مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1997

نماذج الحساب لأساسات الآلات الصلبة والقابلة للتشوه المرن

الدكتور أكرم صقور*

(قبل للنشر في 1997/4/21)

☐ ملخص ☐

يتضمن البحث دراسة اهتزازت نماذج الحساب لأساسات الآلات المستندة على أوساط مرنة باعتماد شبكة الجوائز المتصالبة كجملة إنشائية للدراسة الديناميكية لبلاطة التأسيس، مقرونة بدراسة تحليلية لاهتزاز الجائز المستند على التربة المرنة.

استناداً للنتائج المستخلصة والدقة المطلوبة والمعايير والشروط التي يجب تحقيقها في الهزات الذاتية الأساسية والعالية لمطابقة سلوك النموذج للسلوك الديناميكي الحقيقي للجملة المرتبطة بأبعاد الأساس وصلابة التربة وتردد وكتلة الآلة، اختتم البحث بالعلاقات والمخططات البيانية التي تساعد في تصنيف الأساسات الكتلية من القابلة للتشوه المرن.

* مدرس في قسم ؟؟؟؟ – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1997

STRUCTURAL ANALYSIS MODELS OF THE SOLID FOUNDATIONS OF MACHINES AND LIABLE TO ELASTIC DEFORMATION

Dr Akram SAKOUR*

(Accepted 21/4/1997)

❐ ABSTRACT ❐

The paper includes the study of the vibration of the calculating Models for foundations of machines. For those have been used a net of crossed beams as structural system for the dynamic study of the founding slab collated with analysis study of the supported beam vibration on elastic soil.

Based on the reached results, the accuracy of the study, factors and conditions, that must be realiyed in the self basic and high shakes for compatibility a conduct of the models to the true dynamic conduction of the system, conneced with dimmensions of the foundation, the solidity of the soil, the frequency of the machine and it mass, the paper has been closed with the equations and graphic plans, that help for the classifing of the solid block foundations from those liable to elastic deformation.

* Lecturer at ??? Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- المقدمة:

تتوضـــع الآلات وتثبت عموماً على قواعد خاصة بها، التي تكون مستندة على أوساط مرنة تربة أو نوابض...الخ-.

دراســـة الجملة الإنشائية المؤلفة من الآلة -الأساس- التربة يمكن أن تتم باعتبار أن بلاطة التأسيس تتشوه وفقاً لنظريات المرونة المعروفة.

إلا أنـــه لتســـهيل الدراسة والاقتصاد في التكلفة المادية يهمل غالباً التشوه في البلاطة ويعالج الجسم المؤلف من الآلة والأساس بأنه كتلة صلبة تماماً لهما نفس السلوك الديناميكي.

إن دقـــة الدراســـة تتعلق بشكل أساسي بمدى مطابقة سلوك النموذج المختار للسلوك الديناميكي الحقيقي للجملة الإنشائية المرتبطة بالعوامل الرئيسية التالية:

1- أبعاد الأساس أو صلابته.
2- صلابة تربة التأسيس أو الاستناد.
3- تردد وكتلة الآلة أو صلابتها.

تـــزداد دقـــة الحسابات للأساس الكتلي كلما ازدادت نسبة صلابة بلاطة التأسيس إلى صـــلابة قاعدة الاستناد، بحيث تقل التشوهات لتصبح صغيرة ومهملة في الجسم الحقيقي عند مقارنتها بالجسم الصلب.

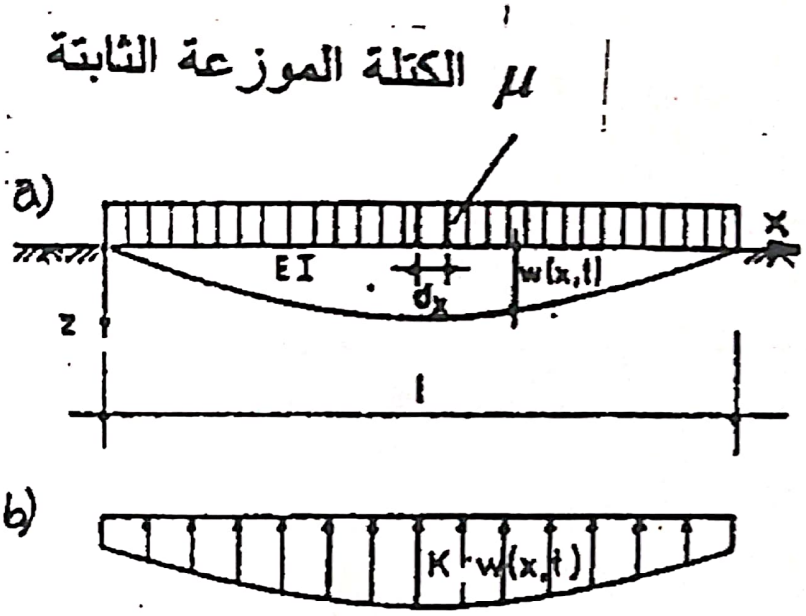
هـــذه النســـبة للصـــلابة يجب أن تحقق أيضاً توافقاً كافياً بين الترددات الذاتية للجملة المهـــتزة وتردد المولد خارج مجال الطنين. وتضمن سلامة تربة التأسيس بعدم تجاوز سرعة الاهتزاز المسموحة في التربة.

