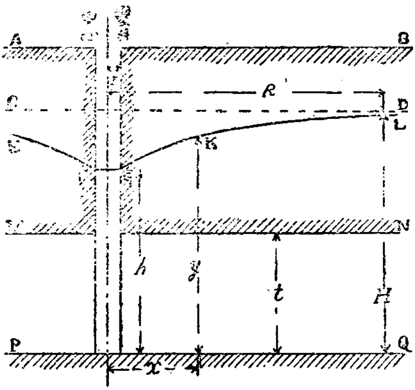
土木

深き掘拔井の水理（工學博士佐野藤次郎氏所論）

第一圖に於てABは地表MNは不透層と含水層との堺又PQは含水層の底とす地表ABは如何なる形狀を問はざれども含水層MN, PQは理論を簡明にする爲め水平なりと假定す可し而して含水層の厚をtとす。

ABよりPQに達して直立の掘拔井を穿ち井の半徑をrとし其含水層を貫く部分の周邊には無數の小孔ありて自由に水の通過し得るものと假定すCDは含水層の靜水位卽ち井より

第一圖



水を取らんとするとき地下水の井に昇る假想水位にして亦水平なりと假定す而してCDはAB上下何れにあるを問はずPQよりの高をHとすEFGKLは同上動水位卽ち井より一定の流量Qを取るとき地下水の占むる假想水位にして井を中心として前後左右何れの方向に於ても等形なりとす而してFG卽ち井內に於てはPQよりの高をhとし任意の點K卽ち井中心よりxなる距離に於てはPQよりの高をyとす理論上にては動水位は井よりの距離無限大なるに至て始てCD線と合する譯なれ共實際は或る距離Rに至れば殆どCD線と合し其以外に至るも著しき變化を見ざる可し此距離の圓內を其井の感應圖(Circle of influence)と稱すRは通常千尺以上萬尺以下とす

今動水位EFGKLの形は(1)式を應用することに依りて求めらる。

$$Q=3.3cd^2SA \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

記號　v = 地層橫斷面積に對する流速(毎一日尺)

　　　Q = 同上流量(毎一日立方尺)

　　　A = 地層橫斷面積(平方尺)

　　　c = 末尾に揭記する係數

　　　d = 砂粒有効徑(みり)

任意の點Kに於て動水勾配は $S=\frac{dy}{dx}$ なる可く又地下水は四方より井に集る假定なるを以て通水斷面積は $A=2\pi xt$ なるを以て(1)或は次の如くなるべし。

$$Q=3.3cd^2\frac{dy}{dx}2\pi xt$$

$$dy=\frac{Q}{6.6\pi cdt}\,\frac{dx}{x}$$

$$y=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\log x+c$$

$x=r$ なるときは $y=h$, 又 $x=R$ なるときは $y=H$ なるを以て

$$H-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\log_e\frac{R}{r}\quad\cdots\cdots(2)$$

$$y=h+\frac{Q}{6.6\pi cd^2tl}\log_e\frac{x}{r}\quad\cdots\cdots(3)$$

$$=H-\frac{Q}{6.6\pi cd^2tl}\log_e\frac{R}{x}\quad\cdots\cdots(4)$$

(2)式に依り井内水位の降下を知り(3)或は(4)に依り動水位の形を知り得べし倘計算に便なる爲め通常對數に換算すれば

$$H-h=\frac{Q}{9cd^2t}\log\frac{R}{r}\quad\cdots\cdots(5)$$

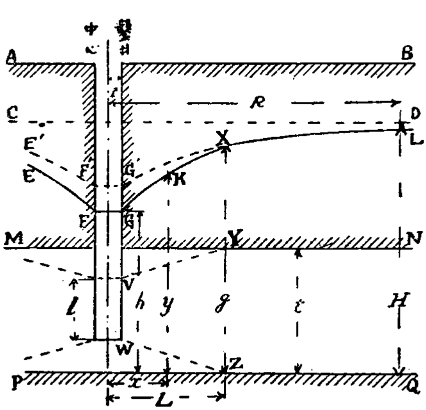
$$y=h+\frac{Q}{9cd^2t}\log\frac{x}{r}\quad\cdots\cdots(6)$$

$$=H-\frac{Q}{9cd^2t}\log\frac{R}{x}\quad\cdots\cdots(7)$$

前述の場合は掘抜井か含水層の底迄達し而して其集水孔(Strainer)は含水層の全厚に設けあるものと假定せり然れども場合に依りては井端か含水層底に達せず或は集水孔を設けたる長が含水層の厚と等しからざることあるべし。

