

## أثر تغيير فتحة الشبكات الصناعية (الجيوغريد) على تدعيم طبقات الرصف الاسفلتي

عبد الوهاب بابلي\* , مروان عاصي\*\* , اسماعيل الأبرم\*\*

\*طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب  
\*\* أستاذ، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب

### الملخص

يهدف هذا البحث إلى استخدام تطبيقات العناصر المحدودة لنمذجة سلوك مقطع من طبقات الرصف الاسفلتي مدعم بواسطة الشبكات الصناعية (الجيوغريد) بين تربة الاستناد و طبقة ما تحت الأساس و دراسة مدى تأثير تغيير أبعاد فتحة الجيوغريد على هذا التدعيم . تم في هذا البحث نمذجة مقطع من طبقات الرصف الاسفلتي ثلاثي الأبعاد و نمذجة الجيوغريد ، حيث استخدم ثلاثة أنواع مختلفة أبعاد الفتحة من الجيوغريد الثنائي المحاور وذلك بواسطة برنامج Ansys workbench . تم تحديد الحمولة المطبقة و الشروط الحدية في المقطع و من ثم تم التحليل و الحصول على إجهادات von-mises و الهبوطات الشاقولية للذين أظهرت تناقصاً في القيمة في كل حالات التدعيم بالجيوغريد عن القيمة في النموذج غير المدعم ، حيث وجد أن التدعيم بالجيوغريد ذي الفتحة الأصغر يؤدي إلى تناقص في الهبوطات الشاقولية بنسبة تصل إلى 46.39% عن النموذج غير المدعم و كذلك تناقص في قيمة إجهادات von-mises بنسبة تصل إلى 64.97% عن النموذج غير المدعم .

الكلمات المفتاحية: جيوغريد ، الرصف الاسفلتي ، Ansys workbench ، فتحة الجيوغريد ، الهبوطات الشاقولية ، إجهادات von-mises ، التدعيم بالجيوغريد .

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2022 /1/18

قبل للنشر بتاريخ 2022 /3/29

## **The effect of changing the aperture of the geosynthetic (geogrid) on the reinforcement of the layers of asphalt paving**

**Abdulwahab Babelli\* ,Marwan Assi\*\* ,Ismail Alabram\*\***

\*postgraduate Student (PhD), Dept. Of Transport Engineering. Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo

\*\*\*Prof., Dept. Of Transport Engineering. Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo

### **ABSTRACT**

This research aims to use finite element applications to model the behavior of a section of asphalt pavement layers reinforced by geosynthetic ( geogrid) between the subgrade and subbase , and study the effect of changing the dimensions of the geogrid aperture on this reinforcement . In this research, a section of the three - dimensions asphalt pavement layers was modeled , and the geogrid was modeled, where three different types of aperture dimensions were used from the biaxial geogrid , using the Ansys workbench program . The load applied and boundary conditions were determined in the section , and then the analysis was done and the von-mises stresses and the vertical displacements were obtained , which showed a decrease in the value in all cases of reinforcement with geogrid from the value in the unreinforced model , where it was found that the reinforcement with the smaller aperture geogrid leads to a decrease in the vertical displacements by up to 46.39% compared to the unreinforced model, as well as a decrease in the value of the von-mises stresses by up to 64.97% compared to the unreinforced model .

**Keywords** : geogrid , asphalt paving , Ansys workbench , geogrid aperture , vertical displacements , von-mises stresses , reinforced by geogrid .

Received 18/1/2022

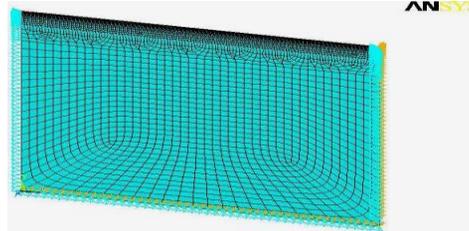
Accepted 29/3/2022

## 1- مقدمة :

تم استخدام الشبكات الصناعية بنجاح لتحسين أداء تربة الاستناد و طبقة الأساس كتدعيم للطرق المعبدة و غير المعبدة في العقود الماضية .