إن تحقيق هذه المعطيات المختلفة يجب أن يتم باختيار أبعاد اقتصادية مناسبة للأساس الكتلـــي كي لا تفقد الدراسة الهندسية غايتها الأساسية المتمثلة بتأمين وظيفة الجملة الإنشائية بأقل تكلفة اقتصادية.

ســـعياً مـــن الباحـــث لتحقيق هذا الغرض من خلال الدراسة التحليلية أو العددية التي أجراها على نماذج الحساب للأساسات المرنة والصلبة اشتملت على النسب المختلفة لكتلة الآلة والأساس وتضمنت صلابات تربة متبدلة من الطرية تماماً وحتى الصلبة تماماً أمكن التوصل إلـــى علاقـــات ومخططـــات بيانية تعطي حلولاً سريعة لتحديد الأبعاد الاقتصادية والصحية لأساسات الآلات الكتلية ودرجة الأمان المتوفرة بين تردد الأساس وتردد الآلة أو تحدد نموذج الحساب للأساس المرن.

2- الدراسة التحليلية لاهتزاز الجائز المستند على التربة المرنة:

يمثل الشكل رقم (1) جائز مستند على تربة مرنة كتلته μ موزعة بانتظام.



شكل (1): a) الجائز مع منحني الانعطاف.
b) توزع ضغط التربة.

تعطى صلابة التربة $K = \frac{E_s^{dyn}.B}{f\sqrt{L.B}}\left[kN/m^2\right]$

E_s^{dyn}: عامل المرونة الديناميكي للتربة [kN/m^2].

L: طول الجائز [m].

B: عرض المقطع العرضي للجائز [m].

F: عامل يتعلق بأبعاد الجائز (الأساس) ويأخذ القيم التالية حسب[3].

L/B	1.0	2.0	4.0
F	0.45	0.42	0.35

رد فعل التربة على الجائز يعطي بالعلاقة: $K.w(x.t)[KN/m]$

حيث تمثل w(x.t) هبوط الجائز في اللحظة t عند الفاصلة x.

وبالتالي نستطيع كتابة معادلة الحركة للجملة المهتزة بالشكل التالي:

$$EI\frac{\partial^4(w,t)}{\partial x^4} + K.w(x,t) = P(x,t) \quad (1)$$

I: عزم عطالة المقطع.

E: عامل المرونة الديناميكي للجائز.

P(x,t): الحمولة الخارجية وهي تمثل هنا في حالة الذبذبات الحرة قوة عطالة الكتلة:

$$P(x,t) = -\mu \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} \quad (2)$$

∂t : الفاصل الزمني.

μ: كتلة الجائز لكل واحدة طول.

الحل للمعادلة التفاضلية يعطى وفقاً لعلاقة لابلاس في حل المعادلات التفاضلية بالعلاقة:

$$w(x,t) = W(x).T_{(t)} \quad (3)$$

بإيجـــاد المشـــتق الرابع للانتقال w بالنسبة للفاصلة x والثاني بالنسبة للزمن ثم التعويض في المعادلة (1) بعد الأخذ بعين الاعتبار (2) نجد:

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} T + KW.T = -\mu \frac{d^2 T}{dt^2} W \quad (4)$$

بفصل المتحولات وفرض أن كل طرق يساوي ω^2 ينتج:

$$\frac{EI}{\mu} \cdot \frac{d^4 w}{dx^4} \cdot \frac{1}{W} + \frac{K}{\mu} = \omega^2 \quad (5)$$

حيث: $\omega = 2\pi f$ التردد الذاتي الزاوي f: التردد الذاتي [Hz].

بالتالي بإصلاح العلاقات وإيجاد حلول المعادلات التفاضلية وإيجاد ثوابت التكامل من الشروط الطرفية المتوفرة حيث:

$$\left.\begin{matrix} x = 0 \\ x = L \end{matrix}\right\} \Rightarrow \begin{matrix} W'' = 0 \\ W''' = 0 \end{matrix}$$

تعطى معادلة الترددات الذاتية لكل شكل ذبذبة موافق إلى:

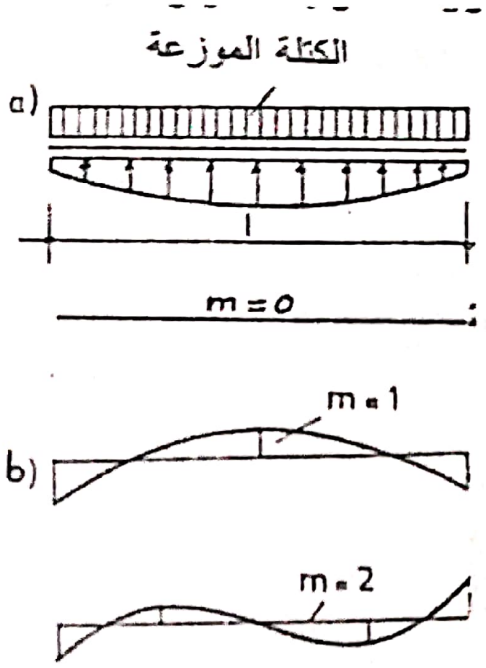
$$\omega_m = \sqrt{\frac{\alpha_m^4 EI + KL^4}{L^4 \mu}} \quad (6)$$

حيث $\alpha_m = 0$ من أجل $m = 0$.

