

دراسة عددية لتقييم استجابة تربة مسلحة

بالجيوسيل يستند عليها أساس آلة

طالب الماجستير: محمود الخضور - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

الدكتور المشرف: علي عبدالله - المشرف المشارك: د. نجلا الحسن

ملخص البحث

تقوم فكرة هذا البحث على استخدام تسليح التربة من نوع الجيوسيل الذي يمكن أن يلعب أكثر من دور وفعاليتها عالية مثل تسليح التربة وزيادة متانتها من خلال تحسين بارامترات معينة (C و Ø وغيرها...) وأيضاً تخميد جزء من الاهتزازات القادمة من الآلة قبل انتشارها في التربة وذلك من خلال المواد المائلة الموجودة ضمن الخلايا والتي ستؤمن الحصر الجانبي لمواد الملء وستحافظ عليها في مكانها.

حيث تم تشكيل نماذج تحاكي توضع منبع اهتزازي وهو أساس آلة على سطح تربة مسلحة بالجيوسيل ثم تمت مقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع حالة التربة الطبيعية دون تسليح حيث حصلنا على تخميد لمطال السرعة الجزيئية الأعظمية PPV بفعالية وصلت الى 22% في حالة التسليح مملوء بالحصويات ومن ثم تمت دراسة مطال الانتقالات من أجل ترددات مختلفة فكان التسليح المملوء بالتربة الغضارية الحمراء هو الأفضل بنسبة تخميد وصلت الى 82% ومن ثم تم تشكيل نماذج للوصول للتطبيق الأمثل لموضع التسليح فكانت أعلى نسب تخميد في حال كانت طبقة التسليح تقع مباشرة أسفل الأساس بالنسبة للتباعد الشاقولي وامتداد غير مبالغ فيه من الأطراف لطبقة التسليح كان كافياً بالنسبة للتباعد الأفقي وبالنسبة لعدد طبقات التسليح تم تشكيل نماذج لتراكب أكثر من طبقة تسليح وتم التوصل لأن زيادة عدد طبقات التسليح يتناسب طردياً مع زيادة نسبة التخميد.

الكلمات المفتاحية: تسليح الجيوسيل، الاهتزازات، تخميد، الحصر الجانبي، المواد

المائلة، السرعة الجزيئية الأعظمية

Numerical study to Evaluate the response of Geocell-Reinforced soil which subjected to machine foundation

Abstract

The idea of this research is based on using geocell soil reinforcement, which can play multiple roles effectively, such as reinforcing the soil and increasing its strength by improving certain parameters (c , ϕ , etc.). It also dampens some of the vibrations coming from the machine before spreading in the soil through the filler materials within the cells, which provide lateral confinement for the fill materials and keep them in place.

Models were formed to simulate the placement of a vibration source, which is the foundation for a machine on the surface of soil reinforced with geocell. The results were then compared with the case of natural soil without reinforcement, where effective damping of the peak particle velocity (PPV) was achieved up to 22% in the case of reinforcement filled with aggregates. The study also examined the displacement functions for different frequencies, showing that the reinforcement filled with red sandy soil was the best in terms of damping, reaching 82%. Models were then formed to determine the optimal placement of reinforcement, with the highest damping ratios achieved when the reinforcement layer was directly below the foundation in terms of vertical spacing, with a moderate extension from the edges of the reinforcement layer being sufficient for horizontal spacing. As for the number of reinforcement layers, models were formed to overlay multiple layers, and it was found that increasing the number of reinforcement layers is directly proportional to the increase in damping ratio.

Key words: Geocell reinforcement, vibrations, damping, lateral confinement, fill materials, peak particle velocity.

1 - مقدمة

تعتبر دراسة تأثير الاهتزازات على كل من التربة والمنشآت والأشخاص، وإيجاد القيم الحدية المسموحة لهذه الاهتزازات من المسائل الهامة في ديناميك التربة.

ويمكن أن نلخص بعض من التأثيرات السلبية للاهتزازات على كل من التربة والمنشآت والأشخاص كما يلي: [11]

تأثير الاهتزازات على التربة

يمكن تلخيص التغيرات في خواص التربة عند تعرضها للاهتزازات بما يلي:

• التشديد الاهتزازي

قد يؤدي ارتصاص الترب المفككة نتيجة انتشار الأمواج الاهتزازية فيها إلى هبوطات إضافية وذلك نتيجة تغير المسامية خلال فترة تأثير الاهتزازات، وهذا يؤدي بالنتيجة إلى خلل في توازن المنحدرات أو فرق في هبوط الأساسات.

يمكن التعبير عن التشديد الاهتزازي بالعلاقة التالية:

$$Dr' = \frac{e_{\max} - \acute{e}}{e_{\max} - e_{\min}}$$

حيث Dr' : الكثافة الديناميكية التي تعبر عن التشديد أو التراص الاهتزازي.

e' : معامل المسامية عند درجة التحميل المعطاة.

e_{\min} ، e_{\max} : معامل المسامية الأصغري و الأعظمي للتربة.

لقد تبين من التجارب أنه في حال كون الكثافة النسبية الطبيعية للرمل Dr أصغر من Dr' فإن الهبوط سيحدث تحت تأثير الاهتزازت.

• تسيل التربة

الأمواج الزلزالية القاصة تسبب زيادة في ضغط الماء المسامي في الترب المفككة المشبعة. هذه الزيادة تخفض من اجهادات التطويق الفعالة للتربة مما يؤدي إلى انخفاض عامل القص للتربة والذي بدوره يؤدي إلى زيادة التشوهات في التربة. في حال التسيل التام (انعدام الإجهادات الفعالة) تفقد التربة مقاومتها على القص بشكل كامل وتتحول التربة إلى وضعية السائل اللزج وتصبح قدرة تحمل التربة مساوية للصفر تقريباً.

لذلك يفضل قبل التأسيس على مثل هذه الترب إجراء تحسين عليها لإلغاء قابليتها للتسيل وتخفيض هبوطها المحتمل ويتم ذلك بطرق متعددة تتضمن:

1- زيادة صلابة التربة بالحقن.

2- التحكم بضغط الماء المسامي ومنع زيادته وتطوره.

3- تنفيذ أعمدة حجرية تؤمن تصريف للتربة وتسمح بالتحكم بضغط الماء المسامي، وكذلك تزيد كثافة التربة المحيطة بالعمود بزيادة الضغط الجانبي المؤثر عليها.

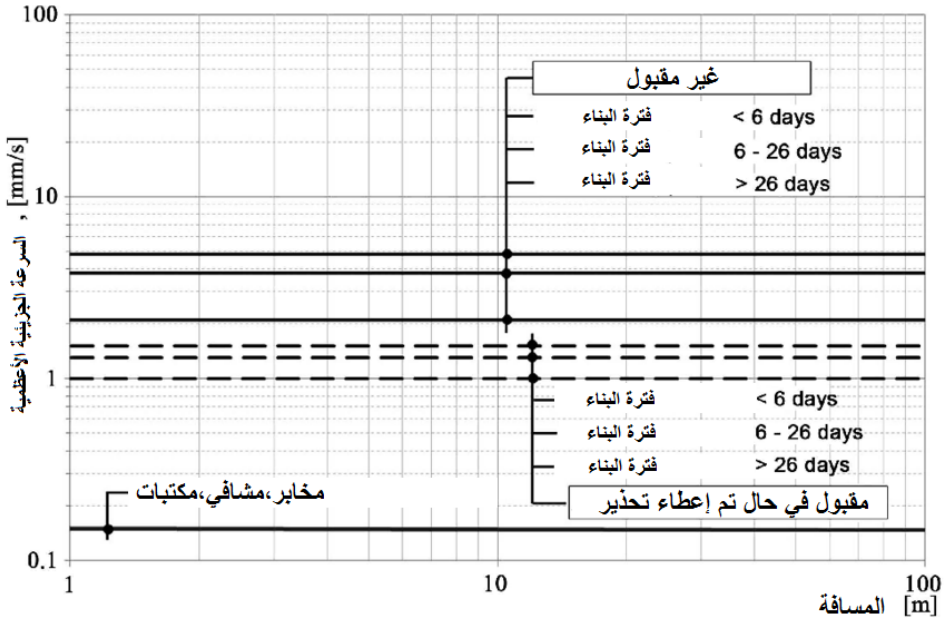
تأثير الاهتزازات على الأشخاص

يمكن أن تسبب الاهتزازات إزعاجاً للأشخاص، وضرر بصحتهم في حال ازداد مطالها عن الحد المسموح.

تؤثر طبيعة الاهتزازات (مؤقتة، مستمرة)، ومدة تعرض الإنسان لها على تحديد القيم الحدية المسموحة، فكلما ازدادت مدة تعرض الإنسان للاهتزازات (اهتزازات مستمرة) تتناقص القيم المسموحة.

يبين الشكل (1) القيم الحدية المسموحة للاهتزازات التي يوصي بها مشروع الكود الأوروبي Eurocode3 [3] وذلك في حال تعرض الإنسان للاهتزازات الصناعية الناتجة عن عمليات البناء.