عدة دراسات تجريبية مخبرية و برمجية أظهرت أن تدعيم الطرق بالأنسجة الصناعية كان له تأثير فعال في ذلك ,حيث بينت تلك الدراسات أن الجيوغريد فعال في تحسين صلابة و استقرار الطرق و تقليل الأضرار الناتجة عن التشققات و الهبوطات في طبقات الرصف الاسفلتي .

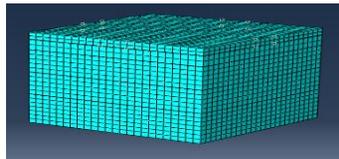
إحدى هذه الدراسات التجريبية [1]دراسة برمجية لإظهار فوائد استخدام الجيوغريد ضمن الرصف الاسفلتي حيث تم نمذجة مقطع رصف في برنامج ANSYS كما في الشكل (1):



الشكل (1) مقطع الرصف في برنامج ANSYS [1]

أظهرت النتائج أن هنالك تناقص في الهبوطات الشاقولية و الإجهادات في مقطع الرصف عند تدعيم المقطع بالجيوغريد فوق طبقة الأساس الثانوي [1].

دراسة تجريبية [2] من أجل تبيان أثر إضافة الجيوغريد من أجل تدعيم سطح الرصف في حالة التربة الضعيفة حيث تم إجراء دراسة برمجية عبر إنشاء مقطع رصف ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج ABAQUS كما في الشكل (2) :



الشكل (2) مقطع الرصف في برنامج ABAQUS [2]

أظهرت النتائج أن تدعيم طبقات الرصف عبر وضع الجيوغريد فوق طبقة الأساس الثانوي أدى إلى تناقص في قيمة التشوهات الحاصلة في سطح الرصف بنسبة 18.3% عن النموذج غير المدعم [2].

دراسة تجريبية [3] أجرت على تدعيم الرصف بواسطة الجيوغريد حيث تم نمذجة مقطع رصف مكون من تربة استناد و طبقة اساس ثانوي و طبقة أساس و طبقة الاسفلت بواسطة برنامج ABAQUS , حيث تم إنشاء ثلاث نماذج من مقطع الرصف , نموذج ذي سماكة اسفلت 0.08m و نموذج ذي سماكة طبقة اسفلت 0.12m و نموذج ذي سماكة طبقة اسفلت 0.08m مع وضع شريحة جيوغريد بين طبقتي الاسفلت و الأساس حيث تم تطبيق نفس الحمولة على النماذج الثلاثة و بنفس شروط التحميل و الاستناد حيث بينت النتائج أن النموذج المدعم بالجيوغريد أعطى أقل قيمة في الهبوطات الشاقولية عن النموذجين بدون الجيوغريد .

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

ترجع أهمية البحث في تحديد أثر تدعيم الرصف الاسفلتي بالجيوغريد برمجياً عبر إنشاء نموذج برمجي مصغر للرصف الاسفلتي يحاكي طبقات الرصف في الواقع من حيث المواصفات و السماكات و العوامل البيئية و من ثم تطبيق حمولات مساوية للحمولات القياسية على المقطع و معرفة التغيرات الحاصلة في المقطع من إجهادات و هبوطات حاصلة وذلك مع إدخال الجيوغريد ضمن طبقات الرصف و بفتحات متغيرة و عند عدم إدخاله , و قراءة مدى دقة هذه النتائج و مقارنتها مع الدراسات التجريبية الأخرى التي تمت على أرض الواقع و تحديد فيما إذا يمكن استخدام النموذج البرمجي كطريقة عند إنشاء الطرق .

