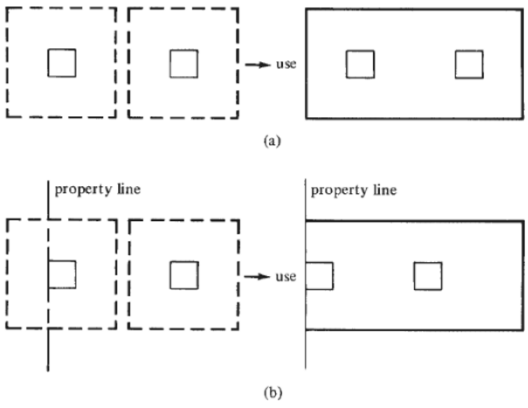
**Foundation Engineering**
**2025-2026**
**Second Lecture (2)**
**"Combined Footing**
الأساسات المشتركة"

**Dr. Maiasa Mlhem**

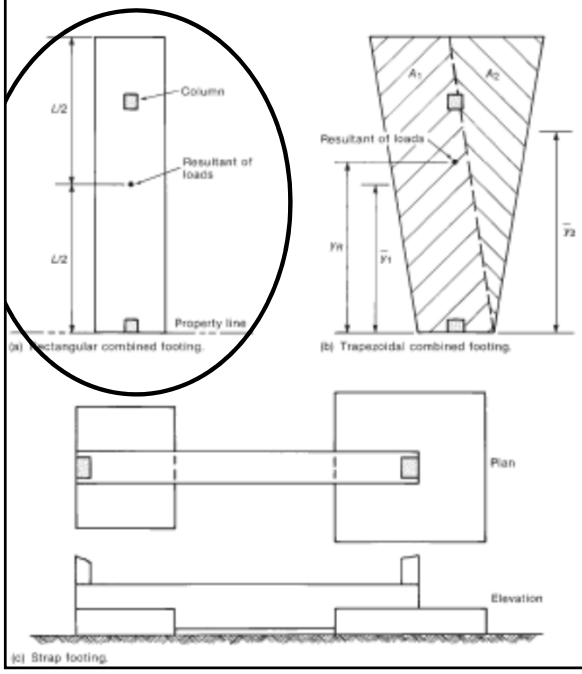
# الأساسات المشتركة




يستخدم هذا النوع من الأساس تحت أكثر من عمود واحد. فمن الحالات التي يستخدم بها:

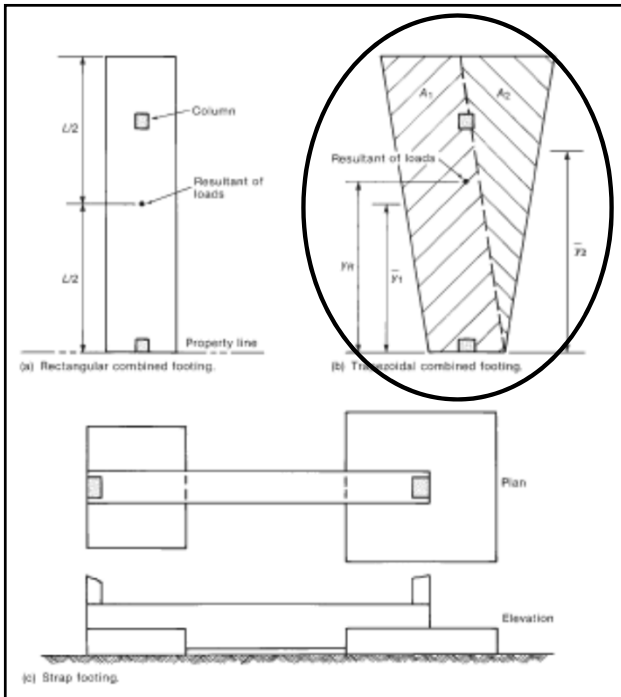
- عندما تكون الأعمدة قريبة جدا بحيث أن إذا صممنا لكل منها أساساً منفرداً ستتداخل الأساسات فيما بينها كما يبين الشكل a.
- حالة أخرى يستخدم بها الأساس المشترك هي عندما يكون أحد الأعمدة قريب من خط الملكية بحيث إذا تم تأسيس أساس منفرد سيتجاوز خط الملكية وهذا غير ممكن، لهذا السبب يجمع أساس العمود الخارجي (المجاور لخط ملكية) مع أساس عمود داخلي في أساس واحد مشترك كما يبين الشكل b.