$\alpha_m \approx \frac{\pi}{2} + m\pi$ من أجل $m = 1,2,\ldots,$

m: رقم الهزة الذاتية.

الأشكال الذاتية الأولى لاهتزاز الجائز يبينها الشكل رقم (2) حسب[5].



شكل (2): 1- الهزة الأساسية.

2- هزة الانعطاف الأولى.

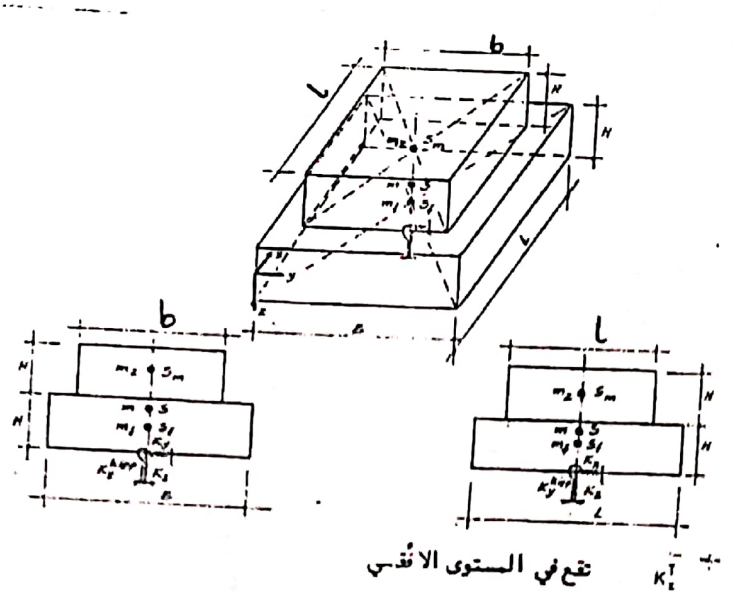
3-هزة الانعطاف الثانية.

عـــند الحساب بالعلاقة (6) نجد أنه من أجل صلابة كبيرة للجائز بالنسبة للتربة يكون تأثـــير صلابة التربة على التردد صغيراً ويمكن إهماله حيث يعتبر اهتزاز الجائز حراً عديم الاستناد.

3- نماذج (موديلات) الدراسة للأساس الكتلي والأساس المرن القابل للتشوه.

3-1: نموذج الجملة الكتلية الصلبة:

فـــي نموذج الحساب المستخدم للأساس الصلب تم احتواء مرونة التربة غير المتطبقة من خلال نوابض انسحابية ودورانية مرنة خطياً تؤثر في مركز سطح الاستناد شاقولياً تحت مركز ثقل الجملة الكلي (شكل 3).



شكل (3): نموذج الحساب للجملة الكتلية الصلبة.

S_m: مركز ثقل الآلة m_f: كتلة الأساس

S_f: مركز ثقل الأساس m: الكتلية الكلية

S: مركز الثقل الكلي للجملة K_z K_x K_y: صلابات الانتقال للتربة

m_z: الكتلة الإضافية $K_z^{kipp}, K_y^{kipp}, K_z^t$: صلابات الدوران

حـــددت صـــلابات النوابض باعتماد عامل انضغاط ثابت للتربة في كل نقاط الاستناد (هبوط فينكلر).

تحـــتل أبعـــاد الآلة حوالي 70% من أبعاد الأساس حيث يصادف ذلك عملياً في أكثر الحالات. توزع الكتلة الإضافية المؤلفة من كتلة الآلة وتجهيزاتها بشكل منتظم على حجم الآلة الكلي.