يظهر من الشكل أن القيم الحدية المسموحة تتناقص مع زيادة مدة البناء (مدة تعرض الإنسان للاهتزازات).



الشكل (1) القيم الحدية المسموحة للاهتزازات حسب المعيار البشري

يبين الجدول (1) قيماً حدية للسرعة الجزيئية للاهتزازات (mm/sec) تتعلق بتعدد الاهتزاز وتصف حساسية الانسان للاهتزازات. ويظهر أن الإنسان يشعر بالاهتزازات عملياً بدءاً من سعة 0.3 mm/sec، في حين يبدأ بالانزعاج منها بدءاً من سعة 3 mm/sec [4].

الجدول (1) القيم الحدية المسموحة لتأثير الاهتزازات على الانسان (Selby1991)

مؤلم	مزعج	محسوس بوضوح	محسوس بالكاد	غير محسوس	درجة التأثير
10	3	1	0.3	0.3>	سعة الاهتزاز الحدية mm/sec

يحدد النظام ISO 2631-2:2003 [9] قيمة حدية مسموحة عند تعرض الانسان في أماكن العمل الحساسة (كغرف العمليات في المشافي) لاهتزازات مستمرة أو متوسطة ذات تردد أعلى من 10Hz وهي 0.1mm/sec، يرتفع هذا الحد إلى 0.5mm/sec في مكاتب العمل العادية.

تأثير الاهتزازات على المنشآت

يمكن أن تؤثر الاهتزازات التي تنتشر في التربة بشكل مباشر أو غير مباشر على المنشآت المجاورة، يتجلى هذا التأثير بدءاً من ظهور تشققات جمالية ثانوية في المنشأ إلى أن تصل أحياناً إلى انهيار المنشأ.

وجد نتيجة التجارب والخبرة العملية أن السرعة الجزيئية هي العامل الأفضل لتمثيل تأثير الاهتزازات على المنشآت، ولكن الاعتماد عليها فقط غير كافٍ، ويجب ربطها مع التردد المسيطر للاهتزاز من أجل تحديد القيم الحدية المسموحة وفق المعيار الإنشائي.

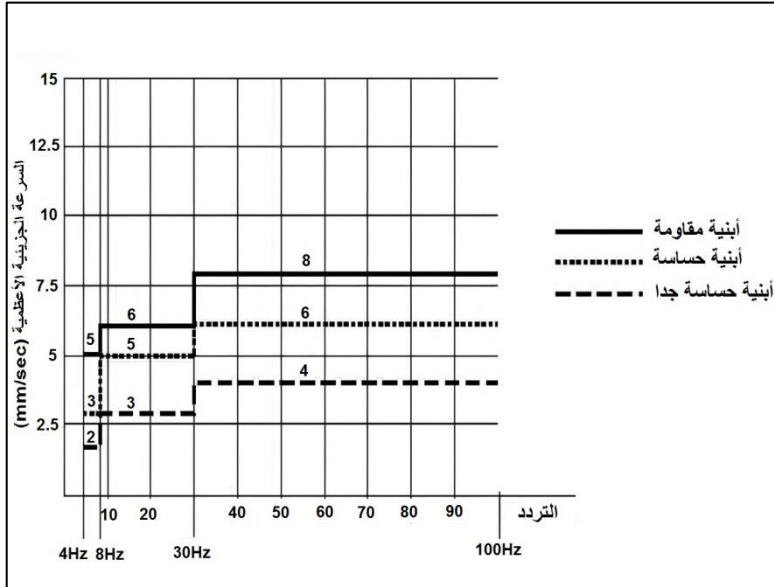
على سبيل المثال يوضح الشكل (2) القيم الحدية المسموحة في فرنسا وفقاً للمعيار الإنشائي [8] وذلك في كل من حالة الاهتزازات المستمرة والاهتزازات النبضية المتكررة

حيث تم تقسيم المنشأ إلى ثلاث فئات حسب مقاومتها للاهتزازات (مقاومة وحساسة وحساسة جداً) والقيمة الحدية المسموحة لكل منها تتعلق بالتردد المسيطر للاهتزازات المؤثرة. نستنتج من هذا الشكل ما يلي:

1- من أجل نفس طبيعة الاهتزازات والتردد ، تزداد القيمة المسموحة بازياد مقاومة المنشأ.

2- من اجل نفس المنشأ وطبيعة الاهتزاز ، تزداد القيمة المسموحة بازياد التردد المسيطر للاهتزازات.

3- من أجل نفس المنشأ والتردد ، تنخفض القيمة المسموحة إلى النصف تقريباً في حال التأثير المستمر للاهتزازات.



الشكل (2) القيم الحدية المسموحة المعتمدة في فرنسا وفق المعيار الانشائي

يعتبر مجال استخدام التربة المسلحة مجالاً واسعاً جداً، وتكون له قيمة كبيرة إذا كانت الحلول التقليدية الأخرى للتأسيس باهظة التكاليف، أو تطلبت الضرورة تنفيذ أساسات عميقة بتكاليف ضخمة ويقسم مجال استخدام التربة المسلحة إلى: [12]

- جدران استنادية من تربة مسلحة
- تدعيم أسفل الأساسات
- مساند طرفية للجسور
- جدران لضفاف الأنهار
- في مجال الطرق
- تأمين واصلاح المنحدرات
- وسائد تأسيس
- منشآت مؤقتة تزول بعد زوال الغاية منها.

وتعود أسباب استخدامها إلى النقاط التالية: [12]

- سهولة التنفيذ
- الكلفة الاقتصادية القليلة مقارنة بالطرق التقليدية
- توفر المعدات والآليات المطلوبة (جرافة-مدحاة-قاشطة)
- زمن التنفيذ القصير
- لا تحتاج للكثير من الأيدي العاملة

- تعتبر منشآت التربة المسلحة غير حساسة على الهبوط
- بسبب تكوينها الانشائي لا يحصل فيها انهيارات فجائية

إن التربة المسلحة تعتمد في مبدئها على إضافة مادة صناعية إلى التربة تفيد في تحسين خواص التربة (قدرة تحمل-صلابة-تماسك-احتكاك وغيرها من الخواص). فقد ازداد في العقود الثلاثة الماضية استخدام مواد تسليح التربة عموماً، والجيوسيل بشكل خاص والأمر الذي يميزه عن باقي أنواع التسليح التقليدية هو شكله المشابه لخلايا النحل وكيفية توضع مواد الملء بداخله بحيث يضمن ثباتها في مكانها دون حدوث انتقال، وهو ما تحدث عنه [2] Azzam, W. R حيث أشار إلى أن تركيب الخلايا يؤدي إلى حصر جانبي كبير للمواد المائلة الأمر الذي يلعب دوراً فعالاً في منع الانتشار الجانبي لهذه المواد تحت الأساسات عندما تتعرض للتحميل الديناميكي.

تنقسم طرق تسليح التربة بالجيوسيل لأشكال مختلفة، فمنها ما يكون على شكل جدران أو عناصر تسليح تحت الأساسات أو تحت الطرق أو في المنحدرات وتصمم بحيث تكون قادرة على الحلول محل الاقتراحات التقليدية وبكفاءة واقتصادية أكبر من استخدام الطرق التقليدية المتبعة.

إضافة لما سبق يمكن توظيف تسليح الجيوسيل ديناميكياً في تخميد مطال الانتقالات والسرعة الجزيئية الاعظمية والتسارع الجزيئي الاعظمي للاهتزازات القادمة من المنابع الاهتزازية المختلفة من خلال مواد الملء الموجودة فيه وهو ما قام الباحثان (Venkateswarlu, Hegde) [7] بتجريبه من خلال سلسلة من التجارب المخبرية حيث وصل إلى نسبة تخميد لمطال الانتقالات وصلت إلى 68% في حالة المادة المائلة هي الحصىيات و 61% في حالة المادة المائلة هي الرمل و 59% في

حالة المادة المائلة هي الرمل السيلتي وبالنسبة لمطال التسارع الجزيئي الاعظمي والسرعة الجزيئية الاعظمية وصلت نسبة التخميد في حالة المادة المائلة هي الحصويات الى 57% بالنسبة لمطال السرعة و48% لمطال التسارع.

2 - هدف البحث

الهدف الرئيسي للبحث هو دراسة إمكانية وكفاءة عزل الاهتزازات القادمة من أساس آلة عددياً وتخفيض مطالها عن طريق تسليح التربة أسفل الأساس بالجيوسيل المملوء بتراب مختلفة.

3 - طريقة البحث والنتائج:

تم تشكيل نموذج لمحاكاة حالة واقعية وهي أساس آلة تم تسليح التربة أسفله بشبكة من الجيوسيل والتي تحوي مواد مائلة من تربة مختلفة لمعرفة مدى تأثير هذا التسليح على عزل الاهتزازات القادمة من أساس الآلة، وبالتالي يبقى مطال الاهتزازات ضمن القيم المسموحة بحيث لا يؤثر على الجوار بشكل سلبي.

