

III-234

土留め壁背面に作用する水圧に関する考察

清水建設株式会社 正会員 高坂 信章

1. はじめに

大深度化する地下掘削工事に於いて、土留め壁に作用する側圧を正確に評価することは合理的かつ安全な設計・施工のためには不可欠な要素であり、重要な研究テーマのひとつである。深部地盤を対象に考えると、側圧に占める水圧の割合は高く側圧の評価は水圧の評価ともいえる¹⁾。本報告では土留め壁に作用する水圧に影響をおよぼすいくつかの要因について、有限要素法による浸透流解析を用いて評価する。

2. 土留めの設計に用いられる水圧分布

土留めの設計に用いられる水圧分布は日本道路協会²⁾、首都高速道路公団³⁾などの指針に定められた方法にもとづき計算されることが多く、図-1に示すように土留め壁背面の水圧を静水圧とする方法（方法A）と浸透による低減効果を考慮する方法（方法B）がある。土留め壁の根入れ（ D ）が極端に長く

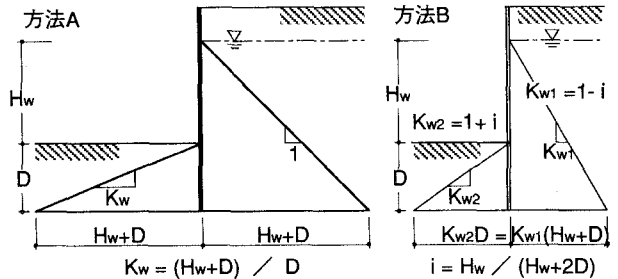
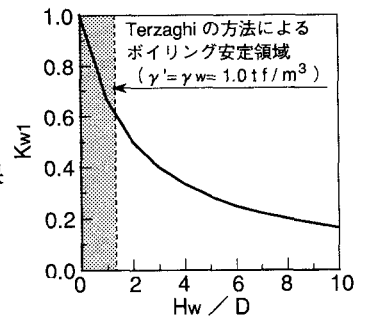


図-1 土留めの指針における水圧分布計算方法

なければ、掘削が深くなり土留め壁内外の水頭差（ H_w ）が大きくなるほど、両法により算出される水圧に大きな差が生じる。図-2に方法Bにおける水圧係数 K_{w1} の H_w/D による変化を示した。掘削内外の水頭差が根入れ長の2倍以上になると方法Bにより計算される水圧は方法A（静水圧）の1/2以下になる。但し、根入れ長は一般にTerzaghiの方法によるボーリングの安全率1.5を確保するよう、 $H_w/D \leq 1.33 \gamma' / \gamma_w$ （ γ' :土の水中単位体積重量、 γ_w :水の単位体積重量）なる条件で設計される。

図-2 水圧係数 K_{w1}

3. FEM浸透流解析による土留め背面水圧の評価

実際の掘削工事で土留め壁に作用する水圧は、掘削の形状、掘削内外の排水方法、地盤の鉛直方向の浸透特性、および土留め壁の根入れ長さなど様々な要因に影響される。ここでは図-3に示す地盤掘削モデルを想定し、この影響についてFEM浸透流解析⁴⁾を用いて評価した。

3.1 掘削形状の影響

トンネルや共同溝など二次元モデルにより近似できる掘削形状と、立坑や建築の根切りのように軸対称モデルにより近似できる掘削形状とによる水圧分布の差を図-4に示した。鉛直方向の透水係数 k_v を水平方向透水係数 k_h の1/1, 1/10, 1/100として計算している。掘削内の排水条件は釜場排水、根入れ長はTerzaghiの方法により定まる15mとした。指針に定められた方法A, Bにより算定される水圧分布も示した。

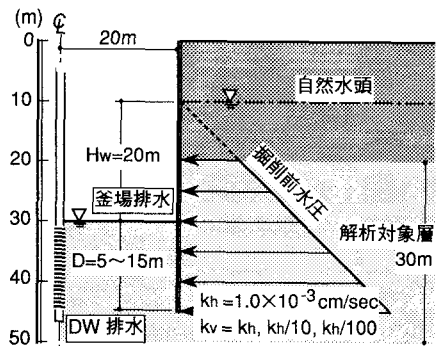


図-3 水圧分布検討用掘削モデル

この図より、軸対称モデルの方が二次元モデルより大きな水圧分布を示すこと、軸対称モデルの方が地盤の異方透水性の影響を顕著に受けること、などが読み取れる。軸対称モデルでは地下水が全周方向から集まるため、掘削内からの排水による背面側の水頭低下が二次元モデルに比べて小さくなることに起因す

ると考えられる。

3.2 排水条件の影響 図-3のような大深度掘削では通常ディープウェル(以下DWと略)を用いた地下水処理が採用される。しかし、図-1の水圧分布計算方法は釜場型の排水を前提としている。釜場型排水(掘削底面より湧水)とDW型排水(掘削中心より井戸を用いて集水)による水圧分布の差を図-5に示した。3.1と同様に k_v を k_h の1/1, 1/10, 1/100とし、根入れ長はTerzaghiの方法により定まる15m、掘削形状は二次元モデルとした。

