تصريف مياه الأمطار في المناطق السكنية المنشأة على ترب طينية عالية السماكة التي تفتقر الى منظومات الصرف لمياه الأمطار .

د. علي حسين خضير

كلية مدينة العلم الجامعة / قسم الهندسة مدني

E-mail : ahkhudair@yahoo.com

الخلاصة

في المناطق السكنية المنشأة على ترب طينية عالية السماكة التي تفتقر الى منظومات الصرف لمياه الأمطار فأن حالة فيضان هذه المناطق محتملة بفعل مياه الأمطار الغزيرة .

لقد بين هذا البحث إمكانية تصريف المياه الناتجة عن الأمطار الى داخل الأرض من خلال إنشاء حفر للتصريف (Pits) خلال التربة الطينية العالية السماكة ذات المسامية القليلة جداً تمتد لغاية طبقة التربة المسامية التي تقع تحتها. يتم تصريف المياه السطحية الناتجة عن الأمطار من خلال الطبقة المسامية في داخل الأرض .

الكلمات المفتاحية: تصريف, مياه الامطار, منضومات الصرف, المناطق السكنية

Discharge of rain-storm water in dowelling Areas Constructed on a thick clay strata lacking the rain-water net work system services.

Dr. Ali Hussein Khudhair

Abstract.

In dowelling areas constructed on a thick-clay strata's lacking the services of rain-water network system, flood is possible in occasions of heavily rain-storms.

This research indicates the possibility of discharging the run-off water into the ground through cess-pits. These pits are digged out through the impervious strata to the previous under laid strata where the water infiltrated from.

Key words: Discharge, rain water, net work system,

1 - المقدمة

تعاني معظم مناطق مدينة بغداد من مشكلة ارتفاع المياه الجوفية ، وتزداد وطأة هذه المشكلة في المناطق السكنية التي لا تحتوي على منظومة تصريف مياه الأمطار ، ومثال ذلك منطقة حي المعلمين في الزعفرانية والمناطق المجاورة لها .

يتم تصريف مياه المجاري في هذه المنطقة من خلال إستخدام خزانات التفسخ (Septic Tanks) ، ونتيجة لذلك ولطبيعة الترب الطينية في المنطقة أرتفع منسوب المياه الجوفية الى مستوى مقارب من سطح الأرض تقريبا. لقد رافق هذه الظاهرة معاناة شديدة لساكني المنطقة متزامنة مع موسم هطول الأمطار ناتجة عن إنغمار مناطق السكن بالمياه لطول فترة الموسم تقريباً. إن من العوامل المهمة المؤدية الى حالة الأنغمار هذه يمكن تحديدها بما يلي :

1 -إفتقار المنطقة الى شبكات الصرف الصحي .

2 -إرتفاع مستوى المياه الجوفية في المنطقة .

3 -قلة نفاذية الماء لتربة المنطقة وقابليتها على تصريف المياه أو إستيعابها .

لغرض تخفيف وطأة هذه المشكلة على الساكنين ولعدم إمكانية إنشاء منظومة الصرف تم التفكير بتصريف مياه الأمطار الى باطن الأرض من خلال تجاوز مشكلة قلة نفاذية الماء للتربة في المنطقة قيد البحث بأستخدام آبار تصريف تصل سطح الأرض بالطبقة المسامية التحتية (الطبقة الرملية) مروراً بالطبقة الطينية . إن استخدام هذا الأسلوب سيعجل من عملية التخلص من المياه السطحية المتجمعة نتيجة الأمطار بتصريفها الى الطبقة الرملية التحتية من خلال هذه الأبار.

2 - الخطوات التي أتبعت في تنفيذ البحث

2-1 تحديد مواقع آبار البحث

تم تحديد ثلاث نقاط لحفر آبار البحث وكما موضح في المخطط رقم (1). أن أساس تحديد هذه النقاط كان هدفه الحصول على فكرة شمولية عن طبيعة تكوينات التربة في المنطقة قيد البحث .

