

## تحليل هبوط أسس المكاين تحت تأثير الاحمال الترددية باستخدام طريقة العناصر المحددة

قتيبة نزار الصفار

Dr.Qutayba@gmail.com

نور خالد الحسو

n.khalid35@yahoo.com

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية

تاريخ القبول: 11/10/2020

تاريخ الاستلام 14/8/2020

### الخلاصة

يعتبر تحليل اسس المكاين من الامور المهمة في هندسة الجيو تكنيك حيث أن اسس الماكينة توفر منصة قوية للمكاين للعمل بطريقة سلسلة مع الحد الأدنى من متطلبات الصيانة. وإن عملية تحليل اسس المكاين يتطلب المزيد من الاهتمام نظرًا لأنه لا يشمل فقط الأحمال الساكنة (Static load) ولكن أيضًا الأحمال الحركية (Dynamic load) الناتجة من القوى غير المتوازنة التي تولدها الماكينة أو الحركة الاهتزازية لها وبطبيعة الحال فإن هذا الحمل الحركي ينتقل الي التربة عن طريق الاساس ويمكن حساب تأثيره باستخدام مبادئ التربة الحركية ونظرية الاهتزاز.

يتناول هذا البحث دراسة تحليل أسس المكاين تحت تأثير الأحمال الحركية مع الأخذ بنظر الاعتبار نوع التربة وحالتها، شكل الاساس، نوع الحمل الحركي المسلط وطريقة التحليل ولتحقيق ذلك تم استخدام طريقة العناصر المحددة (برنامج Plaxis 2D) حيث اخذت ثلاث انواع من الترب الرملية (مفككة ومتوسطة وكثيفة) وتم دراسة تأثير الأحمال الحركية على انواع مختلفة من اسس المكاين (مربع، مستطيل، شريطي) وتحت تأثير تردد حركي متباين (5, 10, 15, 20 Hz) وتم دراسة تأثير مجموعة هذه العوامل على مقدار الازاحة العمودية لأسس المكاين ومقارنة هذه النتائج مع اقصى هبوط عند حالة الرنين من خلال معامل خاص اطلق عليه معامل الازاحة المرجعية (Normalized Displacement).

ويلاحظ من هذه الدراسة أن قيمة الهبوط تنخفض بزيادة قيم نسبة (L/B) للأساس لنفس التردد لحالات التربة الثلاث كما وأن كلما زادت قيمة معامل المرونة (E) فإن قيمة الازاحة المرجعية تقترب من الرقم (1) اي انها تقترب من حالة الرنين عند التردد (5 Hz) لحالة الاساس المربع اكثر منها من المستطيل والشريطي، اما باقي الترددات (10, 15, 20 Hz) فتكون قيمة الازاحة المرجعية اقل مقارنة بالتردد (5 Hz) وكذا اقل تباينًا بين حالات شكل الاسس المختلفة.

**الكلمات الدالة:** أسس المكاين، تردد الرنين، الحمل الحركي، الازاحة المرجعية، العناصر المحددة

<https://rengj.mosuljournals.com>

Email: [alrafidain\\_engjournal1@uomosul.edu.iq](mailto:alrafidain_engjournal1@uomosul.edu.iq)

### 1. المقدمة

تتميز اسس المكاين بأشكال وصلابة متعددة وعادة ما توضع على سطح الارض او مدفونة فيها. إن التربة الداعمة تكون مادة ثلاثية الطور: وهي الجزيئات الصلبة والماء والهواء وبالتالي فإن التربة ليست سلسلة متصلة ولا متماثلة ولا متجانسة وتتصرف بطريقة غير مرنة وغير خطية تحت الأحمال المسلطة عليها [2][3]. ومن الثابت أن صلابة نظام الاساس - التربة تعتمد على عدة عوامل ومن اهمها الاجهاد الساكن الاولي، قيمة الزيادة للاجهاد الحركي، توزيع الضغوط على منطقة التلامس، تغيير معامل القص مع العمق، الطبقات ضمن وسط التربة فضلا عن عمق الاساس كما يشار الى حالة الرنين وما يتوجب اخذه في الاعتبار لتجنب الفشل فيما لو توافق التردد الطبيعي لمنظومة (الاساس - التربة - الماكينة) مع تردد الحمل المسلط لذا فإن له تأثير مهم على سلامة المنشأ.

تتطلب أسس الماكينة اهتمامًا خاصًا لأنها تنقل الأحمال الحركية إلى التربة بالإضافة إلى الأحمال الساكنة بسبب وزن الاساس والماكينة والملحقات. إن الحمل الحركي بسبب تشغيل الماكينة صغير بشكل عام مقارنة بالوزن الساكن للماكينة والاساس الداعم. في أساس الماكينة، يتم تطبيق الحمل الحركي بشكل متكرر على مدى فترة طويلة جدًا من الزمن ولكن حجمه صغير وبالتالي يكون سلوك التربة مرئيًا بشكل أساسي، وإلا سيؤدي التشوه مع كل دورة تحميل وقد يصبح غير مقبول.

