Journal of Engineering Science, Assiut University, Vol.38, No. 1, pp.242-258, January 2010

COMPARISON BETWEEN BOTTOM AND SIDE INJECTION OF BENTONITE SLURRY IN TREATMENT OF SAND DUNE

Al- Maghrabi M. H. ; Aboushook, M.I; Fadol, Abbas and Abdelhaffez, Gamal

Mining Engineering Department, Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia
Email: profdraboushook@gmail.com

(Received July 28, 2009 Acceptance November 24, 2009)

Movement of sand dunes in the Arabian Peninsula hinder land development, expansion of city limits, and cause hazard in paved roads across arid areas. Population growth and environmental construction have been harmed by these sand dune blunders. Sand dunes stabilization has been the concerns of many government agencies and academic institutions. Many researches have contributed various methods to counter the sand dunes movement. Some of these researches have used agriculture scheme to attain stabilization. Such project requires continuous supply of water and needs several years to realize its objective. Lack of careful monitoring or a shortage of water supply would rapidly degrade the stabilization process, and sand dunes eventually bounce back to uncontrolled movement and desertification. Other researchers opted for chemical and polymers components as stabilization agents. It stabilizes only the top surface of the sand dunes. A moderate air draft/ gust of air would erode the top cover and thus frees the underneath sand dunes to move unrestrained/ uncontrolled. Additionally, using chemical and polymers components are not environmentally advocated

This research is a first part of competent research program studying different methods of sand dunes treatment using bentonite ore which are: mixing& compaction with bentonite powder and slurry; surface and subsurface spraying of bentonite slurry; bottom and side injection of bentonite slurry.

This study has used the non- active calcium bentonite ore coming from khulais region, Saudi Arabia. This deposit has a very big reserve near to the surface and it is not used as commercial product until now and it is a natural clay deposit and has an ability to bind the sand grains and to conserve water for very long time. The stabilization process by this proposed method is not only on the surface of sand dunes but also to some depths from surface. That is to provide a relative thick bed on the sand dune surface that has the ability to resist wind blew and erosion. In addition, it is able to conserve water for very long time.

This paper deals with the comparison between bottom and side injection of bentonite slurry in sand treatment. The method which used bottom injection gives some improvement in engineering properties of sand dunes. Their values increased to (3.5-4.0) times the original values compared with only (1.0-1.50) times the original values in the case of using side injection. These values have been obtained after 30 days of the treatment and using only 1% of bentonite concentration compared with 5 years after traditional treatments.

مقارنة بين الحقن من أسفل ومن جوانب كعب الحقن في علاج الكثبان الرملية بمعلق البنتونايت

، د. محمد نور بن ناهر المغربى ، أ.د. محمود ابراهيم أبوشوك ، د. عباس أحمد فضل ، د. جمال سعد عبدالحفيظ

قسم هندسة التعدين ، كلية الهندسة ، جامعة الملك عبدالعزيز

profdraboushook@gmailcom

المستخلص:

تتسبب الكثبان الرملية المنتشرة في معظم أراضى شبه الجزيرة العربية بمخاطر كبيرة على البيئة السكانية والعمرانية وعلى الطرق الصحراوية مما يعطل التنمية الصحراوية بتلك المناطق. وقد أجريت أبحاث لتثبيت الكثبان الرملية ولكنها كانت تستخدم وسائل زراعية وكيميائية في التثبيت والتي لم تعطى نتائج ملموسة للاستمرار في استخدام تلك الوسائل من الناحية الاقتصادية والبيئية وطول مدة العلاج خاصة للوسائل الزراعية.

وهذا البحث مستخرج من المرحلة الثالثة لبرنامج بحثي مترابط يتناول دراسة الطرق المختلفة لعلاج الكثبان الرملية باستخدام خام البنتونايت وهى: طريقة الخلط والدمك بمسحوق ومعلق البنتونايت ، طريقة الرش السطحي والتحت السطحي بمعلق البنتونايت، طريقة الحقن من أسفل ومن جوانب كعب الحقن بمعلق البنتونايت.

وفى تلك الدراسة يتم استخدام خام البنتونايت الكلسى الخامل في علاج الكثبان الرملية ليس فقط للعلاج السطحي بل يصل العلاج إلى التحت السطحى للكثبان الرملية، وذلك لما تمتلكه حبيبات البنتونايت الطينية من خاصية التماسك الطبيعي للكثبان الرملية التي ستضاف إليها. كما أن خام البنتونايت منتشر بوفرة بمعظم المناطق الصحراوية الجافة وهو غير مستغل اقتصاديا نظرا لعدم فاعليته في النشاطات الصناعية.

وقد تمت المقارنة في هذا البحث بين نتائج الحقن من أسفل ومن جوانب كعب الحقن بمعلق البنتونايت في علاج الكثبان الرملية. وأعطت طريقة الحقن من أسفل كعب الحقن تحسنا في الخواص الهندسية للكثبان الرملية لتصل قيمتها مابين (٣,٥٠ – ٤) مقدار القيمة قبل العلاج. وذلك بعد مرور ٣٠ يوم من العلاج وبتركيز ١% فقط في معلق البنتونايت.

١- مقدمة

تغطى الكثبان الرملية مساحات شاسعة فى العالم وهى تشكل خطرا كبيرا في شبه الجزيرة العربية لانتشارها حول المدن والقرى وشبكات الطرق والمزارع ومصادر المياه والري والمراعى. ورغم الجهود التي تبذل للحد من تحركها إلا أن الدراسات تشير إلى استمرارية زحف الكثبان الرملية [١-٣].

وتواجه معظم الدول العربية مشاكل حادة ناتجة عن زحف الكثبان الرملية التي تعتبرآخر مراحل التصحر وتداهم الأراضي الزراعية والمراعى الطبيعية والمنشآت الاقتصادية والاجتماعية في الوطن العربى [٤]

وتعتبر العوامل المناخية أهم العوامل البيئية التي تؤثر على النظام البيئي وتجعل منه نظاما بيئيا حساسا غير مستقر وحيث أن معظم الكثبان الرملية تقع في مناطق يسود فيها مناخ صحراوي يتميز بطول مدة الجفاف وندرة الأمطار أو انعدامها وارتفاع درجات الحرارة صيفا وشدة الرياح و استمراريتها على مدار السنة.

ويتميز مناخ شبهه الجزيرة العربية بأنه صحراوي وشبه صحراوي ترتفع فيه درجة الحرارة صيفا إلى ما يقرب من ٥٠ درجة مئوية. ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي (٥٠-١٥٠مم) يسقط معظمها شتاء [٥-١٠].