SCALE 1/1000

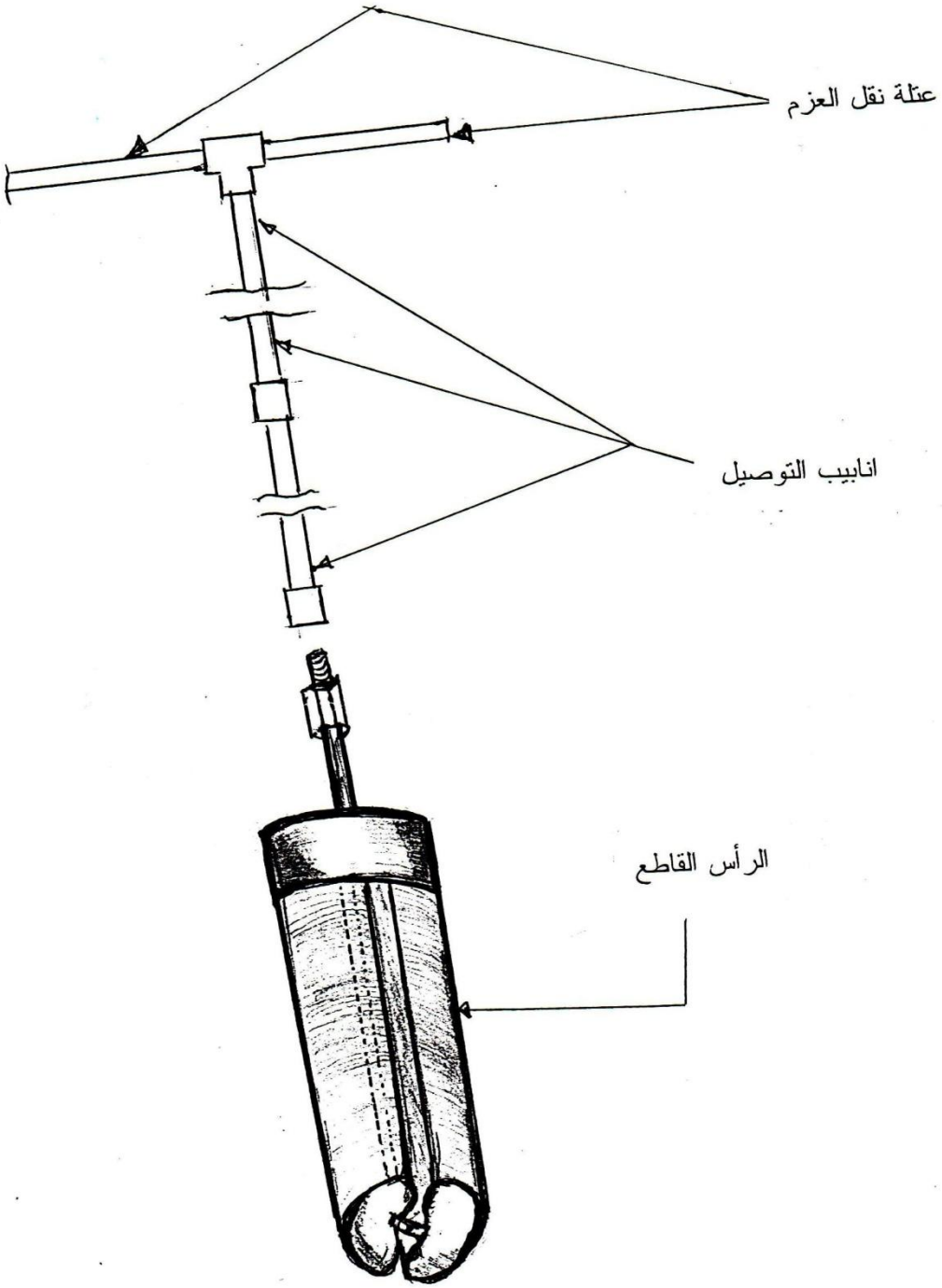
شكل رقم (1)

مخطط موقع آبار البحث

2-2 - حفر الآبار

2-2-1 وسيلة الحفر

بغية تقليل تكاليف البحث الى أقل كلفة ممكنة تم تصنيع وسيلة للحفر لغرض تنفيذ العمل يدوياً . وتتألف هذه الوسيلة من الأجزاء التالية كما مبين في المخطط رقم (2).



شكل رقم (2)

مخطط وسيلة الحفر

الرأس القاطع :-رأس قاطع معدني أسطواني مجوف بقطر خارجي 100 ملم وطول 300 ملم مسدود من الأعلى ذا فتحتين جانبيتين تبدأن من منطقة قريبة من الرأس وتستمران حتى النهاية .

في النهاية تم إيصال جزئي الرأس ببعضهما في نقطة واحدة وتم ثني الجزء السائب من الأسفل بطريقة تجعل الرأس قادر على قطع التربة واحتواءها أثناء تقدم الحفر . النهاية العليا من الرأس القاطع تنتهي بقضيب معدني ذو نهاية مسدودة مسننة قابلة للتوصيل .

أنابيب التوصيل:- مجموعة أنابيب من الحديد المغلون بقطر (25) ملم وطول (1000) ملم مسننة من الطرفين تضاف على مراحل كلما تقدم الحفر .

عتلة نقل العزم :- تتألف من أنبوبين بقطر (25) ملم وطول (500)ملم لكل منهما . تم ربط الأنبوبين بتوصيلة وسطية نوع (T) وبنفس القطر .

2-2-2 طريقة الحفر:- تمت أعمال الحفر على وفق الأتي :

1 -يؤخذ أحد الأنابيب وتوصل إحدى نهايتيه بالرأس القاطع باستخدام توصيلة أنابيب اعتيادية (زبانة) ويتم إيصال النهاية الأخرى للأنبوب بعتلة نقل العزم ثم يبدأ بتدوير العتلة باتجاه عقارب الساعة بعد أن يتم وضع الرأس القاطع على موقع النقطة المراد إجراء عملية الحفر فيها وتستمر عملية التدوير الى أن يتم النزول لمسافة (300) ملم . عندئذ يتم استخراج الأجزاء التي تم توصيلها كاملة دون تفكيك الى خارج الحفرة لتنظيف الرأس القاطع مما احتواه من التربة ، وتعاد العملية ثانية وثالثة لحين تساوي عمق الحفر مع طول الأنبوب الواصل بين عتلة العزم والرأس القاطع .