# أشكال الأساس المشترك:




إن شكل الأساس يتم اختياره بحيث يتطابق مركز ثقل مساحة الأساس الذي على تماس مع التربة مع محصلة حمولة الأعمدة المنقولة لهذا الأساس.

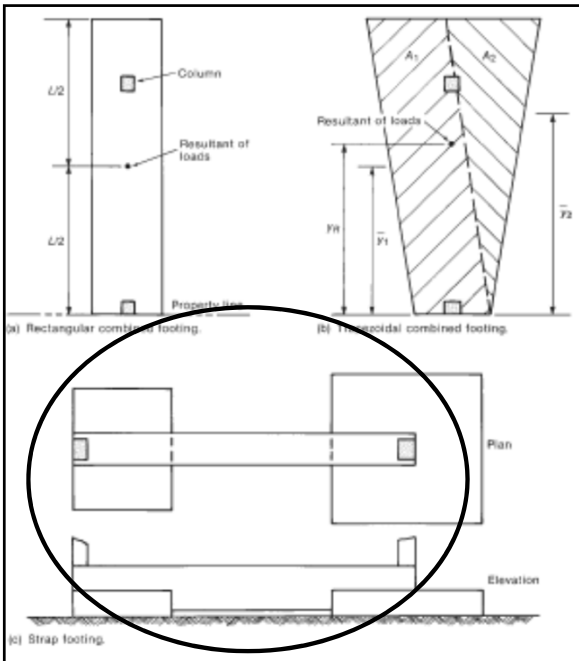
**الأساس المشترك المستطيل**
الشكل a، عندما تكون حمولة العمود الداخلي أكبر من حمولة العمود الخارجي ويكون هناك خط ملكية مجاور للعمود الداخلي وتكون المسافة من النهاية الخارجية للأساس إلى نقطة تطبيق المحصلة تساوي نصف طول الأساس.




**· الأساس المشترك شبه المنحرف:**

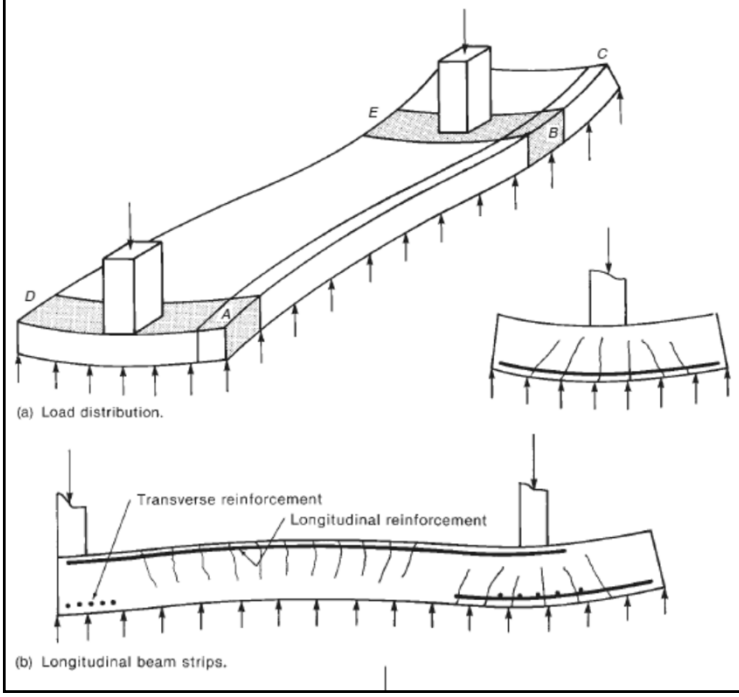
عندما تكون كانت حمولة العمود الخارجي أكبر من حمولة العمود الداخلي ويكون هناك خط ملكية مجاور للعمود الخارجي، يستخدم أساس شبه منحرف كما في الشكل b. يمكن تحديد تطابق مركز ثقل الأساس مع نقطة تطبيق المحصلة بتقسيم المساحة إلى مستطيل مساحته A1 ومثلث مساحته A2، حيث تكون المساحة المطلوبة = A1+A2 ويكون:

$$\overline{y_1} * A_1 + \overline{y_2} * A_2 = y_R * A$$




## الأساس المشترك مع جائز رابط:

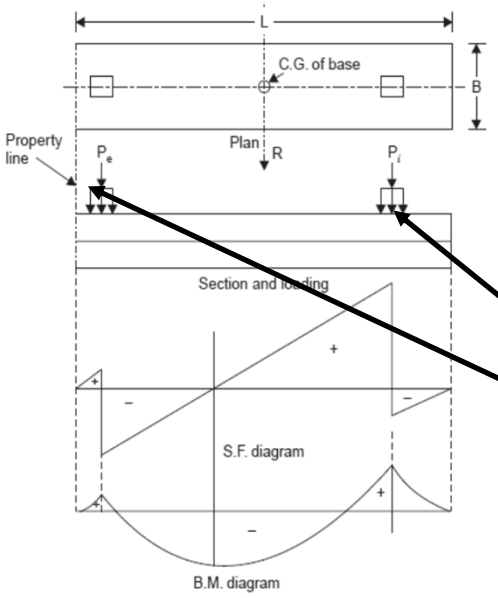
بسبب اختلاف التسليح المطلوب مع تغير عرض الأساس كما في الأساس شبه المنحرف وتغير ضغط التربة، فإنه بالمقارنة يكون من الأفضل استخدام جائز رابط يربط بين أساسين منفصلين كما يبين الشكل c، ويصمم الجائز الرابط كجائز بيتوني.




- **<u>تصميم الأساس المشترك المستطيل:</u>**
- يفترض أن ضغط التربة يتوزع على جائز شريطي A-B-C
- الذي ينقل بدوره الحمولة إلى جائز عرضي افتراضي A-D

و B-E

- الذي ينقل رد فعل التربة إلى الأعمدة
- مما يؤدي إلى تشوه الجائز كما يبين الشكل والذي يحتاج إلى التسليح المبين




**تصميم الأساس المشترك المستطيل:**

بالاعتماد على الطريقة التقريبية فإن التصميم نعتمد على فرض أن الأساس جسم صلب وأن توزع الضغط بين التربة والأساس توزعا خطياً. يجب أن يحدد طول L وعرض B الأساس بحيث ضغط التماس الأعظمي (غير المصعد) في أي نقطة لا يزيد عن ضغط التربة المسموح. ويمكن أن نلخص التصميم الإنشائي بالخطوات التالية:

يبين الشكل أساس مشترك مستطيل لعمودين بحيث $P_i > P_e$

**نحدد أبعاد الأساس وضغط التربة الصافي المصعد:**

نحسب ضغط التربة الصافي $q_n$ ومساحة الأساس من العلاقة:

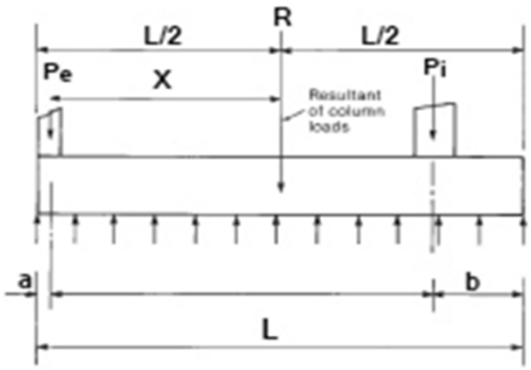
$$q_{all(net)DL+LL+WL} = q_{all(DL+LL+WL)} - t_f * \gamma_{conc.} - (D_f - t_f) * \gamma_{soil}$$

$$A_f = \frac{DL + LL + WL}{q_{all(net)DL+LL+WL}}$$

- نحدد موقع محصلة حمولتي العمودين بـأخذ العزوم حول أحد طرفي الحمولة ولكي يكون توزع الضغط تحت الأساس موحد يجب أن ينطبق مركز ثقل الأساس على نقطة تطبيق محصلة حمولتي العمودين، ومنه يمكن أن نحدد طول الأساس بحيث يكون L/2 من يمين نقطة تطبيق المحصلة و L/2 من يسار نقطة تطبيق المحصلة.

