مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية
المجلد ٥ - العدد ٤ من ٨٩ إلى ٩٦

ربيع الأول ١٤٠٣هـ
كانون الأول ١٩٨٢م

طريقة بورشيه في دراسة النظام المتغير للمياه الجوفية
Méthode de Porchet

الدكتور
شوقي الفريد مسعد
كلية الهندسة

١ - مقدمة :

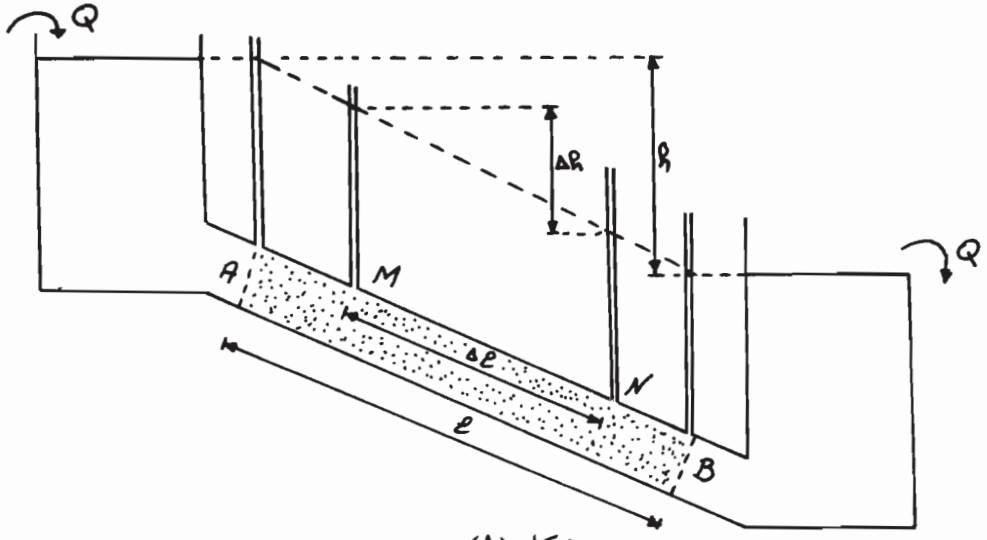
لايمكن دراسة اي مشروع مائي أو صحي دون الاهتمام بكمية المياه الجوفية المخزونة ضمن طبقات التربة ودراسة تذبذبات منسوبها بالاضافة الى نوعيتها وصلاحيتها للاستعمال .

يعتبر علم هيدرولوجيا المياه الجوفية حديث العهد وكانت دراسته حتى وقت قريب مخبرية وتعتمد على قانون دراسي (Darcy) وكانت دراستها في الحقل مستحيلة ولكن الآن بالاعتماد على أجهزة القياس الكهربائية والمسجلة الاوتوماتيكية والنوترونية وغيرها . . أصبحت ممكنة وتعتبر حالياً هيدرولوجيا المياه الجوفية أساساً لدراسة أي مشروع مائي أو بشكل عام أي مشروع هندسي .

قام عدد من البحاثة بدراسة النظام الدائم للمياه الجوفية وذلك بعد تعميم قانون دراسي كدوبوي (Dupuit) ثم وجد بعدئذ انه لا يمكن اعتبار الجريان الجوفي دائماً مستمراً بل غير دائم ومتغيراً وان قيمة التدفق المسحوب بالضخ من الطبقات الجوفية لا يساوي بالضرورة التدفق الجوفي لتغذية الآبار في حالة ايقاف الضخ . وقد اعتمد عدد من البحاثة كجاكوب (Jacob) وتيس (Theis) وبورشيه (Porchet) هذه الظاهرة الأخيرة ودرسوا تغيرات الصفات الهيدروديناميكية للتربة بالنسبة للزمن .

٢ ـ القانون الاساسي للجريان الجوفي :

ليكن لدينا انبوباً طوله (L) يحتوي على عينة من التربة وموصول بين خزانين فرق منسوب الماء الحر بينهما (h) وليكن (Δh) فرق المنسوب البيوزومتري بين نقطتين من عينة التربة .



شكل (١)

اعطى دراسي قانونه الشهير لدراسة جريان المياه الجوفية وذلك بالاعتماد على الميل الهيدروليكي (J) الذي يسمى أيضاً بضياعات الحمولة الواحدية : $J = \frac{\Delta h}{\Delta l}$

وكذلك بالاعتماد على قابلية نفوذية التربة الهيدروليكية (K) . ومنه :

$$V = K \cdot J = -K \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

حيث (V) سرعة جريان الماء ضمن الأنبوب وقد اعطي لها الاشارة السالبة لاننا اعتبرنا ان المحور (OZ) موجه موجباً نحو الأسفل .