إن اسس المكاين تعتبر امر مهم يجب العناية به عند الانشاء وضمن متطلبات التصميم لما لها من تأثير على عملية التشغيل والاستخدام للماكينة من الناحية المادية ومن ناحية السلامة للعاملين في الموقع. وقد عني في هذا المجال مطلع القرن العشرين حيث تم اجراء تحريات حول التردد الطبيعي [1] (Natural frequency) وساهم الكثير بأبحاث لتطوير ودراسة المشاكل الناجمة عن الاهتزاز والمؤثرة في أسس المكاين ومنهم Timoshenko في عام 1928، اعقبها بحث (Barkan) في 1938 الذي يتحدث عن التأثيرات الحركية المؤثرة على أسس المكاين التي تأثرت بالحمل الحركي المسلط عليها.

### 2. مفهوم التحليل لأسس المكاين

بشكل عام، يزن أساس الماكينة عدة أضعاف وزن الماكينة التي تدعمها. كما أن الحمل الحركي المرتبط بالأجزاء المتحركة للماكينة

$\gamma_{concrete}$	(KN/m <sup>3</sup> )	24
$\nu_{concrete}$	-	0.15

## 1-2 المراحل التحليل باستخدام برنامج (Plaxis 2D)

لأجل دقة النتائج والمعلومات التي تم الحصول عليها من البرنامج عند تحليل المنظومة المتكونة من (التربة - الاساس - الماكينة) فيجب تمثيل جميع الحالات والتأثيرات التي تمر بها المنظومة وكما يلي :

1. الحمل الساكن للمنظومة ( الاساس + الماكينة ) وتسمى (Initial phase) والذي يمثل مرحلة السكون او التوقف تحت تأثير وزنها .
2. الحمل الاهتزازي للمنظومة (الاساس + الماكينة) والتي تمثل مرحلة التشغيل لها
3. مرحلة التوقف بعد التشغيل ومن خلالها يمكن حساب ال (displacement) تحت الاساس في التربة .

## 2-2 المعادلات الحسابية وحالة الدراسة

لحساب اعظم قيمة للهبوط ( $A_z$ ) استخدمت مجموعة من المعادلات الرياضية المعتمدة والتي سيشار اليها لاحقا ولكن يتوجب حساب كل من نسبة التخميد (D) من المعادلة بالاعتماد على قيم ( $C_{dy}$ ,  $C_{cr}$ ) بإستخدام مجموعة من المعادلات وثابت المرونة المكافئ الحركي ( $K_{dy}$ ) ، حيث يعتمد الاخير على معامل الربط ( $\eta$ ) الذي يتم الحصول عليه من الشكل (1) وقيمة ( $K_{st}$ ) ، وللحصول على قيمة ( $K_{st}$ ) بوحدة (KN/m) [6] تستخدم المعادلات التالية كما موضح ادناه :

$$J_a = \frac{A_b}{4L^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$A_b = B * L \dots\dots (1a)$$

$$K_{st} = \frac{2GL}{1-\theta} S_z \dots\dots(2)$$

حيث أن :

$A_b$  : مساحة قاعدة الاساس (m<sup>2</sup>)

L : طول قاعدة الاساس (m)

B : عرض قاعدة الاساس (m)

$K_{st}$  : ثابت المرونة الساكن للتربة (KN/m)

G : معامل القص الساكن (KN/m)

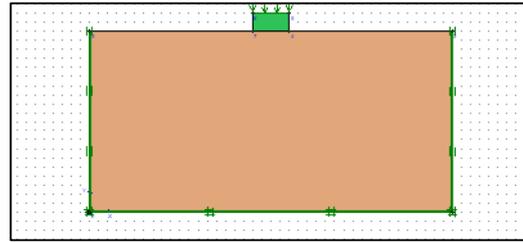
$\theta$  : نسبة بواسون

أما قيمة المعامل  $S_z$  فيمكن حسابه من الجدول (2) [6]

