

河床掘削による地下水低下影響範囲におよぼす止水壁の効果に関する数値解析

群馬大学 学生会員 ○宮本成美
群馬大学 正会員 松本健作

キーワード 地下水, 影響圏半径, 止水壁

1. はじめに

河川の流下能力維持のため、河床掘削が実施されている。河床掘削に伴う河川水位の低下は河川周辺域の地下水位低下を引き起こすため、その河川伏流水を水源とする周辺井戸等の水位低下が生じる場合が多い。井戸の水位低下はそれを利用する人々の生活に直結するものであり、その影響把握は重要な検討課題である。

水位低下による影響範囲の算出には揚水による影響圏半径 R 推定式¹⁾が用いられているが、帯水層厚一定などの単純な場が想定されている。図 1-1 は、河床掘削前後の水位低下と影響圏半径の関係を図示したものである。また、上記推定式では河川近傍場において設置されることの多い止水壁についてもその影響を考慮する定式化が為されておらず、改良の余地が残されている。

そこで本研究では、数値解析によって水位低下による影響圏半径 R の既往推定式を、止水壁を伴う河床掘削時の影響圏半径の推定式として適用するための修正法を新たに提案する。

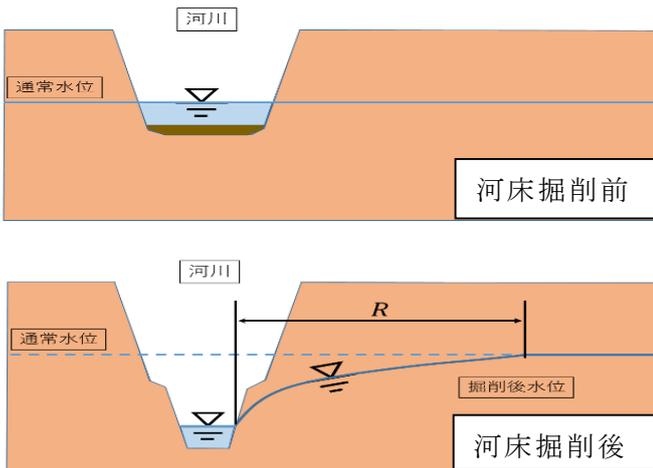


図 1-1 河床掘削による地下水低下および水位低下影響圏半径 R の概念図

2. 解析概要

既往推定式の修正に際し、検討に用いる数値解析が既往推定式を良好に再現できるかについて精度を検証した。解析は被圧帯水層を対象とした平面 2 次元飽和浸透流解析であり、基礎式

である非定常拡散方程式を式(2-1)に示す。 h は水頭、 k は透水係数、 S は貯留係数である。

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = k \frac{\partial^2 h_x}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 h_y}{\partial y^2} \quad \text{式(2-1)}$$

図 2-1 は、解析領域であり、図中の「流体セル」において場の透水係数 k を変動させ、解析領域中心に設定した「揚水ポンプセル」において水頭低下させた際の周囲への水位低下の影響圏範囲の解析結果を既往式と比較した。

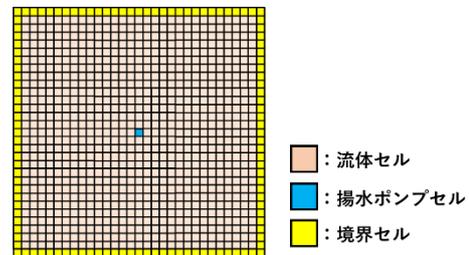


図 2-1 解析領域

解析結果を図 2-2 に示す。縦軸に影響圏半径、横軸は透水係数 k である。比較した影響圏半径 R の既往推定式は Siechardt 式(式(2-2)) と vanPoolen 式(式(2-3))である。

影響圏半径 R 既往推定式

$$(\text{経験式}) \quad R = 3000s\sqrt{k} \quad \text{式(2-2)}$$

$$(\text{理論式}) \quad R = 1.5\sqrt{kt/S_s} \quad \text{式(2-3)}$$

s は水位低下量、 k は透水係数、 t は揚水経過時間、 S_s は比貯留係数である。

図 2-2 より、本解析手法は既往推定式に対して良好な再現性を有していることが確認できた。

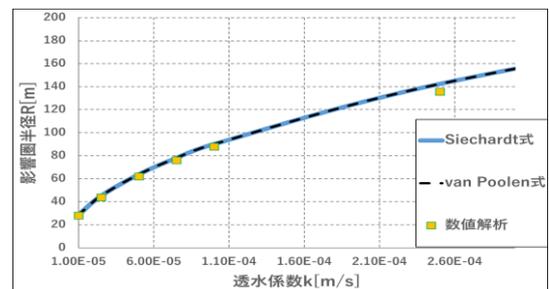


図 2-2 既往推定式と数値解析の比較

3. 止水壁を有する場の影響圏

次に、止水壁を有する場の影響圏について検討する。横 1m, 縦無限遠の止水壁セルを設定し、揚水ポンプセルと止水壁セルまでの距離を dw とし、揚水に伴う水位低下の影響圏範囲を検討した。図 3-1 に、止水壁の設置例および変数定義を示す。図 3-2 は、揚水条件、場の透水係数および止水壁の透水係数を一定とし、揚水ポンプと止水壁の距離 dw を変化させたときの影響圏を重ねた図である。図 3-2 より、止水壁後背地における影響圏の概形は dw に依存せず、場の透水係数 k と止水壁の透水係数 k_w に依存するということが確認できる。そこで、止水壁後背地の影響圏を R_w とし楕円近似し式(3-1)として定式化した。

$$R_w = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - (x - c)^2} \quad \text{式(3-1)}$$

a は短径の 2 分の 1 の長さ、 b は長径の 2 分の 1 の長さおよび c は中心座標までの距離である。表 3-1 に場の透水係数と止水壁の透水係数の条件ごとの各変数を提示した。