2 -بعد تساوي عمق الحفر مع طول الأنبوب يضاف أنبوب جديد من خلال تفكيك عتلة نقل العزم وإضافة الأنبوب الجديد ثم تثبيت العتلة ثانية ، وعلى هذا المنوال استمرت عملية الحفر لحين الوصول الى العمق المطلوب .

تعاد عملية إخراج الأجزاء الموصولة مع بعضها في كل عملية تنظيف للرأس القاطع (كل 300 ملم) حيث يتم أخذ النماذج في هذه الفترات أيضاً .

تتصف عملية الحفر هذه بمحددات رئيسية أهمها :

- عدم إمكانية الحصول على نماذج غير مشوشة للتربة .
- صعوبة رفع وإنزال الوسيلة مع توصيلاتها أثناء عملية التنظيف او اخذ النماذج عندما يتقدم عمق الحفر .
- صعوبة الحفر والحصول على نماذج في التربة الرملية نتيجة تحول هذه التربة بوجود الماء والتشويش جراء الحفر الى سائل كثيف يصعب احتوائه داخل فراغ الرأس القاطع .

أن عمق الحفر الذي تم الوصول إليه في هذا البحث كان (8300) ملم .

3-2 تحديد الخواص الفيزياوية للتربة إعتماداً على المعاينة الموقعية

من خلال المواكبة الميدانية لعملية حفر الآبار الثلاثة تم تحديد تركيبة التربة الوصفية على النحو الآتي (لاحظ الشكل رقم (3).

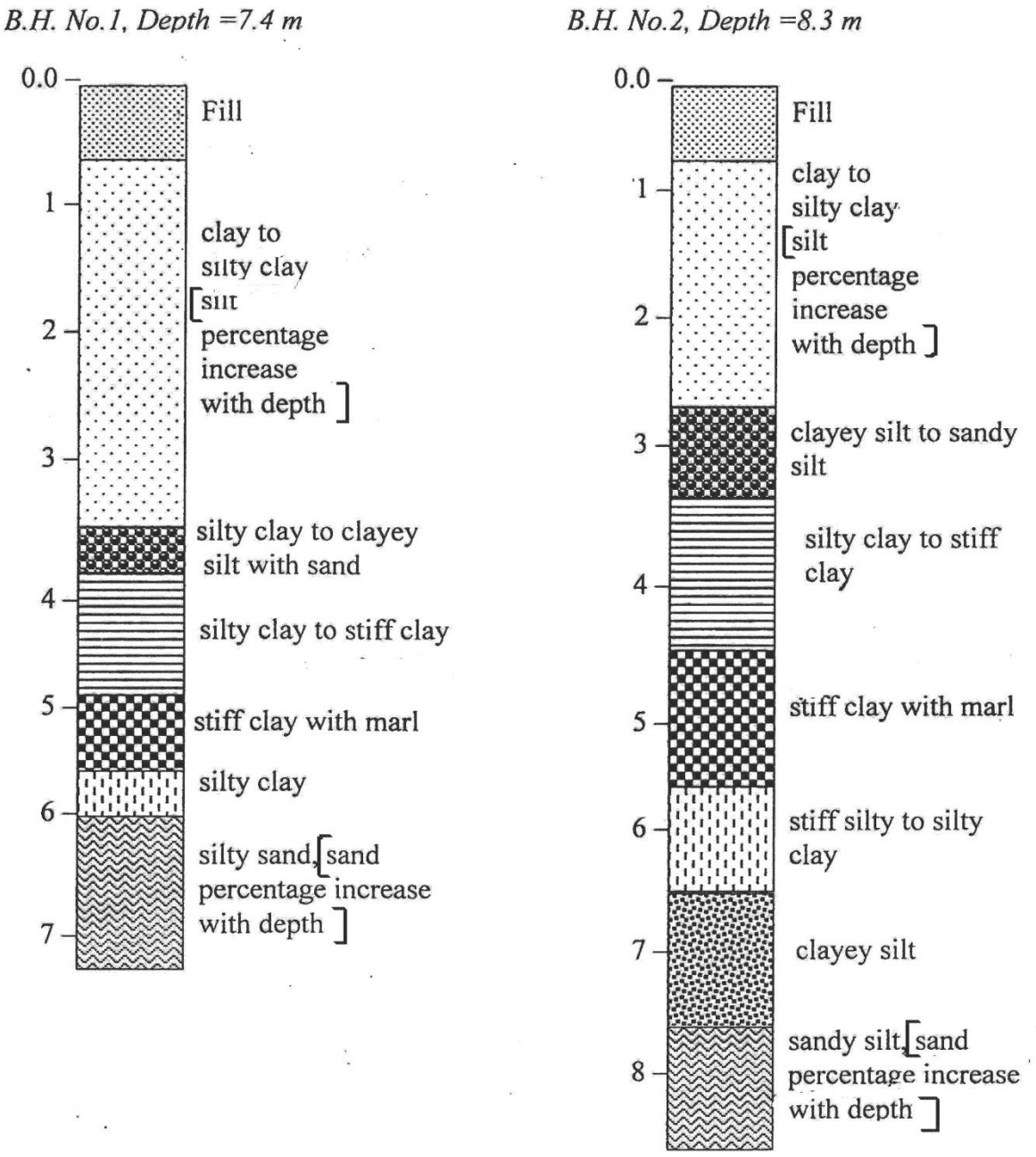
أ - **طبقة الدفن العليا** التي جلبت من خارج الموقع لأغراض التشجير والتي يتراوح سمكها من 300 الى 500 ملم وتوصف تربة هذه الطبقة بـــ (Silty sand) .