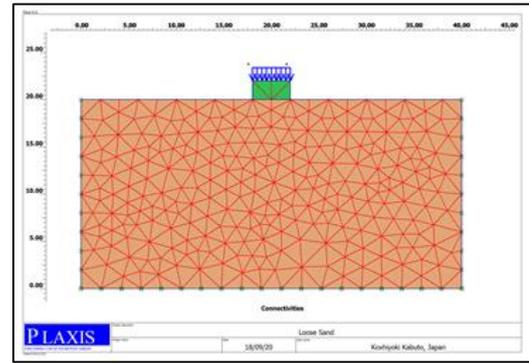
صغير بشكل عام مقارنةً بالحمل الثابت. ومع ذلك ، في أسس الماكينة تعمل الأحمال الحركية بشكل متكرر على مدى فترة زمنية طويلة جدًا. لذلك من الضروري أن تكون التربة مرنة ، وإلا سيزداد التشوه مع كل دورة تحميل حتى يصبح اتساع التشوه أكبر وخارج الحد المقبول. لذا يتطلب إجراء عملية تحليل لمنظومة الاساس - التربة تحت تأثير الحمل المطبق باستخدام مجموعة من المعادلات الرياضية المعتمدة في العديد من المصادر ومقارنتها مع نتائج نفس النموذج للمنظومة تحت تأثير نفس الظروف باستخدام طريقة العناصر المحددة (برنامج Plaxis 2D) ، حيث يضم البرنامج حالات مختلفة لتمثيل سلوك التربة وقد تم استخدام نموذج الحالة المرنة (Elastic) [4][5] وذلك بسبب استخدام المعادلات الرياضية المبينة على اعتبار حالة التربة (Elastic) .

إن عملية التحليل ستتضمن المنظومة بأكملها كما ذكر سابقا مع التربة الساندة لها والحمل الحركي المطبق بتردد وسعة اهتزاز مثبتة لكل حالة ، أما بالنسبة لخواص التربة المستندة والاساس فهي موضحة بالجدول (1) .

في هذه الدراسة تم إجراء عملية التحليل للمنظومة بحالة الانفعال المستوي (Plane Strain) وفرضيات تصرف الخيطي المرين (linear elastic) حيث تمت الدراسة ضمن مجال بعمق (20 م) ومسافة افقية كلية مقدارها (40 م) ، أخذت هذه المسافة تجنباً لانعكاس الموجات في حالة تحديد مسافة اقل وقد تم تحديد نوع الحدود لمجال التربة ب (Absorbent Boundary) كما في الشكلين (1) و (2) علماً أن الدراسة اقتصر على نمط الحركة العمودي للأساس.



الشكل (1) : مخطط يوضح موقع الاساس من سطح الارض مع وجود ال Absorbent Boundary



الشكل (2) : مخطط يوضح حجم الشبكة المستخدمة لتغطية منظومة (التربة - الاساس) عند التحليل

الجدول (1) : خواص التربة والاساس

Material	Material properties	Unit	Loose Sand	Medium Sand	Dense Sand
Soil	Unit weight, $\gamma$	(KN/m <sup>3</sup> )	15.7	17.1	18.6
	Young's modulus, E	(KN/m <sup>2</sup> )	12000	24000	36000
	Poisson's ratio, $\nu$	-	0.3	0.32	0.34
Foundation	$E_{concrete}$	(KN/m <sup>2</sup> )	$2 \times 10^7$		

أما فيما يخص قيمة معامل القص الحركي  $G_{dy}$  ( Dynamic Shear modulus) فيمكن حسابه من المعادلات التالية ووحده  $[(KN/m)]$  [6]:

$$G_{dy} = \frac{K_{dy}(1-\theta)}{4 * r_o} \dots (6)$$

$$r_o = \sqrt{\frac{A_b}{\pi}} \dots (7)$$

حيث أن :

$r_o$  : نصف القطر المكافئ للأساس ووحده (m)

$K_{dy}$  : ثابت المرونة الحركي للتربة (KN/m)

ولإيجاد قيمة معامل المرونة الحركي للتربة المهترئة فيتم بإستخدام المعادلة التالية (8) ووحده  $[(KN/m^2)]$  [8]:

$$E_{dy} = 2 * G * (1 + \theta) \dots (8)$$

ولإيجاد قيمة نسبة التخميد (Damping ratio , D) ، يتم حساب كل من  $C_{dy}$  و  $C_{cr}$  وذلك بإستخدام المعادلات التالية [6][7]:

$$C_{dy} = C_z * \lambda \dots (9)$$

$$C_z = \rho * V_{LA} * A_b \dots (10)$$

$$V_{LA} = \frac{3.4 * V_s}{\pi (1-\theta)} \dots (11)$$

$$C_{cr} = 2 * \sqrt{K_{st} * m} \dots (12)$$

$$m = \frac{A_b * h * \gamma_c}{9.81} \dots (13)$$

حيث أن :

$V_{LA}$  : معامل لإيجاد قيمة التخميد في الاتجاه العمودي

$C_{dy}$  : التخميد الحركي بالاتجاه العمودي بوحدة (ton/sec)

$C_z$  : التخميد في الاتجاه العمودي بوحدة (ton/sec)

$m$  : كتلة الأساس بوحدة (ton)

$A_b$  : مساحة قاعدة الأساس بوحدة ( $m^2$ )

$h$  : سمك الأساس بوحدة (m)

