيجان (وتسمى أيضا بلاطات فطرية):

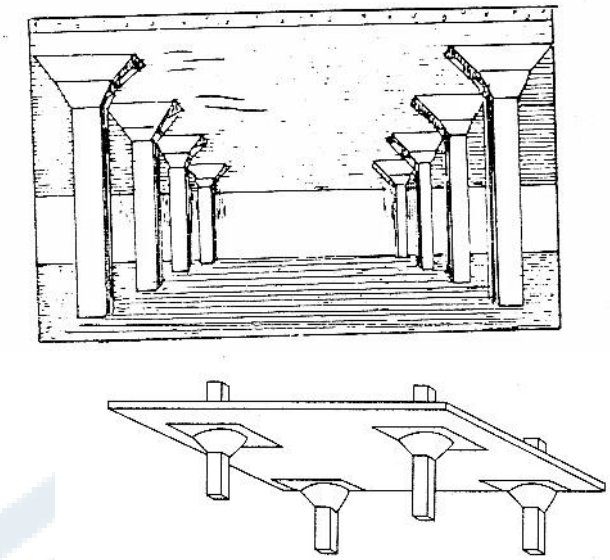
يظهرالشكل(2– 10) و الشكل(2– 11) استناد البلاطة المليئة على الأعمدة مباشرة .



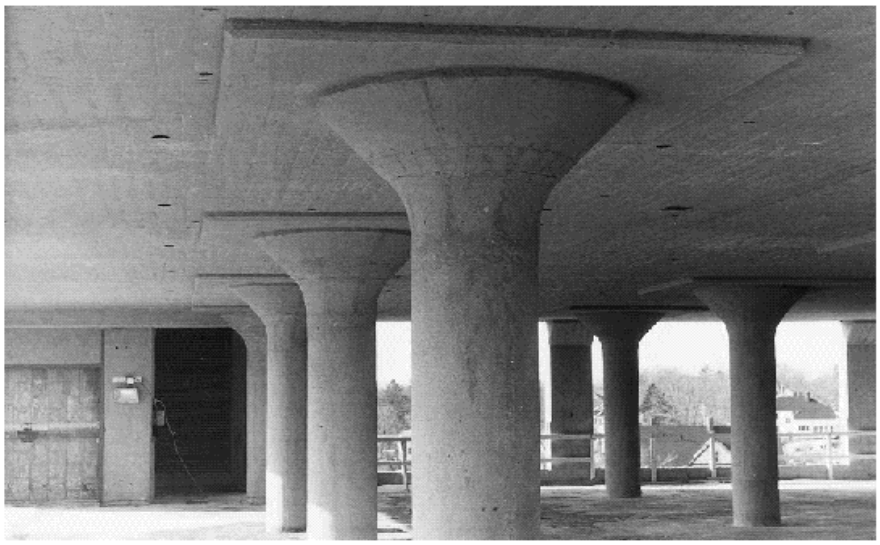
الشكل(2 – 10): بلاطة مليئة مستندة على الأعمدة مباشرة

الشكل(2 – 11): بلاطة مليئة مستندة على الأعمدة مباشرة

يظهر الشكل(2– 12) و الشكل(2– 13) استناد البلاطة المليئة على تيجان الأعمدة (البلاطات الفطرية) .



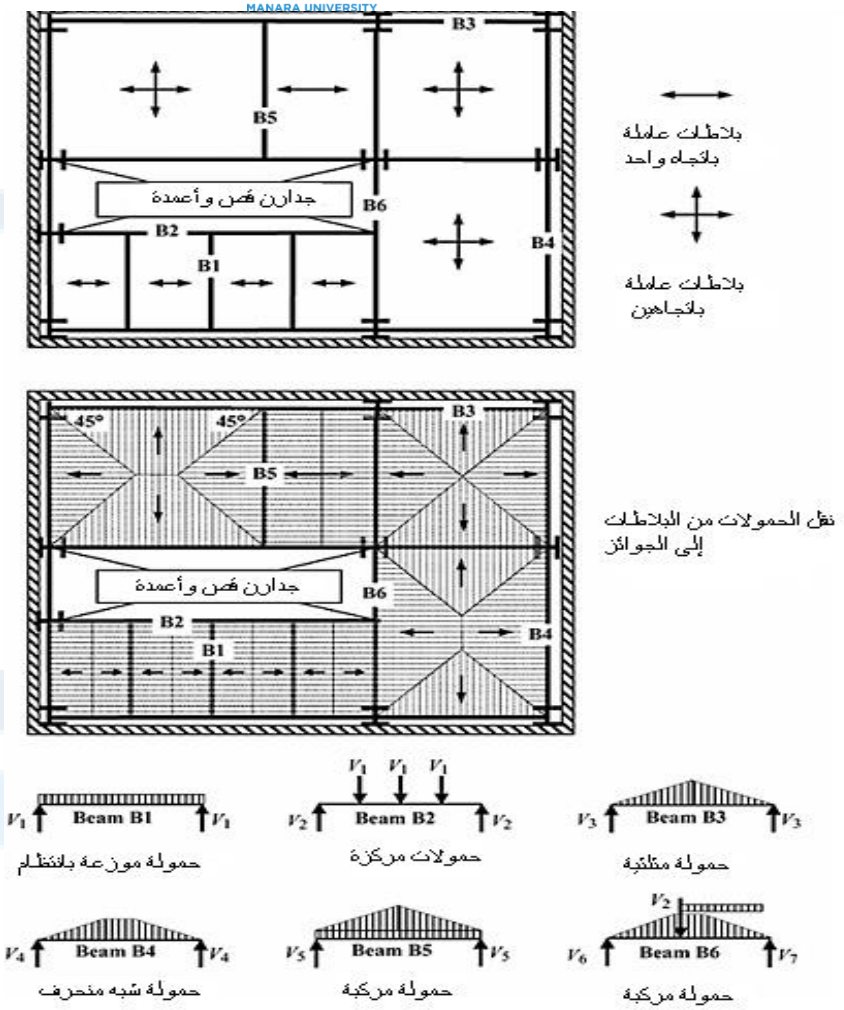
الشكل(2 – 12): بلاطة مليئة مستندة على تيجان الأعمدة (بلاطة فطرية)