## 3- طريقة البحث:

تم في هذا البحث إنشاء أربعة نماذج برمجية لطبقات الرصف الاسفلتي و الجيوغريد حيث تم إنشاء نموذج لطبقات الرصف بدون التدعيم بالجيوغريد و ثلاث نماذج برمجية لطبقات الرصف مدعمة بالجيوغريد , حيث تم تثبيت الخواص نفسها لطبقات الرصف و تغيير فتحة الجيوغريد في كل نموذج من النماذج المدعمة . تمت

النمذجة بواسطة برنامج الرسم SOLIDWORKS و برنامج العناصر المحدودة ANSYS WORKBENCH حيث تم رسم طبقات الرصف و الجيوغريد و تجميعها ببرنامج SOLIDWORKS ثم تم تصدير الشكل المجمع إلى برنامج ANSYS ليتم بعد ذلك إضافة خصائص وسلوك مواد طبقات الرصف و إضافة الحمولات و التقسيم الشبكي لمقطع الرصف و تحليل النموذج و الحصول على النتائج المطلوبة من إجهادات von-mises و هبوطات شاقولية في المقطع . تم اعتبار طبقة الاسفلت ذات سلوك مرن أما طبقات الأساس و ما تحت الأساس و تربة الاستناد فتم نمذجة سلوكها غير الحطي وفق قانون دروكر- براجر (DRUCKER- PRAGER)

#### 4- النمذجة :

1-4 الرسم : تم رسم مقطع الرصف بواسطة برنامج Solidworks حيث تم اعتماد عرض وطول المقطع (600mmX600mm) وذلك لكل طبقة من طبقات الرصف وهي أبعاد تخفف من حجم ذاكرة الحاسب المستخدمة عند التحليل مما يجعله أسرع كما أنها أبعاد قريبة للمرجع [4] , أما ارتفاع المقطع فيساوي 650mm موزعة على الطبقات كما في الشكل (3):

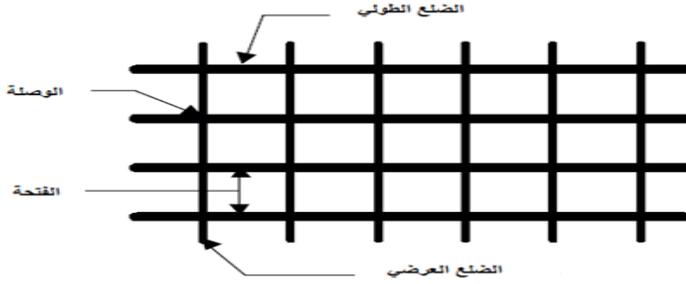


الشكل (3) طبقات الرصف الاسفلتي

كما تم رسم ثلاث أنواع من الجيوغريد ذات خواص بعدية كما في الجدول (1) الجدول (1) الخصائص البعدية لكل نوع من أنواع الجيوغريد المستخدم

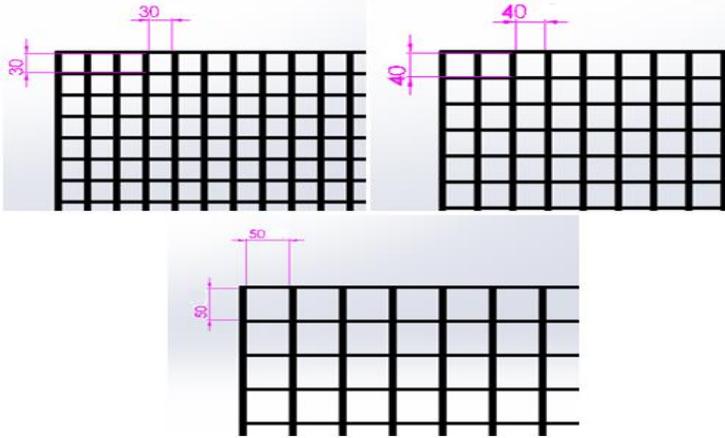
الخواص البعدية			
جيوغريد 50X50	جيوغريد 40X40	جيوغريد 30X30	نوع الجيوغريد
50X50	40X40	30X30	أبعاد الفتحة mm*mm
4	4	4	عرض الضلع العرضي mm
8	8	8	عرض الضلع الطولي mm
3	3	3	سماكة الضلع mm
3	3	3	سماكة الوصلة mm