$\gamma_c$  : كثافة الخرسانة بوحدة ( $KN/m^3$ )

الجدول (2) : قيمة المعامل  $S_z$  لحساب قيمة  $K_{st}$

Mode		Applicable
Vertical	$S_z = 0.8$	$J_a \leq 0.02$
	$S_z = 0.73 + 1.54(J_a)^{0.75}$	$J_a > 0.02$
Horizontal	$S_y = 2.24$	$J_a \leq 0.16$
	$S_y = 4.5(J_a)^{0.38}$	$J_a > 0.16$
Rocking	$S_{\theta x} = 2.54$	$B/L \leq 0.4$
	$S_{\theta x} = 3.2 (B/L)^{0.25}$	$B/L > 0.4$
	$S_{\theta x} = 3.2$	All B/L
Torsion	$S_t = 3.8 + 10.7(1 - B/L)^{10}$	All B/L

ولحساب التردد المجرّد  $a_o$  (Dimensionless Frequency) [6][7] تستخدم المعادلة التالية :

$$a_o = \frac{\omega B}{V_s} \dots (3)$$

ولحساب سرعة انتقال موجة الاهتزاز داخل التربة ( $V_s$ ) ووحدها  $[(m/s^2)]$  [6][8]:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \dots (4)$$

حيث أن :

$\omega$  : تردد المنظومة (الماكنة-الاساس-التربة) ووحده (Hz)

$B$  : عرض الاساس ووحده (m)

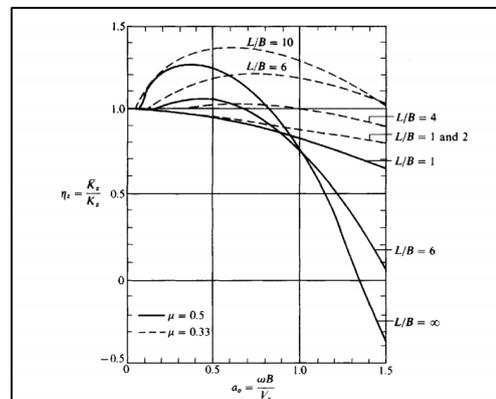
$\rho$  : الكثافة الكتلية للتربة ووحدها ( $gm/cm^3$ )

ولحساب قيمة ثابت المرونة المكافئ الحركي ( $K_{dy}$ ) بوحدة (KN/m) تستخدم المعادلة التالية [6]:

$$K_{dy} = K_{st} * \eta \dots (5)$$

حيث أن :

$\eta$  : عامل يتم الحصول عليه من الشكل (3) ويستخدم بالاتجاه العمودي فقط ويعتمد على قيمة معامل بواسون (poisson's ratio).



الشكل (3): العلاقة بين  $\eta$  و  $a_o$  [6]

المجال [6] [8] واعتمدت قيم مضاعفة لمعامل المرونة (E) لغرض بيان مدى تأثيرها على التحليل حيث استخدمت معامل المرونة في التربة المفككة ( $E=12000\text{KN/m}^2$ ) وقيمة معامل المرونة في التربة المتوسطة ( $2E=24000\text{KN/m}^2$ ) في حين استخدمت معامل مرونة مقداره ( $3E=36000\text{KN/m}^2$ ) في التربة الكثيفة، كما تم دراسة تأثير شكل الاساس (مربع  $L/B=1$ )، مستطيل ( $L/B=2,4,6,8$ )، شريطي ( $L/B=10$ )، كما تم دراسة تأثير التردد على قيمة الهبوط من خلال اخذ اربع قيم لترددات مختلفة وهي (5,10,15,20 Hz) وفيما يلي بيان لاهم النتائج التي تم التوصل اليها.

### 1. تأثير نوع التربة وشكل الاساس على مقدار قيمة الهبوط للأساس

لغرض دراسة تأثير نوع التربة في عملية تحليل الاسس المختلفة فقد تم دراسة حالات التربة الثلاث (مفككة، متوسطة، كثيفة) لبيان تأثير اختلاف معامل المرونة (E) وتغير كثافة التربة على قيمة الهبوط لأنواع الاسس المستخدمة في هذه الدراسة حيث يبين الشكل (4) تأثير اختلاف نوع التربة على قيمة الهبوط للأسس المختلفة وتحت تأثير الترددات المختلفة.

لوحظ من خلال الدراسة انخفاض ملحوظ لقيمة الهبوط بين حالات التربة الثلاث عندما يكون التردد مساوياً ل (5Hz) لحالات شكل الاساس عندما تكون نسب ( $L/B = 1, 2, 4$ ) اما عند زيادة هذه النسب فيكون الهبوط متقارب ولباقى الترددات (10, 15, 20 Hz) فتكون قيمة الهبوط متقاربة لجميع انواع التربة (مفككة، متوسطة، كثيفة) ولكافة انواع الاسس المستخدمة في هذه الدراسة ( $L/B = 1,2,4,6,8,10$ ).