وقد تمّ تعميم قانون دراسي وسمي بقانون دراسي المعمم واصبح كالتالي :

$$\vec{V} = -K \frac{dh}{dl} = -K \overrightarrow{\text{grad}\, h}$$

حيث تسمى (h) الحمولة الكلية وتساوي الى بعد النقطة المدروسة (z) مضافاً اليها الارتفاع الموافق للضغط أي :

$$h = z + \underbrace{\frac{p}{\omega}}$$

٣ ـ الفرضيات الأساسية لدوبوي :

درس دوبوي قانون دراسي وذلك بالاعتماد على الفرضيات التالية :

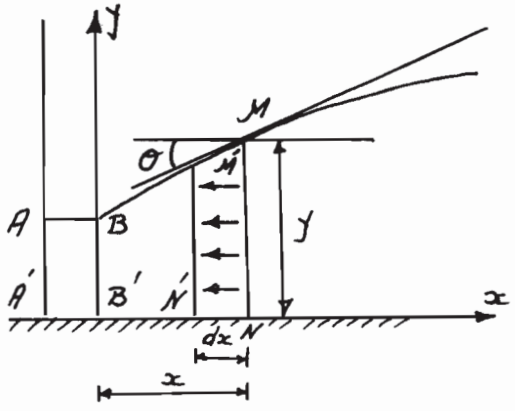
ـ نظام الجريان دائم منتظم ومستمر .

ـ الوسط المسامي متجانس .

ـ السرعة $(\overrightarrow{V})$ متساوية في كل المقاطع الشاقولية ومتوازية فيما بينها ومساوية الى :

$$\overrightarrow{V} = k\frac{dy}{dx}$$

حيث(x) و(y) احداثيات نقطة موجودة على السطح الحر للماء الجوفي .

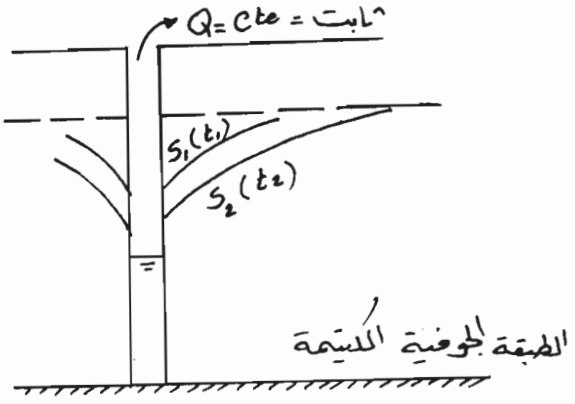


شكل رقم ٢

تحت دراسة حركة المياه الجوفية في الآبار بالاعتماد على الفرضيات السابقة وحساب خاصة عامل قابلية النفوذية(k) . وكذلك تم تطبيق فرضية دوبوي لحساب المسافة الفعلية بين المصارف الجوفية .

٤ ـ الجريان الجوفي المتغير :

تعتبر طريقة دوبوي ان الجريان يصبح منتظماً ومستمراً ودائماً بعد فترة محدودة من الزمن من بداية سحب تدفق معين ثابت من الماء مقداره(Q) من بئر يصل الى الطبقة الكتيمة الأفقية أي تعتبر طريقة دوبوي ان هناك تغذية دائمة ومنتظمة ومستمرة من المياه للطبقة الجوفية . كما لا تتغير الصفات الهيدروديناميكية للمياه الجوفية بعد الضخ في أي نقطة من نقاط هذه الطبقة وتكون مساوية لما كانت عليه قبل الضخ .



شكل رقم ٣

لا يمكن في الحقيقة برهان فرضيات دوبوي اذ انه بعد الضخّ مباشرة يبدأ منسوب المياه الجوفية بالانخفاض وتأخذ شكل قطع مكافىء مختلف عن القطع الاساسي قبل الضخّ وبفرض (S1) المنحني الاساسي قبل الضخّ في الزمن(t1) والمنحني(S2) بعد الضخّ في الزمن(t2) حيث (t2 > t1) لايمكن بالتالي اعتبار هذا الجريان مستمراً كما افترضه دوبوي بل متغيراً كما تبينه التجربة .

٥ ـ المعادلة التفاضلية للجريان المتغيّر وكيفية حلّها :

درس بوسينسك(Boussinesq) الجريان المتغيّر بالفرضيات التالية :

ـ الوسط متجانس .

ـ الطبقة الجوفية غير محدودة وغير مغذاة .

ـ سماكة الطبقة الجوفية صغيرة بالنسبة لابعادها الافقية .

ـ ميل السطح الحر الهيدروستاتيكي للمياه الجوفية مهمل اي ان سرعة الجريان الافقية مهملة .

ـ قيمة تذبذبات السطح الحر للمياه الجوفية ضعيفة بالنسبة لسماكة الطبقة الجوفية .

