

دراسة عملية ونظرية لتوزيع الشحنة البيزومترية أسفل المنشآت الهيدروليكية

جلنك أكرم ارسلان

سحر عبد الحسين محمد

قسم الهندسة المدنية/ كلية الهندسة - جامعة كركوك

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٧/٢/١٩، تاريخ القبول: ٢٠١٠/١٢/١٤

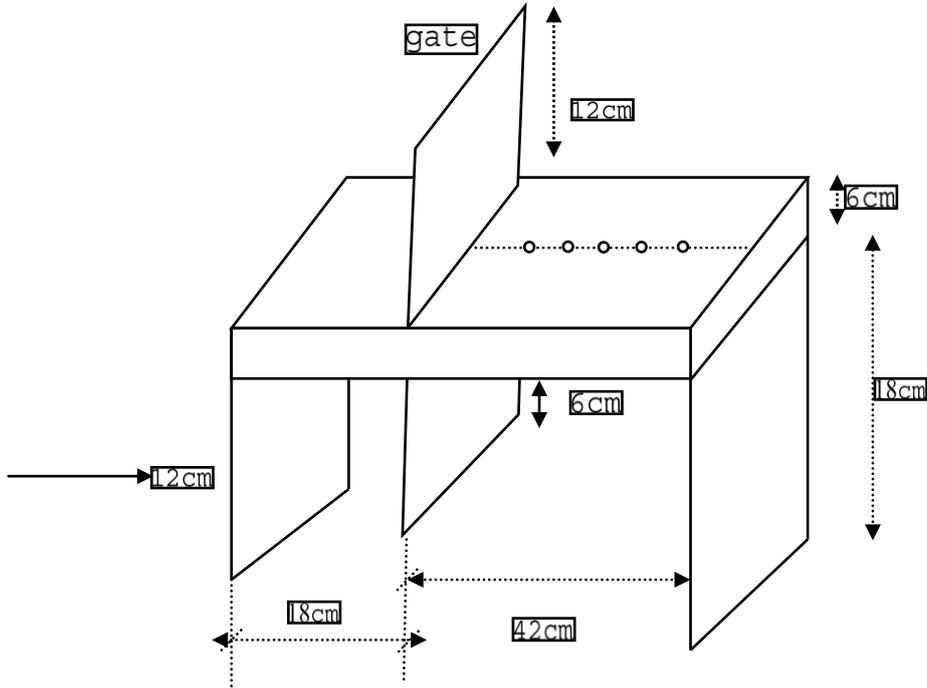
الخلاصة

تناول هذا البحث دراسة تطبيقية باستخدام تجربة عملية لاستقصاء تأثير ميل الركيزة الصفائحية (Sheet pile) على خصائص التسرب وتعزيز نتائج التجربة عن طريق برنامج رياضي. وذلك في مقدم ووسط ومؤخر المنشآت الهيدروليكية ومن ثم إيجاد أفضل حالة تسبب نقصان في ضغط الارتفاع (Uplift Pressure) وتقليل مشاكل التسرب. شملت هذه الدراسة 12 حالة منفردة للركائز المائلة مع تغيير الزوايا وتغيير أوضاع الميلان، تم اختبار زاويتي ميل إحداهما صغيرة 37° والأخرى كبيرة نسبياً 76° و تغيير أوضاع الميلان ولكل ركيزة على حدا ثم الحصول على منحنيات توزيع الشحنة البيزومترية أسفل المنشأ بغية الوصول الى الحالة المثلى لهذه الركائز . كما تم حساب أعلى قيم لتناقص ضغط الارتفاع، والتوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات الخاصة بكل ركيزة . وتم ايضا تعزيز نتائج هذه التجارب بواسطة برنامج رياضي يحوي مجموعة من البرامج الفرعية.

المقدمة

من المشاكل الرئيسية التي تواجه المهندسين في تصميم المنشآت الهيدروليكية هي مشكلة التسرب خلال طبقة التربة المسامية التي اقيم فوقها المنشأ، ونتيجة لتسرب المياه أسفل المنشآت يتولد ما يسمى بضغط الارتفاع (Uplift Pressure) على قاعدة المنشأ وكذلك تتولد قوى التسرب (Seepage Forces) التي تحاول جرف حبيبات التربة مسببة ما يعرف بالانجراف الداخلي (Piping). ويعرف ضغط الارتفاع بانه عبارة عن ضغط الماء تحت أرضية المنشأ الهيدروليكي الذي يعمل على دفع الارضية نحو الأعلى. وعند تصميم أرضية المنشآت الهيدروليكية تبرز نقطة مهمة وهي تقليل مشاكل التسرب ومن أهمها تقليل قيم ضغط الارتفاع ومن أحد الطرق الهندسية الواجب اتباعها للحد من هذه المشاكل هي استخدام الركائز الصفائحية (sheet piles) في مقدم أو مؤخر المنشأ أو في منطقة وسطية بين المقدم والمؤخر (Harr, 1962; Fattah, 1982 and Ijam, 1993). في هذا البحث تم الاعتماد على تجربة

عملية باستخدام نموذج مشابه لاحدى المنشآت الهيدروليكية الموجودة في العراق ثم تمت اضافة ركيزتين صفائحتين لهذا المنشأ في الوسط والمؤخر، تم غرس النموذج في صندوق خشبي محكم قابل للتحريك من احد جوانبه (الجزء القابل للحركة زجاجي) وذلك لغرض تفريغ التربة بعد نهاية كل تجربة، مثبت فيه انبويان للتحكم بمنسوب المياه في طرفي مقدم ومؤخر المنشأ، يوجد في جسم النموذج مجموعة ثقب لتثبيت الانابيب البيزومترية من البلاستيك فيها، كما في الشكل رقم (١) و قد تم الاعتماد على طريقة خوصلا (khosla) لحساب قيم ضغط الاصعاد للحالة القياسية كما تمت مقارنة هذه القيم ايضا بطريقة لين (Lane) والتي أعطت تفسيراً جيداً لتوزيع الشحنة البيرومترية وخصوصاً لحالات الميلان وتم بعد هذا تعزيز النتائج ومقارنتها بالبرنامج النظري الذي درس جميع الحالات السابقة الذي يعتمد على طريقة الإرخاء لحساب الشحنة البيرومترية عند أية نقطة اسفل المنشأ ومن ثم حسابها بعد إزاحة الركائز بزوايا وبأوضاع مختلفة في مقدم ووسط ومؤخر المنشأ مع بقاء منسوب اسفل الركيزة ثابتاً حيث تم دراسة تأثير الميلان على ركيزة مقدم ومؤخر المنشأ وعلى الركيزة الوسطية ولكل حالة على حدا.