كما يلاحظ من الشكل (4) ان الهبوط (Max. Displacement) يبدأ بالاستقرار في حالة التربة المفككة والمتوسطة (Loose sand and Medium Sand) عندما يكون نسبة ( $L/B$ ) مساوية ل (8) اي عندما يقترب شكل الاساس من الشريطي بينما في حالة التربة الكثيفة (Dense Sand) يستقر الهبوط عندما تكون نسبة ( $L/B$ ) مساوية ل (6) تقريبا ويعزى الانخفاض في الاستجابة لمنطقة التلامس الكبيرة إلى تقليل الضغوط بسبب مساحة التلامس الكبيرة مع زيادة الصلابة العمودية بزيادة قيمة معامل المرونة.

وبشكل واضح لوحظ انخفاض في قيمة الهبوط بزيادة التردد لكافة انواع التربة الثلاث ولجميع اشكال الاسس، وبنفس الوقت ينخفض مقدار هذا الهبوط بزيادة كثافة التربة ومعامل مرونتها ويعزى ذلك الى زيادة الاجهادات العمودية والقص (Normal and Shear Stresses) بالاضافة الى زيادة الصلابة العمودية.

### 2. تأثير التردد على مقدار قيمة الهبوط للأساس

بشكل عام بزيادة قيمة التردد التشغيلي [1] للماكينة تقل قيمة الهبوط عند ثبات نسبة ( $L/B$ ) كما في الشكل (4). أما فيما لو تم تثبيت تردد معين مثلاً (5Hz) يلاحظ انخفاض في قيم الهبوط بزيادة كلا من كثافة التربة واقترب شكل الاساس من

الشكل (4): تأثير نوع التربة على مقدار الهبوط للأسس المختلفة

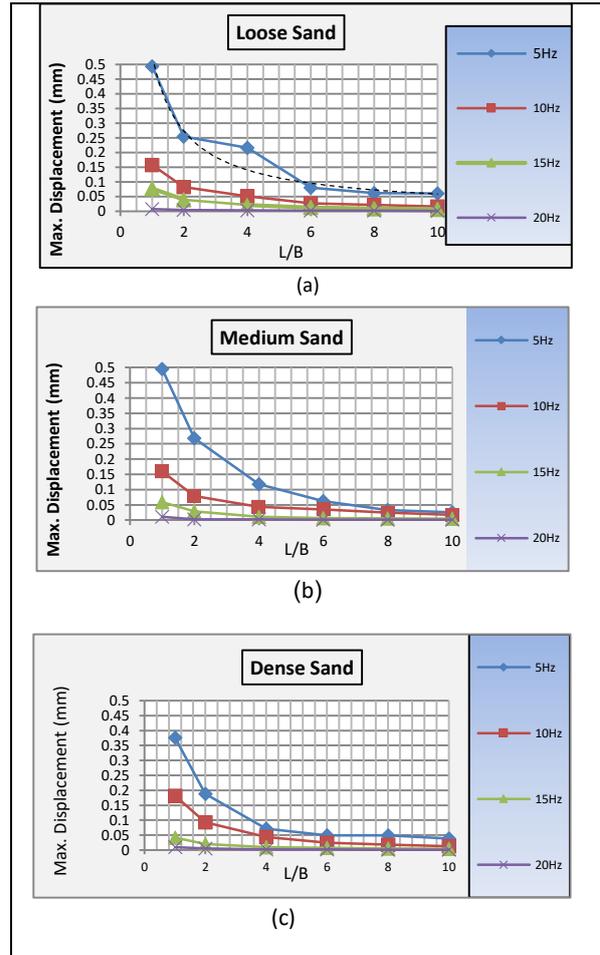
وبعد الحصول على كلا من قيمتي  $C_{dy}$  و  $C_{cr}$ ، يتم حساب قيمة الـ (Damping ratio, D) باستخدام المعادلة (14) [8]:

$$D = \frac{C_{dy}}{C_{cr}} \dots (14)$$

ثم يتم حساب اعظم قيمة للهبوط من خلال المعادلة (15) [8]:

$$A_z = \frac{Q}{K_{dy} \cdot 2D \cdot \sqrt{1-D^2}} \dots (15)$$

حيث أن:



$A_z$ : اعظم قيمة للهبوط (m)

Q: قيمة الحمل المسلط الساكن والحركي (KN)

في هذه الدراسة تم تمثيل حالة المنظومة (التربة - الاساس - الماكينة) في برنامج (Plaxis 2D V8.6) لثلاث نماذج افتراضية من التربة الرملية (مفككة، متوسطة، كثيفة) لإجراء تحليل للهبوط المتوقع تحت الاسس نتيجة الحمل الحركي المسلط، حيث اعتمدت خواص التربة والاساس المثبتة في الجدول (1) في عملية التحليل، علماً أن هذه القيم الافتراضية لخواص التربة اعتمدت كمعدل لأغلب المراجع العلمية في هذا

ويوضح الجدول (3) التالي نموذج من النتائج المستحصلة لقيم اعظم هبوط للاساس استنادا للمعادلات (16,17) عند حالة الرنين عند تردد (10 Hz) والتربة من نوع الرملية المفككة (Loose Sand).