ونظرا للمشاكل الكبيرة التي تنجم عن حركة الكثبان الرملية وذلك بتهديدها المستمر للمنشآت الصناعية والسكنية والطرق والمزارع فقد كان من الضروري العمل على تثبيت الكثبان الرملية والتخلص من أضرارها ثم تحويلها إلى منتزهات وأراضى منتجة وتعتبر الطرق المتبعة في الوطن العربي والخاصة بتثبيت الكثبان الرملية متشابهة إلى حد ما. حيث يتم تثبيت الكثبان الرملية بالطرق التالية [١]:

أ- إقامة الحواجز الأمامية والدفاعية كخطوط أولى أمام زحف الرمال.
ب- إقامة مصدات الرياح الصغيرة .
ج- تغطية الكثبان الرملية بالآتي:
-المواد النباتية الميتة.
-المشتقات النفطية والمواد الكيميائية أو المطاطية أو الطينية.
-تشجير الكثبان الرملية بنباتات مناسبة لوسط الكثبان الرملية.

وجميع هذه الطرق تحتاج إلى مابين ٤ إلى ٦ سنوات من العناية والصيانة النشطة المستمرة والفائقة مع التغذية الدائمة بالمياه وأي تهاون أو تأخر في هذه الأنشطة يؤدى إلى الرجوع لنقطة البداية مرة أخرى. هذا بالإضافة إلى أن كل تلك المعالجات هي معالجات للطبقة السطحية للرمال والتي غالبا ما تتأثر وتنهار في حالة هبوب رياح قوية ومن اتجاهات مختلفة.

وفى هذا البحث سيتم العلاج للطبقة تحت السطحية للرمال بحيث تتحول إلى طبقة من الرمال المتماسكة القادرة على مقاومة الرياح العاتية.

٢- التجارب المعملية

٢-١ الخواص الطبيعية لخام البنتونايت الكلسى الخامل

تم تعيين الخواص الطبيعية التالية للعينة الممثلة من خام البنتونايت الخامل والآتي من منطقة خليص بمنطقة مكة المكرمة طبقا للمواصفات القياسية [٢]:

- نسبة محتوى الطين
- دليل الانتفاخ الحر.
- دليل اللدونة
- كمية الصبغة الزرقاء لكل ١جم.
- سعة التبادل الايونى لكل ١٠٠ جم.

– المساحة السطحية الكلية لكل ١جم.

وتتضح تلك النتائج بالجدول رقم (١) ، ومنها يتبين أن نشاط الانتفاخ والتماسك لمعادن الطين بخام البنتونايت تقع فـــي الحدود المتوسطة طبقا للمواصفات القياسية لمعادن الطين النشطة [١١].

جدول (١) الخواص الطبيعية لخام البنتونايت المستخدم

الخاصية	نسبة معادن الطين %	دليل الانتفاخ الحر (ml/2g)	دليل اللدونة %	كمية الصبغة الزرقاء (ml/1g)	سعة التبادل الايونى (meq/100g)	المساحة السطحية الكلية (m^2/1g)
	٩٨	١٤	٩٠	٢٢	٥٥	٤٦٢

** ml/1g = ملي لتر لكل ١ جم – Meq/100gm = ملي مكافىء لكل ١٠٠ جم*

٢-٢ الخواص الطبيعية للكثبان الرملية

تم قياس دليل الكثافة الحقلية لطبقة الكثبان الرملية تحت السطحية وذلك بواسطة حساب عدد الدقات اللازمة لاختـــراق ٤سم من مسمار مشرشر من الصلب ذو قطر ١سم داخل طبقة الرمل وذلك باستخدام مندلة صغيرة ذات ثقل ٠,٥كجم.

وتتضح نتائج تلك القياسات بالجدول رقم ٢ ، حيث يتضح أن عدد دقات الاختراق لموقع الكثبان يتراوح من ٥ إلـــى ٧ دقة لكل ٤ سم.

وقد تم تنفيذ تلك التجارب الحقلية بغرض تجهيز العينات المعملية عند ظروف متقاربة أو متشابهه مع الظروف الحقليـــة وبنفس التقنية [١٢].

وقد تم عمل التحليل المنخلي لعينة من الكثبان الرملية والتي تتضح نتائجها بالجدول رقم ٢. حيث يتبين منها مدى شـــدة نعومة حبيبات الكثبان الرملية.

جدول (٢) نتائج التجارب الحقلية والخواص الطبيعية للكثبان الرملية

الخواص الحقلية			التوزيع الحبيبي	
عدد دقات الاختراق*	كثافة الحقل جم/سم٣	نسبة الرطوبة الطبيعية %	نسبة الحبيبات اقل من ٠,٤ مم %	نسبة الحبيبات اقل من ٠,٠٧٥ مم %
٧-٥	١,٧٠	٥ – ٣,٥	٩٨,٠٠	٢,٠٠

* عدد الدقات اللازمة لاختراق ٤ سم من مسمار صلب مشرشر ذو قطر ١ سم داخل طبقة الرمل

٢-٣ خواص الدمك للكثبان الرملية

تم تنفيذ عدد من تجارب الدمك على الكثبان الرملية الغير مختلطة بالبنتونايت وذلك للوصول إلى أنسب الظروف في الحصول على نتائج متشابهة أو متقاربة مع نتائج التجارب الحقلية المذكورة أعلاه وهى ٥ – ٧ دقة لكل ٤ سم. وقد تم تثبيت نسبة الرطوبة الابتدائية لعينات الدمك عند ٧ % والتي لاتبعد كثيرا عن مثيلتها في الحقل وذلك لضمان تجانس وتماسك العينات المعملية. ومن ثم تم دمك العينة على ثلاث طبقات باستخدام مندلة ذات ثقل ١ كجم وبعدد ٢٥ رمية للثقل من ارتفاع حر ٣٠ سم لكل طبقة على حده بغرض الوصول إلى نتائج متقاربة مع نتائج القياسات الحقلية. ويبين الجدول رقم ٣ النتائج التي تم الحصول عليها في هذا الشأن [١٣– ١٦].