شكل رقم (1): النموذج الخاص بالتجارب العملية

أ- الطريقة التحليلية:

تمت الاستعانة بطريقة خوصلا (Khoslah) للحالة القياسية وطريقة لين (Lane) في بعض الحالات والمسافات التي تعذر فيها تثبيت الانابيب البيرومترية وكذلك لبعض الحالات التي

ظهرت فيها قيم ضغط الاصعاد غير معقولة والذي قد يعزى الى حدوث مشاكل كالنحر الانبوبي (Piping) مثلا.

١- طريقة خوصلا:- (Khoslah Theory)

تتميز هذه الطريقة بسهولةها وكونها قابلة للتطبيق على كافة الاشكال المختلفة للمنشآت وتعتمد على ايجاد قيم للشحنة البيرومترية لنقاط محددة تسمى (Key point) في الأوجه الداخلية والخارجية وقعر الركيزة، ثم يتم تصحيح هذه القيم بالاعتماد على معالات خاصة ومن ثم ايجاد الشحنة البيرومترية لاية نقطة على طول الارضية بإجراء عملية التقريب (Interpolation). (Bureau of Reclamation, 1977; Leliavsky, 1979)

٢- طريقة لين:- (Lane Theory)

تعتمد هذه الطريقة في حساب طول خط الزحف على تميز الاجزاء الافقية من الاجزاء العمودية ويتم اعتبار الجزء المائل بزاوية اكبر من 45° كجزء عمودي والأقل من 45° كجزء افقي .

$$LW = \frac{1}{3}N + V \quad (1) \dots$$

حيث:

LW : خط الزحف الموزون

N : مجموع المسافات الأفقية + المسافات المائلة بزاوية اقل من 45° مع الأفق

V :مجموع المسافات العمودية+المسافات المائلة بزاوية اكبر من 45° مع الأفق (Nassir, 1993)

ويتم حساب ضغط الاصعاد اعتمادا على قيمة الزحف الكلي المحسوبة بهذه الطريقة وفي الحالات المدروسة فانه من الواضح انه عندما تكون زاوية ميلان الركيزة 37° ويسارا فان الركيزة تكون مائلة مع الافق بزاوية 53° اي اكبر من 45° ولهذا فانها تعتبر جزءا عموديا . أما عندما تكون الركيزة مائلة بزاوية 76° مع الشاقول باتجاه خارج جسم المنشأ تكون الركيزة مائلة مع الافق بزاوية اقل من 45° فتعتبر جزءا افقيا مما يعطي تفسيراً مناسباً للنتائج.

ب- الحل الرياضي و بعض الاشتقاقات الخاصة بالركائز المائلة:

من المعلوم أن المعادلة التي تفسر الجريان خلال الترب النفاذة هي معادلة دراسي وبالصيغة:-

$$V = Ki \quad (2) \dots$$

حيث ان:

V = السرعة خلال الوسط المسامي

K = معامل الارتشاح او النفاذية

i = الانحدار الهيدروليكي

وعلى اعتبار إن الجريان مستقر ومنتظم ، حيث تم اخذ شريحة من التربة بأبعاد dx, dy, dz وكانت مركبات السرعة عند مدخل الشريحة وعلى طول المحاور x, y, z هي u, v, w وعند الأخذ بنظر الاعتبار معادلة الاستمرارية (Continuity equation) .

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \dots (3)$$

حيث تعتبر المعادلة (3) صيغة عامة لمعادلة الاستمرارية في الجريان الغير القابل للانضغاط الثلاثي البعد وبتطبيق معادلة دارسي وعلى فرض ان معامل النفاذية متماثل لكل الاتجاهات.

$$K_x = K_y = K_z$$

$$u = K_x \frac{\partial h}{\partial x}, v = K_y \frac{\partial h}{\partial y}, w = K_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

حيث أن h : الشحنة الهيدروليكية

بعد إجراء التفاضل على المعادلة اعلاه نحصل على

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots (4)$$

وللجريان ثنائي البعد

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad \dots (5)$$

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة لابلاس (La Placian Equation)

من أهم الطرق التقريبية المستخدمة لحل مشاكل الجريان المحصور (Confined flow) والتي وجدها العالم Southwell طريقة عددية تم استخدامها بنجاح للحصول على حلول تقريبية لمشاكل معقدة ، وهي عملية الارخاء (Relaxation Method) والتي تعتمد على حسابات الاختلافات المحددة. مبدئياً تكون الطريقة بتقاييل المعادلات التفاضلية الجزئية Partial differential equations للمنطقة المجاورة الى معادلات اختلافات جبرية Algebraic

difference equation وبعتماد معادلة لابلاس للجريان الثنائي البعد معادلة رقم (٥)

وبالتطبيق على الشبكة المربعة مثلا الموضحة في الشكل (٢- أ) وبافتراض ان المسافة α متناهية في الصغر بحيث لا يعطي التغيير الخطي بين النقاط المتجاورة خطأ. في اتجاه x - يتم تحويل معادلة تفاضلية جزئية الى معادلة جبرية كالآتي:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{[(h_1 - h_0)/\alpha] - [(h_0 - h_3)/\alpha]}{\alpha} = \frac{h_1 + h_3 - 2h_0}{\alpha^2} \quad \dots (6)$$

في اتجاه y - يتم تحويل معادلة تفاضلية جزئية إلى معادلة جبرية كالآتي:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{h_2 + h_4 - 2h_0}{\alpha^2} \quad \dots (7)$$

