قياس الارتفاع الشعري بوساطة عدّاد زئبقي

Détermination de la succion avec un manométre à mercure

الدكتور شوقي مسعد

مدرس في كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

تعالج الدراسة طريقة حساب ضغط الماء في التربة والارتفاع الهيدروليكي الكلي باستعمال مقياس الضغط المتري . *Tensiométre* لتحديد نوعية الجريان من تبخر أو تسرّب أو الحالتين معاً أو انتقال الماء بكافة الاتجاهات نحو جذور النبات .

١ً ــ مقدمة :

يكون ضغط الماء في الترب غير المشبعة أقل من الضغط الجوي . ويتم قياس هذا النوع من الضغط السالب بوساطة عدّاد زئبقي مانومتري موصول بوساطة انبوب الى مرشح نصف مسامي يسمح بالفصل الميكانيكي بين الهواء والماء في التربة ويسمح بتبادل الماء فقط بين المرشح والوسط ومبدأ هذا الجهاز هو قياس تغيّر حجم الماء في الجهاز .

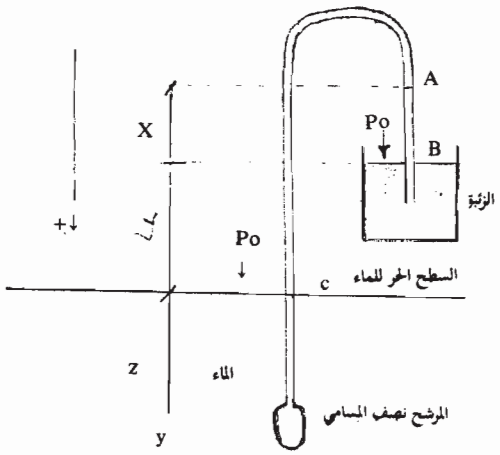
كي تكون القيم المقاسة صحيحة يجب ان يكون المرشح نصف المسامي مشبعاً وعلى اتصال تام مع التربة المحيطة به . يعتبر ضغط الماء في الجهاز بالنسبة للضغط الجوي هو (h) : الارتفاع الشعري . وإذا قسنا الضغط حتى سطح التربة نحصل على الارتفاع الهيدروليكي الكلي (H_t) :

$$H_t = h - z$$

وذلك باعتبار المحور (z) موجه موجباً نحوالأسفل .

٢ً ــ تحديد الارتفاع الابتدائي للجهاز :

لنضع المرشح نصف المسامي للجهاز في وعاء من الماء في النقطة (D) ذات المنسوب (z) تحت السطح الحر للماء ولنصل المرشح بأنبوب مسامي مضمون في حوض من الزئبق وليكن (y) المسافة الفاصلة بين السطح الحر للزئبق والسطح الحر للماء في الوعاء .



شكل (١) ــ الارتفاع الابتدائي للجهاز في الماء

يرتفع الزئبق في الانبوب المسامي حتى الارتفاع (×) فوق السطح الحر للزئبق ويستقر في النقطة(A) . لنفرض إن السطحين : السطح الحر للزئبق في النقطة (B) والسطح الحر للماء في النقطة (C) خاضعان للضغط الجوي نفسه (P_o) أي انه لدينا :

$$P_C = P_B = P_o$$

ليكن المحوى (0z) موجاً موجباً نحو الأسفل ولتكن (ρ_m) الكتلة النوعية للزئبق وتساوي الى (13,6 gr/cm³) و(ρ_w) الكتلة النوعية وتساوي الى (1 gr/cm³) و(g) تسارع الثقالة الأرضية

وتساوي إلى (980 cm/ sec_2) . ومنه يمكن حساب الضغط في النقطة (A) أي (P_A) وذلك باعتبار ان الضغط في النقطة (D) هي (P_D) على الشكل التالي :

$$P_A = P_D - \rho_w . g(z + y + x)$$

وكذلك يمكن حساب الضغط (P_D) :

$$P_D = P_C + \rho_w . g . z = P_O + \rho_w . g . z$$

وبتعويض (P_D) بما يساويها في معادلة (P_A) نحصل :

$$P_A = P_O - \rho_w . g (y + x)$$

لنحسب (P_A) من عمود الزئبق (AB) :

$$P_A = P_B - \rho_m . g.x = P_O - \rho_m . g.x$$

ومنه :

$$\upsilon - \rho_w . g (y + x) = P_O - \rho_m . g.x$$

وبالتالي :