釜場型の排水はDW型の排水より大きな水圧分布を示し、地盤の異方透水性の影響を強く受けている。これは、掘削内の土留め壁根入れ部における水頭損失の影響であり、この部分で鉛直流が卓越する釜場型の排水ではこの影響が大きくなる。DW型の排水は水平方向流が主体であるためこの影響が小さく、土留め壁根入れ先端部(GL-45m)での水圧は鉛直方向の透水性によらず同程度の値となっている。

3.3 根入れ長の影響 $k_v/k_h=1/1, 1/10$ のケースについて根入れ長を5, 10, 15mと変化させて水圧分布を計算した。結果を図-6に示す。掘削内の排水条件は釜場排水、掘削形状は二次元モデルとする。

この図より、根入れが短くなると土留め壁背面の水圧が小さくなること、鉛直方向の透水性が低いときほどこの影響が顕著に現われること、が読み取れる。計算結果はいずれも静水圧型の分布を示しており、根入れを短くすることにより背面側の水頭低下が大きくなることがこの原因と考えられる。

4. おわりに

今回の解析により土留め背面の水圧分布は掘削形状、掘削内の排水方法、根入れ長、地盤の浸透特性などの影響を受け、掘削内外の水頭差や根入れ長などの幾何学的関係で一義的に決定できるものではないことが明らかとなった。地下工事の大深度化にともしない自然水頭分の静水圧を100%考慮すると不合理な設計となるため、土留め背面の水頭低下や水圧低減を加味した設計例を散見する。しかし、設計の合理化は、鉛直方向の透水性評価⁵⁾を含めた十分な調査を行ない、地下水処理を含めた総合的な土留め計画のもとで実現されることを認識する必要がある。

【参考文献】 1) 岩本 宏ほか: “洪積世以前の地盤を対象とした主働側実測土圧・水圧の検討と評価” 山留めとシールド工事における土圧・水圧と地盤の挙動に関するシンポジウム発表論文集, pp. 145-150, 1992. 5.

2) (社)日本道路協会: “共同溝設計指針”, pp. 127-129, 1986. 3.

3) 首都高速道路公団工務部: “仮設構造物設計基準”, pp. 33-37, 1990. 10.

4) (社)土質工学会中国支部: “浸透問題の数値解析法 PC-UNSAF利用手引き”, 1987. 8.

5) 三宅紀治ほか: “部分揚水試験による三次元透水性の評価” 第27回土質工学研究発表会, 1992. 6. pp. 35-36.

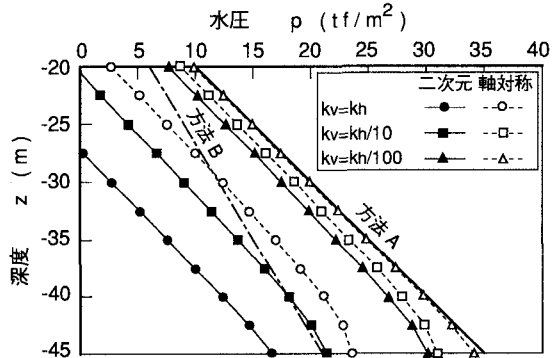


図-4 解析モデルによる水圧分布の変化

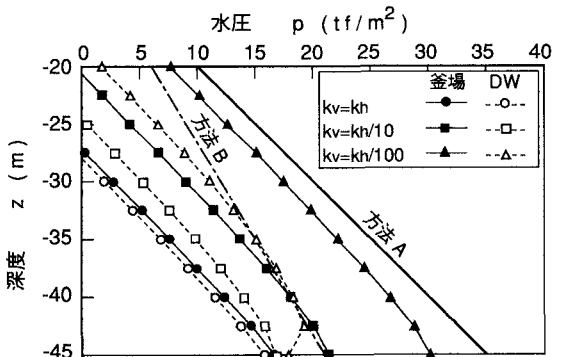


図-5 排水条件による水圧分布の変化

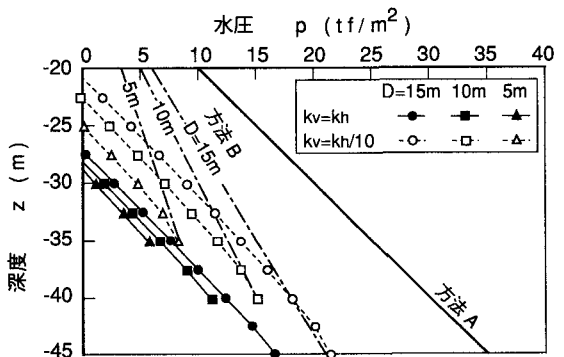


図-6 根入れ長さによる水圧分布の変化