الآن نصعد الحمولات ونحسب ضغط التربة الصافي المصعد $q_{nu}$ . سنعتمد في الحسابات اللاحقة على $q_{nu}$.

## رسم مخطط العزم والقص للأساس بالاتجاه الطولي:




نرسم مخططات القص والعزوم للحمولات المصعدة باعتبار أن الأساس هو جائز بيتوني مسلح.
ومنه نحدد قيم القص والعزم في المقاطع الحرجة.

فمثلا نأخذ حمولة كل عمود كحمولة مركزة في مركز العمود.

**– التحقق من القص ثنائي الاتجاه (الثقب):**

في الأساس المشترك لعمودين نتحقق من القص ثنائي الاتجاه لكل من العمودين كل على حدة.

**العمود الداخلي:**

نحسب قيمة $V_u$ من العلاقة التالية: $V_u = P_u - q_{u.} * \left[(b+d)^2\right]$ إذا كان العمود مربعا

ومن ثم نختار قيمة القوة $V_c$ بأنها الأصغر من القيم التالية:

ومن ثم نختار قيمة القوة $V_c$ بأنها الأصغر من القيم التالية:

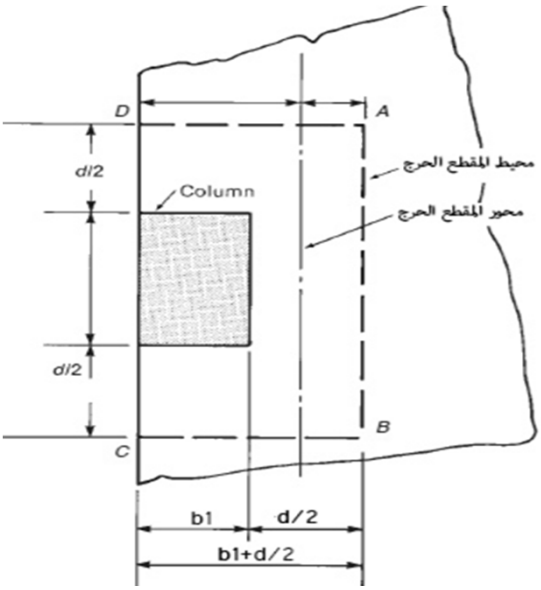
$$\phi V_c = 0.17 * \left(1+\frac{2}{\beta}\right) * \lambda * \phi * \sqrt{f'_c} * b_0 * d \qquad (15-13)(ACI\ 318M-11-31)$$

$$\phi V_c = 0.083 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_0}+2\right) * \lambda * \phi * \sqrt{f'_c} * b_0 * d \qquad (15-14)(ACI\ 318M-11-32)$$

$$\phi V_c = 0.33 * \lambda * \phi * \sqrt{f'_c} * b_0 * d \qquad (15-13)(ACI\ 318M-11-33)$$

حيث $\beta$ هي النسبة بين البعد الطويل إلى البعد القصير للعمود $(b_2/b_1)$ و $b_0$ محيط المقطع الحرج

$\alpha_s$ ثابت ويساوي: 40 للعمود الداخلي، 30 للعمود الطرفي، 20 للعمود الركني (الزاوي).