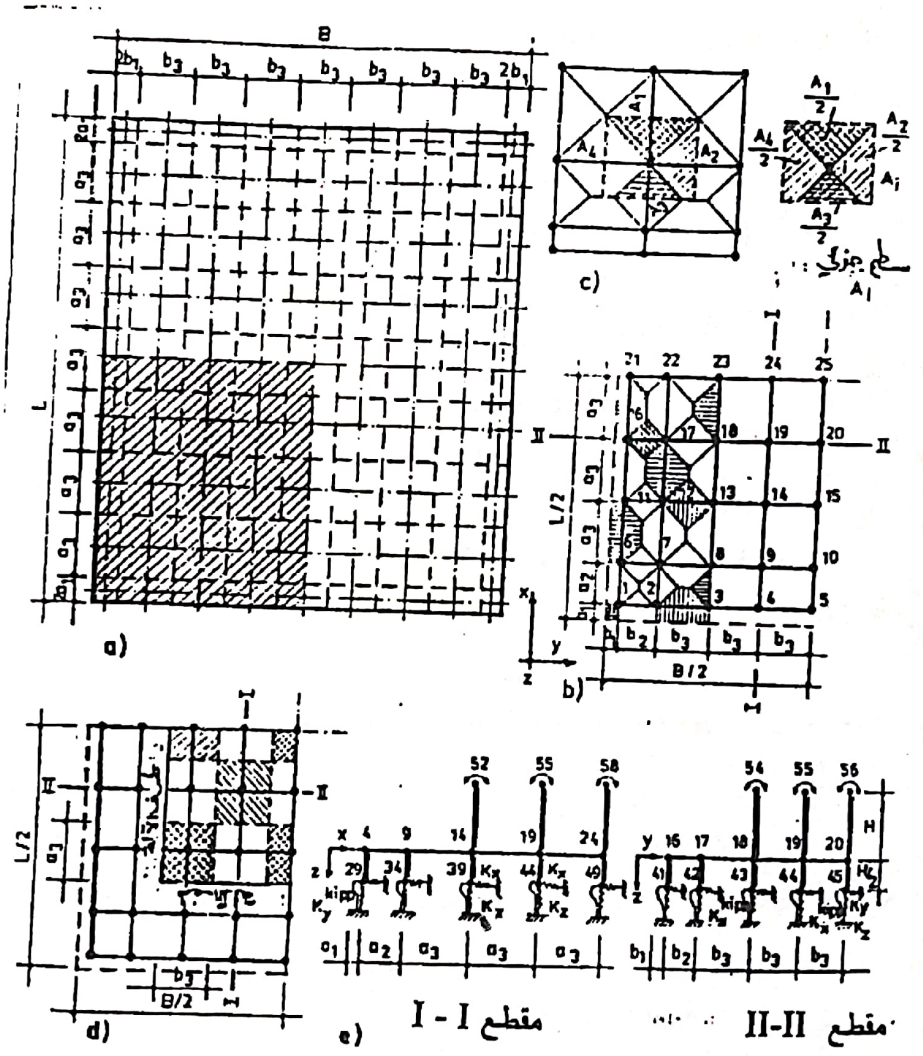
يتحرك الجسم المركب من الأساس والآلة في اتجاهات الاهتزاز المختلفة كجسم واحد. يمتلك هذا النموذج ست درجات حرية، 3 انسحابات و3 دورانات، يرمز لأشكال الذبذبة الذاتية التابعة لها بالأشكال الذاتية الأساسية للجملة.

3-2: الأساس المرن:

3-2-1: نموذج الحساب للأساس المرن:

استخدم نموذج الجوائز المتصالبة كجملة إنشائية لحساب الأساس المرن حيث يقسم الأساس في كلا الاتجاهين من أجل تحقيق دقة كافية عملياً إلى عدد كاف من الجوائز البديلة المرتبطة مع بعضها بشكل صلب على الانعطاف والدوران (شكل 4).

السـلوك الديناميكي لكل جائز بديل يكون ممثلاً من خلال السلوك الديناميكي للمحور المتوسط الذاتي لهذا الجائز.



شكل (4): نموذج الحساب للأساس المرن

a: تقسيم الأساس إلى جوائز بديلة.

b: عرض محاور الجوائز وسطوح التأثير.

c: جزء السطح التابع للعقدة i.

d: حدود وعقد ربع الآلة.

e: ترتيب وعناصر الربط للعقد.

تـــتقاطع الجوائـــز مـــع بعضها البعض في نقاط تسمى عقد الأساس. تركز في عقد الاستناد الواقعة عند سطح التأسيس شاقولياً تحت عقد الأساس النوابض الممثلة لمرونة التربة وفقـــاً لكل سطح جزئي تابع لعقدة الأساس. كتلة الآلة وعزوم عطالتها الكتلية موزعة بانتظام حســـب السطح العلوي لكل عقدة من السطح الذي تشكله الآلة. كتل الآلة الموزعة مرتبطة مع بعضها البعض بشكل متمفصل وتركز في نقاط العقد التي تتوضع على السطح المتوسط للآلة عموديـــاً فـــوق عقد الأساس. يتم ربط عقد الأساس مع عقد الاستناد والآلة من خلال عناصر قضبانية صلبة غير قابلة للتشوه وعديمة الكتلة.

3-2-2: التحليل الإنشائي لاهتزاز النموذج للأساس المرن:

فـــي هذا النموذج تمتلك كل عقد للأساس على ست درجات حرية مرتبطة مع بعضها وهي ثلاثة دورانات وثلاثة انتقالات.

لإيجاد معادلات الحركة لكل عقدة استخدمت طريقة الانتقالات الديناميكية وذلك بتحديد العـــزوم وقوى القص المؤثرة على كل عقدة الناتجة عن اهتزاز العنصر الواصل بين عقدتين متجاورتين بتأثير انتقالات ودورانات توافقية واحدية لدرجات الحرية المعطية بالشكل $\eta = 1$ $\sin\omega t$. حيث η انتقال أو دوران.

بتطبيق معادلات التوازن الست على كل عقدة نحصل على ستة معادلات تحتوي على درجات الحرية الستة للعقدة ذاتها والمرتبطة مع درجات الحرية للعقد المتجاورة.

فإذا كان n عدد العقد فنحصل على 6n معادلة توازن تحتوي 6n مجهول،

تكتب معادلات التوازن هذه من أجل الاهتزازات الذاتية بالشكل المختصر التالي:

$$([K]-\omega^2[M])[A]=0 \quad (7)$$

حيث [M]: مصفوفة الكتلة أو عزوم عطالة الكتلة.