$$y = \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w} x$$

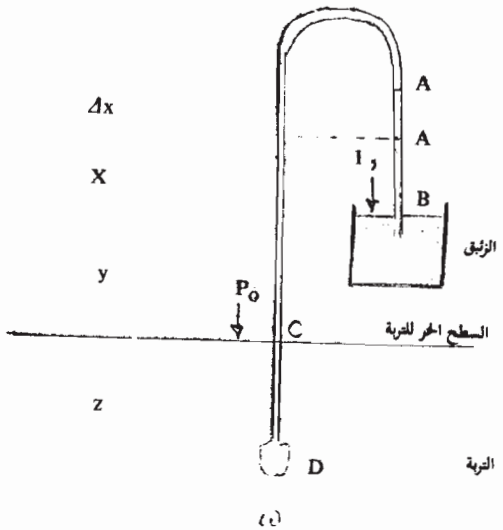
وبتعويض (ρ_m) و(ρ_w) بما يساويها نحصل على :

$$y = 12,6\ x$$

إذاً لحساب (y) : المسافة الفاصلة بين السطحين الحرين للماء والزئبق يكفي قياس (x) وضربها بـ (12,6) .

٣ً ــ حساب الارتفاع الهيدروليكي الكلي :

لنفرض إننا وضعنا المرشح نصف المسامي في تربة غير مشبعة على معافة (z) من السطح الحر للتربة ولنفرض (y) لها القيمة السابقة نفسها أي أننا ثبتنا المعافة الفاصلة بين السطح الحر للزئبق والسطح الحر للتربة .



شكل (٢) ــ جهاز الضغط المتري في تربة غير مشبعة

ليكن (P_w) ضغط الماء الفعلي بالنسبة للضغط الجوي في التربة وفي المستوي (z) عن السطح الحر . وبما ان التربة غير مشبعة فان هذا الضغط الفعلي أقل من الضغط الجوي وتعتبر قيمته سالبة .

يرتفع الزئبق في الانبوب الشعري الى النقطة (A') أي ان المسافة (AA') تساوي الى تغيرات منسوب مستوى الزئبق في الانبوب الشعري بالنسبة لحالة السابقة ولنرمز لها بـ (Δx) .

لدينا قيمته الضغط ($P_{A'}$) عمود الماء (A'D) :

$$P_{A'} = P_w - \rho_w . g (3 + y + x + \Delta x)$$

وفي عمود الزئبق (A'B) يكون الضغط ($P_{A'}$) مساوياً الى :

$$P_{A'} = P_B - \rho_w . g (x + \Delta x)$$

وبما ان ($P_B = P_O$) يكون لدينا :

$$P_w - \rho_w . g (z + y + x + \Delta x) = P_O - \rho_m . g (x + \Delta x)$$

ومنه :

$$\frac{P_w - P_O}{\rho_w . g} = z - \frac{\rho_m}{\rho_w} (x + \Delta x) + (y + x + \Delta x)$$

ولدينا الحالة السابقة :

$$y = \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w} x$$

بالتعويض نجد :

$$\frac{P_w - P_O}{P_w . g} = z - \Delta x \left(\frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w} \right)$$

يعرف الحد ($\frac{P_w - P_O}{\rho_w . g}$)بالضغط الفعلي للماء المقاس في التربة ويسمى بالارتفاع الشعري (h) ومنه :

$$h = z - 12,6\ \Delta x$$

ويعرف الارتفاع الهيدروليكي الكلي بالعلاقة :

$$H_t = h - z$$

ومنه نستنتج :

$$H_t = - 12,6\ \Delta x$$

إذن يمكن حساب الارتفاع الهيدروليكي الكلي (H_t) بقياس تغيرات منسوب الزئبق ضمن الانبوب الشعري بالنسبة للحالة الاولى أي قياس (Δ x) وضربها بالقيمة (12,6 ــ).