بجمع المعادلتين.....(٦) و(٧) نحصل على:

$$4h_0 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad \dots (8)$$

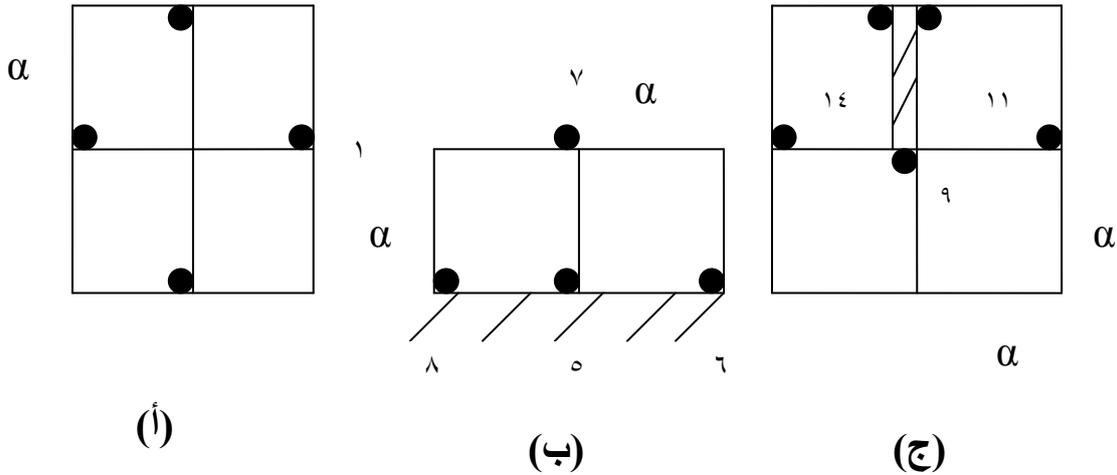
والمساواة تكون اقرب اكثر كلما كان حجم عقد الشبكة قليل وبنفس الطريقة للشكل (٢-ب)

$$4h_5 = 2h_7 + h_6 + h_8 \quad \dots (9)$$

و للشكل (٢-ج)

$$4h_9 = 0.5h_{13} + 0.5h_{12} + h_{10} + h_{14} + h_{11} \quad \dots (10)$$

(Ihsan, 1989)



شكل رقم (٢): مخطط توضيحي لقياس ضغط الاصعاد للحالات القياسية

المعادلات الخاصة بالحالات المائلة ولبعض الاوضاع العامة

١-الركائز المائلة بزاوية 37°

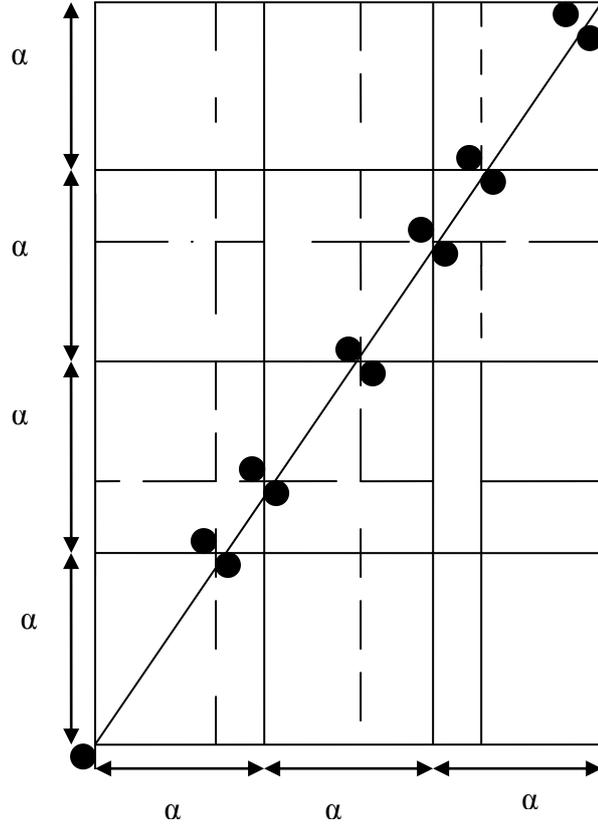
تكون المعادلة العامة كالآتي:

$$\dots (11) h(i, j) = \frac{1}{19.8} [16h(i, j-1) + 16/9h(i, j+1) + h(i-1, j) + h(i+1, j)]$$

كما في الشكل (٣-أ) ويقصد بها كون العقدة التي يتم إيجاد ضغط الاصعاد فيها غير محاطة بحدود أو (Boundary conditions) علما بان كل عقدة في شبكة الجريان الخاصة بهذه الحالة

تكون لها معادلة خاصة بها وحسب وضعية مجاورتها للعقد الأخرى أول

(Boundary conditions).



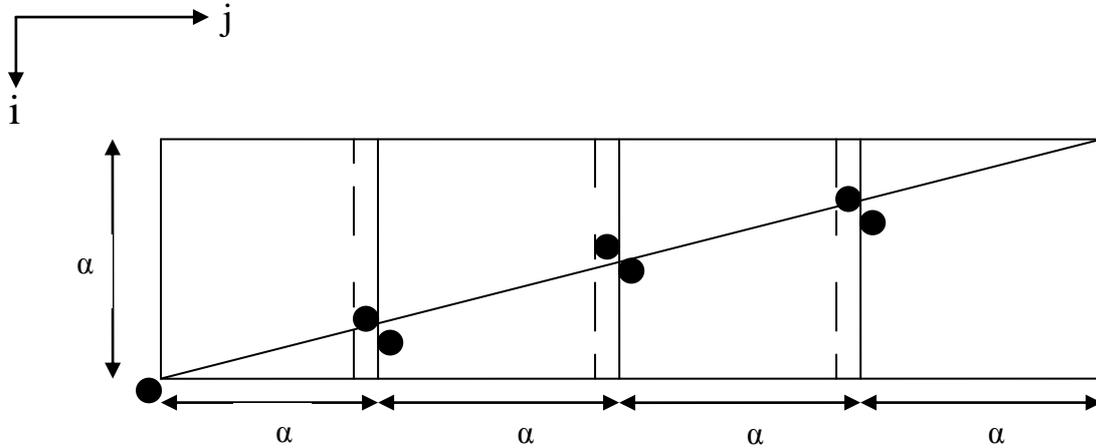
شكل رقم (٣-١): مخطط توضيحي للركيزة المائلة نحو اليسار بزاوية ٣٧°

٢-الركائز المائلة بزاوية 76°

المعادلة العامة:

$$\dots(12) h(i, j) = \frac{1}{19} [h(i, j-1) + h(i, j+1) + 16h(i-1, j) + h(i+1, j)]$$

وقد تختلف هذه المعادلات حسب اختلاف النقطة التي يتم عندها حساب الشحنة البيزومترية واختلاف موقع هذه النقطة وبعدها عن الركيزة المائلة ، كما في الشكل (٣-ب).