ب -التربة البكر:- وتتكون من :-

- **الطبقة الطينية العليا** :- (طبقة غير مسامية) التي يتراوح سمكها بين (2750- 4000) ملم .
- **الطبقة المسامية**:- التي أساسها الـــ (Silt) والـــ (Sand) ، لا يتجاوز سمكها (300- 400) ملم وتقع على عمق يتراوح بين (3000-4000) ملم .
- **الطبقة الطينية الثانية**:- (طبقة غير مسامية) التي تتحول الى طين مرصوص رصآ عالياً ثم الى طين اعتيادي ثانية . تبدأ هذه الطبقة على عمق يتراوح بين (3500-4500) ملم تحت مستوى سطح الأرض وتنتهي عند عمق يتراوح بين (6000-7300) ملم .
- **الطبقة التي أساسها الـــ (Silty Sand)**:- وتبدأ على عمق (6000) ملم في البئر رقم (1) وتستمر الى نهاية الحفر ؛ اما البئر رقم (3)فأن مادة الطبقة المسامية فيها هي الـــ (Sandy-Silt) التي تبدأ على عمق (7500) ملم وتستمر الى نهاية الحفر .

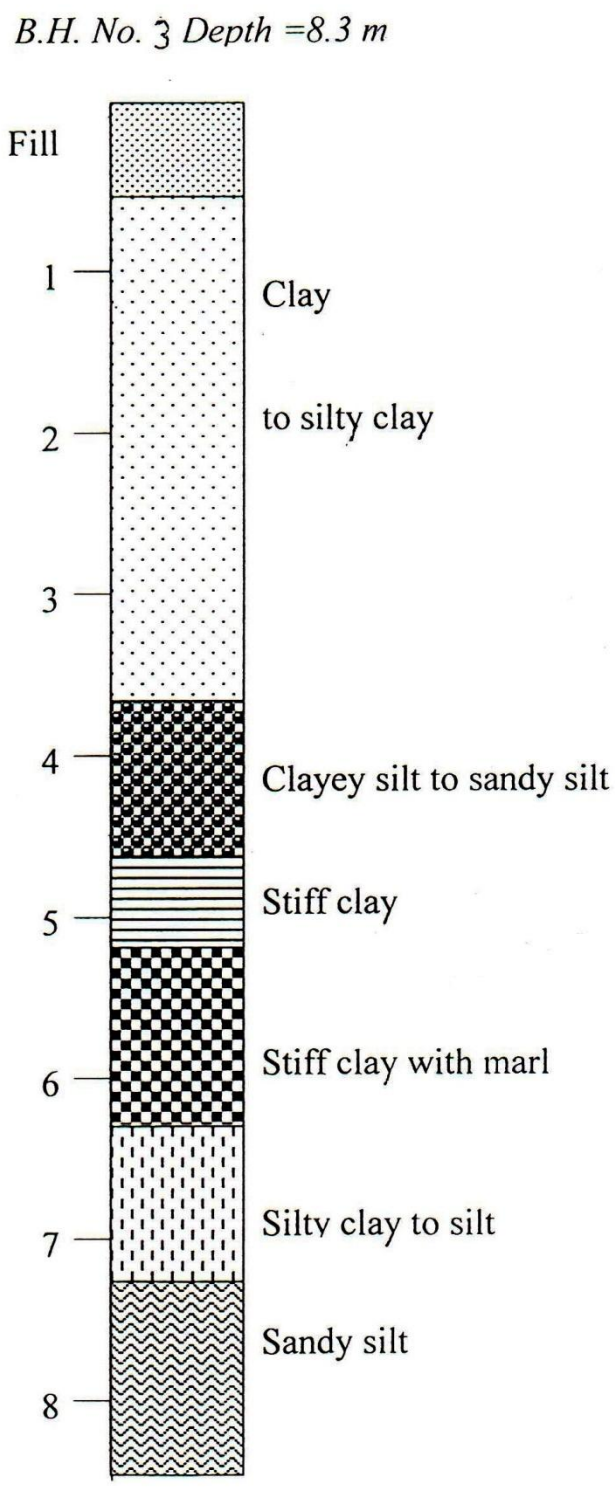
4-2 تحديد مستوى وحركة المياه الجوفية

لغرض معرفة مستوى وحركة المياه الجوفية فقد تم تسجيل مستوى الماء في الآبار الثلاثة إبتداءآ من اليوم الثاني اللاحق لإتمام عملية الحفر وكانت النتائج كما مثبت في الجدول رقم (1). يلاحظ من الجدول أن هناك تفاوت متذبذب ملحوظ في المستويات المسجلة ، ويمكن إرجاع ذلك الى جملة أسباب سيأتي ذكرها لاحقا.