جدول (٣) نتائج التجارب المعملية لدمك الكثبان الرملية

عدد دقات الاختراق	عدد الطبقات اللازمة	عدد الرميات لكل طبقة	نسبة الرطوبة المثلى %	الكثافة الجافة القصوى جم/سم٣
٧	٣	٢٥	٧	١,٦٠

٢-٤ الخواص الهندسية قبل وبعد معالجة الكثبان الرملية

تم قياس الخواص الهندسية التالية للكثبان الرملية قبل وبعد العلاج وفى أزمنة مختلفة (٣ ، ١٠ ، ٣٠ يوم)، مع ملاحظة أن تلك القياسات هي قياسات نسبية مقارنة لما تم الحصول عليه قبل العلاج. وذلك لمعرفة التحسن النسبي في الخواص الهندسية نتيجة علاج الكثبان الرملية بالبنتونايت [١٧-٢٣]:

أ- **مقاومة الغرز**

تم قياس مقاومة الغرز باستخدام مقياس الغرز القياسي المستخدم في مجال الهندسة الجيوتقنية والذي يعبر عن مقاومة الرمل للضغط الحر والمقدرة بالكيلوبسكال.

ب- مقاومة الاختراق

تم قياس مقاومة الاختراق بحساب عدد الدقات اللازمة لاختراق ٤ سم من مسمار مشرشر صلب ذو قطر ١ سم داخل طبقة الرمل وبتأثير مطرقة ذو وزن حر ٠,٥٠ كجم والتي تعكس مدى مقاومة الرمل للقص والمقدرة بعدد الدقات لكل ٤ سم.

جـ- أقصى سرعة للهواء المؤثر

تم قياسها باستخدام ضاغط هواء متصل بمقياس لكمية وسرعة الهواء المؤثرة على الكثبان الرملية وذلك بإحداث حفرة بعمق ٣ مم في الكثبان الرملية وهى تعبر عن مدى استقرار الكثبان الرملية.

٤- طريقتى الحقن من أسفل ومن جوانب كعب الحقن بمعلق البنتونايت

نظرا لصعوبة تنفيذ حقن البنتونايت داخل الكثبان الرملية، تم إعداد وتجهيز معلق البنتونايت بتركيزات مختلفة وبضغط هيدروليكي مختلف حيث كلما زاد تركيز البنتونايت بالمعلق كلما زاد الضغط الهيدروليكى اللازم لحقن المعلق داخل الكثبان الرملية.

ويقصد بالحقن من أسفل كعب الحقن بأن يتم تصريف معلق البنتونايت فقط من أسفل كعب الحقن. أما الحقن من جوانب كعب الحقن فإنه يتم تصريف معلق البنتونايت من جوانب كعب الحقن فقط. وقد تم استخدام كعب واحد فى منتصف قالب العينة. والذي يتكون من قالب اسطواني بقطر ١٢ سم وارتفاع ٦ سم من الصاج المقوى والغير قابل للصدأ لإعداد النماذج المعملية من الكثبان الرملية المدموكه جيدا حتى تتشابهة كثافتها مع كثافة الكثبان الرملية بالموقع.

وتم قياس الخواص الهندسية الثلاثة وهى مقاومة الاختراق وعدد دقات الاختراق والسرعة المؤثرة عند التركيزات المختلفة للبنتونايت في المعلق وبالتالي عند مستويات ضغوط هيدروليكية مختلفة وكذلك بعد مرورأزمنة مختلفة لطريقتي الحقن. وتتضح نتائج تلك الخواص بالجداول (٤ ، ٥) وبالأشكال (١ - ٩).

جدول (٤) الخواص الطبيعية الابتدائية لعينات كثبان الليث في حالة استخدام طريقة حقن البنتونايت

نسبة الرطوبة الابتدائية	%	٥,٠٠
الكثافة الجافة	طن/متر^{٣}	١,٥٧
نسبة الفراغات	%	٧٢
المسامية	%	٤٢

جدول (٥) الخواص الهندسية لكثبان الليث بعد العلاج بحقن البنتونايت

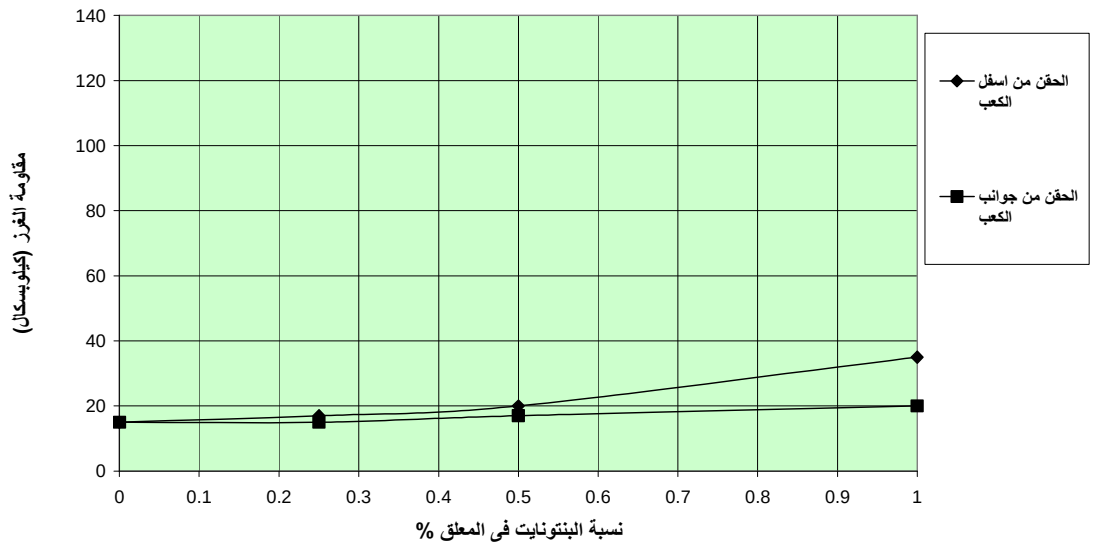
أ- الحقن من أسفل الكعب

نسبة تركيز البنتونايت في المعلق %	الضغط الهيدروليكي (متر)	معدل التصرف سم٣/دقيقة	مقاومة الغرز (كيلوبسكال)			عدد دقات الاختراق (دقة/٤سم)			أقصى سرعة مؤثرة (كم / ساعة)		
			بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم	بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم	بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم
٠	٠,٢٥	٢٠٠	١٥	٠	٠	٥	٠	٠	١٠	٠	٠
٠,٢٥	٠,٥٠	١٢٠	١٧	٥٠	٤٥	٦	٢٠	٢٢	١٢	٣٢	٢٢
٠,٥	١,٠٠	١٢	٢٠	٦٠	٧٥	٨	٢٣	٣٠	١٥	٣٩	٢٧
١	١,٥٠	٣,٥	٣٥	٨٠	١٠٠	١٠	٣٧	٤٠	٢٠	٥٣	٦٠