يجب الانتباه الى ان قيمة الارتفاع الكلي (H_t) سالبة وان قيمة الارتفاع الشعري (h) أيضاً سالبة بينما قيمة العمق (z) موجبة . ومثال

على ذلك اذا فرضنا ان $z = 50$ cm وان $H_t = -126$ فيكون لدينا :

$$\Delta x = 10 \text{ cm}$$

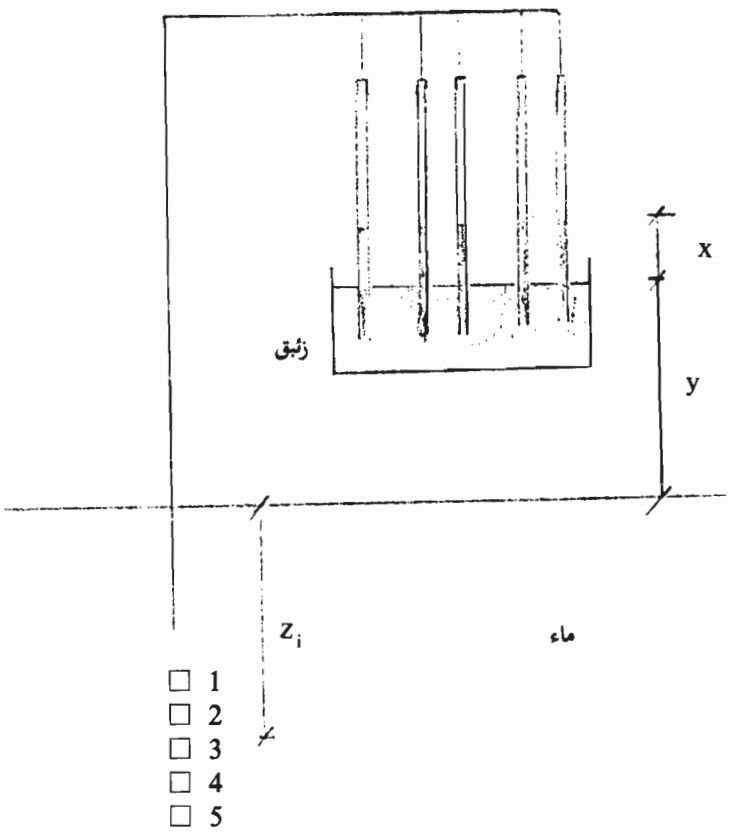
$$h = z + H_t = 50 - 126 = -76 \text{ cm}$$

ويجب الانتباه أيضاً على انه لا يمكن اعتبار كافة القيم السابقة صحيحة الا اذا كان حجم الزئبق في الانبوب الشعري مهمل بالنسبة لحجمه في الحوض والا تغيرت قيمة (y) .

٤ــ تحديد نوعية الجريان في التربة :

لنعتبر عدة مرشحات نصف مسامية موصولة كل منها بانبوب شعري الى الحوض الزئبقي نفسه ولنفرض عددها خمسة مرشحات . وإذا وضعنا هذه المرشحات ضمن حوض من الماء على مستويات مختلفة منسوب كل منها (z_i) فإن الماء ضمن الانابيب الشعرية يرتفع الى المستوى نفسه أي ان الفرق بين السطحين الحرين للماء والزئبق (y) بالنسبة للاجهزة الخمسة واحد ومنه :

$$x = \frac{y}{12,6}$$



شكل (٣) ــ عدة مرشحات نصف مسامية في الماء

وبما ان توزيع الضغط هيدروستاتيكي في كل انبوب من الانابيب الشعرية يمكن ان نبرهن بسهولة انه من أجل كل مرشح من المرشحات نصف مسامية ان المجموع ($z - \frac{P_w}{\rho_w \cdot g}$) ثابت ويساوي الصفر وذلك بفرض ان المستوى المرجعي هو المستوي الحر للماء .

ويمكن أيضاً الاستفادة من تساوي منسوب مستويات الزئبق في كل الانابيب الشعرية في حالة وجود المرشحات نصف المسامية في الماء بانه قد تم الوصول الى الاستقرار الهيدروستاتيكي للمجموعة .

ولكن عندما نضع هذه المرشحات نصف المسامية في التربة يصبح توزيع الضغط غير هيدروستاتيكي ويساعد تغيرات الارتفاع الهيدروليكي الكلي لمعرفة اتجاه الجريان .

بالاعتماد على قانون دراسيّ المعمم نجد ان اتجاه التدفق متعلق بتغيرات الارتفاع الهيدروليكي الكلي حسب العلاقة التالية :

$$q = -K(\Theta).\ \text{grad}\ H_t$$

إذ أن (k) : عامل نفوذية التربة المتعلقة بكمية الماء (Θ) .

$$H_t = h - z$$

وبفرض ان الجريان في التربة شاقولي فقط (أي لدينا فقط التبخر أو التسرب) تصبح العلاقة السابقة على الشكل التالي :

$$q = -K(\Theta)\frac{dHt}{dz} = 12,6.K(\Theta)\frac{dx}{dz}$$

وبما أن اتجاه التدفق الواحدي (q) هو اتجاه المحور (oz) نفسه فأنه يكون لدينا بالنسبة لمرشحين نصف المساميين (z_1) و(z_2) الموجودين على عماق متزايدة أي ($z_2 > z_1$) مايلي :

آ ــ الحالة الاولى : (q) سالبة أي اتجاه الجريان نحو الاعلى : حادثة التبخر في حالة ($x_2 > x_1$) .