شكل رقم (3)

مقطع في آبار الحفر



شكل رقم (3)

مقطع في آبار الحفر

جدول رقم (1) مستوى وحركة المياه الجوفية

Date	Water Table Depth (in cm)		
	B.H(1)	B.H(2)	B.H(3)
12/3	72	—	—
20/3	72	65	—
22/3	72	65	65
29/3	72	65	65
8/4	Heavy Rain	Heavy Rain	Heavy Rain
11/4	59	59	59
15/4	61	60	62
18/4	62.5	62	62
21/4		63	61.5
22/4	60.5	63	63
23/4	62	64	64.5
24/4	63	66	65
5/5	76	77	77
8/5	69	70	74
14/5	78	80	82
20/5	83	86	88
22/5	83	83	85
6/6	98	95.5	104
20/6	110	112.5	110
1/7	125	124	110

5-2 تنظيف الآبار من مخلفات الحفر

بعد إنجاز عملية الحفر وبعض الدراسات الأولية على نفاذية الماء للترسبات التي خلفتها عملية الحفر أجري التنظيف اللازم لهذه الآبار من مادة الترسبات باستخدام مضخة طرد مركزي بقطر (50) ملم . لقد تم وضع أنابيب بلاستيكية (Casing P.V.C) بقطر (100) ملم . في داخل الآبار وذلك لمنع الأنهيارات الجانبية والمحافظة على ديمومة البئر.

6-2 أجراء الفحوص الموقعية

1-6-2 فحص النفاذية لمخلفات الحفر المترسبة داخل البئر

تم أجراء هذا الفحص بأتباع أسلوب (Variable Head Permeability) وتم أجراء فحصين متتاليين وكما مبين في الجدول رقم (2) للبئر رقم (1) والبئر رقم (2).

جدول رقم (2) قراءات تغير عمود الماء المسلط على مخلفات الحفر للبئر رقم (1) والبئر(2)

Test	Head (cm)	Elapsed Time (hrs)	New Head (cm)	Length of soil plug (cm)	DH (cm)
1	90	48	88	197	2
2	66.5	24	65.5	158	1

2

2-6- فحص النفاذية لطبقة التربة المسامية التي ستستخدم لاستيعاب التصريف العكسي

تم إجراء هذا الفحص بعد إجراء عملية التنظيف لمخلفات الحفر وبوجود الـ (Casing) وباستخدام عمود من الماء قدره (60) سم .

2-6-3 إجراء فحص إستعياب الأبار دون التغير في مستوى المياه الجوفية

تم إجراء هذا الفحص لمعرفة كمية التصريف العكسي(التصريف الى داخل البئر) الذي يمكن أن تستوعبه الأبار من دون إحداث تغييرعلى مستوى المياه داخل البئر (الحفاظ على مستوى ثابت للمياه داخل البئر قبل وأثناء الفحص) .

2-7 الفحوص المختبرية

لكون الصفة الغالبة على التربة التي تم إستخراجها من الأبار هي الصفة الطينية (تربة طينية) فقد تم الأكتفاء بعمل الفحوص الخاصة بالـــ (Atterberg Limits)حسب المواصفة الامريكيه ASTMD4318 والتي تتضمن فحص حدود السيولة واللدانة (L.L ; P.L) لتحديد خاصية التربة نسبة الى العلاقة التي تربط ما بين (L.L and P.I)

(حيث إن :-

L.L=Liquid Limit

P.L=Plastic Limit

P.I =Plasticity Index

تم إختبار (5) نماذج لهذا الغرض وكما يأتي :

1-175, 2-150, 2-265, 2-643, 3-)
(385

يشير الرقم الأول من هذه التسمية الى رقم البئر والرقم الثاني يشير الى عمق النموذج فمثلاً (2-265) يشير الرقم (2) الى البئر (2) والرقم (265) يشير الى أن النموذج المشار اليه يقع على عمق (265) سم تحت مستوى سطح الأرض ، وهكذا .

3 -نتائج الفحوص ومناقشتها

1-3 نتائج الفحوص الحقلية

لقد بينت الفحوص الحقلية ما يلي : -

1-1-3 نتائج تحديد مستوى وحركة المياه الجوفية (لاحظ الجدول (1))

لقد بينت قياسات مستوى المياه الجوفية الأتي :-

1 -أن مستوى المياه الجوفية للآبار الثلاثة ظل ثابتآ دون تغيير للفترة من الثلث الأخير من آذار لغاية بداية نيسان مع ملاحظة وجود انخفاض في مستوى المياه في البئر رقم (1) .