شكل رقم (٣-ب): مخطط توضيحي للركيزة المائلة نحو اليسار بزاوية ٧٦°

الحسابات ومناقشة النتائج

تم اختيار المنشأ الموضح في الشكل رقم (١) والذي تم تصميمه وفق أسس معينة منها كون التربة من نوع coarse sand، حيث إن منسوب الماء في طرف مقدم المنشأ الأصلي يساوي 32.55 ومنسوب القعر (bed level) يساوي ٢٤ m و تصريف المنشأ الأصلي $q=23.185\text{m}^3/\text{sec}$ وتم التحكم في المختبر بالمحافظة على الفارق بين منسوب الماء في المقدم ومنسوب القعر = ٨.٥٥ تحويل ذلك بمقياس مناسب حيث تمت مراعاة شروط التشابه الهندسي. ومن ثم تم حساب ضغط الإصعاد على أرضية المنشأ بطريقة Khoslah فكانت النتائج كما في الجدول التالي:

جدول رقم (١): قيم ضغط الإصعاد على أرضية المنشأ وللحالة القياسية

المسافة من مقدم المنشأ Distance from u/s side(m)	0	3	6	9	9	12	15	18
ضغط الإصعاد Uplift pressure (m)	4.34	4.22	4.125	4.03	2.9	2.81	2.71	2.625

المسافة من مقدم المنشأ Distance from u/s side(m)	21	24	27	30
ضغط الإصعاد Uplift pressure (m)	2.53	2.44	2.34	2.25

المنشأ مزود بثلاث ركائز بالأطوال المثبتة والتي تم التحقق منها بطريقة خوصلا (Khoslah).

وفيما يأتي مناقشة حالات ميلان الركيزة في مقدم ووسط ومؤخر المنشأ:

١- ميلان الركيزة في مقدم المنشأ:-

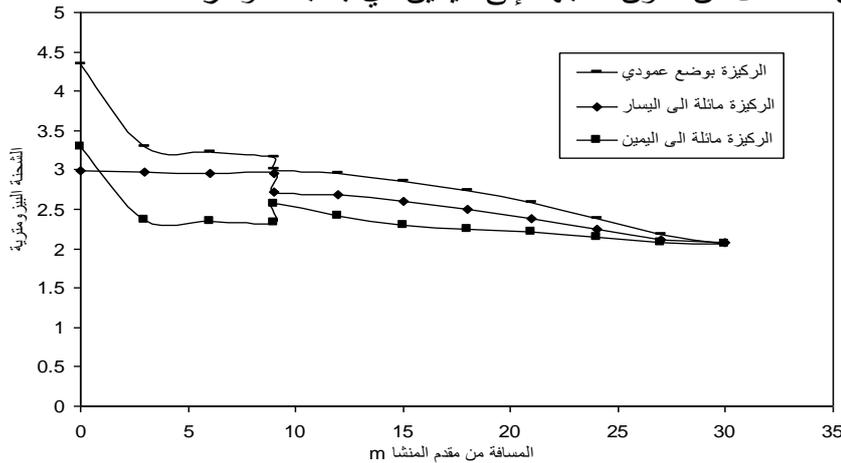
أ:- زاوية الميلان 37° مع الشاقول:

في البدء تم حساب ضغط الإصعاد أسفل المنشأ للحالة القياسية والمتمثلة بالركائز العمودية التقليدية في مقدم ووسط ومؤخر المنشأ وتم الحصول على منحنى لتوزيع الشحنة البيزومترية أسفل المنشأ الهيدروليكي وتمت مقارنة جميع الحالات بهذه الحالة إثناء دراسة الركيزة في مقدم المنشأ تم استخدام ميل 37° مع الشاقول في المقدم مرة موجهة إلى اتجاه مقدم المنشأ ومرة أخرى موجهة إلى اتجاه مؤخر المنشأ وبالرجوع إلى المنحنى في الشكل رقم (4-أ) نلاحظ تناقص واضح في ضغط الإصعاد أثناء توجيه الركيزة المائلة إلى اليسار وخصوصاً في المنطقة القريبة من مقدم المنشأ وتصل أكبر قيمة للتناقص أكبر من 30% في منطقة المقدم أما عند توجيه الركيزة المائلة ب 37° مع الشاقول نحو اليمين أي باتجاه داخل مقدم المنشأ نلاحظ أن التناقص

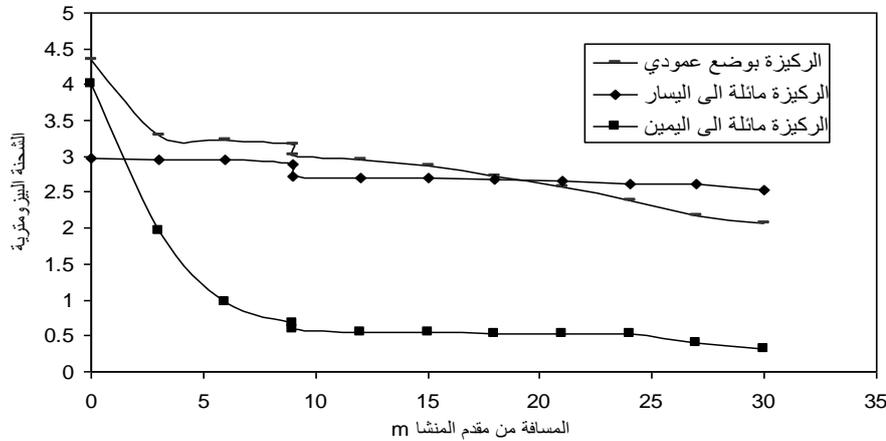
اكبر في اغلب المناطق وهذا واضح من ملاحظة المنحنيات في الشكل مما يدل على أن ميلان الركيزة باتجاه المقدم يسبب تناقص في ضغط الاصعاد بشكل كبير.