يبين الشكل (4) عناصر شريحة الجيوغريد :



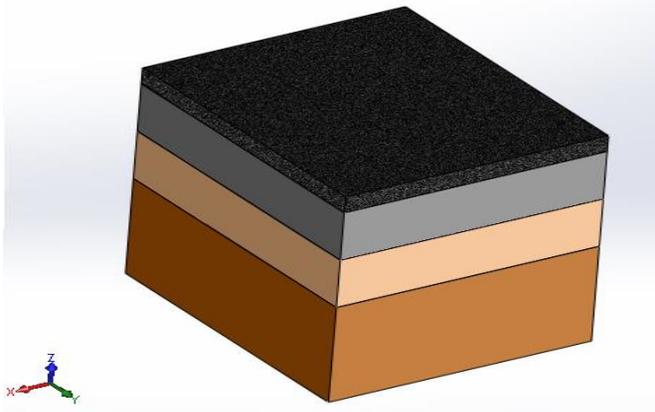
الشكل (4) عناصر شريحة الجيوغريد

تم رسم أنواع الجيوغريد الثلاثة في برنامج Solidworks كما في الشكل (5) :



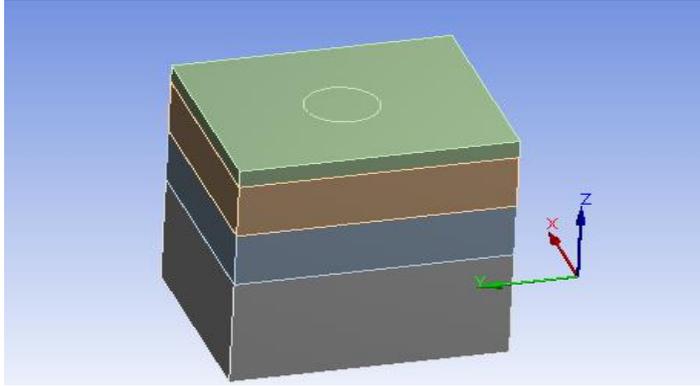
الشكل (5) أنواع الجيوغريد المستخدم في النمذجة

تم رسم طبقات الرصف و تجميعها في برنامج Solidworks كما في الشكل (6) :



الشكل (6) نموذج مقطع الرصف في برنامج Solidworks

بعد ذلك تم تصدير النموذج المرسوم إلى برنامج Ansys كما في الشكل (7) :



الشكل (7) مقطع طبقات الرصف بعد التصدير إلى برنامج Ansys

#### 2-4 خصائص طبقات الرصف و الجيوغريد :

تم تحديد خواص كل طبقة من طبقات الرصف وفق الجدول (2) :

الجدول (2) خصائص طبقات الرصف

	الاسفلت	طبقة الأساس	طبقة ما تحت الأساس	ترية الاستناد
معامل المرونة Mpa	2000	185	110	10
الكثافة Kg/m <sup>3</sup>	2350	2130	2200	1020
معامل بواسون	0.35	0.35	0.35	0.45
زاوية الاحتكاك (درجة)	-	47	40	24
التماسك KPa	-	4.7	20	100

تم تحديد الخصائص الفيزيائية لكل نوع من أنواع الجيوغريد المستخدم كما في

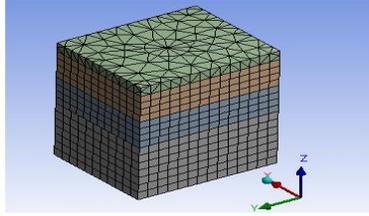
الجدول (3) :

الجدول (3) الخصائص الفيزيائية لكل نوع من أنواع الجيوغريد المستخدم

الخواص الفيزيائية			
نوع الجيوغريد	جيوغريد 40mmx40mm	جيوغريد 30mmx30mm	جيوغريد 50mmx50mm
الكتلة في وحدة المساحة g/m <sup>2</sup>	350	250	535
معامل المرونة Mpa	320	320	320
معامل بواسون	0.3	0.3	0.3