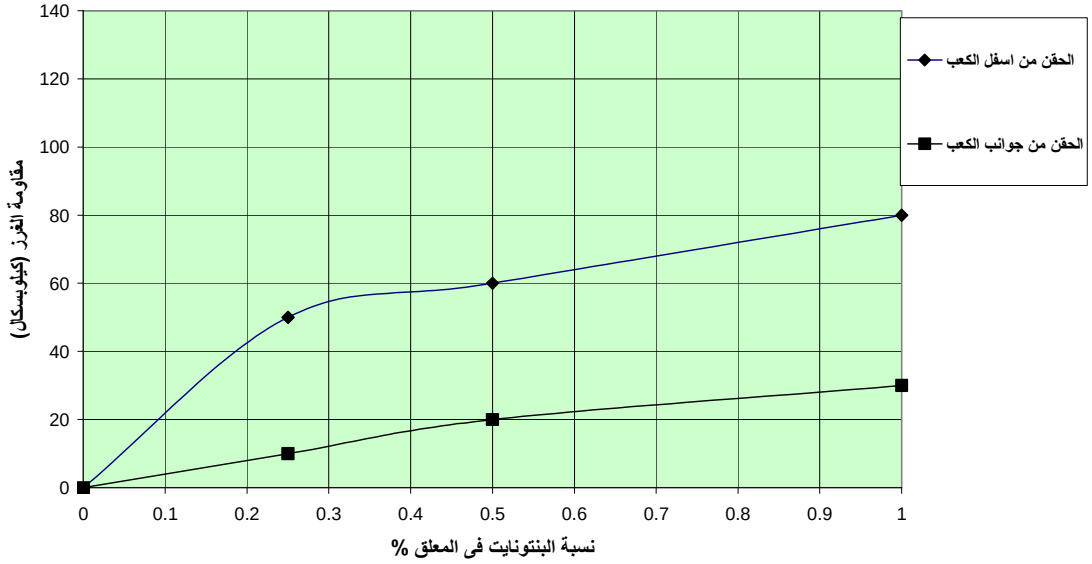
ب- الحقن من جوانب الكعب

نسبة تركيز البنتونايت في المعلق %	الضغط الهيدروليكى (متر)	معدل التصرف سم٣/دقيقة	مقاومة الغرز (كيلوبسكال)			عدد دقات الاختراق (دقة/٤سم)			أقصى سرعة مؤثرة (كم / ساعة)		
			بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم	بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم	بعد ٣ يوم	بعد ١٠ يوم	بعد ٣٠ يوم
٠	٠,٢٥	٢٢٠	١٥	٠	٠	٥	٠	٠	١٠	٠	٠
٠,٢٥	٠,٥٠	١٠٠	١٥	١٠	٥	٥	١٣	١١	١١	٢٥	٣٠
٠,٥	١,٠٠	٤٠	١٧	٢٠	١٠	٥	١٤	٩	١٢	٣٦	٣٥
١	١,٥٠	٥	٢٠	٣٠	١٠	٥	١٥	٩	١٥	٣٩	٢٥

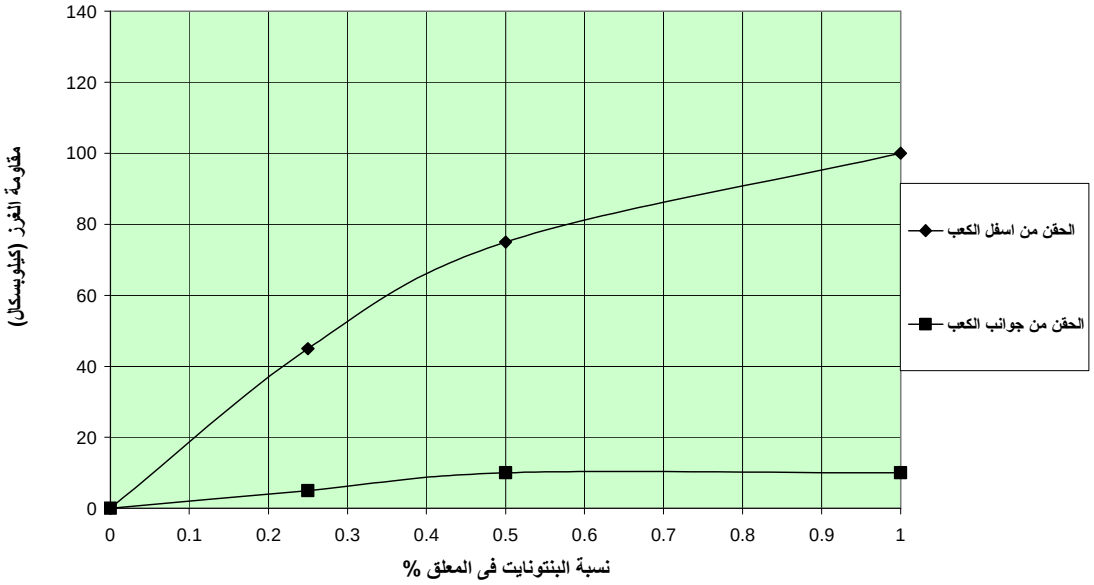
ومن تلك النتائج يتضح أن طريقة الحقن من أسفل الكعب أعطت نتائج أفضل بكثير في تحسين الخواص الهندسية للكثبان الرملية، حيث أنه تم تسجيل انخفاض سريع وملموس في قيم التحسن في الخواص الهندسية المقاسة بعد مرور ٣٠ يوم من الحقن من جوانب الكعب بالنسبة لما تم قياسه بعد ١٠ أيام، بينما في الحقن من أسفل الكعب أعطت نتائج شبه متقاربة بعد ١٠ ،٣٠ يوم. وهذا يعنى أن البنتونايت الذي تم حقنه باستخدام الحقن من أسفل الكعب انتشر في جميع طبقات جسم الكثبان مقارنة لما تم في حالة استخدام طريقة الحقن من جوانب الكعب. مع ملاحظة أن مرور ٣٠ يوما كافية بان تحتفظ تلك العينات المعملية الصغيرة نسبيا بنسبة الرطوبة إذا تم مقارنتها بعامل الزمن في الاحتفاظ بالرطوبة لتربة الحقل.