تم تشكيل نماذج عددية على برنامج Plaxis 2D لمحاكاة الحالة المدروسة بالنسبة لثلاث مواد مائلة وبكل نموذج تم مقارنة النتائج بين حالتي (قبل - بعد) تطبيق تسليح الخلايا الجيوسيلية لتحديد فعالية التسليح المعتمد في كل حالة من الحالات.

نظرا لعدم امكانية نمذجة الخلايا الجيوسيلية ثلاثية الأبعاد في برنامج نمذجة ثنائي الأبعاد PLAXIS2D سوف نلجأ لطريقة النهج المكافئ ECA والمقترحة من قبل (Latha, Dash, and Rajagopal (2009) [10] والتي يتم فيها تمثيل طبقة التربة

المسلحة كطبقة مكافئة بخواص محسنة (التماسك تحديداً) لكي يسهل نمذجتها على البرمجيات الحاسوبية ثنائية الأبعاد.

الخواص المستخدمة في النمذجة موضحة في الجداول (2)، (3)، (4).

الجدول (2) مواصفات التربة الأساسية للنموذج (تربة رملية)

البارامتر	القيمة
الوزن الحجم γ (Kn/m^3)	19
معامل يونغ E (Kn/m^2)	20,000
معامل بواسون ν	0.3
زاوية الاحتكاك الداخلي θ ($^\circ$)	32
التماسك C (Kn/m^2)	0
زاوية التوسع الحجمي ψ ($^\circ$)	2

الجدول (3) مواصفات أساس الآلة

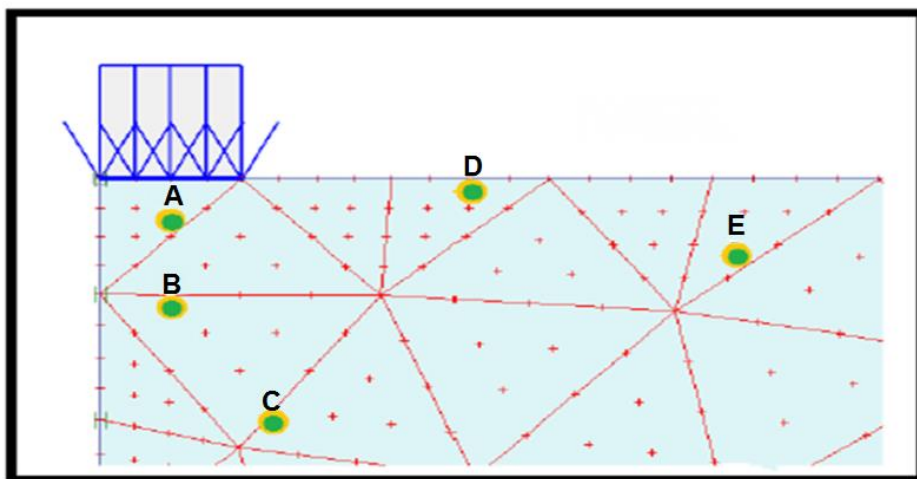
البارامتر	القيمة
معامل يونغ للبيتون E (Kn/m^2)	2×10^7
الوزن الحجمي للبيتون γ (Kn/m^3)	24
معامل بواسون للبيتون ν	0.15

الجدول (4) مواصفات تسليح الجيوسيل

البارامتر	القيمة
معامل يونغ E (Kn/m^2)	275,000
معامل بواسون ν	0.45

مواصفات النموذج

مواصفات النموذج الذي تم تشكيله والموضح في الشكل (3) كالتالي:



الشكل (3) توزيع نقاط الحساب في النموذج المدروس

- تم أخذ نصف نموذج للحالة المدروسة للحصول على نتائج أدق وبسرعة أكبر.
- تم اعتماد حالة التناظر المحوري حول المحور الشاقولي المار من مركز أساس الآلة المعتبر axisymmetric.

- أبعاد النموذج المدروس (30x15m) وعدد عقد الدراسة هو 15 عقدة.
- الواحدات المعتمدة:
- الأطوال (m)، القوى (Kn)، السرعات (m/s)، الإجهاد (Kn/m²)، الوزن الحجمي (Kn/m³).
- تم اعتماد الكثافة المتوسطة لشبكة العناصر المنتهية من أجل توصيف أفضل وأدق للنموذج.
- تم تقييد جوانب النموذج standard fixities مع تحرير الحركة الشاقولية للنموذج.
- تم وضع حدود ماصة Absorbent boundaries على الحد الفاصل اليساري لتجنب انعكاس وانكسار الأمواج نظراً لكونه غير موجود فعلياً (الحد الفاصل لنصف النموذج).
- تردد قوة التحريض الشاقولية المطبقة هو 70 Hz.

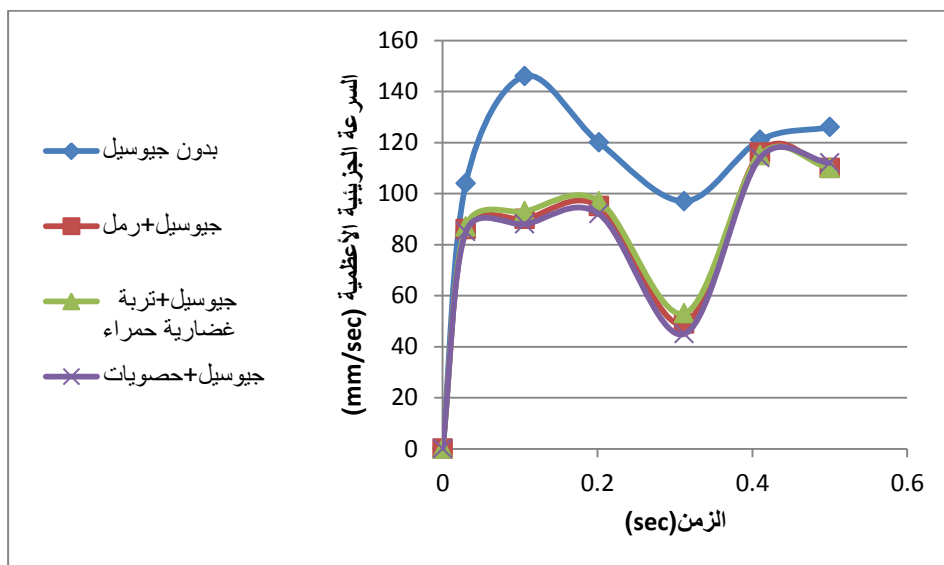
4 - تحليل النتائج

4 - 1 - دراسة تأثير المواد المائلة على فعالية التخميد

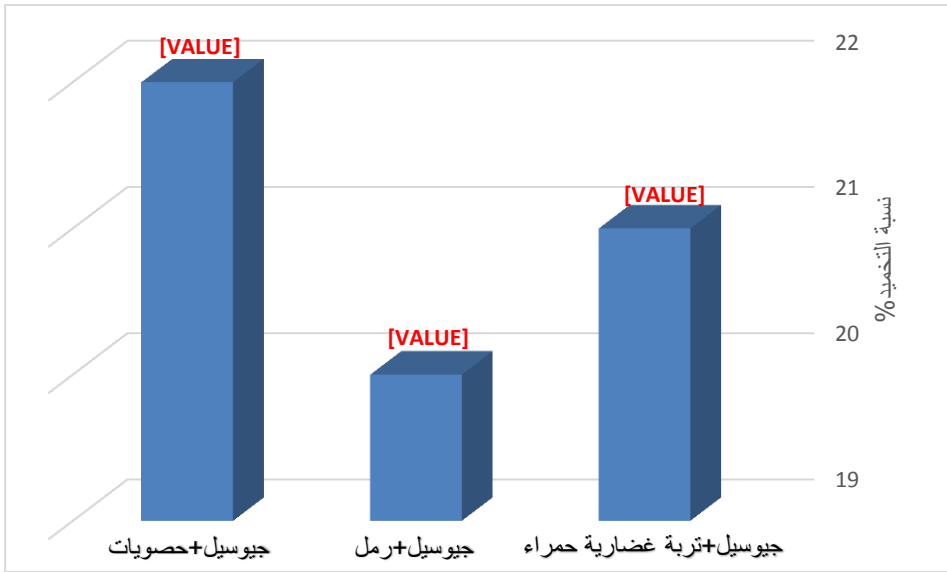
تمت نمذجة المواد المائلة الثلاثة كل في نموذج وتم اعتماد القيم الأعظمية لمطال السرعة الجزيئية بدلالة الزمن وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (5) والأشكال (4)، (5).