الجدول (3): قيم اعظم هبوط للاساس عند حالة الرنين وتردد (10 Hz) والتربة من النوع الرملية المفككة (Loose Sand)

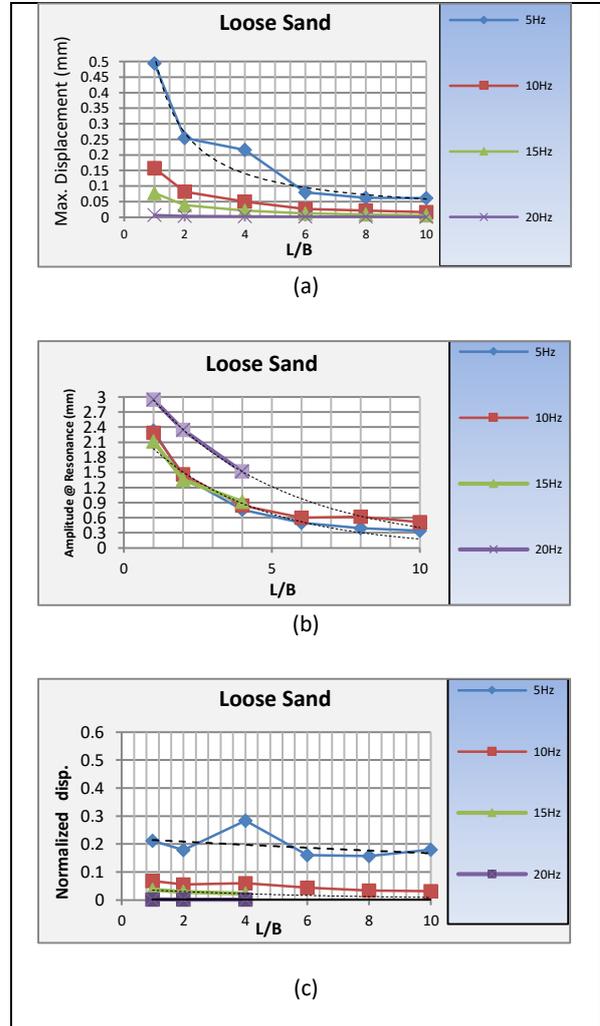
L/B	Amplitude at resonance (mm)
1	2.287098
2	1.464389
4	0.839952
6	0.59949
8	0.619314
10	0.509272

كما مبين في الشكل (5,b) لحالة التربة الرملية المفككة والشكل (6,b) لحالة التربة الرملية المتوسطة والشكل (7,b) لحالة التربة الرملية الكثيفة حيث لوحظ انخفاض في قيمة الهبوط مع زيادة الكثافة للتربة او زيادة قيمة معامل المرونة (E) لكل نوع من انواع التربة الثلاث.

لمعرفة مدى اقتراب منظومة الاساس من حالة الرنين فقد اقترح حساب معامل جديد سمي الازاحة المرجعية (Normalized Displacement) كما موضح في الشكل (5,c) ، (6,c) و (7,c) لحالات التربة الثلاث والتي تمثل حاصل قسمة اقصى هبوط (Max. Displacement) كما موضح في الشكل (5,b) ، (6,b) و (7,b) والمحسوب بطريقة العناصر المحدد باستخدام برنامج (Plaxis 2D) الى مقدار الهبوط في حالة الرنين (Amplitude at Resonance) والمحسوبة من معادلات التحليل المذكورة سابقا لنفس خواص التربة وشكل الاساس وكما موضح في الاشكال (3,c) ، (4,c) و (5,c).

كما لوحظ من خلال النتائج وكما مبين في الشكل (5,b) و (5,c) فإنه عند تردد الـ (15 , 20 Hz) وما بعد نسبة (L/B=4) فإن المنحني ينتهي لوجود حالة الرنين وقد تم توقع التصرف باستخدام المنحني المنقط. الشكل (5): تأثير شكل الاساس والتردد على قيمة الازاحة المرجعية (تربة رملية مفككة)

الشريطي ويعود ذلك الى توزيع تأثيره بشكل اكبر في حالة الاساس الشريطي منه في المربع فيقل التأثير كما مبين بالشكل (4,a) عند (L/B=4) فإن قيمة  $r_0$  يصبح تأثيرها اعلى على تردد الرنين للمنظومة .