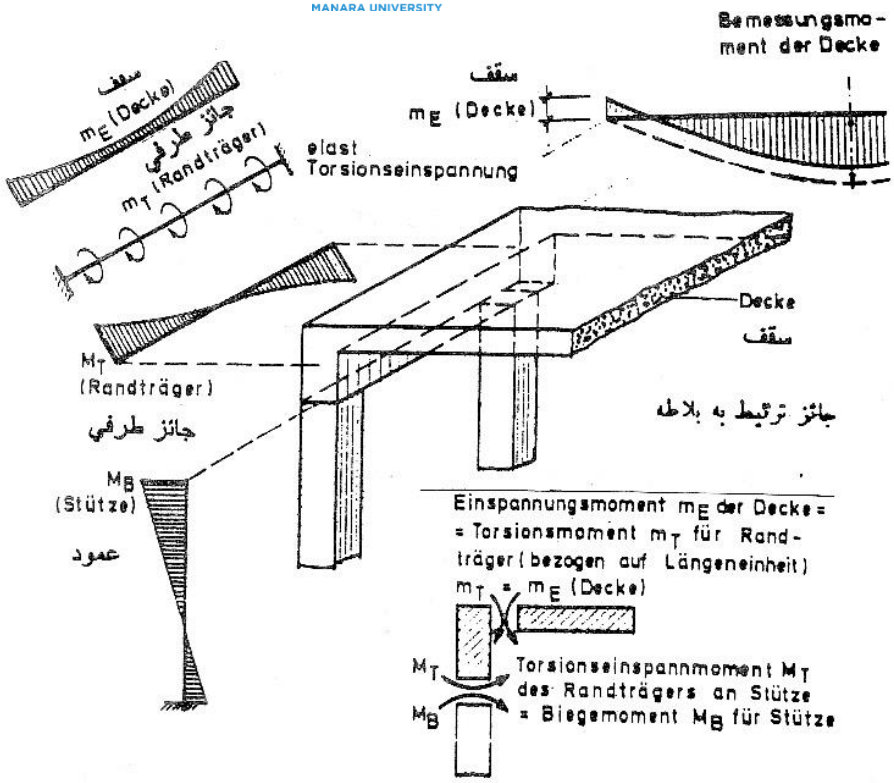
الشكل (2 – 13): بلاطة مليئة مستندة على تيجان الأعمدة (بلاطة فطرية)

تتولد عن الحمولات التي تتعرض لها العناصر الإنشائية وآلية نقلها إلى العناصر الأخرى ، كما يظهر الشكل(2– 14) ، عزوم انعطاف وقوى قص وعزوم فتل وبالتالي إجهادات في هذه العناصر مثل البلاطات والجوائز، الشكل (2–15) ، الشكل (2– 17) وقوى ناظمية ضاغطة أو قوى ناظمية ضاغطة مع عزم انعطاف وبالتالي إجهادات كما في الأعمدة ،الشكل (2–16).

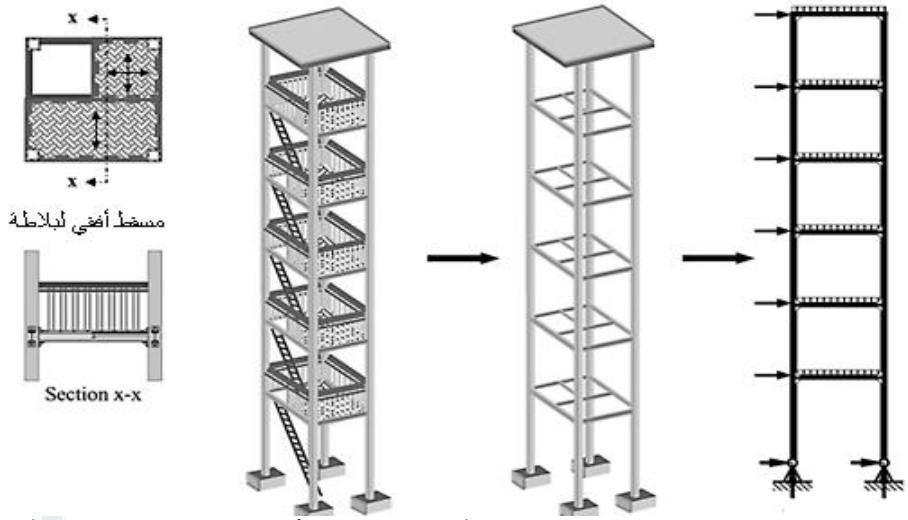
سنستعرض في الفقرات التالية تحليل القوى في البلاطات المليئة بأنواعها كافة وتحديد قوى المقطع فيها وحسابها انطلاقا من الاشتراطات التي تم ذكرها في الفصل الأول .