الجدول (5) نتائج تحليل النماذج قبل وبعد تطبيق التسليح بالنسبة للمواد المائلة الثلاثة

جيوسيل+حصويات		جيوسيل+تربة غضارية حمراء		جيوسيل+رمل		بدون جيوسيل	
t(s)	v(mm/s)	t(s)	v(mm/s)	t(s)	v(mm/s)	t(s)	v (mm/s)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.03	85	0.03	87	0.03	86	0.03	104
0.106	88	0.106	93	0.106	90	0.106	146
0.202	92	0.202	97	0.202	95	0.202	120
0.312	45	0.312	53	0.312	49	0.312	97
0.41	114	0.41	115	0.41	116	0.41	121
0.5	112	0.5	110	0.5	110	0.5	126



الشكل (4) منحنى السرعة - الزمن بالنسبة لمواد الملاء الثلاثة



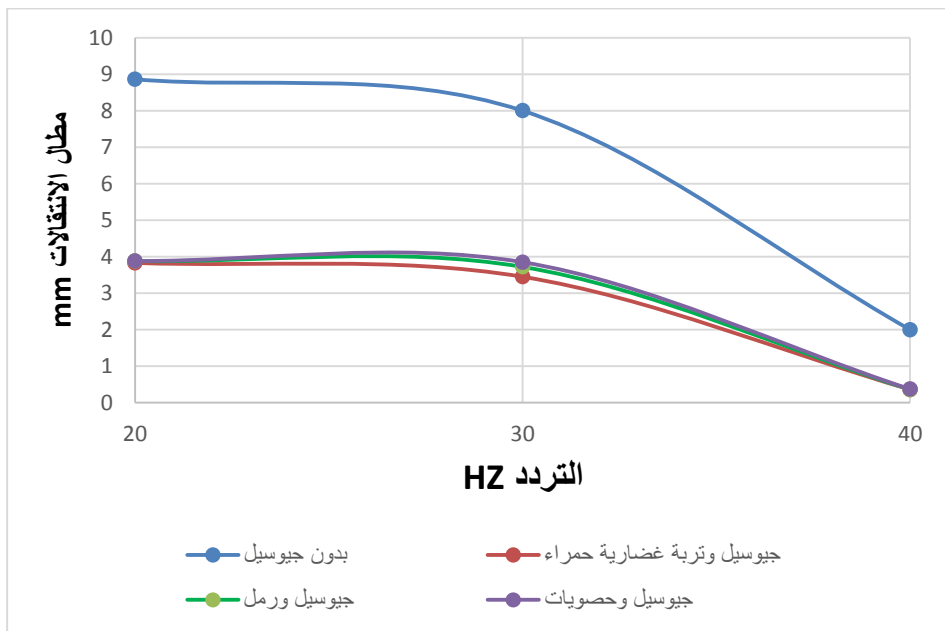
الشكل (5) فعالية التخميد في مطال السرعة الجزيئية بالنسبة للمواد المائنة الثلاثة

4 - 2 - دراسة مطال الانتقالات

تم دراسة مطال الانتقالات للترب الثلاث بالنسبة لثلاث ترددات (20-30-40) Hz وكانت النتائج كما هو مبين بالجدول (6) و الشكل (6).

الجدول (6) قيم مطال الانتقالات بدلالة التردد لحالة التربة مع وبدون تسليح

	20Hz	30Hz	40Hz
بدون جيوسيل	8.86mm	8mm	2mm
جيوسيل+تربة غضارية حمراء	3.83mm	3.45mm	0.36mm
جيوسيل+رمل	3.88mm	3.72mm	0.36mm
جيوسيل+حصويات	3.88mm	3.85mm	0.37mm



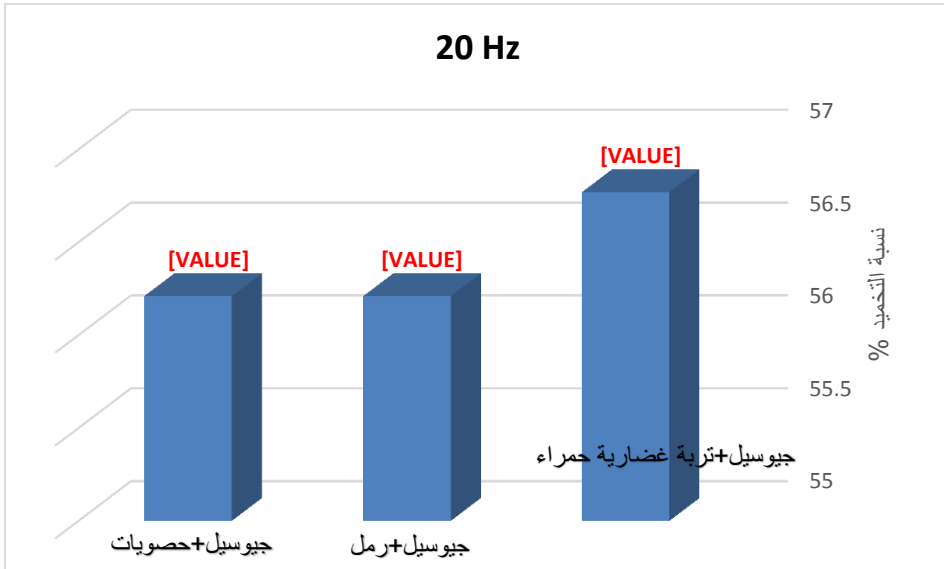
الشكل (6) مطال الانتقالات بدلالة التردد

للتعبير عن الفعالية في التخميد التي حصلنا عليها هنا تم استخدام ما يسمى بعامل تخفيض المطال A_{rf} (Amplitude reduction factor) والمبين بالجدول (7). [3].

$$A_{rf} = \frac{\text{مطال الانتقالات مع تسليح}}{\text{مطال الانتقالات بدون تسليح}}$$

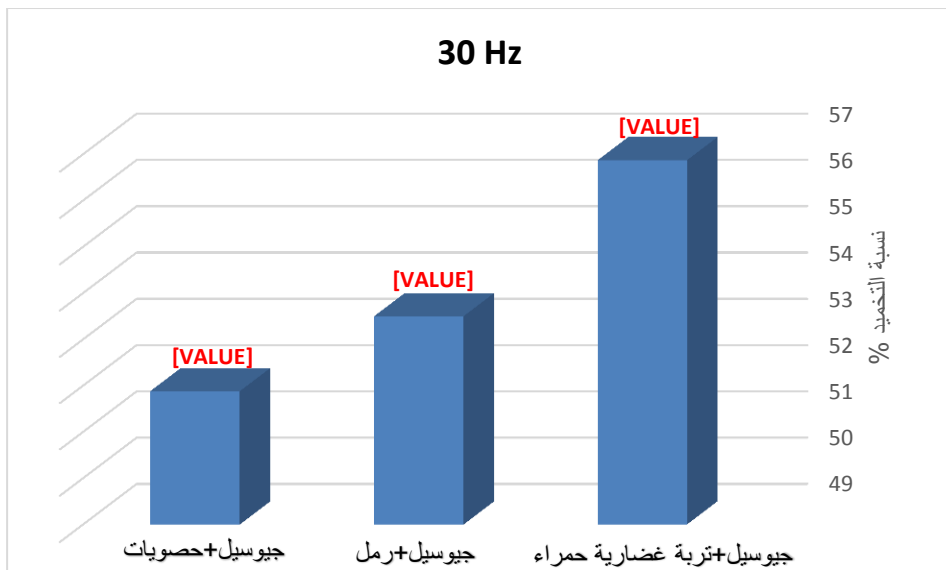
الجدول (7) قيم عامل تخفيض المطال للتربة مع وبدون تسليح بالنسبة للترددات

	بدون تسليح	جيوسيل+تربة غضارية حمراء	جيوسيل+رمل	جيوسيل+حصويات
20Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.432$	$A_{rf}=0.438$	$A_{rf}=0.438$
30Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.431$	$A_{rf}=0.465$	$A_{rf}=0.481$
40Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.18$	$A_{rf}=0.18$	$A_{rf}=0.185$



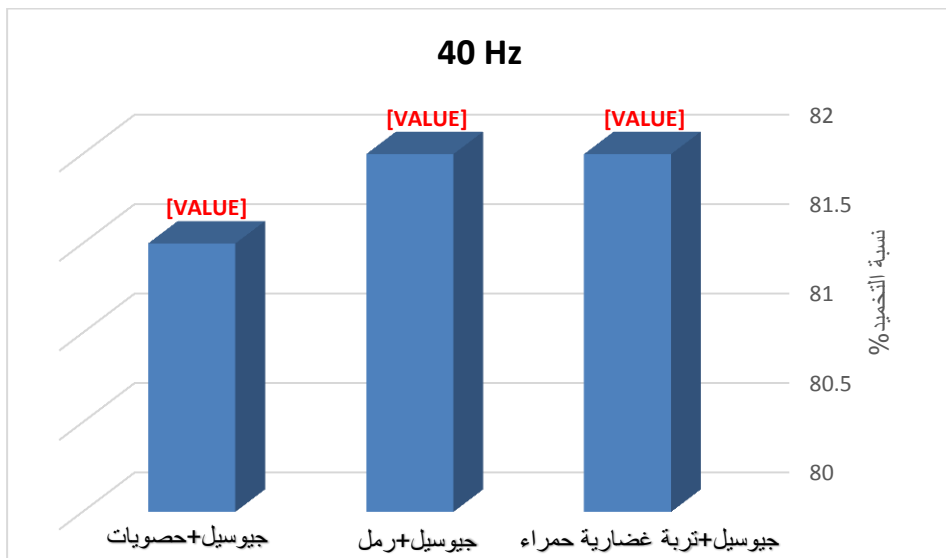
الشكل (7) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 20Hz لمواد الملء