第二圖は斯る場合を示すもの其第一圖と異なる所は井端に於て集水孔の設けある部分は VW 間のみにして其長を l とし層高 t の幾部分に止る此場合の計算法として次の假定を用ふ即ち或る半徑Lを有する圓周 YZ を假想し地下水は NQ より YZ までは含水層の全厚　を通過し YZ より VW までは t より l に漸減する層厚を通過するものとす然るときは水位線 LX は第一圖と等しかるべく若し集水孔が含水層の全厚に設けられたらんには水位は XG' の形をなさんも集水孔を減じ從て通水層漸減の結果として XKG の如き形をなす可し X 點に於ける水位高を g とし G 點即ち井内に於ける水位高を h とす

第二圖



然るとき X は點に於ては(2)式を應用することを得べく左の如し。

$$H-g=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\log_e\frac{R}{L}\quad\cdots\cdots(8)$$

X 點以内に在ては任意の點 K を假想し中心よりの距離を x とし水位高を y とせば之に相當するの通水層の厚は

$l+\frac{(t-l)(x-r)}{L-r}$ なるを以て通水斷面は

$$A=2\pi x\left\{l+\frac{(t-l)(x-r)}{L-r}\right\}$$

なるべくS$=\frac{dy}{dx}$とせば(1)式に依り

$$Q=3.3cd^2\frac{dy}{dx}2\pi x\left\{l+\frac{(t-l)(x-r)}{L-r}\right\}$$

$$dy=\frac{Q}{6.6\pi cd^2}\frac{dx}{x\left\{\frac{Ll-rt}{L-r}+\frac{x(t-l)}{L-r}\right\}}$$

$$y=\frac{Q}{6.6\pi cd^2}\frac{L-r}{Ll-rt}\frac{x}{\left\{\frac{Ll-rt}{L-r}+\frac{x(t-l)}{L-r}\right\}}+c$$

$x=r$ なるなときは $y=h$, $x=L$ なるときは $y=g$

$$\therefore g-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2}\frac{L-r}{Ll-rt}\log_e\frac{Ll}{rt}\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

(8)及(9)を合すれば

$$H-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2}\left\{\frac{1}{t}\log_e\frac{R}{L}+\frac{L-r}{Ll-rt}\log_e\frac{Ll}{rt}\right\}$$

$$=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\left\{\log_e\frac{R}{L}+\frac{Lt-rt}{Ll-rt}\log_e\frac{Ll}{rt}\right\}\cdots(10)$$

(10)式に於てLの値を如何に定むべきや計算の方法なきを以て假定するの外なし

$L=r$　とせば

$$H-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\log_e\frac{R}{r}$$

となり(2)式と同じ然れども此假定に在てlはの長短に無關係となり不合理たるを免かれず實際より過小の結果となるべしL=R とせば

$$H-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2}\quad\frac{R-r}{Rl-rt}\log_e\frac{Rl}{rt}$$

となる然れども此假定に在ては井より遠方なるRの距離よりして地下水の流動か含水層の全厚tを通らざることゝなり不合理たるを免かれず實際より過大の結果となるべし

$$H-h=\frac{Q}{6.6\pi cd^2t}\left\{\log_e\frac{R}{t}+\frac{t-r}{l-r}\log_e\frac{l}{r}\right\}\cdots\cdots(11)$$

となり餘り複雜に渉らず合理的らしき公式となる倘之を通常對數に換算すれば左の如し

$$H-h=\frac{Q}{9cd^2t}\left\{\log\frac{R}{t}+\frac{t-r}{l-r}\log\frac{l}{r}\right\}\cdots\cdots\cdots(12)$$