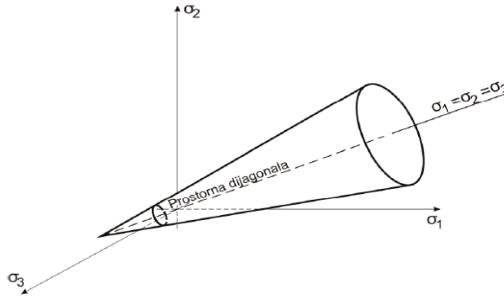
### 3-4 التقسيم الشبكي للعناصر وسلوكية المواد :

تم إجراء التقسيم الشبكي الرباعي السطوح لكامل عناصر مقطع الرصف من أجل الحصول على ترابط أفضل فيما بينها و بالتالي الحصول على نتائج أدق حيث تم الحصول 13538 عقدة و 2866 عنصر كما في الشكل (8) :



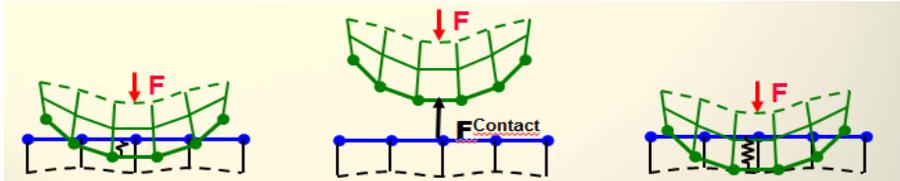
الشكل (8) التقسيم الشبكي لعناصر مقطع الرصف

تم اعتبار سلوك طبقة الاسفلت سلوك مرن خطي و تم نمذجة سلوك كل من طبقات الأساس و طبقة ما تحت الأساس و تربة الاستناد وفق نظرية دروكر - براجر الذي يستخدم لمواد مثل التربة و الصخور حيث يمثل الشكل (9) توزيع الإجهادات الحدية وفق دروكر - براجر [5]:



الشكل (9) الإجهادات الحدية وفق نظرية دروكر - براجر [5]

تمت نمذجة سطوح التماس بين المواد غير الخطية وفق معادلة أوجمانند لاغراندج كما في الشكل (10):



الشكل (10) نمذجة سطوح التماس وفق معادلة أوجمانند لاغراندج

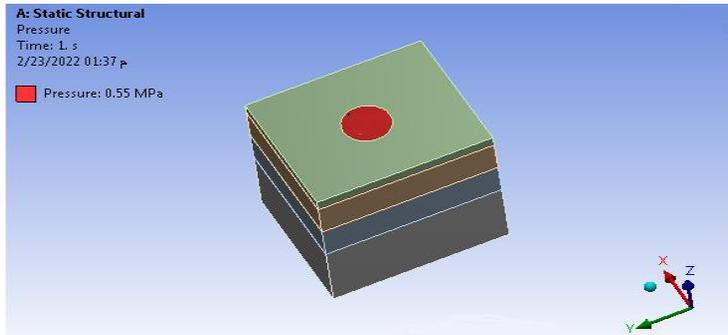
حيث :

$$F_{normal} = K_{normal} * X_{penetration} \quad (1)$$

تمثل المعادلة (1) معادلة أوجمانند لاغرانش حيث  $X_{penetration}$  مقدار الاختراق و  $K_{normal}$  الصلابة و  $F_{normal}$  القوة المطبقة .

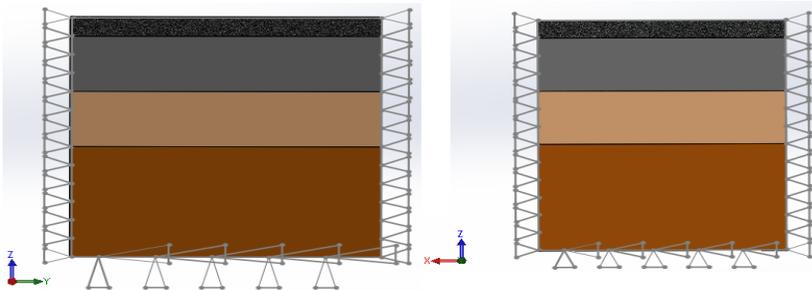
#### 4-4 الحمولة و الشروط الحديدية :