[K]: مصفوفة الصلابة.

[A]: شعاع الانتقالات والدورانات.

من أجل معادلات التوازن المرافقة راجع [1و6].

لحـــل المعادلات المتجانسة هذه نعدم معين الأمثال فنحصل لذلك على 6n تردد ذاتي. يرافق كل تردد ذاتي شكل هزة ذاتي وكتلة عامة مرافقة لشكل الاهتزاز الذاتي.

4- المعايير الأساسية لتحديد أساسات الآلات الصلبة من تلك القابلة للتشوه المرن:

تميز الهزة الذاتية الأساسية لكل أساس آلة عدة معايير ترتبط بصلابة الأساس وصلابة التربة وكتلة الآلة وتوزعها وهذه المعايير للهزة هي:

- شكل الهزة الأساسية لبلاطة – الأساس.
- الترددات الذاتية الموافقة لشكل الهزة.
- الكتلة العامة الموافقة لشكل الهزة.

إذ ان الدراسة المبسطة لأساسات الآلات كأساسات صلبة يمكن تحقيقه جزئياً فقط وذلك عندما يصبح الانحراف في قيم هذه المعايير بين موديلي الحساب صغيراً ويمكن إهماله. حيث يجب ان لا تسبب تشوهات الأساس اجهادات إضافية ذات أهمية في القاعدة التحتية وفي الأساس ذاته وان لا ينتج عن هذه التشوهات أية مضاعفات مؤثرة على عناصر التوصيل الصلبة لأجزاء الآلة. هذا بالإضافة إلى التوافق العالي الذي يجب أن يحققه تردد هزة الانعطاف الأولى للأساس بالنسبة لتردد الآلة بحيث لا يتشكل الطنين وتؤدي الجملة الإنشائية دورها المطلوب وأن لا يعرض للخطر قدرة الآلة على أداء وظيفتها وشل حركتها[4].

بالتالي يمكن تصنيف الموديل (نموذج الحساب) بالأبعاد التي تحقق هذه الشروط بأنه صلب وذلك بالأبعاد الأقل على أنه مرن التشوه.

5- تحديد الأساسات الصلبة من تلك القابلة للتشوه والمرن:

لقد أظهرت الدراسات التي أجريتها بأن مطابقة المعايير لنموذج الحساب المبسط لأساسات الآلات كأساسات صلبة يمكن تحقيقها جزئياً فقط.

يتعلق تأمين السلوك الصلب بشكل كاف لبلاطة التأسيس بنسبة صلابة تربة التأسيس إلى صلابة البلاطة للأساس، حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة للصلابة عن قيمة حدية مسموحة كي لا تتجاوز قيم انحراف المعايير المذكورة سابقاً قيمة معينة.

أعطى الباحث نسبة الصلابة هذه بالعلاقة التالية:

$$S_y = \frac{12}{f}\frac{E_s^{dyn}}{E}.\frac{L^3}{H^3}\sqrt{\frac{L}{B}}$$
$$S_x = \frac{12}{f}\frac{E_s^{dyn}}{E}.\frac{L^3}{H^3}\sqrt{\frac{L}{B}} \quad (8)$$

حيث أهمل تأثير عامل التمدد العرضي على صلابة بلاطة التأسيس:

S_y: نسبة الصلابة في الاتجاه العرضي للبلاطة.

S_x: نسبة الصلابة في الاتجاه الطولي للبلاطة.

E_s^{dyn}: عامل المرونة الديناميكي للتربة.

E: عامل المرونة الديناميكي للأساس.

L,B: عرض وطول الأساس وتحدد عموماً بالاستناد إلى أبعاد الآلة.

H: ارتفاع الأساس.

f: عامل يتعلق بأبعاد الأساس (معطى بالبند 2).

القيم الحدية لانحراف المعايير المعتمدة في تصنيف الأساسات عن تلك المرنة هي التالية:

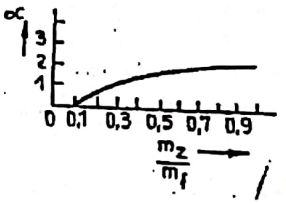
$\Delta_z = 10\%$: قيمة الانحراف الحدية لتشوهات الأساس للهزة الأساسية الذاتية الشاقولية أو الدورانية (المركبة) حول المحور القصير والطويل لبلاطة التأسيس، بحيث لا يزيد الانحراف في التردد عن $\Delta f = 2\%$ والكتلة العامة عن 7%.

$\alpha = \frac{f_e}{f_m} = 2.5$: نسبة توافق عالية بين تردد هزة الانعطاف الأولى للأساس f_e وتردد المولد (الآلة) f_m.

من خلال تحديد نسبة الصلابة المسموحة، التي تحقق الشرط الأول من أجل الهزات الذاتية الأساسية وإدخالها في المعادلة (8) لنسبة الصلابة وإصلاحها أمكن للباحث التوصل إلى العلاقة التي تحدد الارتفاع الأصغري من أجل أي بلاطة مع أية قيمة كتلة إضافية (آلة وتجهيزاتها) بالعلاقة من معامل الديناميكي لقاعدة الاستناد (التربة أو النوابض) هذه العلاقة هي:

$$\frac{H_{\min}}{L^{1.04}} \geq \beta^{0.06}.1.583.10^{-3}\left[E_s^{dyn}\left(1+\frac{m_z}{m_f}\right)^{\alpha}\right]0.346 \quad (9)$$

حيث: $\alpha, \beta = \frac{L}{B}$: معامل يتم استنتاجه من الشكل رقم (5).