ب:- زاوية الميلان 76° مع الشاقول

بالرجوع إلى الشكل رقم (٤-ب) نلاحظ عند توجيه الركيزة المائلة ب 76° مع الشاقول نحو اليسار أولاً يظهر تناقص في الضغط الاصعاد ولغاية 18 متر من الأرضية بدأ من مقدم المنشأ وبنسبة تزيد على 30% أحيانا ، وبعد هذه المسافة يتقارب قيم ضغط الاصعاد لكل المناطق أما عند توجيه الركيزة المائلة ب 76° إلى اليمين أي نحو المقدم يظهر التناقص الشديد في ضغط الاصعاد وعلى طول الأرضية ويصل التناقص أحيانا إلى نسبة تزيد عن 80% آلا أنه من الملاحظ أن التناقص هو أكثر في المناطق القريبة من مؤخر المنشأ والمتمثلة بالمنطقة بين الركيزة الوسطية والركيزة في مؤخر المنشأ ومن الملاحظ أن توجيه الركيزة في مقدم المنشأ بزوايا صغيرة أو كبيرة يؤدي إلى تقليل في ضغط الاصعاد وخصوصا للزاوية 37° اما بالنسبة للزاوية الكبيرة فمن الأفضل أن تكون متجهة إلى اليمين أي باتجاه مؤخر المنشأ .



شكل (٤- أ): توزيع الشحنات البيزومترية لحالتي ميلان ركيزة المقدم بزاوية 37°



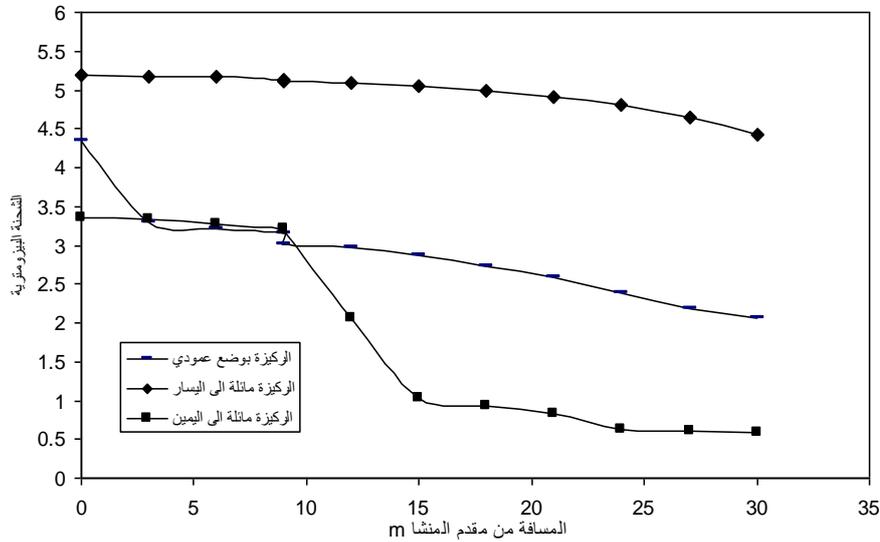
شكل (٤- ب): توزيع الشحنات البيزومترية لحالتي ميلان ركيزة المقدم بزاوية 76°

٢- ميلان الركيزة في وسط المنشأ

لدراسة تأثير ميلان في وسط المنشأ تم استخدام زاويتي الميل 37° و 76° مع تدوير اتجاهاتها إلى اليمين وإلى اليسار ومن المعلوم أن المنشأ الهيدروليكي وبالوضعية الموجودة مقسم إلى منطقتين منطقة مقدم المنشأ إلى حد البوابة والمتمثلة بالمسافة من مقدم المنشأ إلى حد الركيزة الوسطية ومنطقة أخرى متمثلة من الركيزة الوسطية إلى حد المؤخر ومن ملاحظة نتائج دراسة ميلان الركيزة الوسطية تباينت النتائج حسب هاتين المنطقتين وكما يلي :

١-زاوية ميلان الركيزة الوسطية 37°

من ملاحظة الشكل (4 -ج) والذي يوضح نتائج الدراسة للركيزة الوسطية انه بتوجيه الركيزة الوسطية المائلة ب 37° إلى اليسار نحو منطقة المقدم يظهر تزايد في ضغط الاصعاد في جميع المناطق . أما بتوجيه الركيزة المائلة ب 37° نحو اليمين أي نحو منطقة المؤخر يظهر تناقص في ضغط الاصعاد في اغلب المناطق من البداية إلى المؤخر ولكن من ملاحظة النتائج يبدو أن المنطقة المحصورة بين الركيزة الوسطية وركيزة المؤخر يظهر فيها تناقص اشد يصل أحيانا إلى اكثر من 70% في نقطة مؤخر المنشأ حيث من الواضح أن التناقص يبدأ بالازدياد نحو المؤخر أما المنطقة من مقدم المنشأ لغاية الركيزة الوسطية يظهر فيها التناقص طفيف .

