

水平井戸による集水効果の簡易計算法(その1)

鴻池組 正 進士喜英
国際航業 正 中島 誠
鴻池組 正 狩野裕之

1.はじめに

地下水の集水技術としては揚水井戸やウェルポイントを用いる事がこれまで一般的であったが,対象領域が比較的広くある程度の深さがある場合や層厚が薄い場合にはこれらの技術は決して効率的とはいえない。対して近年実用化されつつある水平井戸は,これらの課題を克服するに適した技術であり,今後その適用が期待される。しかしながら,従来の技術と比較すると,水平井戸の集水効率予測技術に関して適切な手法が紹介されておらず,現状では三次元場による数値解析の適用以外にないと考えられる。しかし,概略検討においては簡易な計算技法の開発が必要かつ,極めて重要な開発課題であると考えられる。ここではこの観点から,水平井戸による集水効果の簡易予測手法の検討を行った。この技術の適用により,ストレーナ長,口径および設置本数によって集水効果の違いを評価できることが分かったので報告する。

2.計算公式の誘導

計算公式は,三次元的に無限の広がりを持つ均質等方透水性帯水層内で無限小点に一定流量 $q[L^3/T]$ のインパクトを与えた時の定常水頭変動公式を基本公式とし,ストレーナ設置区間および設置方向にわたって一定流量のインパクト点が連続無限数配置された場合の重ね合わせ公式を用いた。この公式は我国においては現場単孔式透水試験結果の整理手法で用いられており(地盤工学会,1995),詳細の誘導は西垣(1986)によって紹介されている。式(1)に計算公式を示す。標記は図1を参照されたい。

$$\frac{s}{Q/4\pi KL} = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{dz}{r} = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{dz}{\sqrt{(x-x_w-z)^2 + r^2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$= \sinh^{-1}\left(\frac{x-x_w+L/2}{r}\right) - \sinh^{-1}\left(\frac{x-x_w-L/2}{r}\right)$$

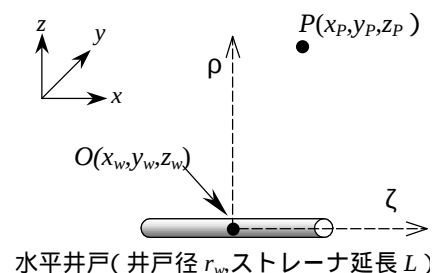


図1 浸透公式誘導場

表1 ケーススタディ条件および結果一覧

case#	L (m)	r _w (m)	N	A/A ₁	Q/Q ₁	q/q ₁
1	10	0.05	1	1	1	1
2	10	0.10	1	2	1.15	0.575
3	50	0.05	1	5	3.83	0.767
4	50	0.10	1	10	4.26	0.426
5	100	0.05	1	10	6.97	0.697
6	100	0.10	1	20	7.67	0.383
7	10	0.05	2	2	1.83	0.917
8	10	0.05	3	3	2.60	0.868
9	10	0.05	4	4	3.34	0.835
10	10	0.05	5	5	4.05	0.810
11	10	0.05	6	6	4.74	0.790
12	10	0.05	7	7	5.42	0.774
13	10	0.05	8	8	6.08	0.761
14	10	0.05	9	9	6.74	0.749
15	10	0.05	10	10	7.38	0.738

ここで,N:井戸本数,A/A₁:ストレーナ総周面積比,Q/Q₁:総流量比,q/q₁:単位周面積あたりの流量比,比はいずれも case1 の結果を 1,インパクトはいずれも単位孔内水頭変動量条件とした。

ここで,揚水などのインパクト条件は流量Qとしているが,実務では流量よりも孔内水頭変動量 s_w で規定するほうが簡易であり,現場透水試験法での適用と同様にストレーナ中央での水頭変動量を代表値としてこれに充てた。

さらに,複数ストレーナ設置時を想定すると,各ストレーナは互いに干渉を受けることから,これを考慮するために進士ら(1996)の提案したマトリックス技法を適用することとした。この問題で評価する領域は三次元空間であり,評価点数が多いことから手計算では限界であるため Fortran プログラミングを行った。

キーワード：地下水,水平井戸,排水,井戸効率

〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株)鴻池組土木本部技術部 TEL06(6244)3617 FAX06-(6244)3676

3. ケーススタディ

ここでは、表 1 に示す 15 のケーススタディを行った。また、以下には孔内水頭変化量に対して 10% となる等高線分布図を示した。いずれも、ストレナ中央鉛直断面(y - z 平面)での分布図であり、図 2 はストレナ長 L と井戸径 r_w の違い(case1~6)、図 3 は同一仕様井戸の設置本数の違い(case1,7~15)、図 4 は同一ストレナ周面積の違い[(case(2,7), (3,10), (4,5,15))], によるコンター分布の差違を比較したものである。これらより以下の知見が得られた。

(1) 井戸径が集水性に与える影響は比較的小さい、(2) ストレナは長いほど集水性は向上する、(3) 井戸本数は多いほど集水性は向上する、(4) 井戸規模をストレナ周面積でみた場合、井戸は小口径でも長く、さらには短小でも本数が多いほど集水性は向上する。

4. 今後の課題

今回想定した地盤は水平井戸位置から三次元放射状方向に無限の領域を有するものであることから、帯水層厚さが有限である実地盤への適用に際しては、定性的な比較にとどめるべきである。このような実地盤に対応するためには、虚像井戸理論の適用により境界を導入することが考えられ、今後開発の予定である。

<参考文献>

- [1] 地盤工学会編(1995)地盤調査法, 288-293.
- [2] 西垣(1986), 地下水とポンプ, 28(3), 15-24.
- [3] 進士ら(1996), 第 31 回地盤工学研究発表会, 2153-5154.