شكل (5): المعامل α

هذه العلاقة عرضت تخطيطياً بالشكل رقم (6)، حيث يمكن من هذا المخطط البياني الحصول على نسبة الارتفاع الأصغرية $\frac{H_{\min}}{L^{1.04}}$ من أجل $\Delta z = 10\%$.

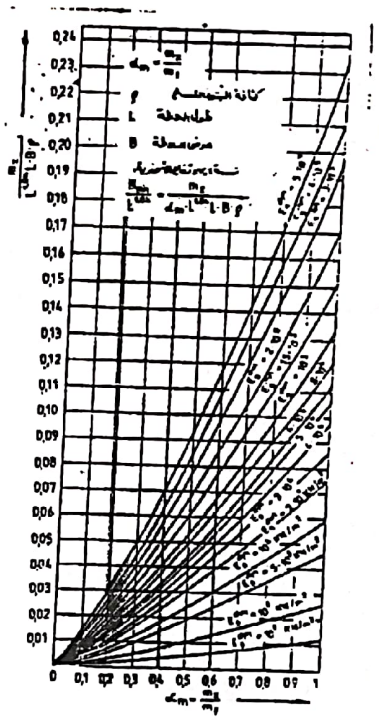
من أجل الحصول على نسبة الارتفاع الأصغرية تحسب القيمة:

$$\frac{m_z}{L^{1.04}.L.B.\rho}$$

من فاصلة نقطة تقاطع هذه القيمة التي تمثل على محور التراتيب مع منحني معامل الصلابة الديناميكي E_s^{dyn}.

المعطـــى للـــتربة يتم الحصول على النسبة $\alpha_m = \frac{m_z}{m_f}$ تكون بذلك نسبة الارتفاع الأصغرية

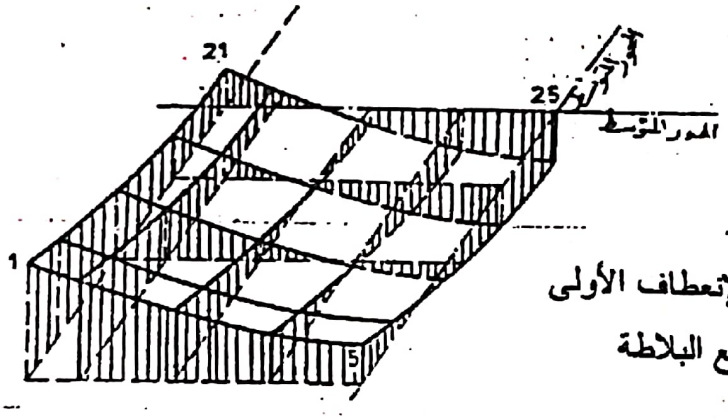
$$\frac{H_{\min}}{L^{1.04}} = \frac{m_z}{\alpha_m . L_{2.01} . B . \rho}$$



شكل (6): عرض بياني لحساب نسبة الارتفاع الأصغرية $\frac{H_{\min}}{L^{1.04}}$ من أجل $\Delta z = 10\%$

للأخـــذ بعيـــن الاعتـــبار تمركز كتلة الآلة في مواضع مختلفة وعدم توزعها المنتظم المشـــترط سابقاً على المساحة التي تشغلها من سطح الأساس أدخل معامل تصحيح ζ من 1 لأجل التوزع المنتظم على 50% من سطح الأساس وحتى 1.33 في حالة التمركز الكلي لكتلة الآلة في مركز ثقلها[5].

تلافـــي بلاطـــة الأســـاس بالإضافة إلى الهزة الأساسية هزات انعطاف متتالية بشكل لاهـــتزاز الجائـــز المدروس سابقاً. يمثل الشكل رقم (7) عرضاً لشكل هزة الانعطاف الأدنى الذاتية لربع بلاطة الأساس الذي أعطته نتائج هذه الدراسة. من هذا نلاحظ التشابه الكامل في شكل هزة الانعطاف الأدنى للبلاطة المدروسة وفقاً لنموذج الحساب والجائز المدروس تحليلياً.



شكل – 7 –
الشكل الذاتي لهزة الإنعطاف الأولى
معروضة من أجل ربع البلاطة

شكل (7): الشكل الذاتي لهزة الانعطاف الأولى معروضة من أجل ربع البلاطة.

تمتلك البلاطة من أجل كل هزة انعطاف تردداً ذاتياً مختلفاً. تزداد قيمة هذه الترددات تدريجياً مع ازدياد رقم الهزة.