2 -بتأريخ (2001/4/8) حصل مطر شديد في المنطقة نتج عنه إرتفاع ملحوظ في مستوى المياه الجوفية (مقدار الأرتفاع (13) سم في البئر رقم (1)، (6) سم في كل من البئرين (2 ، 3)

3 -إن أرتفاع مستوى المياه الجوفية الملحوظ بعد هطول الأمطار ناتج عن قلة نفاذية مخلفات الحفر حيث حدث هطول المطر قبل عملية تنظيف الأبار من المخلفات .

جدول رقم (1) مستوى وحركة المياه الجوفية

Date	Water Table Depth (in cm)		
	B.H(1)	B.H(2)	B.H(3)
12/3	72	—	—
20/3	72	65	—
22/3	72	65	65
29/3	72	65	65
8/4	Heavy Rain	Heavy Rain	Heavy Rain
11/4	59	59	59
15/4	61	60	62
18/4	62.5	62	62
21/4		63	61.5
22/4	60.5	63	63
23/4	62	64	64.5
24/4	63	66	65
5/5	76	77	77
8/5	69	70	74
14/5	78	80	82
20/5	83	86	88
22/5	83	83	85
6/6	98	95.5	104
20/6	110	112.5	110
1/7	125	124	110

ان انخفاض مستوى المياه الجوفية الملحوظ بعد 22/4 يعود الى :-

أ - معالجة النضوحات الكبيرة التي تم العثور عليها في شبكة التغذية الرئيسية المجاورة لمنظومة البحث.

ب- منع تجاوزات التصريف على قنوات الخدمة الداخلية .

ج- ارتفاع درجات الحرارة .

2-1-3 نتائج فحص النفاذية لمخلفات الحفر المترسبة داخل البئر :

كما تبين القراءات الواردة في الجدول رقم (2) فأن مقدار الهبوط في عمود الماء البالغ (90) سم المسلط على عينة من المخلفات بطول (197) سم كان (2) سم بالنسبة للفحص الأول وخلال زمن قدره (48) ساعة ومقدار الهبوط في عمود الماء البالغ (66.5) سم المسلط على عينة من المخلفات بطول (158) سم كان (1) سم خلال زمن قدره (24) ساعة بالنسبة للفحص الثاني .

وإذا ما علمنا أن نفاذية التربة بموجب المعادلة :

$$K= -(aL / At) \ln \left(h_2/h_1 \right)$$

حيث ان

A= a مساحة مقطع الـ (Casing) سم2. (سنتيمتر مربع)

L: طول العينة (سم)

t: الفترة الزمنية ما بين القراءات (ثانية)

h1 : ارتفاع عمود الماء في بداية الفحص (سم)

h2 : ارتفاع عمود الماء في نهاية الفحص (سم)

عندئذ ستكون النتائج :

$$(k)_{test1} = -(197 / 48 \times 3600) \ln \left(88/ 90 \right) = 2.562 \times 10^{-5} \text{ cm/ sec}$$

$$(k)_{test2} = -(158 / 24 \times 3600) \ln \left(65.5/ 66.5 \right) = 2.77 \times 10^{-5} \text{ cm/ sec}$$

وإذا ما أخذنا معدل القراتين فأن :

$$K \text{ average in } \text{cm/sec} = 2.67 \times 10^{-5}$$

ويقع هذا الرقم ضمن حدود التربة ذات النفاذية القليلة (لاحظ الجدول رقم (3)

Table 3
*Permeability and Drainage Characteristics of Soils**

Coefficient of Permeability k in cm per sec (log scale)

10^{2} 10^{1} 1.0 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}

Drainage	Good		Poor	Practically Impervious
Soil types	Clean gravel	Clean sands, clean sand and gravel mixtures	Very fine sands, organic and inorganic silts, mixtures of sand silt and clay, glacial till, stratified clay deposits, etc.	"Impervious" soils, e.g., homogeneous clays below zone of weathering
			"Impervious" soils modified by effects of vegetation and weathering	
Direct determination of k	Direct testing of soil in its original position—pumping tests. Reliable if properly conducted. Considerable experience required			
	Constant-head permeameter. Little experience required			
Indirect determination of k		Falling-head permeameter. Reliable. Little experience required	Falling-head permeameter. Unreliable. Much experience required	Falling-head permeameter. Fairly reliable. Considerable experience necessary
	Computation from grain-size distribution. Applicable only to clean cohesionless sands and gravels			Computation based on results of consolidation tests. Reliable. Considerable experience required

* After Casagrande and Fadum (1940).

جدول رقم.(3)

تصنيف لتربة بموجب حدود النفاذية

3-1-3 - نتائج فحص النفاذية لطبقة التربة المسامية التي ستستخدم لاستيعاب التصريف العكسي

لقد كانت كمية التصريف المقاسة موقعياً عند استخدام عمود من الماء مقداره(60) سم بعد انتظام كمية التصريف وثبوت المستوى المقرر مساوية الى (1.44) م3/ساعة .وإذا علمنا أن نفاذية التربة للماء في مثل هذه الحالة تقاس بموجب المعادلة التالية (قياس النفاذية بطريقة المنسوب الثابت) :-

$$K = \frac{Q}{5.5rH}$$

حيث أن :-

K: النفاذية.