تم تطبيق ضغط تماس للدولاب يساوي 550 Kpa على دائرة بقطر 125 mm في أعلى منتصف طبقة الأسفلت , حيث يمثل ضغط تماس الدولاب حاصل قسمة الوزن الذاتي على مساحة سطح التماس أو ما يسمى منطقة التماس بين الإطار و طبقات الرصف لذا يمكن اعتبار حمولة المحور موزعة بانتظام فوق منطقة التماس و تعتمد مساحة هذه المنطقة على ضغط التماس للدولاب [6] . يوضح الشكل (11) ضغط تماس الدولاب في منتصف أعلى طبقة الاسفلت :



الشكل (11) ضغط التماس المطبق أعلى طبقة الاسفلت

كما تم اعتبار تسارع الجاذبية الأرضية و الشروط الحديدية كما في الشكل (12) :



الشكل (12) تطبيق الشروط الحديدية

بحيث :

- . في المستوي Z-X تم تقييد الحركة الجانبية على طول المحور X .
- . في المستوي Z-Y تم تقييد الحركة الجانبية على طول المحور Y .
- . تم تقييد الحركة في قاعدة تربة الاستناد في كافة اتجاهات المحاور X,Y,Z .

### 5- النتائج :

تم إجراء التحليل الستاتيكي لكل حالة من الحالات التالية :

الحالة (A) عند عدم تدعيم مقطع الرصف بالجيوجريد .

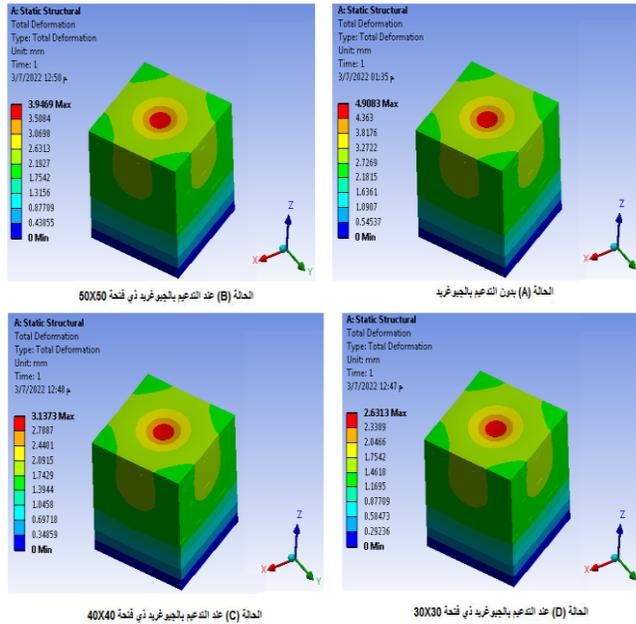
الحالة (B) عند تدعيم مقطع الرصف بالجيوجريد ذي فتحة 50mmX50mm بين تربة الاستناد و طبقة ماتحت الأساس .

الحالة (C) عند تدعيم مقطع الرصف بالجيوجريد ذي فتحة 40mmX40mm بين تربة الاستناد و طبقة ماتحت الأساس .