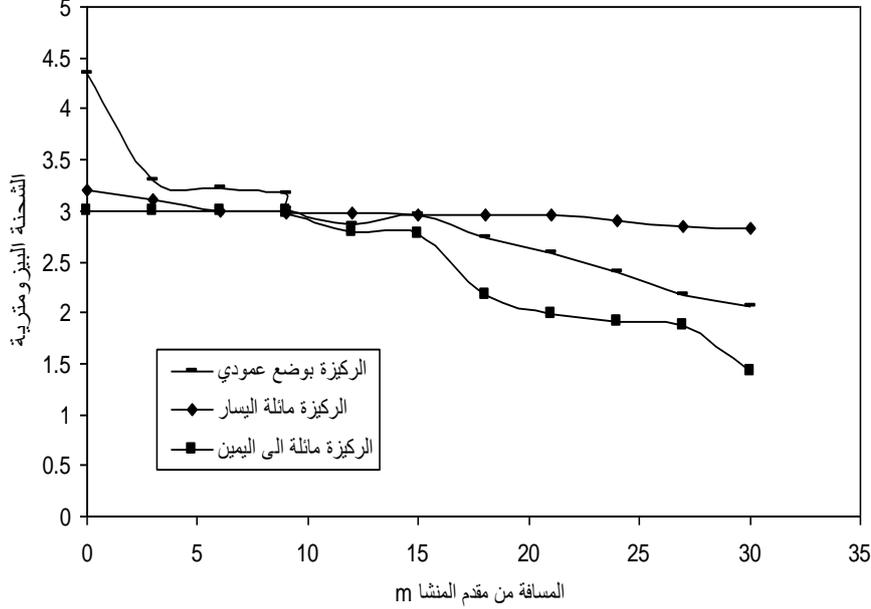


الشكل (٤ - ج): توزيع الشحنات البيزومترية وحالتي ميلان 37° درجة للركيزة الوسطية

ب- زاوية ميلان الركيزة الوسطية 76°

تظهر نتائج دراسة هذه الحالة في الشكل (4-د) في البداية وعند توجيه الركيزة المائلة ب 76° نحو اليسار أي نحو مقدم المنشأ يظهر تناقص في ضغط الاصعاد ويصل إلى 20% في المنطقة الأولى من مقدم المنشأ ولغاية الركيزة الوسطية اما المنطقة المتمثلة من الركيزة الوسطية وإلى

المؤخر فيظهر فيها تفاوت في ضغط الاصعاد وقد يظهر تزايد في بعض النقاط. أما عند توجيه الركيزة المائلة 76° نحو اليمين أي نحو المؤخر يظهر التناقص في جميع المناطق من البدء إلى المؤخر ويصل هذا التناقص أحيانا إلى 30% أو أكثر.



الشكل (٤-د): توزيع الشحنة البيزومترية وحالتي ميلان 76° درجة للركيزة الوسطية

٣- ميلان الركيزة في مؤخر المنشأ:

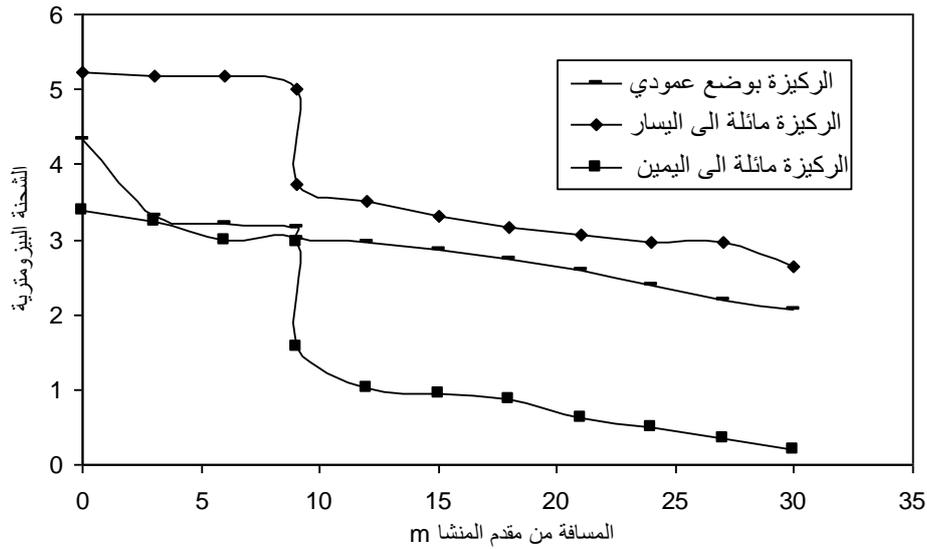
في هذا الجزء من الدراسة تم استخدام الزاويتين 37° و 76° وكما يلي :

أ- زاوية ميلان الركيزة في مؤخر المنشأ 37°

عند توجيه الركيزة المائلة ب 37° نحو اليسار أي نحو المقدم يظهر تناقص واضح في ضغط الاصعاد في اغلب المناطق وكان التناقص اكثر في المناطق القريبة من مؤخر المنشأ. أما عند توجيه الركيزة المائلة ب 37° نحو اليمين أي خارج جسم المنشأ يظهر تناقص في ضغط الاصعاد لمسافات قصيرة جدا.

ب- زاوية ميلان الركيزة في مؤخر المنشأ 76°

عند توجيه ركيزة المؤخر ب 76° نحو اليسار أي نحو مقدم المنشأ ظهرت زيادة غير مرغوب فيها في ضغط الاصعاد و لجميع المناطق. أما عند توجيه ركيزة المؤخر بزاوية 76° نحو اليمين ظهر تناقص واضح في ضغط الاصعاد في جميع المناطق وبالأخص المنطقة من الركيزة الوسطية إلى ركيزة المؤخر حيث يصل التناقص في هذه المنطقة أحيانا إلى 90% وفي مناطق اخرى يصل التناقص إلى 20% وهذا واضح في الشكل (4-و).



الشكل (٤- و): توزيع الشدنة البيزومترية وحالتي ميلان ركيزة المؤخرة بزوايا ٧٦

النتائج النظرية

ظهرت بعض الفروقات بين النتائج النظرية الموضحة في الجداول من (2-4) مع النتائج العملية الجداول (٥-٦) كان معدل الفرق لاغلب الحالات 16.7% أما لبعض الحالات التي اظهرت فيها النتائج العملية قيم غير متباينة لقيم ضغط الاصعاد لجميع النقاط وعلى مسافات مختلفة من المنشأ كان الفرق بين النتائج النظرية والعملية اكبر من معدل الفرق السابق ومن ملاحظة الجداول رقم (٧-٩) يظهر تقارب بين النتائج النظرية والتحليلية اكثر من التقارب بين النتائج العملية والنظرية وهذا يعزى لعدة اسباب منها حدوث النحر الانبوبي وخصوصا في الحالات التي تمت فيها اخراج النموذج وتغيير التربة عدة مرات كما ان استعمال مقياس صغير نسبيا قد يكون هو المسبب في هذا التباين كما انه من الممكن حدوث تسرب اضافي من جوانب الجسم وخصوصا بعد تكرار اخراج المنشأ واعادة وضعه .