**العمود الخارجي (بجوار خط الملكية):**

هذا العمود هو عمود طرفي فيكون محيط الثقب للعمود الخارجي عبارة عن ثلاثة أضلاع فقط وبالتالي هناك لا مركزية على أساس هذا العمود مما يخلق عزم ينقل للأساس باجهادات القص والانعطاف كما يبين الشكل

- وبالتالي نأخذ العلاقات المناسبة لهذه الحالة لادخال تأثير العزم على القص والانعطاف ولكن هذه العلاقات تختلف حسب جهة العزم.
- إن إجهاد القص الجديدة الناتجة عن تأثير العزم تحسب من العلاقة:

$$v_u = \frac{V_u}{b_0 * d} \pm \frac{\gamma_v * M_u * c}{J_c}$$

- حيث:
- $b_o$ محيط المقطع الحرج
- d الارتفاع الفعال للأساس
- $J_c$ عزم العطالة القطبي لمقطع القص الحرج
- $V_u$ قوة القص المصعدة المنقولة من العمود إلى الأساس
- $M_u$ العزم المصعد المنقول عند التماس بين العمود والأساس
- c المسافة من مركز المقطع الحرج إلى طرف المقطع حيث يتم قياس قوة القص $v_u$
- $\gamma_v$ النسبة من العزم المحولة إلى إجهاد قص على المقطع الحرج وتحسب من العلاقة: $\gamma_v = 1 - \gamma_f$

حيث $\gamma_f$ النسبة من العزم المحول من الانعطاف المباشر وحددها ACIمن العلاقة التالية:

$$\gamma_f = \frac{1}{1+\frac{2}{3}*\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$$

- و $b_1$ العرض الكلي للمقطع الحرج العمودي على محور العزم، $b_2$ العرض الكلي الموازي لمحور العزم.
- هذا يعني أنه عندما يكون المقطع الحرج مربعاً يكون $b_1=b_2$ وبالتالي $\gamma_f = 0.6$ و $\gamma_v=0.4$ أي هذا يعني أن 60% من العزم تحول إلى الأساس من تسليح الانعطاف و 40% من إجهاد القص اللامركزي.
- وتختلف قيمة العزم القطبي $J_c$ حسب موقع العمود ومحور العزم

**– التحقق من القص أحادي الاتجاه:**

المقطع الحرج لهذا القص هو على بعد d من وجه العمود نحسب قيمة $V_u$

$V_u = q_{max.} * L_1 * B$

ومن ثم نحدد قيمة $V_c$ من العلاقة: $\phi * V_c = 0.17 * \phi * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w * d$

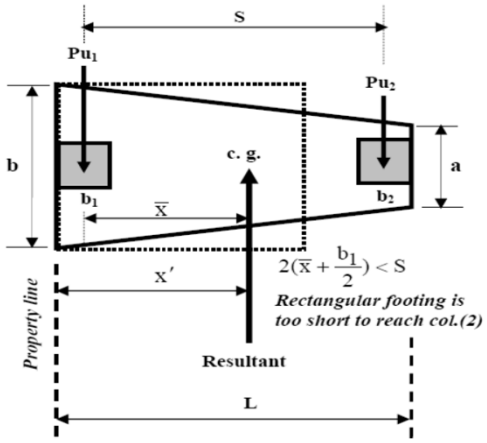
حيث $\Phi = 0.75$

نتحقق هل $V_u \leq \Phi V_c$

إذا تحقق نحسب قيمة التسليح من العلاقة $A_s = \frac{M_u}{\phi f_y j d}$

ونتابع في الخطوات كما في الأساس المنفرد

## الأساس شبه المنحرف




الأساس شبه المنحرف قد يكون ضروريا إذا لم يكن ممكنا في حال استخدام الأساس المشترك المستطيل افتراض توزع منتظم لضغط التماس contact pressure.

وتحدث هذه الحالة إذا كان العمود الذي تكون المساحة المتاحة لأساس منفرد له محدودة جداً وتكون حمولته الحمولة الأكبر بين حمولتي العمودين. في هذه الحالة تكون محصلة حمولات الأعمدة متضمنة العزوم أقرب للعمود ذو الحمولة الأكبر، وبالتالي عندما نضاعف المسافة التي حصلنا عليها (بعد نقطة تطبيق المحصلة عن مركز العمود ذو الحمولة الأكبر) فلن يكون طول الأساس كافيا للوصول للعمود الداخلي كما يبين الشكل.