(12)式に於て $l=r$ 又は $l=0$ なるときは難解なるも實際lはrの數倍乃至十數倍なるを普通とするを以て(12)式は實用に差支へなきものとす

以上に論じた(5)及(12)或は地下水の井端集水孔に達するまでの落差卽ち地層を通過するに要する摩擦を顯はすものにして此以外に集水孔を通過する摩擦井內を上昇する摩擦及其上昇流速を生ぜしむ可き水頭をも要すれども皆普通已知の公式に依り容易に計算せらるべく或は井の徑を適當に選擇すれば此等の水頭落差は僅少にして實際之を無視するも大差なかる可し。

只最注意を要するは第一圖及第二圖に於て地下水が靜水位CD以下に潴溜し恰も地表水に於ける溜池の狀態をなすときなり此場合若し此溜池に流入する水源なきか若くは所要水量Qより少なきときは最初の間は水量豐富なるが如く見ゆるもQなる水量を採取するに於ては CD は漸々降下し遂

に所定の量を得ざるに至るべし故に充分安全なる鑿井たるには地下水は恰も地表水に於ける河川の狀態たらざる可からず卽ちCD線は眞の靜水位に非ずして動水位たるべきなり換言すれば或る緩速度を以て或る方向に流動し其流量が所要の水量以上たる可きなり然るときは永續採取するも滾々として渴水の恐れなきなり。

以上諸公式に插入せられたる係數cの數値に關し信憑すべき所説を次に引用し且計算に便ならしめんがために種々なるdに對しcの各數價を組合はして以てcd^2の表を掲記せり。

スリヒター教授(Prof. Slichter)の説に依れば可成り均一なる粒より成る砂層にありては其空隙度(容積の)に應じて左の係數を得。

空隙度	40%	35%	30%	25%
c	1.000	740	520	340

此係數を用ひ各種有効徑dに相當するcd^2を計算すれば左表の如し。

d (ミリ)	d^2 (ミリ)	dd^2の値 $c=1.000$の場合	$c=740$の場合	$c=520$の場合	$c=340$の場合
3	9	9.000	6.660	4.680	3.061
2	4	4.000	2.960	2.080	1.360
1	1	1.000	740	520	340
0.9	0.84	810	599.4	421.2	275.4
0.8	0.64	640	463.3	332.8	217.6
0.7	0.46	490	362.6	254.8	166.6
0.6	0.36	360	266.4	187.2	122.4
0.5	0.25	250	185	130	85
0.4	0.16	160	118.4	83.2	54.4
0.3	0.09	90	66.7	46.8	30.6
0.25	0.0625	62.5	46.25	32.5	21.25
0.2	0.04	40	29.6	30.4	13.6
0.1	0.01	10	7.4	5.2	3.4

前表に依れば地下水の流量なるものはc及dの變化に依り如何に甚しく增減するかを驚かざるを得ず。

又レムケ氏(Lembke)はダアシークレーベル其他の實驗に依り有効徑を含有したる係數卽ちcd^2を左の如く推稱せり。

砂礫混交……………………1.146
粗大砂……………………342
中位砂……………………93
細　砂……………………18

(大正六年八月土木學會誌第三卷第四號)(米元)

鑄鐵を心と爲せる裝箍混凝土柱の試驗

鋼製螺線狀補强材を以て裝箍せる混凝土柱の心に圓形若くは工字形の斷面を有せる鑄鐵を利用するは其强度に大に貢献するものあるは千九百十六年十一、十二兩月中米國標準局に於てピー、エッチ、ベーツ氏指圖の下にピッツバーグにて一千萬听の試驗機を使用し施行せる諸試驗成績に依りてこれを知るを得べし而してエムバージャー氏柱の米國代表者たる市俄古のエル、ジエー、メンチ氏は米國混凝土學會に贈れる報告に本試驗の成績を記し且つ此方式を以て驗せる二十個の柱と