واعطى المعادلة التفاضلية للجريان المتغيّر التي تربط في نقطة ما من السطح الحر للطبقة الجوفية القيم التالية :

ـ(s) قيمة انخفاض النقطة عن السطح الهيدروستاتيكي الجوفي .

ـ(x) البعد عن مركز البئر .

ـ(t) الزمن المقاس من بداية الضخّ .

ـ(τ) عامل الناقلية .

ـ(S) عامل التخزين .

والتي هي من الشكل التالي :

$$\frac{S}{\tau}\cdot\frac{\partial s}{\partial t}=\frac{\partial^2 s}{\partial x^2}+\frac{1}{x}\cdot\frac{\partial s}{\partial x}$$

بالاعتماد على الفرضيات السابقة تمّ تكامل العلاقة التفاضلية السابقة عام (١٩٣٥) بواسطة الاستاذ تيس(Theis) واعطى منذيل(Menzel) المخططات المناسبة لحلها وكذلك تمّ حلّها بطريقة اخرى عام (١٩٥٠) بواسطة الاستاذ جاكوب(Jacob) .

يتم استعمال هاتين الطريقتين في هندسة المياه الجوفية لحساب قيمة عامل الناقلية وقيمة عامل التخزين .

٦ ـ طريقة بورشيه .

٦ ـ ١ ـ مبدأ طريقة بورشيه :

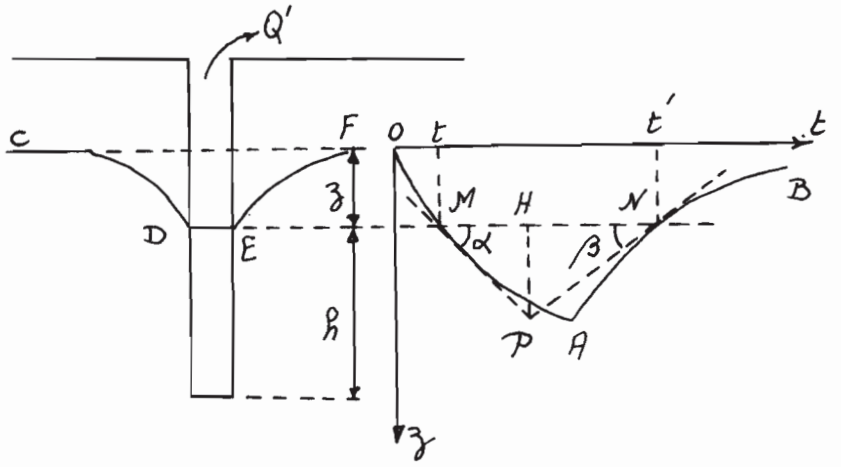
تعتمد طريقة بورشيه على دراسة منحني تذبذبات منسوب مستوى المياه الجوفية في حالة تدفق(Q) من البئر أو في حالة تغذيته بتدفق مختلف(Q) بدلالة الزمن(t) يمكن الحصول على هذا المنحني بطريقتين :

أ ـ الطريقة المسجلة : تسمح هذه الطريقة بالحصول على منحني بشكل مستمر واوتوماتيكي .

ب ـ الطريقة الكهربائية : تستعمل هذه الطريقة في حالة عدم امكانية استعمال الطريقة الاولى او في حالة قطر البئر صغير . نحصل على المنحني في هذه الطريقة بشكل نقطي .

يمكن الحصول على هذا المنحني بقياس تذبذبات منسوب مستوى الماء الجوفي ويمثل بالمحاور المتعامدة التالية :

أ ـ التراتيب : التذبذبات(z) للمستوي الحر (المستوى الديناميكي) المقاسة بالنسبة للمنسوب الستاتيكي قبل الضخّ . يوجه المحور(oz) موجباً نحو الأسفل .



شكل رقم ٤

ب ـ الفواصل : الزمن(t) ويوجه المحور(ot) موجباً نحو اليمين .

يقسم المنحني الى قسمين : القسم الأول(OA) ويمثل انخفاض السطح الحر للماء في حالة ضخّ تدفق ثابت(Q) والقسم الثاني(AB) يمثل ارتفاع الماء الطبيعي من بداية ايقاف الضخّ حيث ان انحناء القسم الأول(OA) موجهاً نحو الأعلى اما انحناء القسم الثاني(AB) نحو الأسفل .

٦ ـ ٢ ـ حساب التدفق الجوفي :

ليكن(Q') التدفق المسحوب من البئر أي تدفق المضخة وليكن(Q) التدفق الجوفي الطبيعي وليكن(z) التذبذبات لارتفاع الماء الكلي في البئر(h) اي ارتفاع الماء في البئر حتى السطح(DE) .