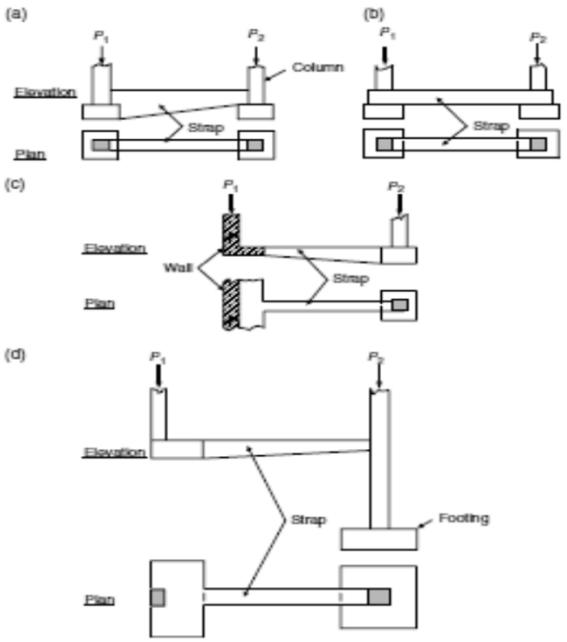
ولكي نحصل على توزع منتظم لضغط التماس بين التربة و الأساس يجب ان ينطبق مركز ثقل الأساس مع نقطة تطبيق محصلة القوى باستخدام أساس شبه منحرف طوله L وقاعدتيه $B_1$, $B_2$ وتكون القاعدة الكبرى أقرب للعمود ذو الحمولة الأكبر.

وبالتالي معرفة مساحة الأساس، طول الأساس ونقطة تطبيق المحصلة يعطينا قيمة وحيدة لكل من القاعدتين الكبرى والصغرى لشبه المنحرف ونجدها بحل المعادلات التالية:

$$A = \frac{B_1 + B_2}{2} * L$$

$$x' = \frac{L}{3} * \left( \frac{2 * B_1 + B_2}{B_1 + B_2} \right)$$

- من المعادلة يتبين معنا أنه عندما $B_1$=0 يصبح مثلث وعندما $B_1$=$B_2$ يصبح مستطيل. ولذلك حل شبه المنحرف يكون عندما (L/2) > x´ > (L/3) بقيمة أصغرية للطول L من أوجه الأعمدة الخارجية.
- عندما تحسب قيمتي $B_1$ و $B_2$ فيتم حساب الأساس شبه المنحرف كما حسبنا الأساس المشترك المستطيل (أي أنه جائز بيتوني مسلح) باتباع نفس الخطوات التي ذكرناها للأساس المستطيل. إلا أنه يجب التنويه إلى أن ضغط التماس بواحدة طول الأساس يتغير خطيا نظرا لتغير عرض الأساس من $B_1$ إلى $B_2$. ومنه سيكون مخطط القص منحني من الدرجة الثانية أما مخطط العزم فسيكون منحني من الدرجة الثالثة.




## الأساس المشترك بجائز رابط

الأساس الظفري أو الجائزي هو أساس مشترك عبارة عن أساسين منفردين مرتبطين بجائز صلب يسمى الجائز الرابط. هناك عدة أشكال لتنفيذ الجائز الرابط كما يبين الشكل.

1 - إن الغاية الأساسية من استخدام الجائز الرابط هو نقل العزم من الحمولة اللامركزية على الأساس الخارجي إلى الأساس الداخلي وبالتالي يبقى ضغط التماس موزع بانتظام أسفل كل من الأساسين.

2 - يمكن استخدام الجائز الرابط عندما تكون بعد نقطة تطبيق المحصلة عن الوجه الخارجي لأحد الأعمدة (x´) أقل من L/3 حيث L هي البعد بين الأعمدة (من الوجه الخارجي للعمود الأول إلى الوجه الخارجي للعمود الثاني).

3 - إذا كانت المسافة بين الأعمدة كبيرة نسبيا و/أو ضغط التربة كبير نسبيا، يكون الجائز الرابط أفضل وأكثر اقتصادية من الأساس المستطيل أو شبه المنحرف.