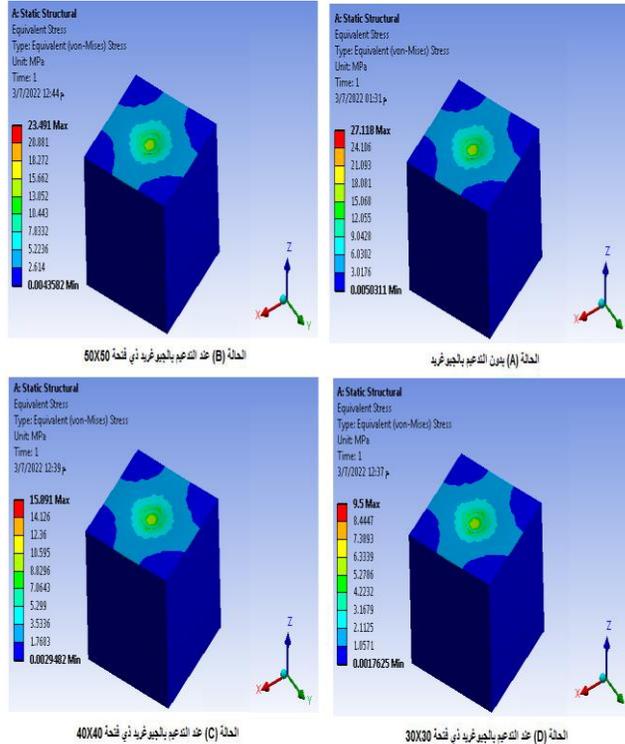
الحالة (D) عند تدعيم مقطع الرصف بالجيوجريد ذي فتحة 30mmX30mm بين تربة الاستناد و طبقة ماتحت الأساس . بعد إجراء عملية التحليل تم الحصول على كل من الهبوطات الشاقولية و إجهادات von-mises في مقطع الرصف .

تفترض إجهادات von-mises أن يتم تجزئة طاقة التشوه لجزأين الأول مسؤول عن التغير الحجمي، والثاني عن التغير الشكلي ، و أن معيار اللدونة يكون وفقاً لطاقة التشوه الشكلي فقط . تستخدم إجهادات Von mises للتنبؤ بخضوع المواد تحت تأثير أحمال معقدة ، وبشكل حسابها ومقارنتها مع إجهاد الخضوع للمادة حد الخضوع الحرج لإجهادات Von mises [7] .

توضح الأشكال (13) و (14) الهبوطات الشاقولية و إجهادات Von mises في مقاطع الرصف :

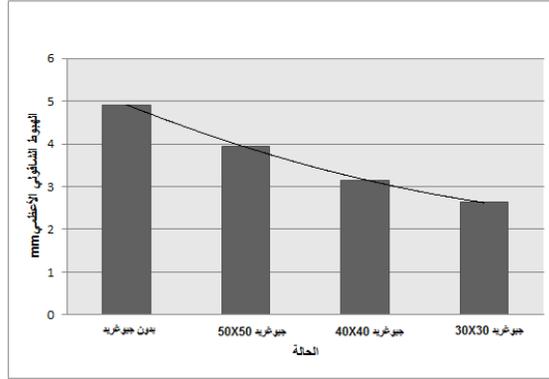


الشكل (13) الهبوطات الشاقولية الحاصلة في مقطع الرصف لكافة الحالات



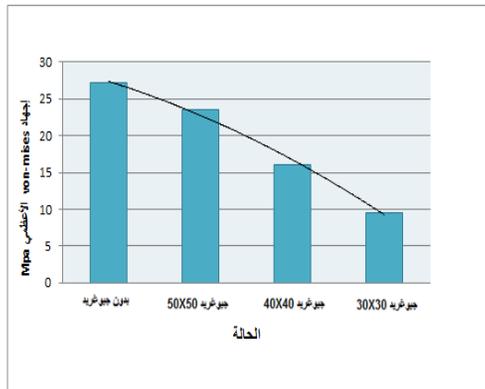
الشكل (14) إجهادات von-mises الحاصلة في مقطع الرصف لكافة الحالات

تم إجراء مقارنة بين الهبوطات الشاقولية الأعظمية في مقطع الرصف لكل حالة من الحالات السابقة كما في الشكل (15) :