الثلاثة



الشكل (8) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 30Hz لمواد الملاء

الثلاثة



الشكل (9) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 40Hz لمواد الملاء

الثلاثة

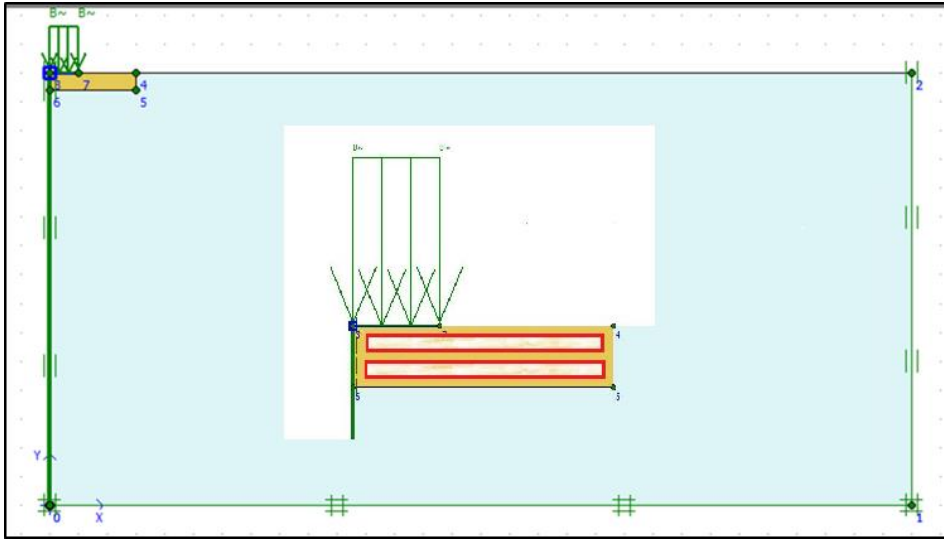
حيث نلاحظ مما سبق أنه تم تخميد مطال الانتقالات بنسب عالية وصلت الى 82% (من أجل التردد 40Hz) وكانت الفروقات بين نسب التخميد بالنسبة لأنواع الثلاثة لمواد الملء ضئيلة ولكن بأخذ الترددات الثلاثة المدروسة وبمقارنة القيم نتوصل الى أنه الجيوسيل المملوء بتربة غضارية حمراء كان مادة الملء ذات أعلى نسبة تخميد بين المواد الثلاثة وهذا ظهر بشكل واضح من أجل التردد 30Hz حيث وصلت نسبة التخميد الى (56.87%) مقارنة بالرمل والحصىات والذين أعطيا القيم التالية (53.5% - 51.88%) على التوالي.

4 - 3 - دراسة حالة الطبقات المتعددة من التسليح

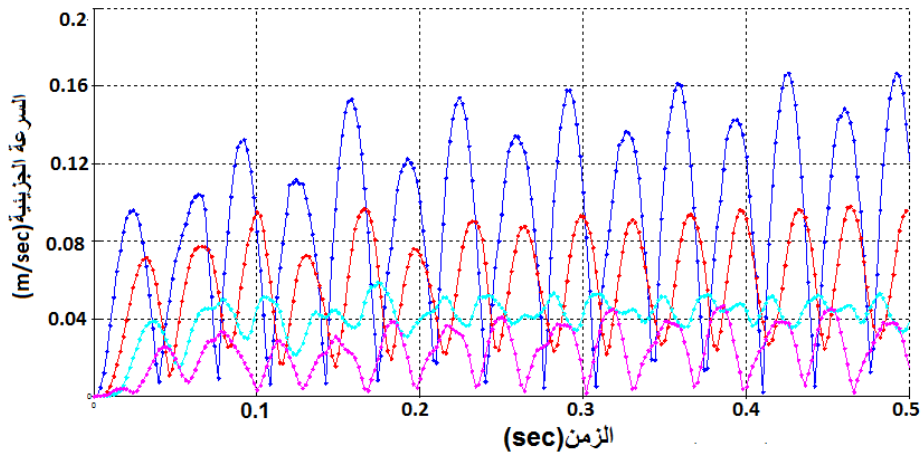
سابقاً تم دراسة البارامترات في حال وجود طبقة واحدة لكن الآن سنطبق أكثر من طبقة من التسليح متمركزة أسفل أساس الآلة لمحاكاة وجود مجموعة مركبة مكونة من أكثر من طبقة واحدة من تسليح الجيوسيل.

• حالة طبقتين من التسليح

تم وضع طبقة تسليح مركبة من طبقتي جيوسيل مع موادها المألثة أسفل الأساس كما هو موضح بالشكل (10)، حيث تم اعتماد الحصىات كمادة مألثة نظراً لأننا حصلنا على أكبر فعالية عند ملئها بالحصىات.



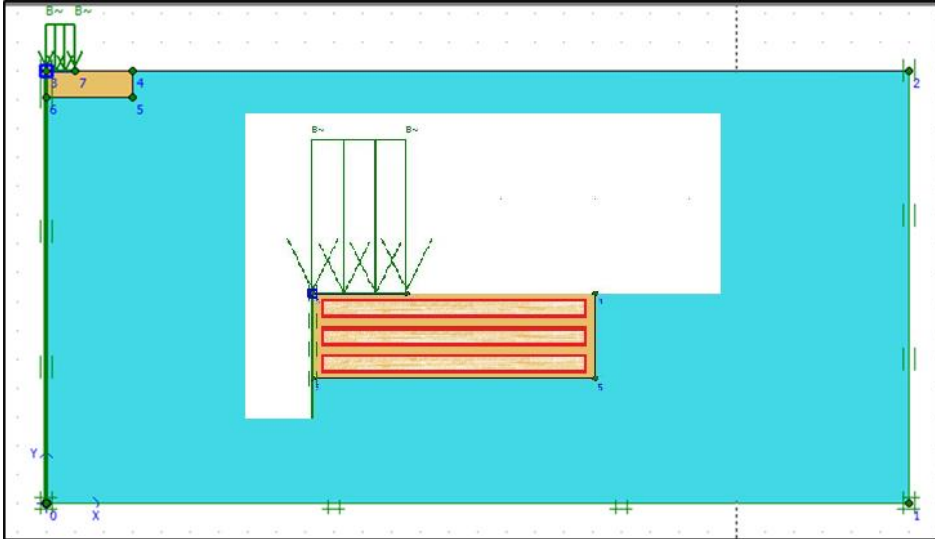
الشكل (10) شكل النموذج المعتمد في حال تواجد طبقتي تسليح



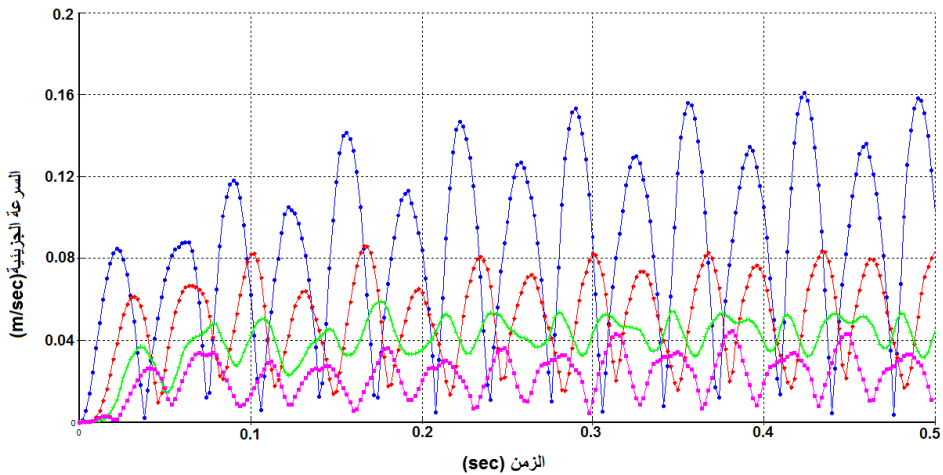
(11) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة طبقتي تسليح

• حالة ثلاث طبقات تسليح

يوضح الشكل (12) النموذج المعتمد في حال تواجد ثلاث طبقات من التسليح:

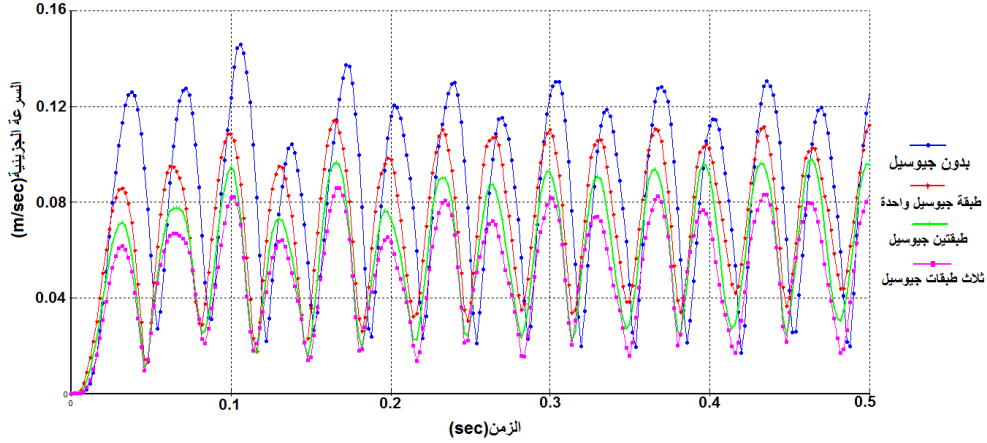


الشكل (12) النموذج المعتمد في حال تواجد ثلاث طبقات تسليح



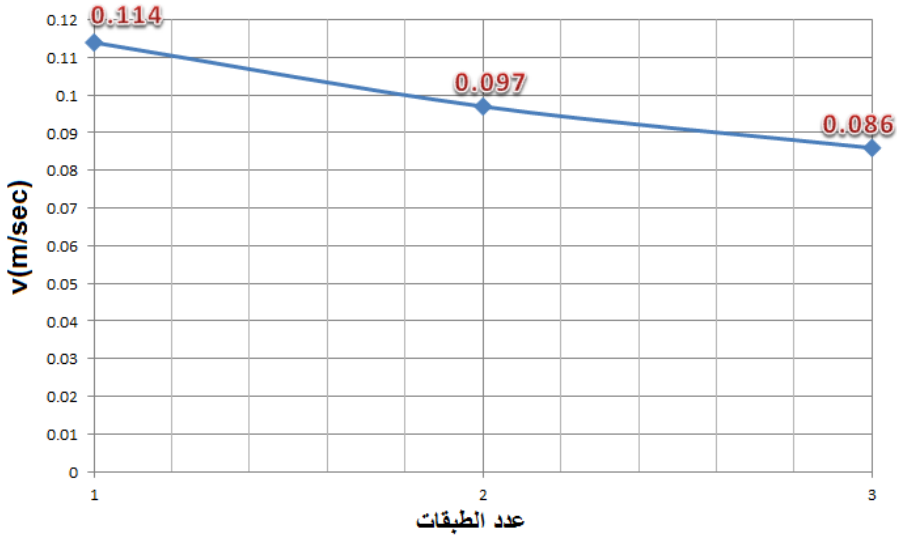
(13) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة ثلاث طبقات تسليح

الآن سوف نقوم بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها في حالة التربة بدون تسليح وفي حال وجود طبقة تسليح واحدة، وفي حال طبقتين وثلاث طبقات تسليح لنحدد درجة التخمد التي حصلنا عليها في كل حالة من الحالات السابقة.



(14) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة بدون تسليح وحالة طبقة وطبقتين وثلاث طبقات تسليح

لكي نحدد بالأرقام التخمد الحاصل نأخذ أحد القمم من المنحنى السابق:

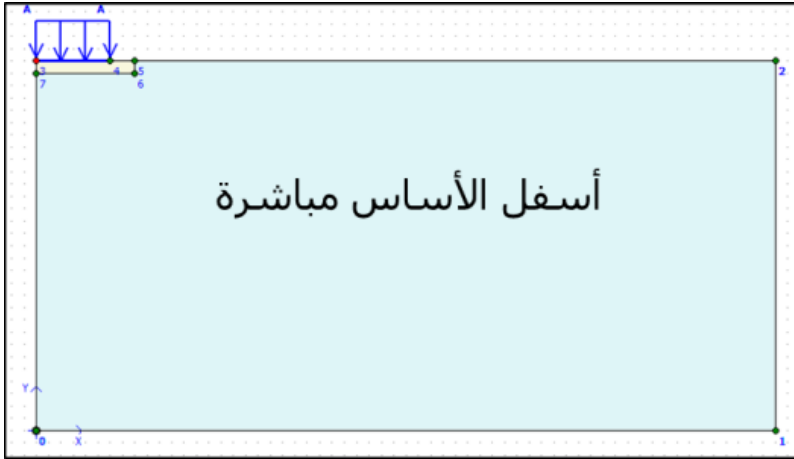


(15) يبين المنحنى البياني قيم مطال السرعة بدلالة عدد طبقات التسليح

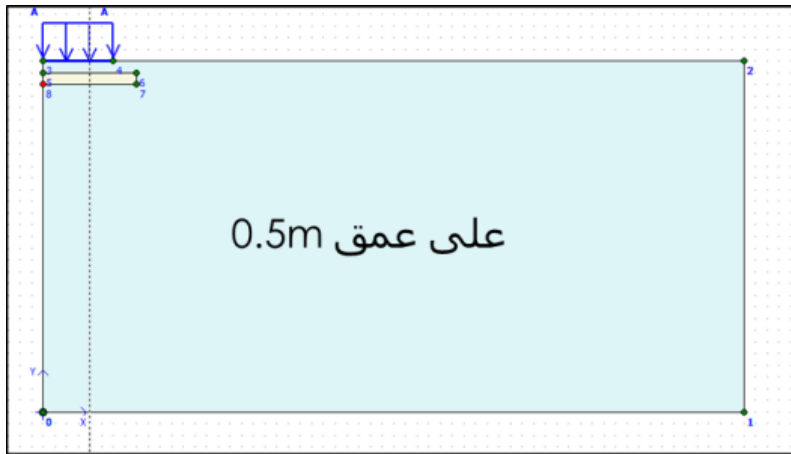
نلاحظ انخفاض واضح في مطال السرعة الجزيئية بزيادة عدد طبقات التسليح مما يمكننا أن نقول إن فعالية التخميد تتناسب طردياً مع عدد طبقات التسليح وهذا يقودنا لنتيجة مفادها أنه في حال كانت الاهتزازات الناتجة عن الآلة أكبر من القيم الحدية المسموح بها يمكننا وضع n طبقة تسليح حتى نصل إلى القيم المسموحة وهذا أقرب ما يكون لنظام عزل مبسط ذو فعالية عالية.

4 - 4 - دراسة التباعدات الشاقولية لطبقات التسليح

تمت دراسة تأثير تباعدات طبقات التسليح بشكل شاقولي أسفل الأساس وفق ثلاث حالات:

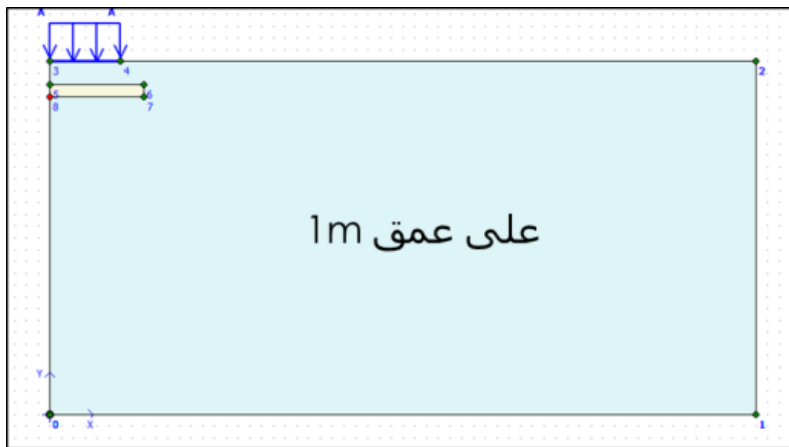


الشكل (16) يوضح الحالة الأولى وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس مباشرة



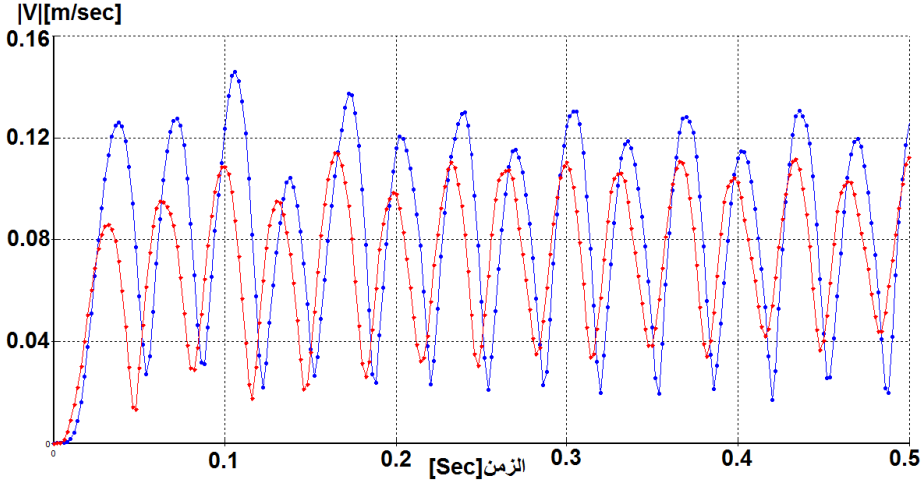
الشكل (17) يوضح الحالة الثانية وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس على عمق