Q: معدل التصريف (غالون/ دقيقة)

r: نصف قطر الـــ (Casing) (بالقدم)

H: فرق الأرتفاع لمستوى الماء في داخل البئر عن مستوى المياه الجوفية (بالقدم)

وعندما تكون

Qمساوية الى (24لتر / دقيقة) أي (6.34 غالون/ دقيقة)

r مساوية الى 5 سنتمترات أي (0.21 قدم)

H مساوية الى 60 سنتمتر أي (2قدم) فعندئذ

$$K= 6.34/(5.5\times0.21\times2) = 2.74\ Gal./min.ft^2$$

أو k= 0.187 cm/sec

أن هذه القيمه تقع ضمن القيم التي تتصف بها التربة الرملية النظيفة والتي تعتبر ذات مسامية جيدة ، لاحظ الجدول رقم (3).

3-1-4- نتائج فحص استيعاب الآبار دون التغير في مستوى المياه الجوفية :

أن كمية الاستيعاب التي تم قياسها موقعياً كانت (0.3)م^3 / ساعة .

3-2 نتائج الفحوص المختبرية

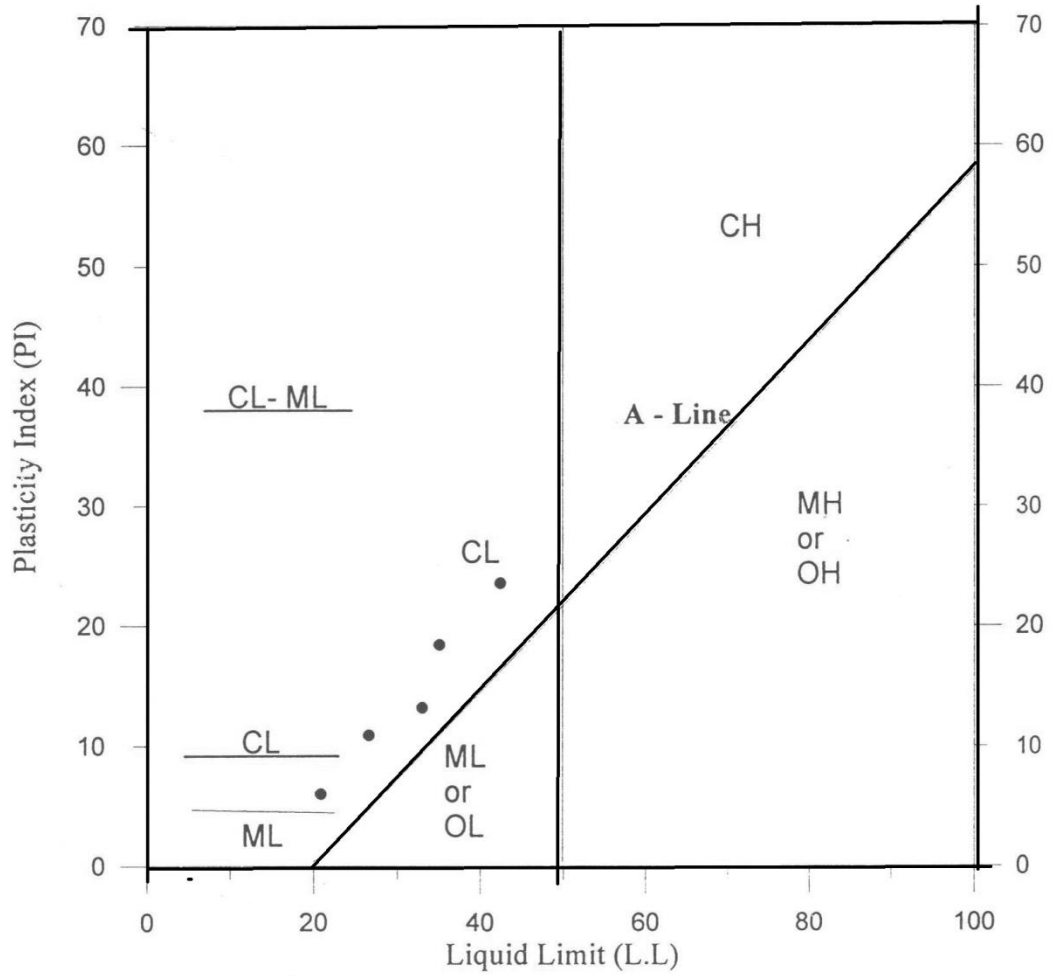
أن نتائج فحوص الـــ (Atterberg Limits) (حدود اتربيرج) كانت كما مبين في الجدول رقم (4) .