3. دراسة حالة الرنين

لغرض دراسة حالة الرنين واقتراب منظومة الاساس من هذه الحالة تم حساب اقصى قيمة للهبوط والتي تحدث عند حدوث حالة الرنين للمنظومة والتي تم الحصول عليها من مجموعة المعادلات وهي كالتالي:

$$B_z = \frac{1-\theta}{4} * \frac{m}{\gamma * r_0} \dots \dots (16)$$

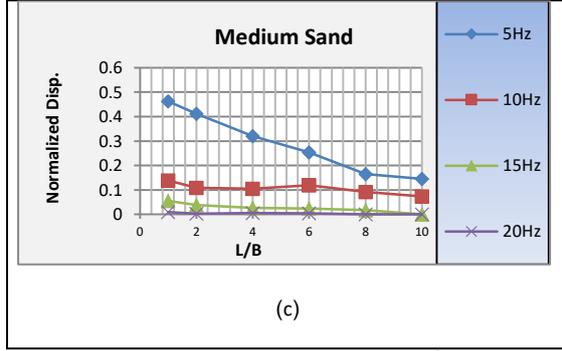
$$F_m = \left(\frac{1}{2\pi}\right) * \left(\sqrt{\frac{G}{\rho}}\right) * \left(\frac{1}{r_0}\right) * \sqrt{\frac{0.9}{B_z - 0.45}} \dots \dots (17)$$

حيث أن :

$B_z$  : نسبة الكتلة المعدلة (Modified mass ratio) [10]

$\gamma$  : كثافة التربة ( $\text{KN/m}^3$ )

$G$  : معامل المرونة الحركي للتربة ( $\text{KN/m}^2$ )



الشكل (6): تأثير شكل الاساس والتردد على قيمة الازاحة المرجعية(تربة رملية متوسطة)

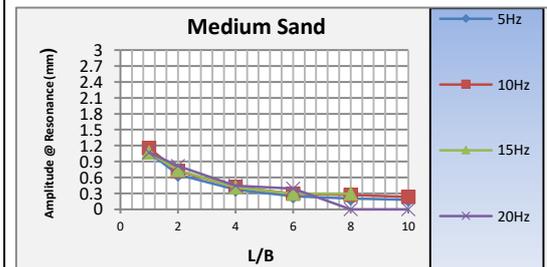
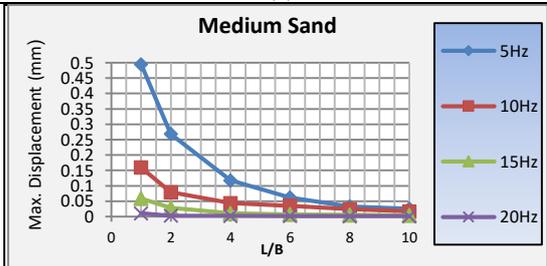
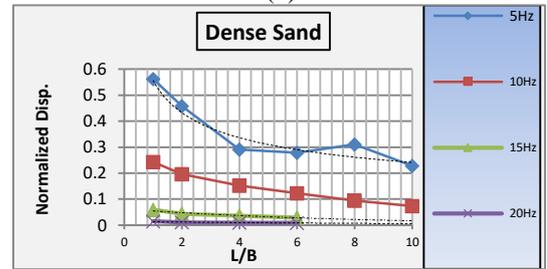
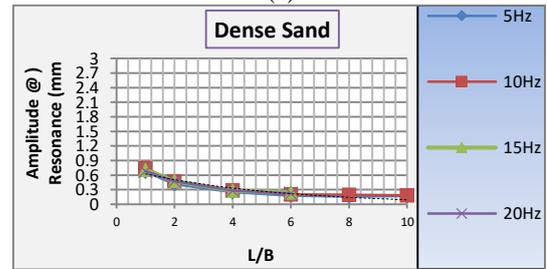
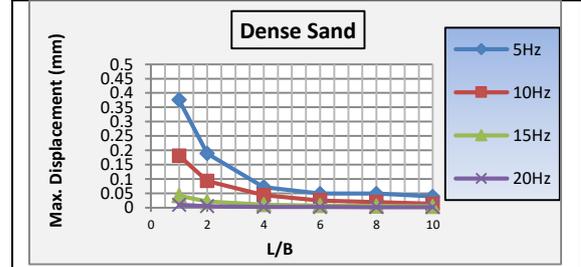
الشكل (7) : تأثير شكل الاساس والتردد على قيمة الازاحة المرجعية (تربة رملية كثيفة)