0.5m



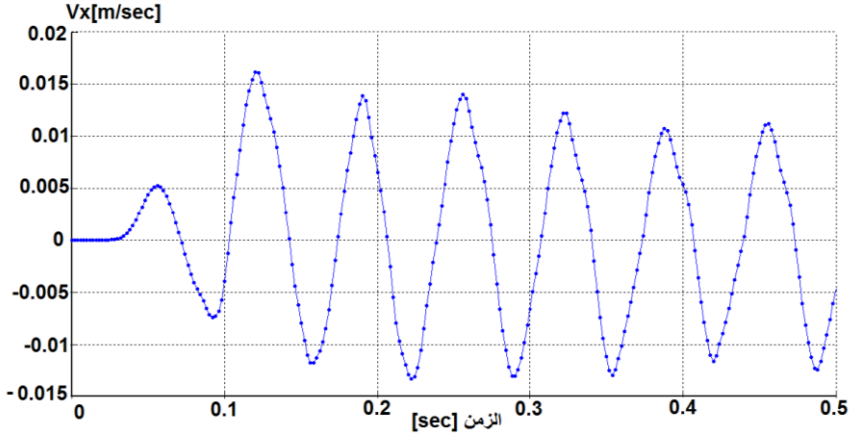
الشكل (18) يوضح الحالة الثالثة وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس على عمق 1m

كانت النتائج متماثلة في الحالات الثلاث السابقة وذلك بالنسبة لنقاط الدراسة الواقعة أسفل الأساس أي أن الامواج بمجرد عبورها عبر طبقة التسليح ستخدم (النقطة B) ولم يكن للتباعد الشاقولي أي أثر على التخمين الحاصل بفعل طبقة التسليح.



الشكل (19) مطال السرعة الجزيئية الأعظمية قبل وبعد تطبيق التسليح بالنسبة للنقاط الواقعة أسفل الأساس بالنسبة للتباعدات الشاقولية المدروسة (1m-0.5m-0m)

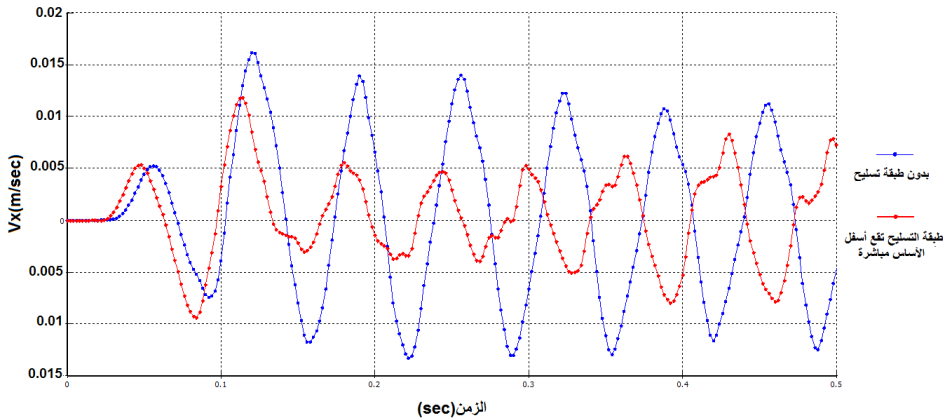
وتمكنا من ملاحظة تسرب للأمواج الاهتزازية غير المخمدة وذلك ضمن المسافة الواقعة بين طبقة التسليح وأساس الآلة بالنسبة للاتجاه الأفقي وذلك في حال ابتعدت طبقة التسليح عن أسفل الأساس وذلك بالنسبة للتباعدين 0.5m و 1m حيث كان مطال السرعة الجزيئية مماثلاً لمطال السرعة في الحالة الطبيعية دون تطبيق تسليح (النقطة E) كما هو مبين بالشكل التالي:



الشكل (20) مطال السرعة الجزيئية الأعظمية من أجل النقاط الواقعة على يمين الأساس (النقطة E) بعد تطبيق التسليح والمماثل للحالة الطبيعية غير المسلحة

بينما في حالة طبقة التسليح تقع أسفل الأساس مباشرة لن يكون هنالك مسافة أو حيز لعبور الأمواج الاهتزازية خارج طبقة التسليح بالتالي سوف نحصل على التخميد المطلوب والذي توفره طبقة تسليح الجيوسيل.

حيث كانت نتيجة انتشار الأمواج بشكل أفقي كالتالي:

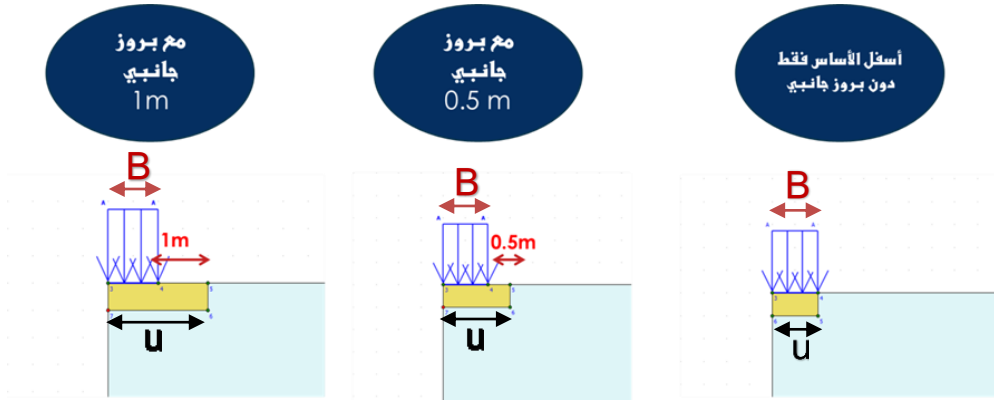


الشكل (21) يوضح منحنى السرعة الجزيئية الأفقية بدلالة الزمن بالنسبة لحالتي بدون طبقة تسليح وحالة طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة

لذلك نستنتج أنه يجب أن تطبق طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة للحصول على أفضل نتائج وأعلى تخميد دون ترك أي مسافة تسمح بعبور الأمواج خارج طبقة التسليح بالتالي نضمن حصر وتوجيه الأمواج المنتشرة ضمن طبقة التربة المسلحة والتي لعبت دور الفلتر المخدم للأمواج الاهتزازية التي سوف تنتشر في التربة.

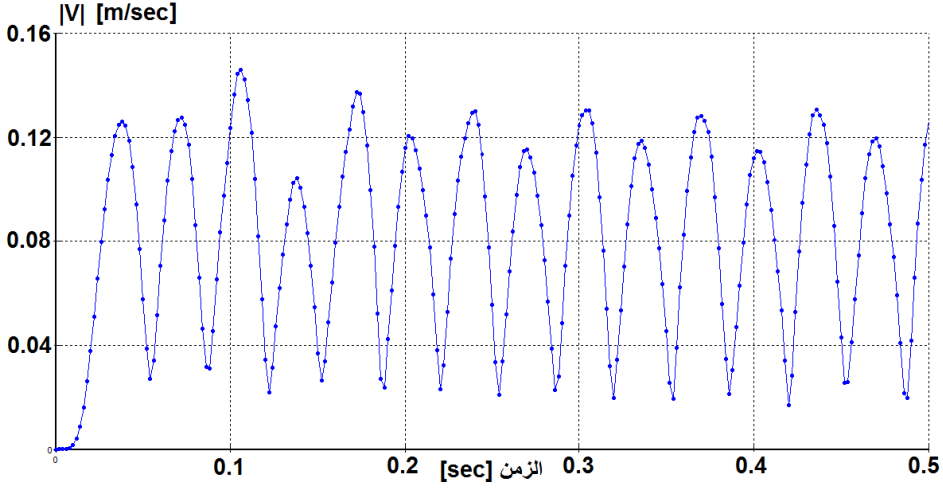
4 - 5 - دراسة الأبعاد الأفقية لطبقات التسليح

تم دراسة الحالات الثلاثة الموضحة بالشكل:



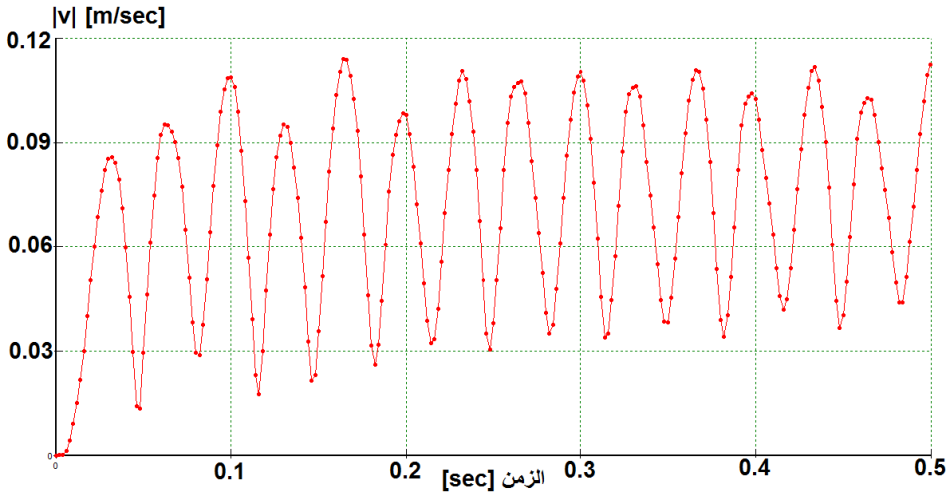
الشكل (20) يوضح حالات دراسة التباعد الافقي لطبقة التسليح

بالنسبة للحالة الأولى (بدون بروز) حصلنا على السرعة نفسها بحالة عدم تطبيق التسليح (الحالة الطبيعية) في نقاط الدراسة الواقعة على يمين الأساس (النقطة D) أي لم نحصل على تخميد لمطال السرعة الجزيئية الأعظمية في هذه النقطة.