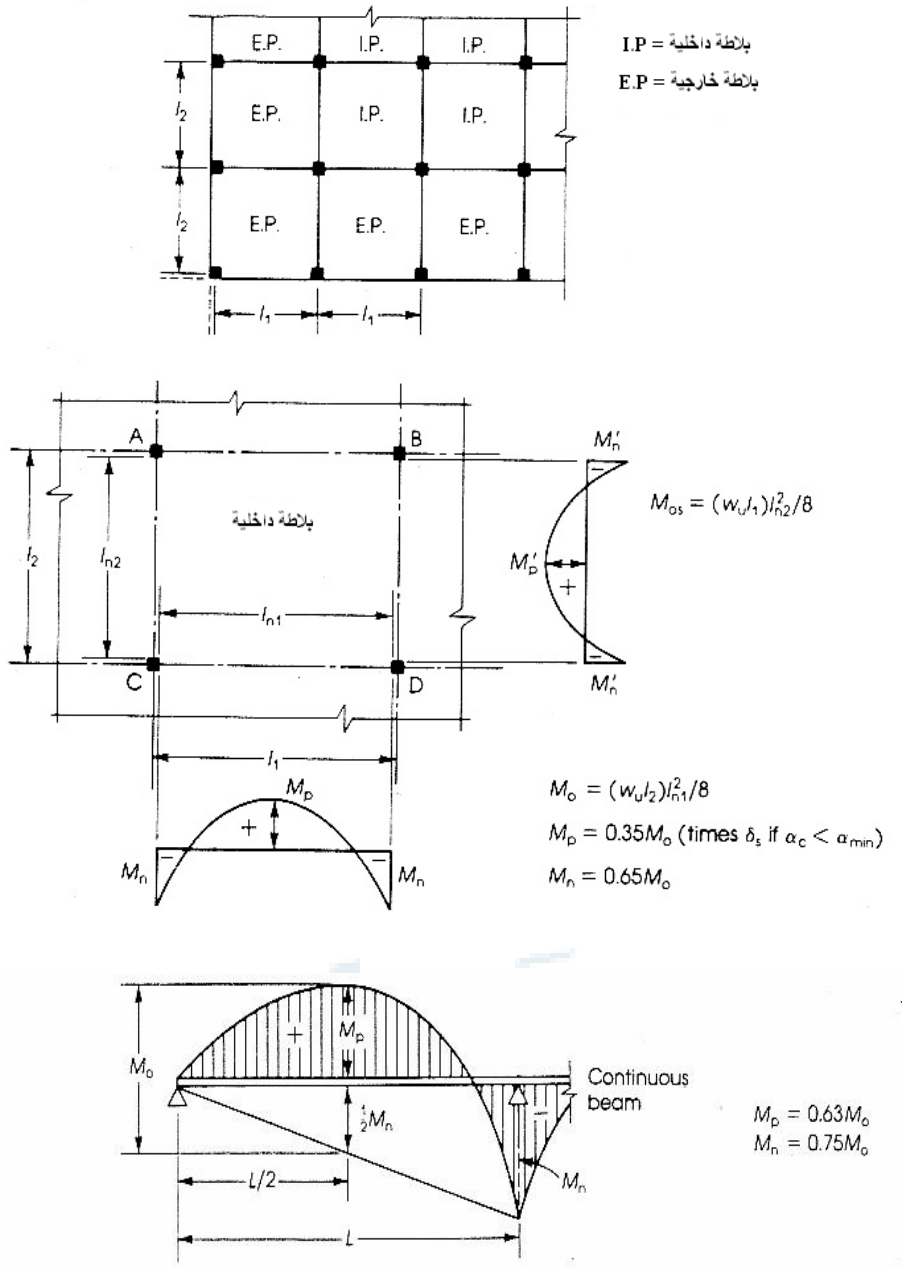
الشكل (2 – 14): آلية نقل البلاطات للحمولات



الشكل (2 – 15): العزوم و قوى القص و الاجهادات الناتجة في جائز طرفي و عمود



الشكل (2–16) : القوى الأفقية على المنشأة و القوى الناظمية في الأعمدة



الشكل (2 – 17): عزوم الانعطاف في الجوائز الحاملة للبلاطة

2-2-البلاطات المليئة العاملة باتجاه واحد :

تحسب عزوم الانحناء **لشرائح بعرض واحدة الطول**,في اتجاه المجاز الفعال بين الركيزتين المتقابلتين كما يلي :

1- في حال تحقق الاشتراطات التالية :

أ- الأحمال موزعة بانتظام .

ب- لا يزيد الاختلاف بين كل مجازين متجاورين على25% من المجاز الأكبر.

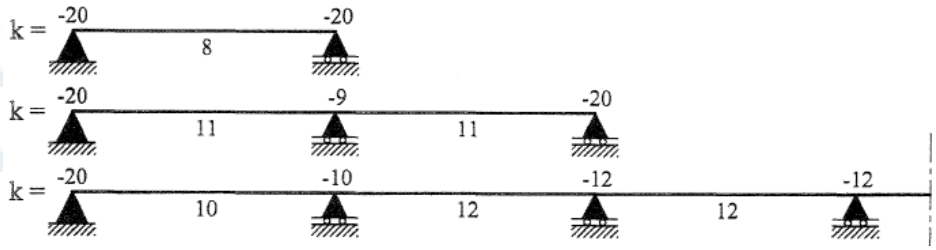
يحسب عزم الانحناء من علاقة التالية :

$$M = WL^2/k$$

حيث :W= حمل البلاطة الكلي (حي + ميت) عند حساب العزم الموجب (وسط البلاطة), ومتوسط حملي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم السالب .

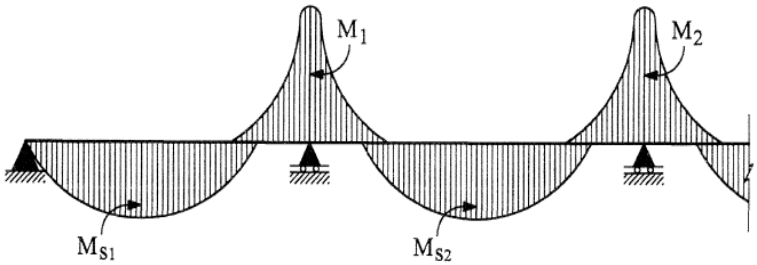
L=طول مجاز البلاطة عند حساب العزم الموجب و القص, ومتوسط طولي مجازي البلاطتين المتجاورتين,عند حساب العزم السالب و رد فعل المساند الداخلية .

K= معامل يؤخذ من الشكل (2 - 18) .



للبلاطات المستمرةkالشكل (2 - 18) : قيم المعامل

2- عندما لا تتحقق الاشتراطات أعلاه لا يمكن استعمال المعاملات الموضحة الشكل (2 - 18) وإنما تحسب العزوم السالبة باستعمال الوثاقة عند المساند أولا، ثم بإجراء عملية توزيع واحدة فقط ، وفق القساوات للمجازين المتجاورين. أما العزوم الموجبة في المجازات، فتعطى بحسب الشكل (2- 19) :



الشكل (2- 19) : حساب العزوم الموجبة في البلاطة المستمرة

أ- المجازات الطرفية : $M_{S1} = 1.2M_0 - 0.4M_1$

ب- المجازات الوسطية : $M_{S2} = 1.1M_0 - \left(\frac{M_1+M_2}{2}\right)$

حيث : M_0 العزم الأعظمي الموجب للجائز البسيط.