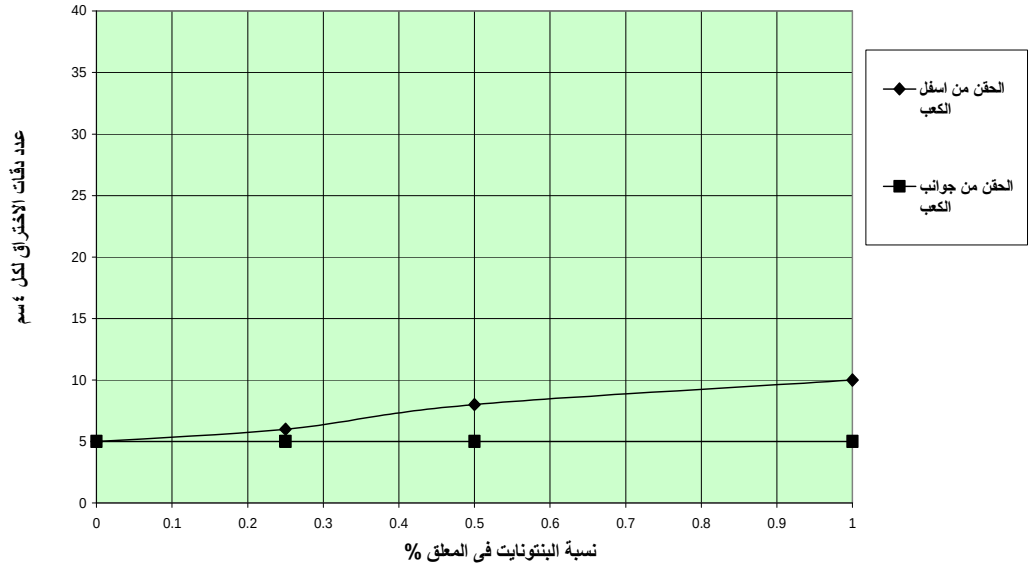
شكل (١) مقاومة الغرز للكثبان الرملية بعد مرور ٣ ايام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



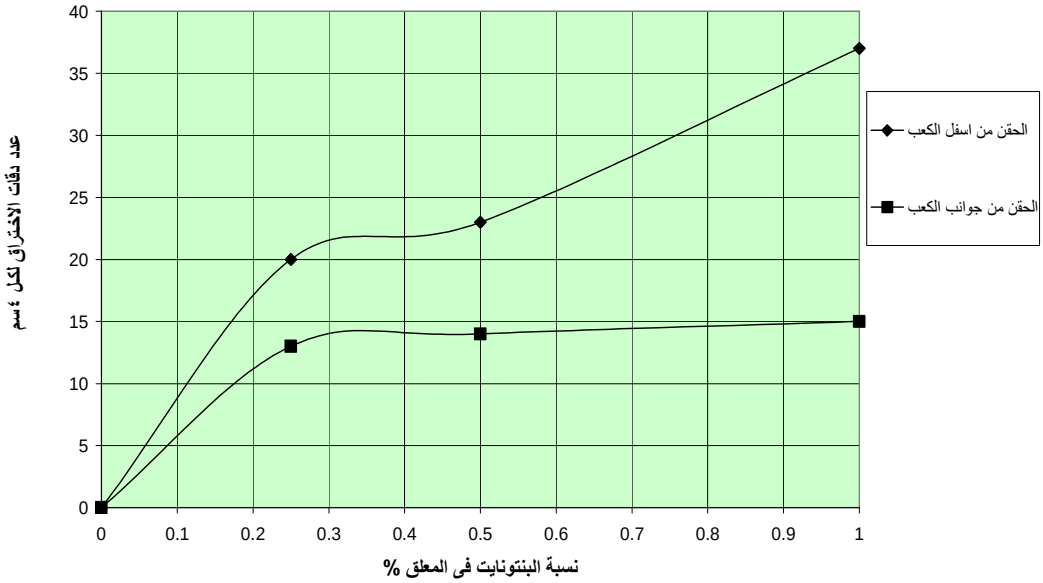
شكل (٢) مقاومة الغرز للكثبان الرملية بعد مرور ١٠ ايام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



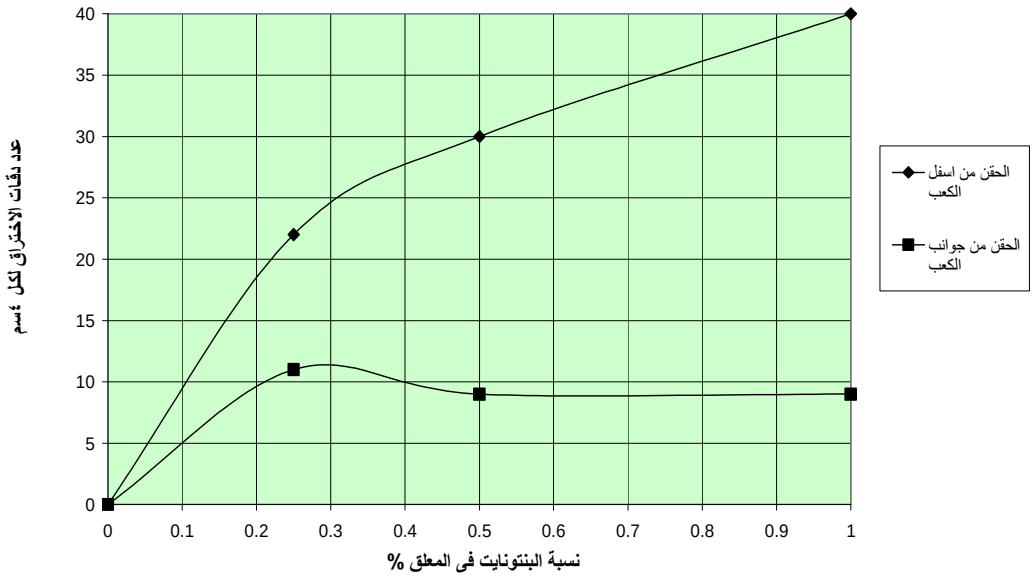
شكل (٣) مقاومة الغرز للكثبان الرملية بعد مرور ٣٠ يوم للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