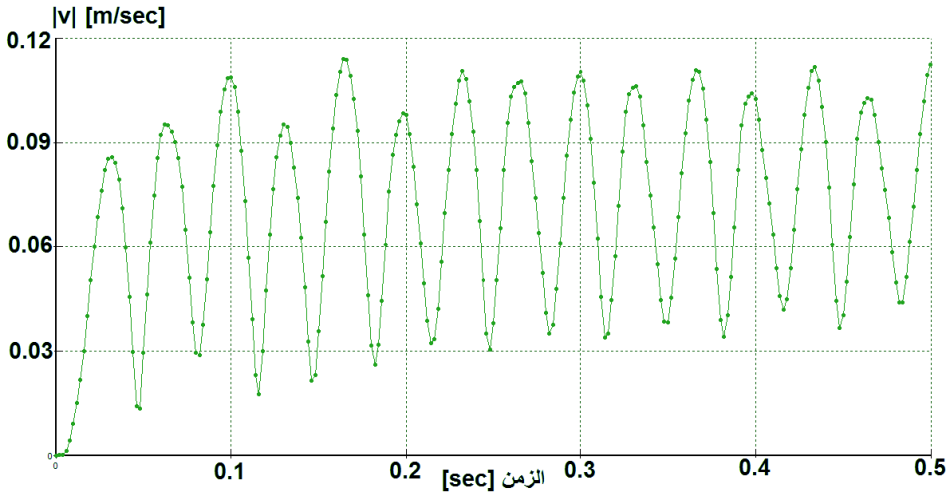


الشكل (22) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن بالنسبة للنقاط الواقعة على يمين الأساس (حالة بدون بروز)

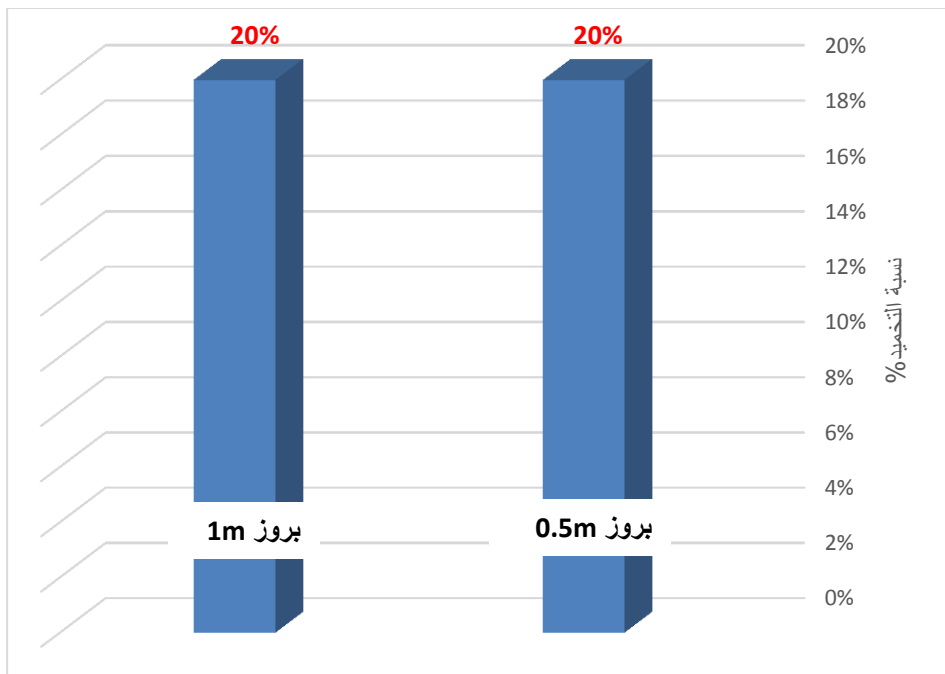
بينما بالنسبة للتباعد 0.5m و 1m حصلنا على نفس النتائج في حال وجود طبقة تسليح واحدة وهي تخميد بفعالية وصلت الى 22% (طبقة تسليح مملوءة بالحصويات) ولم يكن هنالك فرق بين تباعد 0.5m و 1m .



الشكل (23) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن في حالة البروز 0.5m



الشكل (24) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن في حالة البروز 1m



الشكل (25) نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل بروز 0.5m و 1m

لذلك نستنتج أن طبقة التسليح يجب أن تحتوي على بروز جانبي يمنع الانتشار الجانبي الحاصل في الاهتزازات كما نستنتج أيضاً أن البعد الأفقي لطبقة التسليح u طالما أنه أكبر من عرض الأساس B أي $(u > B)$ فهو يفي بالغرض ولا داعي للزيادة المبالغة لأنها لن تحقق الا هدراً للمواد.

5- النتائج و التوصيات

- 1) يمكن لتسليح التربة من نوع الجيوسيل أن يخمد الاهتزازات القادمة من منابع الاهتزازية والمنتشرة في التربة وبفعالية عالية وهنا نكون قد حققنا هدفين بتقنية واحدة حيث نحصل على تقوية وتحسين ديناميكي وستاتيكي للحالة المدروسة.
- 2) بشكل عام كانت النتائج التي حصلنا عليها بعد تطبيق تسليح الجيوسيل متقاربة جداً بين مواد الملء الثلاثة.
- 3) كمادة مألوفة لخلايا التسليح الجيوسيلية كانت الحصويات المادة ذات نسبة التخميد الأعلى بين المواد الثلاثة بالنسبة لمطال السرعة الجزيئية الاعظمية.
- 4) كمادة مألوفة لخلايا التسليح الجيوسيلية كانت التربة الغضارية الحمراء المادة ذات نسبة التخميد الأعلى بين المواد الثلاثة بالنسبة لمطال الانتقالات.
- 5) تتناسب فعالية التخميد طردياً مع عدد طبقات التسليح.
- 6) يوصى بتطبيق طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة دون ترك أي فراغ لتلافي انتشار الاهتزازات من على الأطراف المفتوحة .
- 7) طالما أن البعد الأفقي لطبقة التسليح أكبر من عرض أساس الآلة فهو كاف ليقوم بالوظيفة المطلوبة.

References

- [1] Amarnath M. Hegde, Prasad S. Palsule, (2020)
"Performance of geosynthetics reinforced subgrade subjected to repeated vehicle loads: experimental and numerical studies, Frontiers in Built Environment Journal, Vol.6, No.15, www.frontiersin.org
- [2] Azzam, W. R. (2015). "Utilization of the Confined Cell for Improving the Machine Foundation Behavior–Numerical Study." Journal of GeoEngineering, Vol. 10, No. 1, pp. 17–23
- [3] European Committee for Standardization. ENV 1993–5. Eurocode 3: Design of Steel Structures—Part 5: Piling; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 1993.
- [4] Ground vibrations due to pile and sheet pile driving–influencing factors, prediction sand measurements, KTH Royal Institute of Technology Website (2013). www.kth.se

[5] Hegde, A.M. and Sitharam, T.G. (2015). "Effect of infill materials on the performance of geocell reinforced soft clay beds." Geomechanics and Geoengineering Journal, Vol 10, PP 163–173.

[6] H. Venkateswarlu, A. Hegde, (2017)" Dynamic Response of the Machine Foundation Resting on Geocell Reinforced Soil Bed" Indian Geotechnical Conference 2017, Paper ID Th11–559.

[7] Hasthi Venkateswarlu, A. Hegde, (2019) " Effect of infill materials on vibration isolation efficacy of geocell–reinforced soil beds", Canadian Geotechnical Journal, Vol.57, No.6

[8] Installations classées pour la protection de l’environnement (ICPE): risque structurel, www.entreprendre.service-public.fr

[9] ISO 2631–2:2003 Mechanical vibration and shock

Evaluation of human exposure to whole–body vibration.

- [10] Latha, G. M., Dash, S. K., and Rajagopal, K. (2009). Numerical simulation of the behavior of geocell reinforced sand in foundations. International Journal of Geomechanics, Vol.9, No.4, PP 143–152.
- [11] Rami Alabdeh,"Soil Dynamics1" Tishreen university.
- [12] Tawfeeq Fayad,"Foundations Engineering 3" Tishreen university.