إن تأميـــن نســـبة توافق معينة بين تردد هزة الانعطاف الأدنى للأساس وتردد المولد f_e/f_m يعتـــبر غايـــة مـــن الأهمـــية من أجل الهزات القسرية. بالتالي لتحقيق الشرط الثاني المذكـــورة ســـابقاً يجب أن يمتلك الأساس على نسبة ارتفاع أصغرية معينة تقارن مع النسبة اللازمة من أجل الهزات الذاتية وذلك لتحديد القيمة النهائية التي تحقق الشروط مجتمعة في آن واحـــد. تســـهيلاً للمقارنـــة بين الحالتين المذكورتين من أجل تحديد نسبة الارتفاع الأصغرية اللازمـــة عرضت القيم النهائية الاقتصادية لنسبة الارتفاع الأصغرية في مخططات بيانية في مخططـــات بيانية مبينة في الشكل رقم (8) من أجل قيم معاملات المرونة الديناميكية المختلفة للتربة.

مـــن هذه المخططات البيانية يمكن استنتاج نسبة الارتفاع الأصغرية $\frac{H_{min}}{L}$ اللازمة للأســـاس الكتلي الذي يؤمن السلوك الديناميكي قصاب للجملة الإنشائية وذلك بشكل مباشر أو بالتأويل من أجل قيم معاملات المرونة التي لا تحتويها هذه المخططات. يتم تحديد هذه النسبة وبالتالي الارتفاع الأصغري وفقاً للمراحل التالية:

a) تحديد عرض وطول الأساس استناداً إلى أبعاد الآلة:

$$B=\frac{b}{0.7}, L=\frac{1}{0.7}$$

l و b عرض وطول المسقط الأفقي للآلة.

b) حساب القيمتين: $fm.L, \frac{mz}{\rho.L^2.B}$

fm: تردد المولد.

ρ: الكثافة الحجمية للأساس.

c) تحدد على محور الفواصل في المخطط إحداثي نقطة تقاطع القيمة $\frac{m_z}{\rho.L^2.B}$ مع المنحني $f_m.L$ وهي α_m.

d) تحسب نسبة الارتفاع الأصغرية: $\frac{H_{min}}{L}=\frac{1}{\alpha_m}.\frac{mz}{\rho.L^2.B}$ ومنه توجد قيمة الارتفاع الأصغري اللازم للأساس.

تحديد نسبة الارتفاع الأصغرية $\frac{H_{min}}{L}$

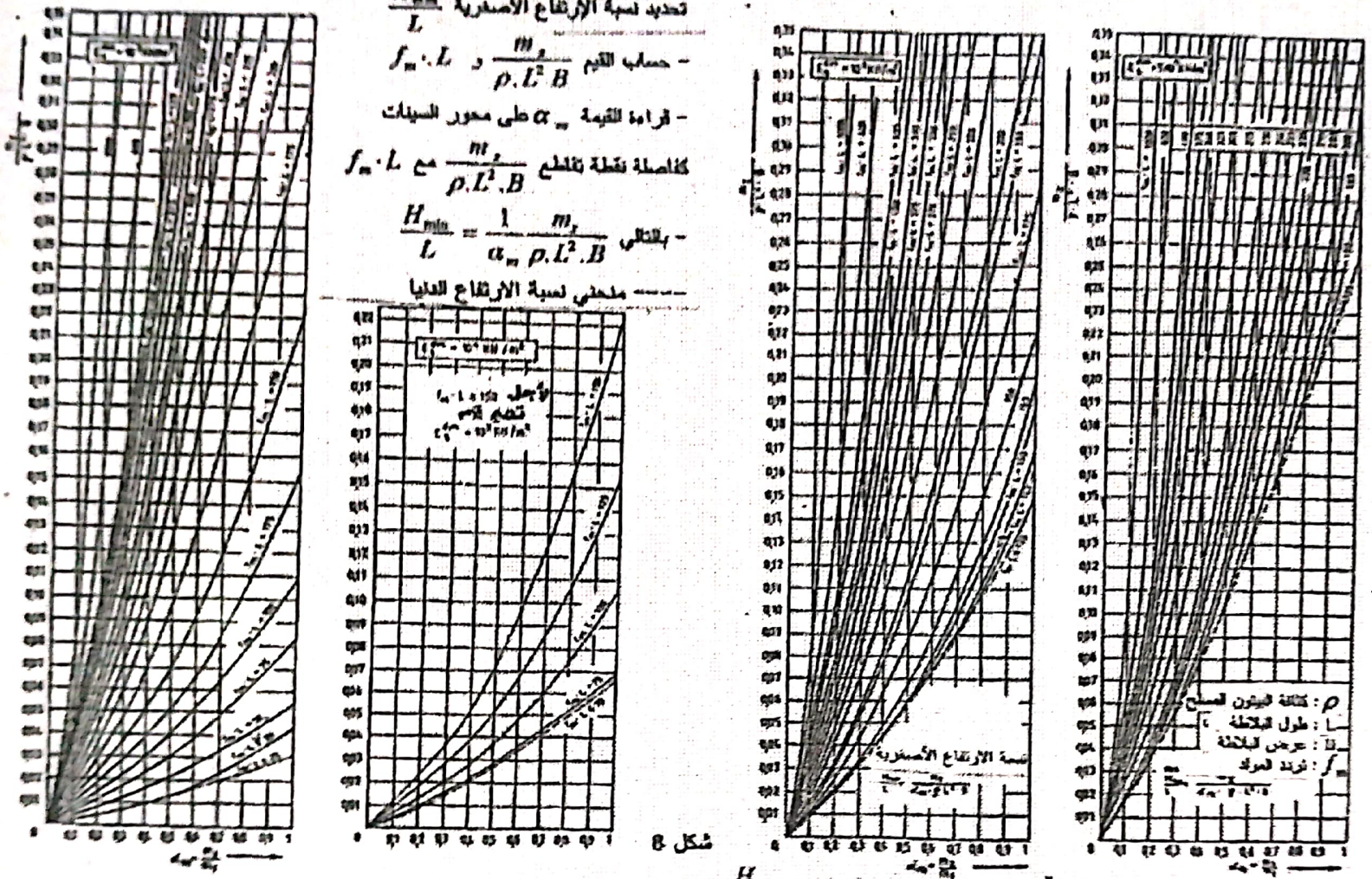
- حساب القيم $f_m \cdot L$ و $\frac{m_s}{\rho . L^2 . B}$