الشكل (15) الهبوط الشاقولي الأعظمي للحالات الأربعة

يتبين من الشكل (15) أن الهبوط الشاقولي الأعظمي في مقطع الرصف يتناقص بشكل عام عند التدعيم بالجيوريد و تكون أقل قيمة في الهبوط الشاقولي الأعظمي عند استخدام جيوريد ذي فتحة 30X30 أي عند استخدام الجيوريد ذي الفتحة الأصغر حيث كانت نسبة التناقص في الهبوط الشاقولي الأعظمي 46.39% عن الهبوط الشاقولي الأعظمي في النموذج غير المدعم و يظهر الشكل (15) أن قيمة الهبوط الشاقولي الأعظمي في مقطع الرصف يتناقص كلما كانت أبعاد فتحة الجيوريد أصغر . تم إجراء مقارنة بين إجهادات von-mises الأعظمية في مقطع الرصف لكل حالة من الحالات السابقة كما في الشكل (16) :



الشكل (16) إجهاد von-mises الأعظمي للحالات الأربعة

يبين الشكل (16) أن إجهادات von-mises في مقطع الرصف تتناقص عند التدعيم بالجيوريد و ذلك من أجل كافة حالات التدعيم و أن قيمة هذا التناقص تزداد كلما كانت أبعاد فتحة الجيوريد أصغر حيث كانت أصغر قيمة إجهاد عند استخدام جيوريد ذي فتحة 30X30 حيث كانت نسبة التناقص في إجهاد von-mises الأعظمي 64.97% عن إجهاد von-mises الأعظمي في النموذج غير المدعم.

## 6- الخلاصة و التوصيات :

- 1- من خلال النتائج السابقة وجدنا تحسن ملحوظ في أداء الرصف الاسفلتي عند التدعيم بالجيوريد , الهبوطات و الإجهادات في النماذج المدعمة كانت أقل من النموذج غير المدعم .
- 2- عندما تصغر أبعاد فتحة الجيوريد فذلك يعطي وسط تدعيم ذي قدرة تحمل أكبر و بالتالي مقاومة أكبر للحمولات و قيم أقل للهبوطات و الإجهادات .
- 3- يجب مراعاة خصائص طبقات الرصف من نوع المواد و حجمها عند التدعيم بالجيوريد و ذلك من أجل اختيار النوع المناسب من الجيوريد لتحقيق التدعيم الأفضل .
- 4- يجب مقارنة العمل التجريبي بالعمل البرمجي و من ثم الوصول إلى علاقات رياضية منطقية لاستخدامها كدليل عند إنشاء الطرق .

## المراجع

- [1] Al-Azzawi ,A ., 2012 - **FINITE ELEMENT ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENTS STRENGTHED WITH GEOGRID** . ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences , 7(10) , 1295-1299 .
- [2] Ibrahim,S ., Ahmed , N ., Mohammed , D ., 2016 - **EFFECT OF REINFORCEMENT ON IMPROVE SURFACE PAVEMENT FOR WEAK SUBGRADE CONDITIONS** . International Journal of GEOMATE , 11(23) ,2188-2193 .

- [3] Calvarano,L ., Palamara ,R ., Leonardi , G ., Moraci ,N ., 2017 - **3D-FEM Analysis on Geogrid Reinforced Flexible Pavement Roads** . World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium ,10(2)
- [4] Alkawaaz ,N ., AL-Badran ,Y., Muttashar ,Y., 2017 - **Evaluation of Geogrid-Reinforced Flexible Pavement System Based on Soft Subgrade Soils Under Cyclic Loading** . Civil and Environmental Research, 9(12) , 55-68 .
- [5] Rakić ,D ., Živković ,M ., Slavković , R ., Kojić , M ., 2008 - **Stress Integration for the Drucker-Prager Material Model Without Hardening Using the Incremental Plasticity Theory** . Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics ,2(1) , 80-89 .
- [6] لاوند كنده ، 2016 ، تأثير استخدام النسيج الصناعي (الجيوغريد) لتحسين مقاومة طبقة المجدول الاسفلتي على الحمولات المتكررة .كلية الهندسة المدنية ، جامعة حلب ، سورية ، 109 صفحة .
- [7] القبيلي خلود ، 2019 ، تخفيض الأثر الترايبولوجي على استثمار أجزاء الآلات المصنعة وفق نظام الشرائح .كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية ، جامعة تشرين ، سورية ، 88 صفحة .