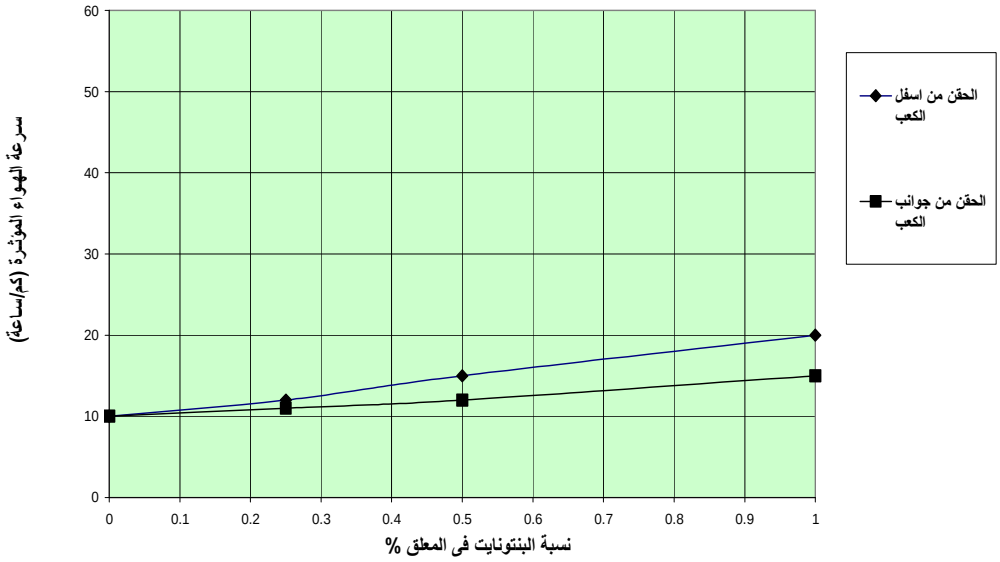
شكل (٤) عدد دقات الاختراق للكثبان الرملية بعد مرور ٣ ايام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



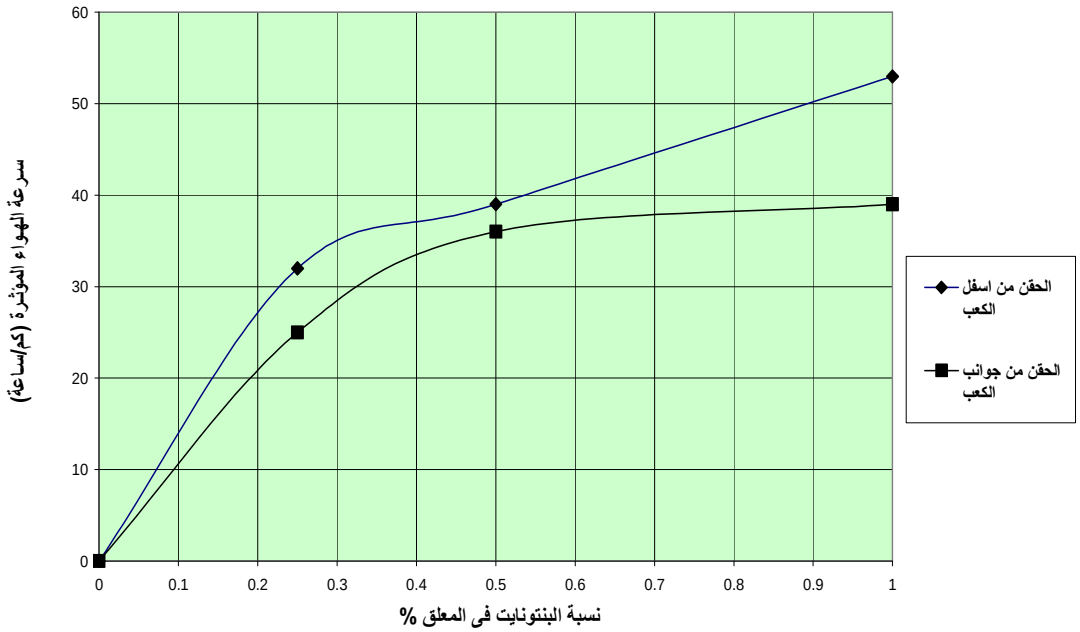
شكل (٥) عدد دقات الاختراق للكثبان الرملية بعد مرور ١٠ ايام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



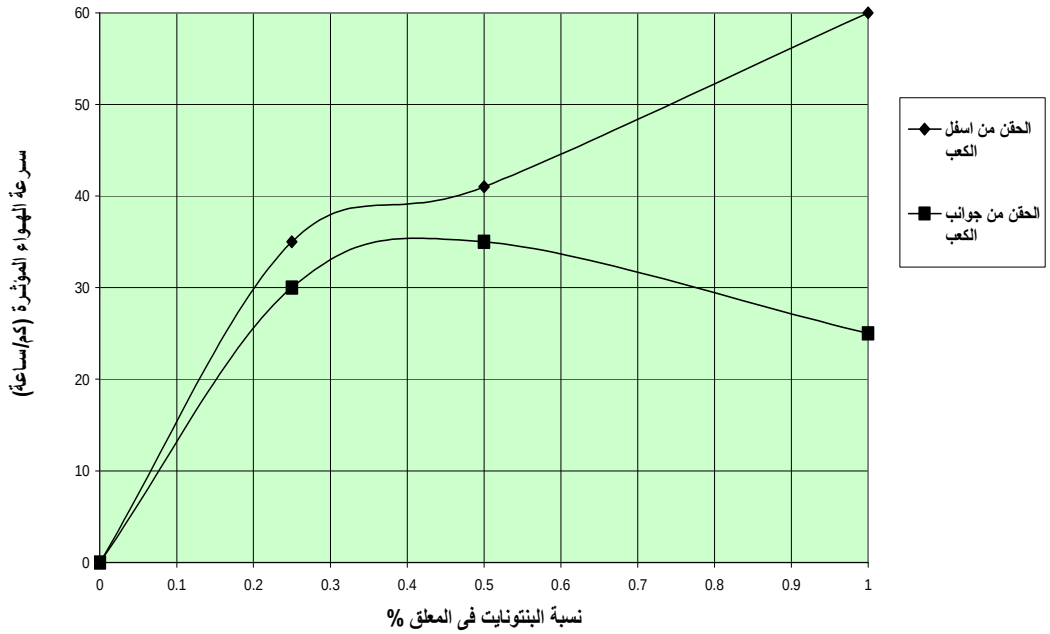
شكل (٦) عدد دقات الاختراق للكثبان الرملية بعد مرور ٣٠ يوم للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



شكل (٧) سرعة الهواء المؤثرة على الكثبان الرملية بعد مرور ٣ أيام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



شكل (٨) سرعة الهواء المؤثرة على الكثبان الرملية بعد مرور ١٠ أيام للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت



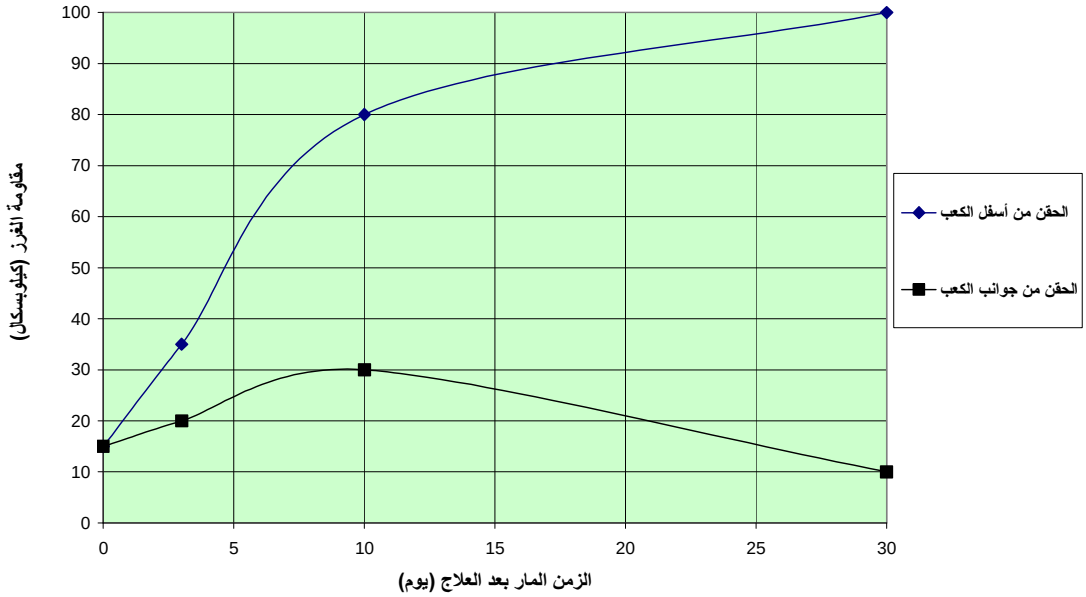
شكل (٩) سرعة الهواء المؤثرة على الكثبان الرملية بعد مرور ٣٠ يوم للعلاج من اسفل ومن جوانب كعب الحقن عند نسب مختلفة للبنتونايت

٥- المقارنة بين طريقتى الحقن من أسفل ومن جوانب كعب الحقن بمعلق البنتونايت

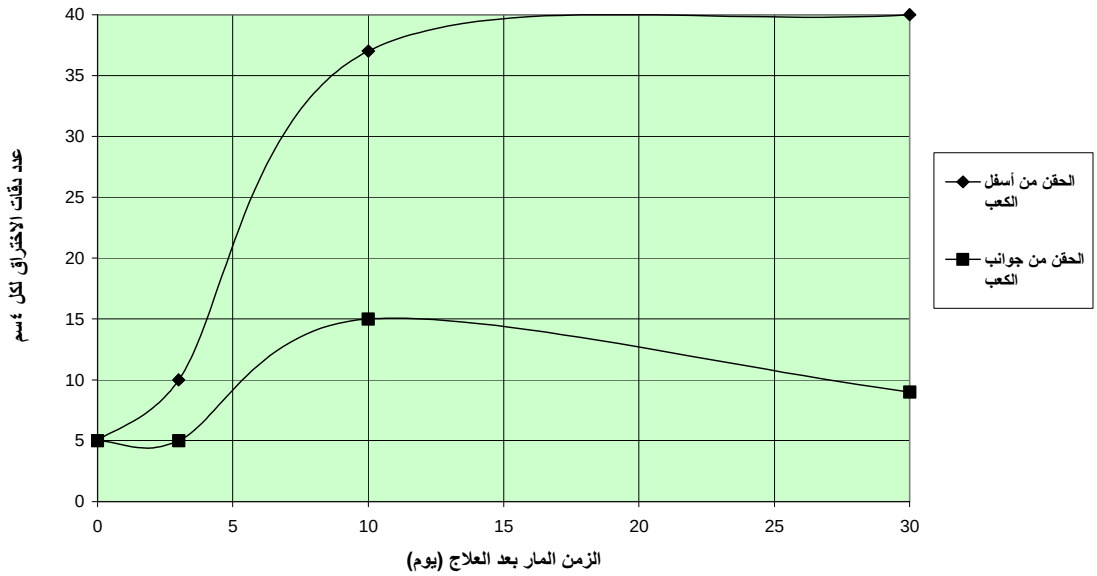
تتضح نتائج قياس الخواص الهندسية لطريقتي الحقن بالأشكال (١٠ – ١٢). حيث أنه بعد مرور ٣٠ يوم من العـــلاج لوحظ استمرار الزيادة في تحسن الخواص الهندسية وذلك فقط باستخدام الحقن من أسفل جوانب كعب الحقن . أما في

حالة الحقن من جوانب كعب الحقن فان الزيادة في تحسن الخواص الهندسية تتوقف بعد ١٠ ايام من العلاج وتـــنخفض عما كانت عليه بعد مرور١٠ أيام من العلاج. ويرجع هذا الانخفاض إلى صعوبة اختراق وانتشار معلق البنتونايت في جميع الاتجاهات لجسم الكثبان الرملية في حالة الحقن من جوانب الكعب فقط. ويمكن تلخيص النتائج التى تم الحـــصول عليها بعد مرور ٣٠ يوم وبتركيز ١% بنتونايت فى النقاط التالية:

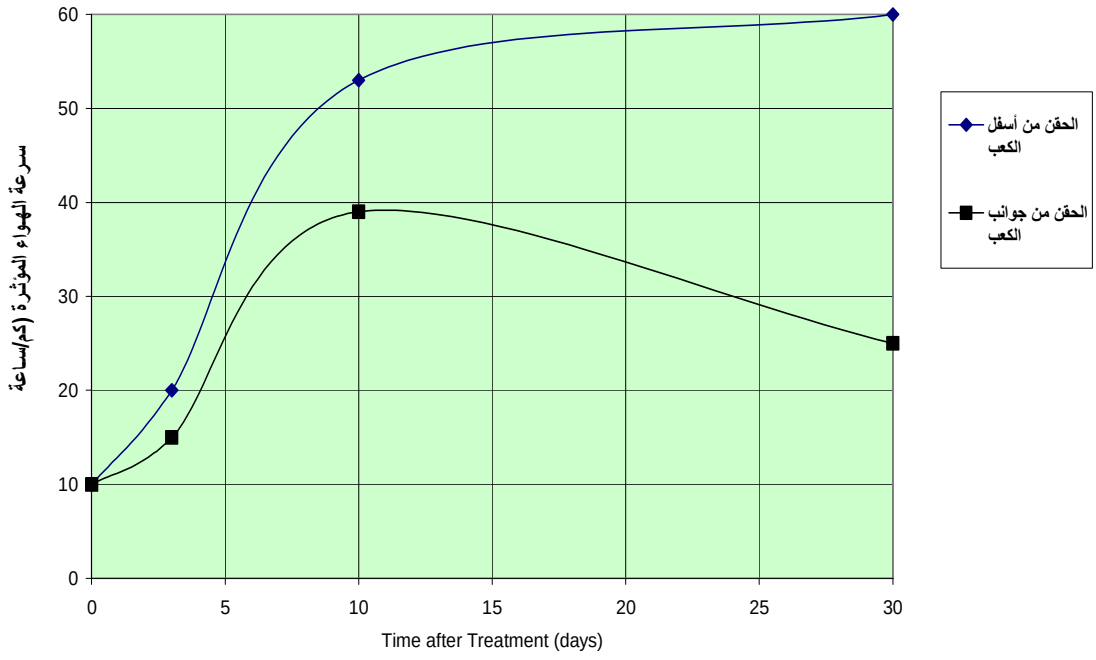
- التحسن في مقاومة الغرز لتصبح ١٠٠ كيلوبسكال فى حالة الحقن من أسفل الكعب بدلا من ١٠ كيلوبسكال فى حالة الحقن من جوانب الكعب.
- التحسن فى عدد دقات الاختراق ليصبح ٤٠ دقة لكل ٤سم فى حالة الحقن من أسفل الكعب بدلا من ١٠ دقـــه فى حالة الحقن من جوانب الكعب.
- التحسن في أقصى سرعة مؤثرة للهواء لتصبح ٦٠ كم / ساعة فى حالة الحقن من أسفل الكعب بدلا مـــن ٢٥ كم/ ساعة فى حالة الحقن من جوانب الكعب.