النتائج العملية

يوضح الجدولين رقم (٥) و(٦) النتائج التي ظهرت اثناء اجراء التجارب العملية وبالاخص على ركيزة مقدم المنشأ وركيزة المؤخر في حين تعذر تغيير حالة الميلان للركيزة الوسطية.

جدول رقم (٢): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مقدم المنشأ

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للركائز العمودية	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37°		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76°	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	2.99	3.29	2.97	4.01
3	3.30	2.97	2.37	2.96	1.97
6	3.22	2.95	2.35	2.96	0.97
9	3.16	2.95	2.33	2.90	0.67
9	3.01	2.72	2.56	2.73	0.60
12	2.96	2.69	2.42	2.70	0.55
15	2.86	2.60	2.29	2.70	0.55
18	2.73	2.50	2.25	2.68	0.53
21	2.58	2.38	2.21	2.65	0.52
24	2.39	2.24	2.15	2.62	0.52
27	2.18	2.11	2.08	2.61	0.41
30	2.06	2.08	2.06	2.54	0.32

جدول رقم (٣): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة للركيزة الوسطية

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للركائز العمودية	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37°		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76°	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	5.19	3.36	3.21	2.99
3	3.30	5.18	3.33	3.1	2.99
6	3.22	5.17	3.28	3	2.99
9	3.16	5.13	3.22	2.99	2.99
9	3.01	5.12	3.19	2.98	2.98
12	2.96	5.09	2.07	2.97	2.79
15	2.86	5.05	1.03	2.96	2.78
18	2.73	4.99	0.93	2.95	2.18
21	2.58	4.91	0.82	2.95	1.99
24	2.39	4.81	0.62	2.91	1.91
27	2.18	4.65	0.61	2.85	1.88
30	2.06	4.42	0.58	2.82	1.42

جدول رقم (٤): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مؤخر المنشأ

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للركائز العمودية	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37°		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76°	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	3.01	3.05	5.24	3.38
3	3.3	3.01	3.02	5.18	3.23
6	3.22	3	3	5.17	2.99
9	3.16	2.99	3	5	2.96
9	3.01	2.96	2.99	3.73	1.58
12	2.96	2.89	2.98	3.5	1.02
15	2.86	2.88	2.97	3.31	0.94
18	2.73	2.79	2.96	3.17	0.86
21	2.58	2.61	2.96	3.07	0.63
24	2.39	1.86	2.91	2.97	0.49
27	2.18	1.76	2.9	2.96	0.36
30	2.06	0.92	2.89	2.65	0.21

جدول رقم (٥): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مقدم المنشأ للتجارب العملية

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للركائز العمودية (البرنامج النظري)	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37°		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76°	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	3	3	4.5	4.٠
3	3.3	3	3	3	3
6	3.22	3	3	3	٣
9	3.16	2.59	٣	3	2.9
9	3.01	2.59	2.9	3	2.78
12	2.96	2.8	2.9	2.5	2.6
15	2.86	2.8	2.6	2.5	2.7
18	2.73	2.7	2.6	2.5	2.7
21	2.58	1.87	2.6	2.46	2
24	2.39	1.87	1.75	2.4	1.7
27	2.18	1.75	1.75	2.1	2.8
30	2.06	1	1	2.0	2.7

جدول رقم (٦): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مؤخر المنشأ للتجارب العملية

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للكائز العمودية (البرنامج النظري)	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37°		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76°	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	3.5	3.0	4.94	4
3	3.3	3.04	3.0	4	3
6	3.22	3.05	3.0	4	2.5
9	3.16	2.97	3.0	4.3	2.5
9	3.01	2.97	2.9	3.75	2
12	2.96	2.8	2.8	3.5	1.9
15	2.86	2.8	2.٨	3.٥	1.45
18	2.73	2.6	1.07	3.٥	0.99
21	2.58	2.٨	1.07	2.9	0.95
24	2.39	2.18	1.05	2.9	0.75
27	2.18	1.75	0.45	2.9	0.75
30	2.06	1	0.45	2.6	0.5

أما لحالة الركيزة الوسطية فلقد تعذر تغيير حالة الميلان للركيزة الوسطية للتجربة العملية

جدول رقم (٧): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مقدم المنشأ المحسوبة بطريقة

لين (Lane)

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للكائز العمودية (البرنامج النظري)	الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 37° Lane		الشحنة البيزومترية للركائز المائلة 76° Lane	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
0	4.34	2.9	3.9	2.96	4
3	3.30	2.87	2.3	2.95	1.97
6	3.22	2.87	2.35	2.94	0.97
9	3.16	2.88	2.33	2.90	0.67
9	3.01	2.82	2.56	2.73	0.60
12	2.96	2.65	2.44	2.70	0.55
15	2.86	2.60	2.25	2.65	0.53
18	2.73	2.55	2.23	2.68	0.52
21	2.58	2.3	2.21	2.65	0.51
24	2.39	2.25	2.15	2.55	0.49
27	2.18	2.1	2.08	2.61	0.47
30	2.06	2.0	2.06	2.54	0.33

جدول رقم (٨): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة للركيزة الوسطية المحسوبة بطريقة

لين (Lane)

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للكانز العمودية (البرنامج النظري)	الشحنة البيزومترية للركانز المائلة 37° Lane		الشحنة البيزومترية للركانز المائلة 76° Lane	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
		0	4.34	5.077	3.3
3	3.30	5.2	3.13	3.46	2.٢9
6	3.22	5.11	3.28	3.2	2.5
9	3.16	5.1	3.1	2.86	2.4
9	3.01	4.9	3.0	2.98	2.35
12	2.96	4.09	2.0	2.97	2.36
15	2.86	3.99	1.5	2.96	2.45
18	2.73	3	0.99	2.95	2.25
21	2.58	2.99	0.89	2.95	2
24	2.39	2.99	0.67	2.90	1.9
27	2.18	2.1	0.65	2.6	1.77
30	2.0	2	0.58	2.85	1.3