إلا أنه نظرا للحاجة لأجور عمال وكلف قوالب إضافية فإن الجائز الرابط ينفذ بعد دراسة دقيقة تبين أن تنفيذ أي نوع غيره من الأساسات السطحية لا يمكن أن يحقق المطلوب.

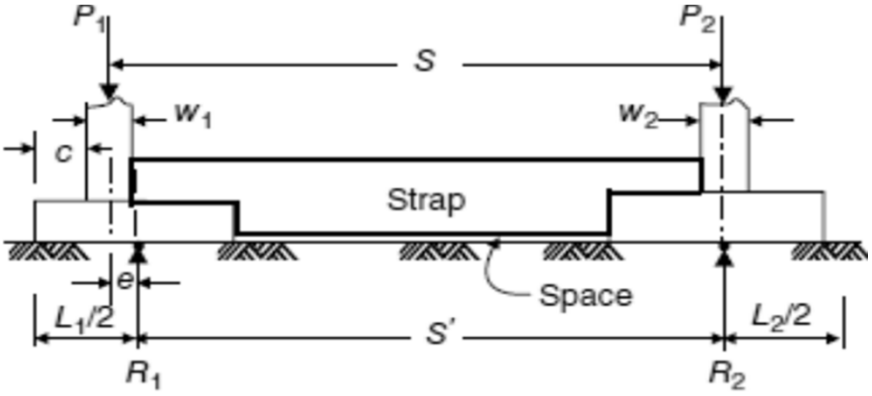
**خطوات التصميم:**

من الشكل تكون المسافة S بين العمودين، عرض الأعمدة $w_1$, $w_2$، والحمولات $P_1$, $P_2$ وبروز الأساس c كلها قيما معطاة.

1 - نفترض أن ضغط التماس موزع بانتظام تحت كل أساس ومحصلة الضغط $R_1$, $R_2$تتوضع في مركز كل أساس. تحسب قيم المحصلات فقط إذا عرفت قيمة S´.

ولذلك من الضروري أن نفرض قيمة مناسبة إما للامركزية e او للبعد $L_1$

لأن:




$$S' = S - e$$

$$or$$

$$S' = S - \left[\frac{L_1}{2} - \frac{w_1}{2} - c\right]$$

**نأخذ بعين الاعتبار أثناء التصميم مايلي:**

- يجب أن تؤمن أبعاد الجائز صلابة كافية بحيث تمنع دوران الأساس. ووفقا Bowels (2001) فيجب أن يكون لتحقيق هذه الغاية $I_{strap}/I_{footing} > 2$.

- يجب أن لايتعرض الجائز الرابط لأي ضغط من التربة من أسفله. وعادة يهمل وزن الجائز الرابط في التصميم.

- عرض الجائز يكون على الأقل مساويا لعرض العمود الأصغر. في حال كان هناك حدود لارتفاع الجائز الرابط فيجب وقتها أن نزيد عرضه ليحقق الصلابة الضرورية.

- يصمم الجائز الرابط كجائز بيتوني مسلح. ومن المفضل أن لا نستخدم تسليح قص في الجائز أو في الأساسين المنفردين كي تزيد الصلابة الانشائية.

- يجب أن نتحقق من المسافة بين الأساسين لنحدد هل هو جائز عميق وفق ACI الجزء 7.

- يتم تربيط الجائز الرابط مع الأساس والعمود بتشاريك كافية مما يجعلهم يعملون كأنهم وحدة واحدة.

- يجب اختيار قيمة مناسبة للامركزية e أو للطول $L_1$ بحيث لا يكون بعدي الأساسين $B_1$, $B_2$ مختلفين بشكل كبير. وهذا ضروري لضبط الهبوط التفاضلي.

- تحدد سماكة الأساس من الحالة الأسوأ إما القص أحادي الاتجاه أو القص ثنائي الاتجاه. قيم القص للقص أحادي الاتجاه يتم الحصول عليها من مخطط القص للحمولات المصعدة.

- يصمم تسليح الأساس كأنه أساس منفرد في الاتجاهين.