ففي حالة الضخّ بزمن(t) يكون الانخفاض(z) و(E) حجم الماء الكلي للماء المتحرك في السطح(CDEF) يمكن كتابة ضمن هذه الشروط: $Q' = Q + dE/dt$

$$Q = Q + \frac{dE}{dz} \cdot \frac{dz}{dt}$$

وفي حالة ايقاف الضخّ او في حالة التغذية الطبيعية للبئر من الطبقات الجوفية سيمر مستوى الماء بالمستوى(Ed) بعد فترة من الزمن(t') اي ان القيمتين(E) و(z) تساوي القيمتين السابقتين في حالة الضخ . يمكن الكتابة ضمن هذه الشروط وفي الزمن(t) :

$$Q = -dE/dt$$

$$Q = \frac{-dE}{dz} \cdot \frac{dz}{dt}$$

ففي كلا الحالتين تكون قيمة (dE/dz) متساوية بما ان (z) و(h) هي نفسها ولكن (dz/dt) مختلفة وتمثل بميل المماس في النقطة(M) بالنسبة للحالة الاولى وبميل المماس في النقطة (N) بالنسبة للحالة الثانية أي انه يمكن كتابة قيم(dz/dt) كما يلي :

في النقطة(M) وفي اللحظة(t) $dz/dt = tg\alpha$

في النقطة(N) وفي اللحظة(t) :$dz/dt = -tg\beta$

بالتعويض في المعادلات السابقة نجد :

$$Q' = Q + dE/dz\ tg\alpha$$

$$Q = dE/dz\ tg\beta$$

بحذف(dE/dz) من كلى المعادلتين نجد :

$$Q' = Q\ \frac{tg\alpha + tg\beta}{tg\beta}$$

ومن الشكل ـ ٤ ـ نجد ان :

$$tg\alpha = HP/MH$$

$$tg\beta = HP/HN$$

ومنه نحصل على :

$$Q' = Q\ MN/MH$$

ويتم حساب قيمة التدفق الجوفي(Q) :

$$Q = Q'MH/MN$$

أي انه بمعرفة تدفق المضخة(Q) يمكن معرفة قيمة التدفق الجوفي(Q) وذلك بعد رسم منحني تذبذبات مستوي منسوب المياه الجوفية ضمن البئر في حالة الضخّ وفي حالة التغذية بايقاف الضخّ بدلالة الزمن(t) .

٦ ـ ٣ ـ بعض الملاحظات على طريقة بورشيه :

في دراستنا لطريقة بورشيه اعتبرنا ان القيمة(dE/dz) هي نفسها في حالة الضخّ من البئر بتدفق(Q') او في حالة تغذيته بالمياه الجوفية بتدفق(Q) عند ايقاف الضخّ . ولكن لا يمكن الاعتماد على هذه الفرضية الاّ في حالة السيولة الكاملة للماء الذي يجري دون احتكاك ولكن عملياً وخاصة في الجريانات الجوفية لا يمكن الحصول على السيولة الكاملة وتكون (dE/dz) غير متساوية في كلي الحالتين وذلك لان الحالة السابقة للدراسة لايمكن اعتبارها كحالة توازن نهائية وانما كحالة انتقالية التي يمكن الاّ تكون متشابهة في حالة انخفاض مستوي الماء أو ارتفاعه ضمن البئر .

كما انه في الدراسة السابقة تمّ اهمال قيمة الحدّ(k) عامل قابلية نفوذية التربة التي تعتبر العامل الاساسي للجريان الجوفي . لذا فقد قام عدد من البحاثة لتطوير طريقة بورشيه كالمهندس فيبر(Vibert) والمهندس فيراري(Ferrari) وذلك باضافة الحدّ(k) في العلاقة السابقة بالاعتماد على علاقة بوسينسك (Boussinesq) في الجريان الجوفي المتغير ومنه يمكن الحصول على طريقة حسابية تمكننا من حساب تدفق المياه الجوفية وكذلك الخواص الهيدروديناميكية للتربة كحساب العامل(k) ـ قابلية نفوذية التربة ـ والعامل (γ) ـ عامل ناقلية التربة والعامل(S) عامل التخزين .

في الحقيقة تعتبر طريقة بورشيه(Porchet) طريقة سهلة الاستعمال لسهولتها في تجارب دراسة الآبار وحركة المياه الجوفية وكيفية ضخّها وتعطي قيماً تقريبية صحيحة مهما كانت الانتقادات .

المراجع :

1- CASTANY G. - 1967
Traité pratique deseaux souterraines Editions Dunod.
2- DUPONT A. - 1969-
Hydrologie- Tome 1-
Editions Eyrolles.
3- SCHNEEBELI G.- 1978- Nouvelle édition.
Hydrauliqye souterraine.
Editions Eyrolles.