الجدول رقم (4) نتائج الفحوص المختبرية لعينات من التربة

رقم النموذج	L.L%	P.L%	P.I%
1-175	42.5	19.2	23.3
2-150	35.3	17.0	18.3
2-265	21.1	15.2	5.9
2-643	33.2	20.2	13.0
3-385	26.7	16.0	10.7

وإذا كانت قيمة الـــ P.I هي عبارة عن الفرق ما بين L.L ، P.L أي أن P.I= L.L-P.L حيث ان
P.I= Plasticity Index

فعندئذ نتمكن من الحصول على قيم الـــ (P.I) كما مبين في الجدول (4) .أن نقل قيم الـــ (P.I) ، (L.L) من الجدول (4) وتسقيطها على منحني معيار اللدونة وحدود السيولة سيعطينا الشكل (4).



شكل رقم (4)

منحني معيار اللدونة وحدود السيولة مسقطاً

عليه نتائج الفحص المختبري

وعندئذ يمكن وصف التربة بما يلي :

رقم النموذج	وصف التربة بموجب منحني اللدونة المعد لغرض تصنيف التربة Modified plasticity chart used in U.S.C.S	وصف التربة بموجب منحني اللدونة المعد من قبل A.Gasagrande
1-175	———CL———	In organic clay of medium plasticity
2-150	———CL———	In organic clay of medium plasticity
2-265	———CL-ML———	Cohessionless soil
2-643	———CL———	In organic clay of medium plasticity
3-385	———CL———	In organic clay of low plasticity

U.S.C.S: Unified Soil Classification System

4- الأستنتاجات والتوصيات

من خلال نتائج الفحوصات الحقلية والمختبرية لموقع البحث تم التوصل الى :

1 -أن مستوى المياه الجوفية خلال فترة هطول الأمطار يرتفع الى مستوى سطح الأرض البكر تقريبا.

2 -أن سمك الطبقة الطينية في المنطقة يزيد على (600) سم وتمثل الطبقة العليا من التربة .

3 -تعتبر الطبقة المشار أليها عديمة النفاذية عمليا .

4 -أن الطبقة المسامية تقع على عمق يتراوح ما بين (650-750) سم تحت مستوى سطح الأرض.

5 -أن أقل كمية تصريف تستوعبها الطبقة المسامية من خلال الأبار التي تم حفرها بقطر (10) سم بعد التنظيف من مخلفات الحفر هي (0.3) م^3/ساعة عند الحفاظ على مستوى المياه الجوفية ثابتآ دون تغير ، $\Delta H=0$ ، ومقدار التصريف يساوي (1.4) م3/ساعة عندما يكون $\Delta H=60cm$.

6 - إذا أفترضنا عمليا أن شدة المطر لأغراض التصميم بحدود (2.5) سم خلال نصف ساعة .وأن الفترة الزمنية المطلوبة للتخلص من كمية الماء هذه هي (2) ساعة إبتداءآ من حدوث المطر فعندئذ ستكون المساحة التي يمكن خدمتها للبئر الواحد (أقل مساحة) بموجب المعادلة ادناه

$$d \times A = Q \times t$$

$$0.025m \times A = 0.3m^3/hr \times 2hr$$

$$A = (0.3 \times 2) / 0.025 = 24m^2/$$

B.H

في حال ان عملية التصريف العكسية(التصريف الى داخل التربة) تجري من دون أحداث تغيير على مستوى الماء في البئر، . أما في حالة التصريف تحت تأثير تغير مستوى الماء في البئر (تحت ظروف زيادة الضغط بفعل رفع مستوى الماء في البئر عن مستواه الأصلي) فأن كمية التصريف ستزداد وهذا يعني تقليل الفترة الزمنية اللازمة للتخلص من المياه المتجمعة او زيادة في المساحة التي يخدمها البئر .

7- إذا أفترضنا أن التصريف يحصل في منطقة قعرالبئر فقط ، فان حفرة بأبعاد (1×1)م أي ما يعادل (0.008/1)، او (125) بئرآ ، لان مساحة قعر البئربقطر(10) سم . تساوي (0.008) مترمربع **ستصرف كمية المطر الساقطة على مساحة قدرها**

(125× 24 = 3000) مترآ مربعا .(مساحة البئر الواحد في منطقة القعر =0.008م^2). وان البئر الواحد بقطر(10) سم . يخدم مساحة مقدارها (24) مترا مربعا كما تم بيانه سابقا

8- تتم المحافظة على حفرالتصريف بملئها بمادة الحصو الجلمود الذي يمنع بدوره انهيار جوانب الحفرة ويكون بمثابة مرشح للماء الاتي في آن واحد .

9- بالإمكان تنفيذ المقترح في المناطق السكنية وفي المناطق العامة بكلفة زهيدة جدآ.

المصـــــادر

1- Terzaghi Karl & B. Peck Ralf
" Soil mechanics in Engineering Practices"
Wiley J. & Sons Inc. 2nd Edition (1967).
2- P. Leonard Capper & W. Fisher Cassie
"The Mechanics of Engineering Soils"
The Chaucer Press Ltd. G.B. 5th Edition (1971).
3- Fu Hua Chen
" Soil Engineering "
CrC Press LLC, U.S.A, 1ST Edition (2000).