M_1 العزم السالب عند المسند في مجاز طرفي , أو العزم السالب عند المسند الأيسر في مجاز وسطي , ويؤخذ بقيمته المطلقة .

M_2 العزم السالب عند المسند الأيمن في مجاز وسطي, بالقيمة المطلقة .

M_{S1} العزم الموجب التصميمي في المجاز الطرفي.

M_{S2} العزم الموجب التصميمي في المجاز الوسطي.

ويجب ألا يقل العزم الموجب التصميمي في كل مجاز عن $\frac{1}{2}M_0$ للمجاز ذاته, وفي حال وجود عزم سالب في المجاز, تتم مقاومته بتسليح علوي حسب مغلف العزوم. وتؤخذ العزوم الناتجة عن الأحمال الاستثمارية في حالة حدود الاستثمار, والمصعدة في حالة الحد الأقصى.

3- في حالة الأظفار المستمرة مع البلاطة , يؤخذ العزم السالب فوق المسند بين البلاطة والظفر مساوياً لعزم الظفر دون تنقيص , أما عزما البلاطة المجاورة للظفر (وهما العزم الموجب وسط البلاطة والعزم السالب على المسند الآخر للبلاطة), فيمكن حسابهما بافتراض أن الاستمرار مع الظفر هو وثاقة تامة إذا كان مجاز الظفر لا يقل عن ثلث مجاز البلاطة , بينما يعد استناداً بسيطاً إذا كان مجاز الظفر أقل من ثلث مجاز البلاطة بالاتجاه ذاته, على أنه يجب الزيادة في رد فعل المسند الطرفي نتيجة تأثير عزم الظفر.

4- يؤخذ عزم سالب بنهاية الطرف الطويل للبلاطة ذات الاتجاه الواحد(عند وجود جائز في هذه النهاية) مساوياً إلى :

$WL^2/35$

حيث : W الحمل الكلي (حي + ميت) للبلاطة في حالات حدود الاستثمار, و W_U في حالة حد الانهيار.

L طول المجاز في الاتجاه القصير للبلاطة.

2-3-البلاطات المليئة العاملة باتجاهين :

تحسب عزوم الانحناء للبلاطات المصمتة العاملة بالاتجاهين , وفق الطرق التالية:

2-3-1- طريقة الجداول :

أ- يستند حساب البلاطات بطريقة الجداول على نظريات المرونة بشرط أن تتوافر المستلزمات الكافية لضمان وضع التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة, في مكانه الصحيح أثناء الصب.

ب- تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها $5kN/m^2$ $(500kgf/m^2)$ على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر, شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز و عزم موجب عند المسند).

ج- فيما عدا ذلك, مثل بلاطات المستودعات والجسور والخزانات ..الخ, تصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

د- تنطبق الجداول على البلاطات التي ليس فيها ترتيبات لمقاومة الفتل أو ارتفاع الزوايا.

هـ- تستعمل الجداول (2-1), (2-2), (2-3), (2-4) لحساب عزوم الانحناء القصوى الموجبة والسالبة وقوى القص في البلاطات, حسب شكل استنادها. و يفضل في هذه الطريقة الطريقة تخفيض العزوم السالبة بحدود20% وزيادة العزوم الموجبة بما يتوافق مع ذلك.

2-3-2- طريقة الشرائح :

أ- تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها $5kN/m^2$ $(500kgf/m^2)$ على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر , شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز و عزم موجب عند المسند).

ب- فيما عدا ذلك , مثل بلاطات المستودعات والجسور والخزانات ..الخ, تصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

ج- تنطبق هذه الطريقة على البلاطات التي تستند على جوائز محيطية ذات عمق لا يقل عن مثلي سماكة البلاطة المصبوبة استمرارياً مع البلاطة ذات الترتيبات المعينة لمقاومة الفتل وارتفاع الزوايا و التي تعد محققة بوجود حديد تسليح علوي إنشائي عند المسند.

تحسب عزوم الانحناء لشرائح باتجاهين, إذ يوزع الحمل الكلي باتجاهين حسبما يلي:

تحسب عزوم الانحناء لشرائح باتجاهين, إذ يوزع الحمل الكلي باتجاهين

حسبما يلي: الحمل W_1 (بالاتجاه الطويل) $W_1 = \alpha_1 W$

الحمل W_2 (بالاتجاه القصير) $W_2 = \alpha_2 W$

حيث: α_1, α_2 معاملان من الجدول (2-5), ثم تستعمل من أجل حساب عزوم الانحناء , نفس القواعد المذكورة سابقاً للبلاطات ذات الاتجاه الواحد , لكن مع استعمال W_1 أو (W_2) عوضاً عن W.

هـ- عند استمرار بلاطة ذات اتجاهين مع الاتجاه الطويل لبلاطة ذات اتجاه واحد, يؤخذ العزم السالب للبلاطة ذات الاتجاه الواحد في الاتجاه الطويل لها $WL^2/35$.

حيث: L طول المجاز القصير للبلاطة .

ويكون العزم السالب فوق المسند بين البلاطتين, مساوياً للقيمة المتوسطة بين القيمة المذكورة, قيمة عزم الوثاقة السالب للبلاطة ذات الاتجاهين, في الاتجاه المعتمد, شريطة ألا يزيد على العزم المقاوم للبلاطة ذات السماكة الأدنى.