جدول رقم (٩): قيم الشحنة البيزومترية لحالات مختلفة لركيزة مؤخر المنشأ لمحسوبة

بطريقة لين (Lane)

المسافة من مقدم المنشأ m	الشحنة البيزومترية للكانز العمودية (البرنامج النظري)	الشحنة البيزومترية للركانز المائلة 37° Lane		الشحنة البيزومترية للركانز المائلة 76° Lane	
		نحو اليسار	نحو اليمين	نحو اليسار	نحو اليمين
		0	4.34	3.09	3.07
3	3.3	3.05	3.03	5	2.96
6	3.22	3	3	4.4	2.9
9	3.16	2.9	2.99	4.3	2.79
9	3.01	2.83	2.98	3.75	1.65
12	2.96	2.77	2.95	3.57	1.02
15	2.86	2.72	2.85	3.35	0.95
18	2.73	2.70	2.19	3.27	0.88
21	2.58	2.6	2.18	3.0	0.76
24	2.39	1.85	2.1	2.95	0.49
27	2.18	1.76	2.09	2.97	0.33
30	2.06	0.953	2.03	2.6	0.29

الاستنتاجات

تمت دراسة إمكانية استخدام الركائز تحت أرضيات المنشآت الهيدروليكية بصورة مائلة دراسة تفصيلية حيث شملت الدراسة جميع الركائز بغية الوصول إلى نتيجة مفيدة تقلل من خطورة زيادة ضغط الاصعاد وبالتالي مما يؤدي إلى تقليل سمك الأرضية وتوفير كمية الخرسانة المستخدمة .

- 1- استخدام الزوايا الزاويتين 37° و 76° كان مفيدا في خفض قيم ضغط الاصعاد وبدرجة كبيرة جدا وخصوصا لركيزة المقدم وهذا واضح في النتائج النظرية والعملية.
- 2- ظهر في بعض الحالات اثناء التجارب العملية تقارب شديد لقيم ضغط الاصعاد لجميع المناطق من مقدم المنشأ ولغاية المؤخر واطهر ذلك اختلافا مع ما ظهر في القيم النظرية في بعض الأجزاء وقد يعزى ذلك الى حدوث بعض المشاكل اثناء التجارب العملية منها حدوث النحر الانبوبي داخل التربة اثناء اجراء بعض من التجارب.
- 3- عند مقارنة الحالة القياسية ظهر تقارب شديد في القيم التي وجدت من البرنامج الرياضي مع القيم التي تم ايجادها بطريقة خوصلا (Khoslah) جدول رقم (١) مما يدل على كفاءة البرنامج في حساب قيم ضغط الاصعاد .
- 4- عند استخدام طريقة لين (Lane) الجداول رقم (٧-٩) ومقارنتهما مع القيم الخاصة بالبرنامج في المناطق التي تعذر تثبيت الانابيب البيزومترية فيها بينت طريقة Lane تقاربا واضحا في بعض القيم مع البرنامج النظري مما يعزز البرنامج لكون طريقة لين (Lane) يأخذ بنظر الاعتبار ميلان ارضية المنشأ بزوايا اصغر او اكبر من 45° .
- 5- في حالة استخدام الركائز المائلة في وسط المنشأ تباين النقص الحاصل في ضغط الاصعاد وحسب موقع الركيزة الوسطية وكان التناقص الاكبر واضحا في المناطق الأقرب إلى المؤخر وللحالات التي ظهر فيها التناقص في ضغط الاصعاد .
- 6- بينت النتائج العملية لحالة ميلان ركيزة مؤخر المنشأ تناقص في قيم ضغط الاصعاد لجميع حالات الميلان ولاغلب المناطق عدا حالة الميلان للركيزة ب 76° نحو اليسار .

References

- Bureau of Reclamation, (1977): Design of Small Dams United States Department of the Interior.
- Leliavsky, S., (1979): Design of Dams for percolation and erosion Chapman and Hall, Oxford and IBH publishing Co.
- Harr M.E., (1962): Ground Water and Seepage Mc Graw Hill.
- Fattah N. Qais and Tawfig S. Sahar, (1982): Comparative Study of Numerical Method for Determination of Piezometric Head Distribution in Steady Ground Water Flow journal of Water resources Iraq, Vol. L.
- Nassir, A.N., (1993): Finite Element for Seepage below Hydraulic Structure on Anisotropic Soil Foundation M.Sc Thesis, Dept. of Civil Eng. University of Basrah, Apr.
- Ijam, A.Z and Hamza, (1993): Effect of Scouring on Stability of hydraulic Structures Journal of Engineering and Technology, Vol.12.
- Ihsan, I.V., (1989): Seepage control analysis below hydraulic structures applying finite element method M.Sc Thesis, Dept. Of Civil Eng. University of Basrah, Oct.

الرموز

V	سرعة الارتشاح	(L/T)
K	معامل النفاذية	(L/T)
i	الانحدار الهيدروليكي	(L/L)
U	سرعة الجريان في المحور X	(L/T)
V	سرعة الجريان في المحور Y	(L/T)
W	سرعة الجريان في المحور Z	(L/T)
H	الشحنة البيزومترية	(L)
q	مقدار وحدة التصريف أو نسبة الجريان	(L ³ /T/L)

Experimental and Theoretical Study for Pizometric Head Distribution under Hydraulic Structures

Cheleng A. Arslan

Sahar A.Mohammad

Department of Civil engineering

College of engineering - University of kirkuk

Received: 2010/12/14: Accepted Date: 2007/2/19

Abstract

In this work an experimental and theoretical study was done to test the effect of upstream, intermediate and down stream sheet piles inclination ,then the optimum case of the uplift pressure reduction was found .The study consisted 12 separated case of these inclined sheet piles with changing the direction of this inclination .Two angles of the inclination were tested 37,67 for each sheet pile .Many of uplift pressure distribution curves under the structure were plotted .Many conclusions for each sheet pile were found also.