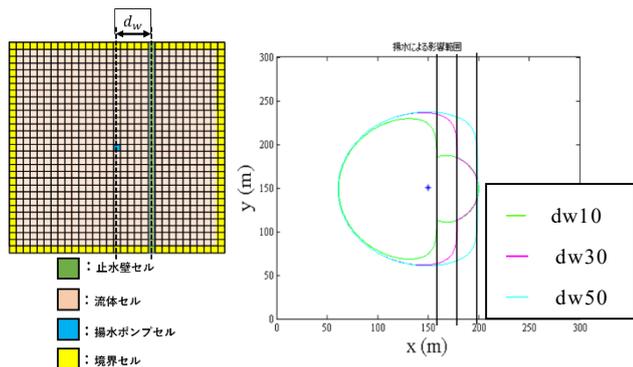


図 3-1 止水壁存在下解析領域略図(左)

図 3-2 dw を変化させた影響圏の重ね図(右)

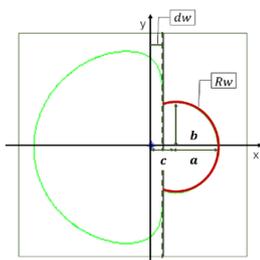


図 3-3 定式化パラメータ図

表 3-1 各条件における定式化の各係数値

k_b (m/s)	k_w (m/s)		$a + c$
1.0×10^{-4}	1.0×10^{-6}	$a = 50, b = 60, c = 22$	72
	1.0×10^{-7}	$a = 32, b = 39, c = 20$	52
	1.0×10^{-8}	$a = 14, b = 17, c = 13$	27
7.5×10^{-5}	1.0×10^{-6}	$a = 44, b = 52, c = 19$	63
	1.0×10^{-7}	$a = 28, b = 35, c = 18$	46
	1.0×10^{-8}	$a = 13, b = 18, c = 12$	25
5.0×10^{-5}	1.0×10^{-6}	$a = 38, b = 45, c = 15$	53
	1.0×10^{-7}	$a = 25, b = 30, c = 14$	39
	1.0×10^{-8}	$a = 11, b = 14, c = 10$	21

4. 止水壁存在下での河床低下再現解析

止水壁存在下での河床低下と止水壁存在下での揚水ポンプによる影響圏を比較する。

図 4-1 は、止水壁存在下における揚水ポンプによる影響圏 R_w と河床低下を再現し止水壁を設置した時の影響圏 R_w' 、揚水による影響圏近似式の端点 $a + c$ を示した図である。図 4-1 より、河床低下の影響圏の方がより広域となることがわかった。止水壁存在下河床低下影響圏 R_w' は式(3-1)の a, c を用いて式(4-1)のように表せることが明らかとなった。

$$R_w' = \alpha(a + c) \quad \text{式(4-1)}$$

表 4-1 は、止水壁透水係数 k_w を変化させたときの α の対応とその時に導出される R_w' を示したものである。係数 α は止水壁の透水係数に依存する。この結果より、既往の河床掘削による影響圏の算出は実際の影響圏よりも過小評価である可能性が示唆された。

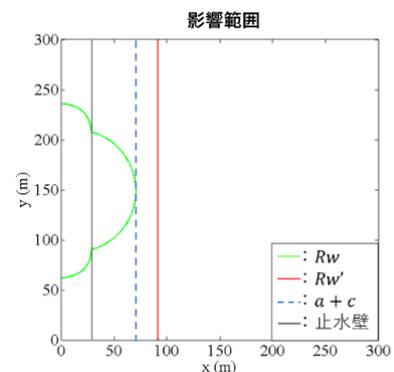


図 4-1 河床低下再現解析等影響圏図

表 4-1 河床低下影響圏近似式の各係数値

止水壁透水係数 k_w (m/s)	α	場の透水係数 k_b (m/s)	$a + c$	R_w'
1.0×10^{-6}	1.75	1.0×10^{-4}	72	93
		7.5×10^{-5}	52	81
		5.0×10^{-5}	27	68
1.0×10^{-7}	1.42	1.0×10^{-4}	63	73
		7.5×10^{-5}	46	64
		5.0×10^{-5}	25	55
1.0×10^{-8}	1.29	1.0×10^{-4}	53	47
		7.5×10^{-5}	39	42
		5.0×10^{-5}	21	37

5. まとめ

1) 止水壁存在下における影響圏算出式を提示できた。

2) 止水壁存在下での河床低下に際する影響圏は、揚水による影響圏とは異なっており、その修正式を提案できた。

6. 参考文献

1) 地盤工学会, 「新編 土と基礎の設計計算演習」, P316, 2000.