و- يعتمد الاصطلاح التالي لمحيط البلاطة في الجداول :

طرف مستمر

استناد بسيط

الجدول (2–1) :

المعاملات المعتمدة في العزوم السالبة للبلاطات

نسبة $\frac{a}{b}$		حالة ١ a/b	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
1.00	α_A^-		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
	α_B^-		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033
0.95	α_A^-		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
	α_B^-		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029
0.90	α_A^-		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
	α_B^-		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025
0.85	α_A^-		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
	α_B^-		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80	αA^-		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
	αB^-		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75	α_A^-		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
	α_B^-		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70	α_A^-		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
	α_B^-		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65	α_A^-		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
	α_B^-		0.014	0.043	0.015			0.031	0.023	0.008
0.60	α_A^-		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
	α_B^-		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55	α_A^-		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
	α_B^-		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50	α_A^-		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
	α_B^-		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

$M_A^- = \alpha_A^- \cdot w \cdot a^2$ $\quad w = g + p$

$M_B^- = \alpha_B^- \cdot w \cdot b^2$ $\quad w_u = g_u + p_u$

MANARA UNIVERSITY

الجدول (2–2) :

المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة بتأثير الأحمال الثابتة للبلاطات

نسبة $\frac{a}{b}$		حالة١	حالة٢	حالة٣	حالة٤	حالة٥	حالة٦	حالة٧	حالة٨	حالة٩
1.00	$\alpha_A DL$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$\alpha_B DL$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$\alpha_A DL$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$\alpha_B DL$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$\alpha_A DL$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$\alpha_B DL$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$\alpha_A DL$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$\alpha_B DL$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$\alpha_A DL$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$\alpha_B DL$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$\alpha_A DL$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$\alpha_B DL$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$\alpha_A DL$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$\alpha_B DL$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$\alpha_A DL$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$\alpha_B DL$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$\alpha_A DL$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$\alpha_B DL$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$\alpha_A DL$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$\alpha_B DL$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$\alpha_A DL$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$\alpha_B DL$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

$$M^{+}_{ADL} = \alpha_{ADL} \cdot g \cdot a^2$$
$$M^{+}_{BDL} = \alpha_{BDL} \cdot g \cdot b^2$$

g = الحمل الميت (الثابت) (أو g_u)

الجدول (2–3) :

المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة تحت تأثير الأحمال المتغيرة للبلاطات

نسبة $\frac{a}{b}$		حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
1.00	$\alpha_A LL$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$\alpha_B LL$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$\alpha_A LL$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$\alpha_B LL$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$\alpha_A LL$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$\alpha_B LL$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$\alpha_A LL$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$\alpha_B LL$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$\alpha_A LL$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$\alpha_B LL$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$\alpha_A LL$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$\alpha_B LL$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$\alpha_A LL$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$\alpha_B LL$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$\alpha_A LL$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$\alpha_B LL$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$\alpha_A LL$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$\alpha_B LL$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$\alpha_A LL$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$\alpha_B LL$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$\alpha_A LL$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$\alpha_B LL$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

$$M^+_{ALL} = \alpha_{ALL} \cdot p.a^2$$
$$M^+_{ALL} = \alpha_{BLL} \cdot p.b^2$$

p = الحمل الحي (المتغير) (أو p_u)

الجدول (2-4) :

نسبة أقساط الأحمال في الاتجاهين (a) و(b) لتقدير قوى القص للبلاطات

نسبة $\frac{a}{b}$		حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
1.00	w_a	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	w_b	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95	wa	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	wb	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90	wa	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	wb	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85	wa	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	wb	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80	wa	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	wb	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75	wa	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	wb	0.24	0.24	0.61	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70	wa	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	wb	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65	wa	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	wb	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60	wa	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	wb	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55	wa	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.95
	wb	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50	wa	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.97
	wb	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

w_a = الحمل في الاتجاه (a)

w_b = الحمل في الاتجاه (b)

الجدول (2–5) : المعاملات α_1,α_2 بطريقة الشرائح

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.52	0.48	0.40	0.33
α_2						0.19	0.21	0.27	0.33
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.28	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.08	0.06	0.00
α_2	0.39	0.45	0.51	0.57	0.61	0.66	0.79	0.89	1.00

وتحدد نسبة الاستطالة كما ورد سابقا

2–3–3– الطريقة المبسطة :

أ– تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها $5kN/m^2$ $(500kgf/m^2)$ على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر, شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز و عزم موجب عند المسند).

ب– تنطلق هذه الطريقة في الحسابات من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربعة. لتكن لدينا البلاطة المبينة في الشكل (2–6) ، بلاطة تعمل باتجاهين ، ذات المجازين L_1 و L_2 ، حيث : L_1 المجاز الأكبر .

W تتعرض هذه البلاطة لحمل موزع بانتظام على كامل سطحها ،شدته .

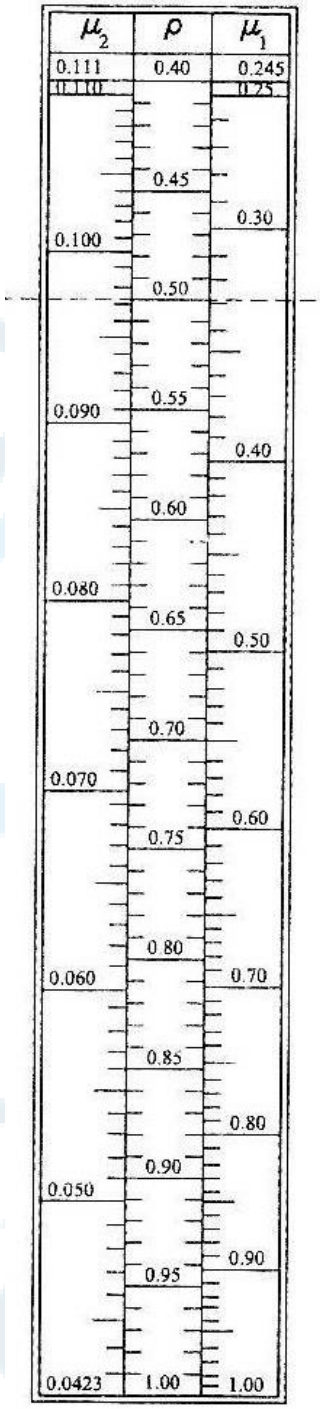
ج– تحدد عزوم الانحناء المتولدة عن الأحمال في مركز البلاطة بالاتجاهين كما يلي:

1– باتجاه المجاز القصير : L_2 $M_{02} = \mu_2 W L_2^{\,2}$

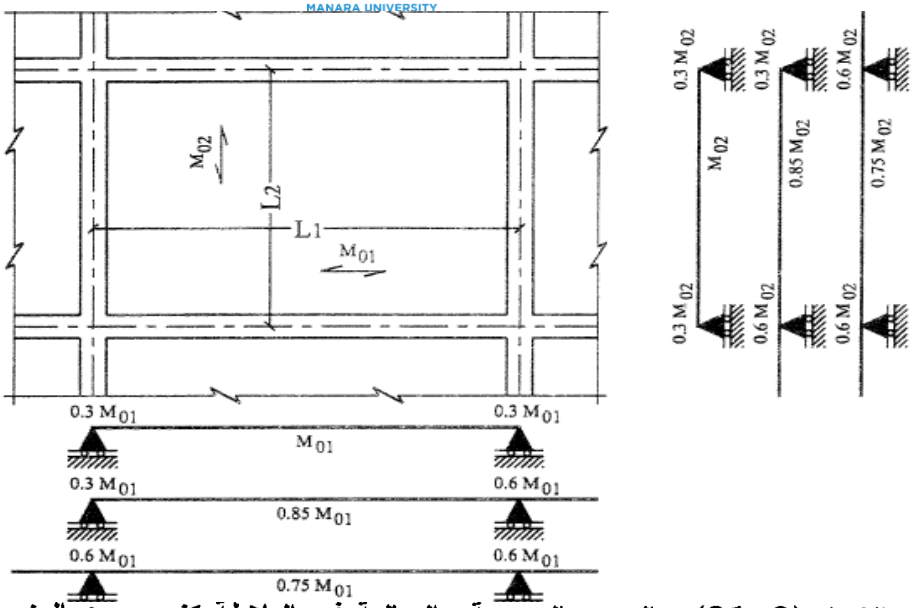
2– باتجاه المجاز الطويل : L_2 $M_{01} = \mu_1 M_{02}$

من الجدول(2–6) أو من الشكل (2–20)، تبعا لقيمة μ_1 وμ_2حيث : تحدد قيمة العاملين نسبة الإستطالة $\left(0.5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1\right)$.

يؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار المسند ويمينه.



الشكل (2 – 20) : قيمة العاملين μ_1 و μ_2



الشكل (2−21) : العزوم الموجبة والسالبة في البلاطة كنسب من العزمين $M_{01}M_{02}$ للبلاطة بسيطة الاستناد في الطريقة المبسطة

الجدول (2−6) : قيمة العاملين μ_2 و μ_1

$\rho=\frac{L_2}{L_1}$	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ_2	.09073	0.0911	0.0849	0.0787	0.0728	0.0670	0.0615	0.0561	0.0511	0.0465	0.0423
μ_1	0.328	0.377	0.435	0.492	0.550	0.612	0.681	0.757	0.831	0.915	1.00

د- إذا كانت البلاطة مستمرة من طرف، ومستندة استناداً بسيطاً من الطرف الأخر، تعتمد القيم التالية لعزوم الانحناء:

في المجازات: بالاتجاه L_1 $0.85M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.85M_{02}$

عند المساند الطرفية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.3M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.3M_{02}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.6M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.6M_{02}$

هـ–إذا كانت البلاطة مستمرة من الطرفين، الطرف الأخر، تعتمد القيم التالية لعزوم الانحناء في المجازات:

في المجازات: بالاتجاه L_1 $0.75M_{01}$

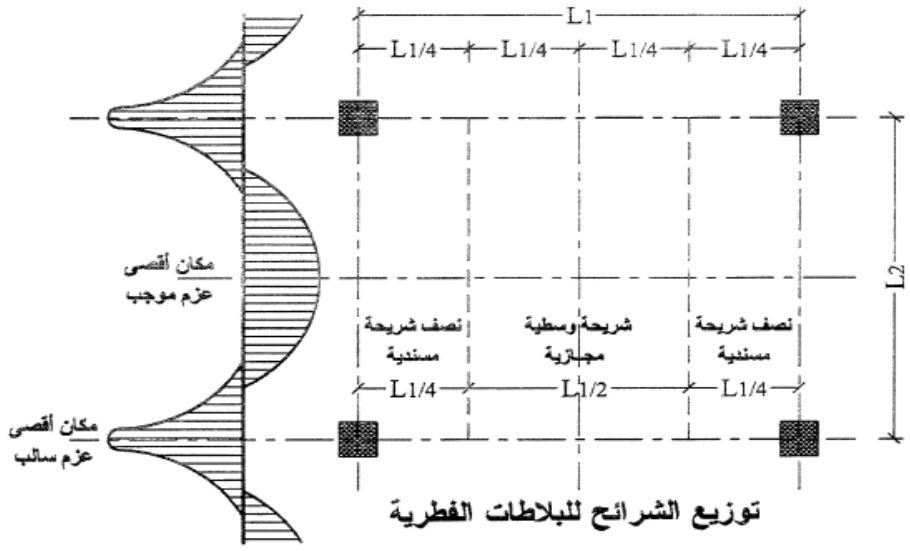
بالاتجاه L_2 $0.75M_{02}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.6M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.6M_{02}$

2–4– البلاطات الفطرية (اللاجائزية – دون جوائز):

البلاطات الفطرية كما وجدنا سابقاً هي بلاطات مستوية مليئة تستند مباشرة على الأعمدة ولذلك تدعى بلاطات لاجائزية. كما وجدنا آلية تحديد الشرائح الحسابية الوسطية (المجازية) والمسندية، انظر الشكل (2–22). في حال عدم اعتماد طريقة دقيقة للتحليل, تحسب عزوم الانحناء في البلاطات الفطرية بإحدى الطريقتين التاليتين:



الشكل (2–22) : توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية

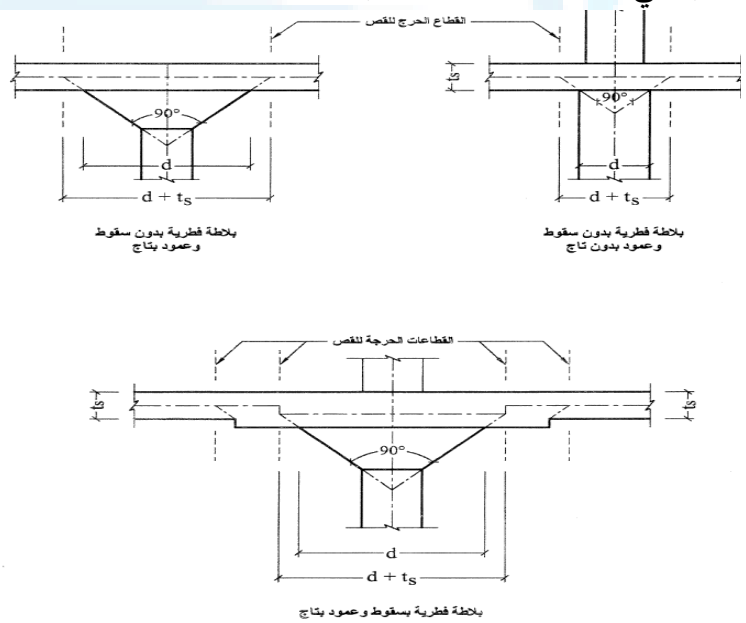
2-4-1-حساب البلاطات الفطرية كهياكل (إطارات مستمرة):

أ- يمكن حساب عزوم الانحناء وقوى القص بتحليل المنشأة كهيكل (إطار) مستمر, معتمد على نظرية المرونة, مع أخذ الافتراضات التالية :

1- تعد المنشأة مقسمة طولياً وعرضياً إلى هياكل (إطارات), مكونة من صف من الأعمدة, وشريحة من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة, بعرض يساوي المسافة بين محاور المجازات.

2- يمكن تحليل كل هيكل مستمر كهيكل مستقل , مكون من شريحة من البلاطة و الأعمدة أعلاها و أسفلها , باعتماد نهايات الأعمدة البعيدة موثوقة (أو مفصلية إذا كان اتصال الأعمدة مع الأساسات مفصلياً).

3-إذا كانت طبيعة المنشأة تفرض أن الأحمال الحية لن توجد إلا على كامل المجازات في أن واحد, أو إذا كان من الممكن وجود الأحمال الحية على بعض المجازات دون الحمل الميت, يمكن حساب الهيكل $\frac{3}{4}$ بعضها الأخر, وكانت قيمتها لا تتجاوز (الإطار) على حالة تحميل واحدة تطبق فيها كامل الأحمال الحية والميتة في آن واحد, أما في الحالات الأخرى, فيجب وضع الحمل الحي في المواقع التي تعطي أقصى قوة داخلية في الأعضاء المختلفة للهيكل.



الشكل (2- 23) : السقوط والتاج في البلاطة الفطرية

4-تؤخذ المجازات التي تستعمل في هذا التحليل, مساوية للمسافات بين محاور الأعمدة, كما يجب أخذ اختلاف عزوم العطالة لأعضاء الهيكل في الحسبان. وفي حال استعمال تيجان للأعمدة, يمكن اخذ أجزاء الأعضاء الواقعة ضمن الجزء الحسابي من التاج بعزم عطالة قيمته لا نهائية ($I=\infty$) .

ب- تحسب البلاطة عند كل قطاع لعزوم الانحناء المحسوبة كما سبق, إلا أنه لا يلزم اعتماد عزوم انحناء سالبة أكبر من تلك الموجودة عند القطاعات الحرجة على حدود القطر الفعال d , وفق الشكل (2-23) ويحقق العزم أيضاً على محيط السقوط إن وجد.

ج- تقسم عزوم الانحناء التي وجدت بإتباع الطريقة السابقة ,بين الشرائح المسندية والشرائح الوسطية (المجازية) بالنسب المئوية الموجودة في الجدول (2-7) عندها تؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط , ويزداد تبعاً لذلك عرض الشريحة المجازية لقيمة اكبر من $\frac{1}{2}$ عرض المجاز , يجب زيادة العزوم التي تقاومها الشريحة المجازية, على القيم المعطاة في الجدول (2-7) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن عندئذ تخفيض العزوم التي تقاومها الشريحة المسندية عن القيم المعطاة في الجدول (2-7), بحيث لا يكون هناك تخفيض في العزوم الكلية الموجبة أو الكلية السالبة, التي تقاومها الشريحة المسندية و الشريحة المجازية بعضهما مع بعض.

ح- عند حساب القطاع المعرض لعزم انحناء سالب في شريحة مسندية تحتوي على سقوط يؤخذ العرض الحسابي للقطاع مساوياً إلى عرض السقوط, كما يؤخذ الارتفاع الفعال للقطاع, مساوياً إلى الارتفاع الفعال للسقوط.

خ- في حال وجود تيجان فإن توزيع التسليح العلوي في الشريحة المسندية يكون لا يقل عن نصف تسليح الشريحة المسندية ضمن القطر الفعال (d).

الجدول (2-7) : توزع عزوم الانحناء بين الشرائح المختلفة, عند حساب بطريقة الهياكل (كنسب مئوية) من عزوم الانحناء الكلية (السالبة والموجبة)

الشريحة / القطاع		الشريحة المسندية	الشريحة الوسطية (المجازية)	نصف الشريحة المسندية الطرفية	
				A	B
العزوم السالبة عند المساند الداخلية		75	25	38	19
العزوم الموجبة		55	45	28	14
عزوم سالبة عند المسند الخارجي	C	80	20	40	20
	D	60	40	30	15

A دون جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.
B مع جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.
C دون جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة.
B مع جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة,على ألا يقل عمق الجوائز المحيطية عن ثلاثة أمثال البلاطة.