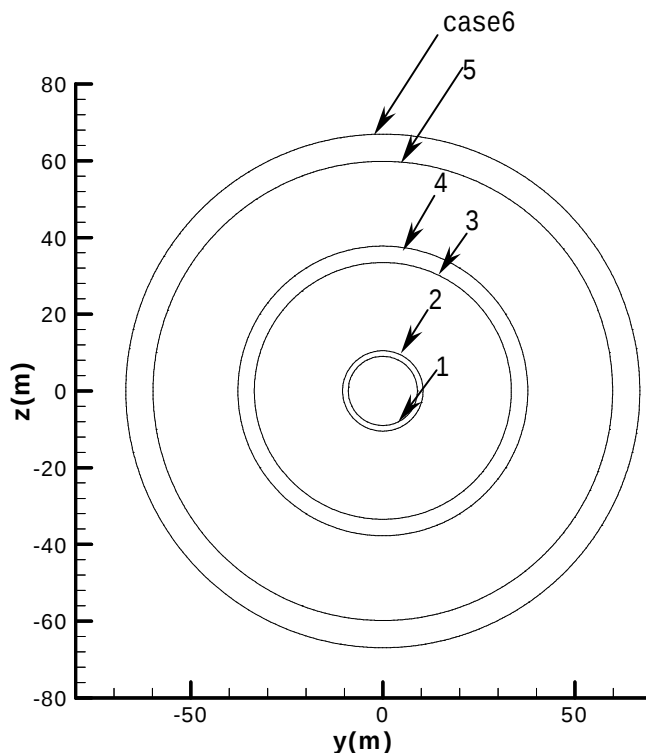


図 2 水頭変動コンター (L, r_w の影響)

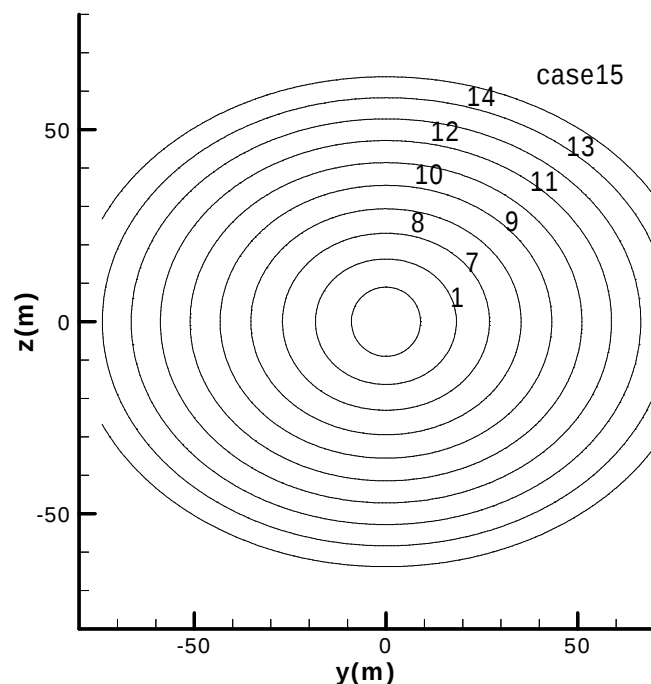


図 3 水頭変動コンター (井戸数の影響)

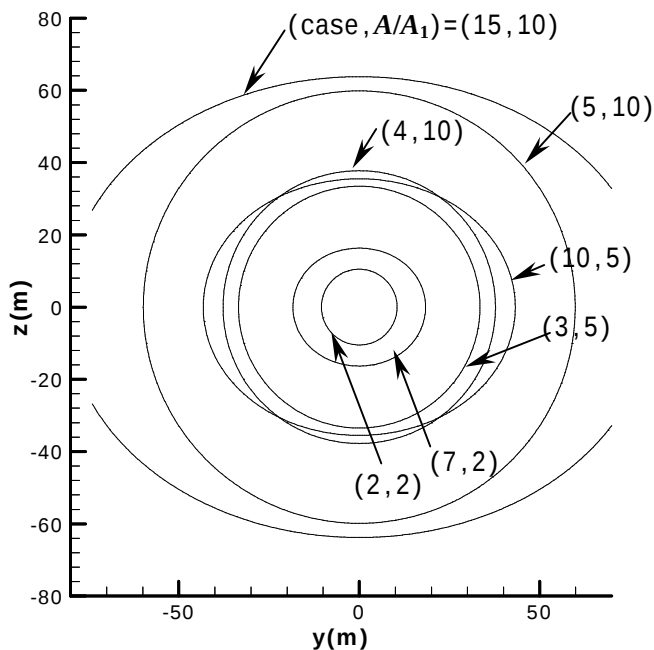


図 4 水頭変動コンター (集水面積の影響)