ب ــ الحالة الثانية : (q) موجبة أي اتجاه الجريان نحو الأسفل : حادثة التسرب في حالة ($x_2 > x_1$) .

جـ ــ الحالة الثالثة : (q) معدومة أي نقطة التدفق المعدوم في حالة ($x_2 = x_1$) .

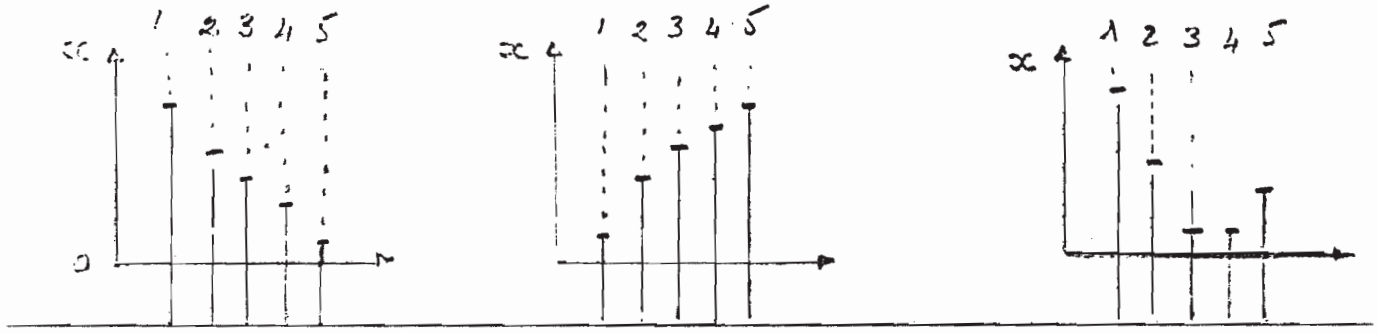
ومنه يمكن الحصول على نوعية اتجاه الجريان باستعمال المرشحات نصف المسامية ذات العدّاد الزئبقي ولكن يجب الانتباه الى انه لا يمكن اجراء التجارب السابقة الا في حالة الترب غير المزروعة وذات ضغط شعري اقل من (- 800 mbars) .

وأما في الترب المزروعة يجب الاعتماد على طرق اخرى وخاصة إذا وجدت نقطة التدفق المعدوم أعلى من المنسوب السفلي للجذور لأنه يكون لدينا في هذه الحالة ما يلي :

آ ــ التسرب وهو عبارة عن جريان الماء في الطبقات العلوية الى الطبقات السفلية من التربة ومنها الى المياه الجوفية .

ب ــ التبخر وهو عبارة عن جريان الماء في التربة من الطبقات السفلية الى الطبقات العلوية من التربة ومنها الى الجو .

جـ ــ امتصاص الجذور **وهو عبارة عن انتقال الماء من التربة إلى النبات عن طريق الجذور** ونقلها الى الأوراق ومنها الى الجو بوساطة عملية النتح .



الزئبق
الحالة الاولى
ــ حادثة التبخر في المجال الواقع بين المرشحات (1) و(5).

الزئبق
الحالة الثانية
ــ حادثة السرب في المجال الواقع بين المرشحات (1) و(5) .

الزئبق
الحالة الثالثة
ــ حالة التبخر في المجال الواقع بين المرشحات (1) و(3) .
ــ حادثة التسرب في المجال الواقع بين المرشحات (4) و(5) .
ــ نقطة التدفق المعدوم في المجال الواقع بين المرشحات (3) و(4) .

شكل (٤) ــ تحديد نوعية الجريان في التربة

المراجع

1 - MASSAD Ch. - 1979.
Rôle de l'éxtration racinaire dans las modalités d'utlisation de l'eau du sol par les cultures - Application à l'irrigation.
Thése de Docteur Ingenieur - université de Toulouse III

2 - Twort - Hoather - Low - 1974
Water Supply
Editions Edward Arnold

3 - Rushton - Redshaw - 1979
Seepage and groundwater flow Editions John Wiley and Sons.