- قراءة القيمة α_m على محور السينات

كفاصلة نقطة تقاطع $f_m \cdot L$ مع $\frac{m_s}{\rho . L^2 . B}$

- بالتالي $\frac{H_{min}}{L} = \frac{1}{\alpha_m} \frac{m_s}{\rho . L^2 . B}$

---- منحنى نسبة الارتفاع الدنيا



شكل 8

المخطط البياني لنسبة الارتفاع الأصغرية $\frac{H_{min}}{L}$ لأجل معامل صلابة التربة الديناميكي E_s^{din}

مثال:

آلة وزنها الكلي 15.01 وعدد دورات المولد في الدقيقة $N = 1500\frac{1}{\min}$. أبعاد المسقط الأفقي للآلة 4×m3 عامل المرونة الديناميكي لتربة التأسيس $E_s^{dyn} = 10^5 kN/m^2$

عامل مرونة بيتون الأساس $E = 30{,}9.10^6 kN/m^2$

المطلوب: تحديد ارتفاع الأساس الأصغري اللازم، باعتبار أن تسليح الأساس يكون إنشائياً.

1- حساب تردد الآلة: $f_m = \frac{1500}{60} = 25Hz$

2- أبعاد الأساس: $B = \frac{3}{0.7} = 4.3m, L = \frac{4}{0.7} = 5.7m$

3- حساب القيم: $a)\ \frac{m_s}{\rho L^2 . B} = \frac{15}{2{,}5m7^2.4{,}3} = 0.043$

$a)\ f_m L = 25.5{,}7 = 143Hz\,m$

4- من المخطط البياني التابع لعامل المرونة الديناميكي: $E_s^{dyn} = 10^5 KN/m^2$

نحدد فاصلة تقاطع القيمة 0.043 على محور التراتيب مع المنحني $f_m.L = 143$ فنحصل على α_m حيث نجد أن:

$\alpha_m = 0.4$.

5- نوجد نسبة الارتفاع الأصغرية: $\frac{H_{min}}{L} = \frac{0.043}{0.4} = 0.167 \Rightarrow$

$H_{min} = 0.167.5.7 = 0.6m$ الارتفاع الاقتصادي الأصغري.

قيمة التردد لهزة الانعطاف الأولى التي تعطيها العلاقة (6) المستنتجة للجائر $f_e = 61Hz$.

قيمة التردد وفق نموذج الحساب للبلاطة: $f_e = 62.5Hz$

6- الخاتمة:

عند دراسة الديناميكية لأساسات الآلات يمكن اعتبار أساس الآلة صلباً أو مرناً قابلاً للتشوه وذلك وفقاً لنموذج الحساب المناسب.

التحديد بين النظامين يسهل اختيار نموذج الحساب المناسب الذي تؤمن به الدراسة بالدقة الكافية والأبعاد الاقتصادية اللازمة للأساس.

عندما يراد دراسة الأساس كجسم صلب، يمكن تحديد الارتفاع الأصغري اللازم لبلاطة الأساس لتأمين شروط السلوك الديناميكي الصلب من المخططات البيانية من أجل الآلة المعطاة بالعلاقة مع صلابة الاستناد.

نسبة الارتفاع الأصغرية هذه تؤمن وظيفة الجملة الكتلية بتكلفة اقتصادية.

7- المصطلحات والرموز:

تردد ذاتي زاوي	ω	Self frequency
تردد الآلة	f_m	Frequency of machine
تردد الأساس	f_e	Frequency of foundation
كتلة الآلة	m_z	Mass of machine
كتلة الأساس	m_f	Mass of foundation
صلابة التربة	K	Solidity of soil
معامل المرونة الديناميكي للتربة	E_r^{dyn}	Dynamic elastic-factor

REFERENCES المراجع

AUTRA-Dynamik-Programmier system Stabtragwerke; Institut für Leichtbau, Dresden 1977.
DIN 4024 Teil 2, Seite 1-6.
Müller, F.P.: Baudynamik im Betonkalender 1978, Teil 2. Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin.
Rausch, E.: Maschinen Fundamente; VDI-Verlag, GmbH; Düsseldrof 1959.
Sakour, A.: Ein Betrag Zur Abtrenzung Zwischen starren und leastisch verformbaren Maschinenfundamenten. 1990.
Werner, D.: Baudynamik, verlag für Bauwesen, Berlin 1989.