2-4-2-الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع:

أ- حدود استعمال الطريقة :

1- أن تحتوي البلاطة الفطرية على مجموعة من الوحدات المستطيلة ذات السمك الثابت تقريباً, والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين, وعلى ألا تزيد نسبة طول كل وحدة إلى عرضها, عن 4 إلى 3.

2- ألا تختلف أطوال وعروض كل وحدتين متجاورتين في كل مجموعة بأكثر من 10% من أكبر طول أو عرض, وعلى ألا تختلف المجازات المتباعدة بعضها عن بعض في المجموعة بأكثر من 20% من المجاز الأكبر. يجوز أن تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية, ولا يجوز أن تكون أطول منها. في حالة اختلاف المجازات المتجاورة يجب دائماً أخذ طول المجاز الأكبر في حساب عزوم الانحناء السالبة فوق المسند.

3- ألا يقل السقوط (إن وجد) في كل اتجاه , عن $\frac{1}{3}$ طول المجاز في الاتجاه ذاته. أما في الوحدات الخارجية فيجب أن يكون عرض السقوط (عمودياً على الطرف غير المستمر) مقيساً من محور الأعمدة, مساوياً لنصف عرض السقوط للوحدات الداخلية. وألا يزيد سمك السقوط من السطح العلوي للبلاطة عن $1\frac{1}{2}$ سمك البلاطة, وألا يقل عن $1\frac{1}{4}$ سمكها.

ب- القطاعات الحرجة :

تعد العزوم المحسوبة بهذه الطريقة, مطبقة على القطاعات الحرجة في شريحة مسندية تحتوي على سقوط, وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه القطاعات دون تعديل.

ج- عزوم الانحناء في وحدات البلاطة الفطرية:

تحسب قيمة عزم الانحناء الكلي M_0 في الاتجاه L_1 في كل مجاز من العلاقة التالية:

$$M_0 = \frac{WL_2}{8}\left[L_1 - \frac{2d}{3}\right]^2$$

أما في الاتجاه L_2 فتحسب قيمة العزم من علاقة مشابهة, تستبدل فيها L_2 بـ L_1 و L_1 بـ L_2 . بعد ذلك يتم تقسيم M_0 بين الشرائح الوسطية و المسندية في الاتجاه المعتمد, بالنسب المئوية المعطاة في الجدول (2-8)

د-عند حساب القطاع المعرض لعزم انحناء سالب في الشريحة المسندية, يراعى ما يلي :

1- يؤخذ العرض الحسابي للقطاع مساوياً إلى $\frac{3}{4}$ عرض الشريحة, في حال عدم وجود سقوط, أو إلى عرض السقوط إن وجد .

2- يؤخذ الارتفاع الفعال للقطاع مساوياً للارتفاع الفعال للبلاطة , في حال عدم وجود سقوط أو إلى الارتفاع الفعال للسقوط إن وجد .

هـ- عزوم الانحناء المطبقة على الأعمدة :

1- تحسب الأعمدة الداخلية والخارجية على القوى الناظمية المطبقة عليها, إضافة إلى عزوم انحناء تساوي قيمتها ما يلي :

$$\frac{WL_b - W_d L_s}{f}$$

حيث :

حيث : W الحمل الكلي المطبق على وحدة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

W_d الحمل الميت المطبق على وحدة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس.

L_b المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

L_s المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس. ويؤخذ مساوياً الصفر في حالة العمود الطرفي.

f في حالة العمود الطرفي تؤخذ 30 أو 40 في حالة العمود الداخلي.

الجدول (2-8) :

توزع عزوم الانحناء في وحدات البلاطات الفطرية كنسبة مئوية من M0

الشريحة	تاج العمود	نوع الارتكاز الطرفي *	الباكية الداخلية		الباكية الداخلية	
			عزم سالب	عزم موجب	عزم سالب	عزم موجب
الشريحة المسندية	سقوط	A	45	25	50	20
		B	35			
	دون سقوط	A	40	30	45	25
		B	30			
الشريحة المجازية	سقوط	A	10	30	15	15
		B	20			
	دون سقوط	A	10	20	15	15
		B	20			

- أنواع الارتكازات الطرفية :

A دون جوائز

B جوائز بعمق كلي يساوي أو أكبر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة

ملاحظة : عندما تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية, يمكن تعديل العزوم المعطاة في الجدول السابق تعديلا مناسباً يأخذ بالحسبان تأثير انخفاض العزوم الموجبة في المجاز نتيجة زيادة العزوم السالبة

2- في الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من الأسقف والجدران بصفة أحمال ظفرية (كابولي) يمكن تخفيض العزوم المحسوبة في الفقرة السابقة بمقدار العزم الناتج عن الحمل الميت المؤكد وجوده على الجزء الظفري (الكابولي).

و- عزوم الانحناء في نصف الشريحة المسندية الطرفية :

عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقل عمقه الكلي عن 3أمثال سمك البلاطة, يحسب الجائز على حمل كلي موزع بانتظام مساو إلى 0.25 الحمل الكلي للوحدة المجاورة للجائز. وتؤخذ عزوم الانحناء المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية للجائز مساوية 0.25 القيم المعطاة في الجدول (2-8) بالنسبة لشريحة مسندية عادية, كذلك الأمر لنصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لطرف البلاطة, في حال استناد هذا الطرف على جدار مصبوب بشكل مستمر مع البلاطة. أما في الحالات الأخرى التي يكون استناد طرف البلاطة فيها على جدار غير مستمر مع البلاطة, أو عندما يكون هذا الطرف حراً غير مسنود, فتؤخذ عزوم الانحناء غلى نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الطرف, مساوية 0.5 القيم المعطاة في الجدول السابق بالنسبة لشريحة مسندية عادية.

-القص في البلاطات الفطرية:

تحقق القطاعات الحرجة للقص الأقصى في الشكل(2-23)، وفقاً للافتراضات الأساسية لحالة الانهيار بتأثير الاجهادات المماسية في طريقة حالات الحدود. ووفقاً لبند المقاطع المعرضة لقوى القص قي حالة حد تجاوز الاجهادات المسموح بها في طريقة الاجهادات المسموحة .