شكل (١٠) مقاومة الغرز للكثبان الرملية بعد مرور أزمنة مختلفة من العلاج من أسفل ومن جوانب كعب الحقن عند تركيز ١% بنتونايت



شكل (١١) عدد دقات الاختراق للكثبان الرملية بعد مرور أزمنة مختلفة من العلاج من أسفل ومن جوانب كعب الحقن عند تركيز ١% بنتونايت



شكل (١٢) سرعة الهواء المؤثر للكثبان الرملية بعد مرور أزمنة مختلفة من العلاج من أسفل ومن جوانب كعب الحقن عند تركيز ١% بنتونايت

٦- الخلاصة والتوصيات

من النتائج والتحليلات السابقة يتضح لنا أن طريقة الحقن من أسفل كعب الحقن بمعلق البنتونايت (بتركيز ١% فى معلق البنتونايت) أعطت نتيجة أفضل في تحسن الخواص الهندسية لعلاج الكثبان الرملية مقارنة باستخدام الحقن من جوانب كعب الحقن ، وذلك بعد مرور ٣٠ يوم من العلاج ، وكانت النتائج على النحو التالي:

- التحسن فى مقاومة الغرز لتصبح ١٠٠ كيلوبسكال فى حالة الحقن من أسفل كعب الحقن بدلا من ١٠ كيلوبسكال فى حالة الحقن من جوانب كعب الحقن (أى أن الزيادة في التحسن تصل الى ٣,٥٠ مقدار القيمة قبل العلاج).
- التحسن فى عدد دقات الاختراق ليصبح ٤٠ دقة لكل ٤سم فى حالة الحقن من أسفل كعب الحقن بدلا من ١٠ دقه فى حالة الحقن من جوانب كعب الحقن (أى أن الزيادة في التحسن تصل الى ٤ أضعاف القيمة قبل العلاج).

- التحسن في أقصى سرعة مؤثرة للهواء لتصبح ٦٠ كم / ساعة فى حالة الحقن من أسفل كعب الحقن بدلا من ٢٥ كم/ ساعة فى حالة الحقن من جوانب كعب الحقن (أى أن الزيادة في التحسن تصل إلى ضعف القيمة قبل العلاج).

شكر وتقدير

يتقدم المؤلفون بالشكر والتقدير لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وكذلك عمادة البحث العلمي بجامعة الملك عبدالعزيز للدعم المادي والمعنوي لهذا البحث.

References

1. Abahussain, A. A., Abdu, A. S., Al-Zubari, W. K., El-Deen, N. A., and Abdul-Raheem, M. (2002). Desertification in the Arab region: analysis of current status and trends. Journal of Arid Environments, 51:521-545.

2. Al Sanad, H.A., Ismael, N.F. and Nayfeh, A.J. (1993). Geotechnical properties of dune sands in Kuwait, Engineering Geology, **34** (1-2), 45-52.

3. Armbrust, D.V. and Lyles, L. (1975). Soil stabilizers to control wind erosion, Soil Conditioners, **7**, 77-82.

4. ASTM, (1982) American Society for Testing Materials. ASTM Stanards, Part 19, Phildelphia, Pa.

5. http://www.feedo.net/Environment/Desertification/Desertification.htm

6. http://www.kenanaonline.com/page/3409

7. http://www.sotaliraq.com/irq/article_(2004),_02_22_0128.html

8. http://www.amwaj.org.il/geography/dune/enter.html

9. http://www.alsabaah.com/paper.php?source=akbar&mlf=interpage&sid=21817

10. http://library.gcc-sg.org/Arabic/Books/Book4/book2chap1.htm

11. Gillott, J.E. (1988). Clay in engineering geology Elsevier, Amsterdam, 226 pp.

12. Marcuson and Bieganousky, (1977). New York Standards and Specifications.

13. British Standard Institution 5930 (1981). Code of Practice for site investigation.

14. Atkinson, W.J. (1973). The coastal dune system: its management for stability and protection, **1**st Australian Conference on Coastal and Ocean Engineering, Sydney, 131-134.

15. Azizov, A. (1975). Cement-sand mixture cellular mechanical screen, Problems of Desert, Development, (1), 85-89.

16. Chen, E.N. (1988). Foundation on expansive soils, Elsevier, Amsterdam, 465pp.

17. Das, B.M., (1982). Soil Mechanics laboratory manual. Engineering Press, San Jose, Calif 505pp.

18. Grim, R.E., (1968). *Clay mineralogy*. Mc. Graw-Hill Book Company Inc. pp 100-250.

19. Lambe, T.W.,(1951). *Soil testing for engineers*. Wiley Eastern Limited, New Delhi, 80-81.

20. Marcuson, W.F. and Bieganousky, (1977). SPT and relative density in coarse sands, ASCE j. 103,;GT11.

21. New York Standards and Specifications, For Erosion and Sediment Control, 2005, 3.40-3.47

22. US Army Corps of Engineers, (1987). " Dust Control for Roads, Airfields, and Adjacent Areas", Technical Manual, ARMY TM 5-830-3.

23. Watson, A. (1990). The control of blowing sand and mobile desert dunes. In, Techniques for Desert Reclamation (Ed. A.S. Goudie). John Wiley, London, pp. 35-85.