### الاستنتاجات

1. تنخفض قيمة الهبوط بزيادة قيم نسبة (L/B) للأساس لنفس التردد لحالات التربة الثلاث .
2. تتحقق اكبر قيمة للهبوط عند اقل قيمة لـ (E) للتربة لنفس التردد (اي عند زيادة كثافة التربة يقل الهبوط) ويبدأ الانخفاض الملحوظ بقيم الهبوط عند ترددي (5,10 Hz) لجميع انواع التربة بين نسبي (L/B) المساوية لـ (1,4) ثم بعدها يكون الانخفاض تدريجي بطيء كما هو في الاشكال (5) و (6) و (7) في حين تقل نسبة الانخفاض عند زيادة التردد (15,20 Hz).
3. بزيادة قيمة معامل المرونة (E) تزداد قيمة الازاحة المرجعية اي انها تقترب من حالة الرنين [11] عند التردد (5 Hz) لحالة الاساس المربع اكثر منها من المستطيل والشريطي ، اما باقي الترددات (10 , 15 , 20 Hz) فتكون قيمة الازاحة المرجعية اقل مقارنة بالتردد (5 Hz) وكذا اقل تباينا بين حالات شكل الاساس المختلفة.

### References

- [1] K.R.Arora, Soil Mechanics and Foundation Engineering, 4th ed. Delhi Standard 2004.
- [2] B.M. Das and G.V. Ramana, " Advanced Soil Mechanics" , Taylor and Francis Group Boca Raton , London , New York , 2014.
- [3] T.W. Lambe and R.V. Whitman, " Soil Mechanics" , Joein and sons , Newyork 1969.
- [4] D. D. Barkan, "Dynamics of Bases and Foundations" , McGrawHill (translated) 1962.
- [5] S. C.Arya, M. W. O'Neill, and G.Pincus, "Design of Structures and Foundations for



- [10] J. Lysmer and R.L. Kuhlemeyer, "Finite dynamic model for infinite media", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE 95(EM4):859-877 1966.
- [11] S. Saran, "Soil Dynamic and Machine foundation", Suneel Galgotia for Galgotia Publications (P) Ltd.5, Ansari Road, Darya Ganj. New Delhi-110 002, 1<sup>th</sup> Edition, 1999.
- Vibrating Machine", Gulf Publishing Company Book Division, Huston, London, Tokyo 1979 .
- [6] J. E. Bowles, "Foundation Analysis and Design", 5th edition McGrawHill Companies, Inc., pp. 1175 1996.
- [7] G. Gazetas, "Analysis of Machine Foundations: State of the Art", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 2-42.
- [8] B.M. Das. and G. V. Ramana, "Principles of Soil Dynamics", Cengage Learning 2<sup>nd</sup> , 2011.
- [9] R. B. J. Brinkgreve, "PLAXIS-2D Version 8 User Manuals", Delft University of Technology and PLAXIS, b. v., the Netherlands 2002.

## Settlement Analysis of machine foundation Under Reciprocating Load using FEM

**Noor Khalid Al-Hasso**  
n.khalid35@yahoo.com

**Qutayba N. Al-Saffar**  
Dr.Qutayba@gmail.com

Civil Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

### **Abstract**

*The analysis of the machines foundations is an important issue in the geotechnical engineering as the foundations of the machine provide a strong platform for the machines to work in a smooth manner with minimal maintenance requirements. The process of analyzing of the machines foundations requires more attention since it includes not only the static loads but also the dynamic loads that result from the unbalanced forces that the machine generates or its vibratory motion. Of course, this movement load is transferred to the soil through the foundation and its effect can be calculated using the principles of kinetic soil and vibration theory. Here, the search deals with the study of analyzing machines foundations under the influence of kinetic loads taking into consideration the type of soil and its condition, the shape of the foundation and its location from the surface of the earth, the type of kinetic load projected and the method of analysis. In this study, and for the purpose of achieving what has been mentioned with using finite element method (program Plaxis 2D V8.6 ) three types of sandy soil (Loose, medium and dense) were taken. The effect of dynamic loads on different types of machine foundations (square, rectangular, and strip) was studied and under the influence of a different dynamic frequency (5,10,15, 20 Hz) was studied and the effect of a group of these factors on the amount of displacement of the machine foundation was studied and these results were compared with the maximum Amplitude when resonating with a special parameter called Normalized Displacement.*

*It is noted from this study that the value of the displacement decreases by increasing the values of the (L / B) ratio of the foundation for the same frequency for the three soil states, , and that the increase the value of the elastic modulus (E), the Normalized displacement value approaches the number (1), that meaning it approaches the resonance at the frequency ( 5 Hz) for the case of the square foundation more than the rectangle and the strip , and for the remaind of the frequencies (10, 15, 20 Hz) the Normalized displacement value will be less compared to the frequency (5 Hz) as well as less variation between the cases of different foundations shape.*

### **Keywords:**

*machine foundation , Resonant frequency , Dynamic load , Normalized Displacement , Finite Element*