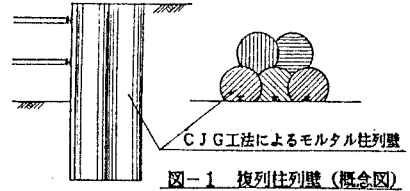


(Ⅲ-16) コラムジェットグラウト工法の止水性評価について

鹿島建設(株) 正会員 ○下田 透
 鹿島建設(株) 正会員 清水 保明
 鹿島建設(株) 荒谷 泰弘

1. はじめに

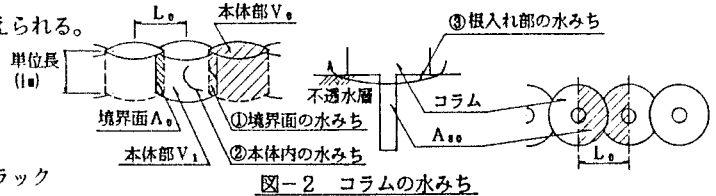
市街地における掘削工事では、様々な制約の中で最も適した工種工法が採用される。特に、腐植土層が存在し、掘削に伴う周辺地盤の沈下が問題となる場合には、止水性が良く、剛性の高い山留壁が必要になる。これらの条件を満たし、市街地における限られた作業スペースでの施工が可能な工法として、親杭横矢板工法とコラムジェットグラウト工法(以下、CJG工法という)を併用した山留工法(以下、本工法という)が考えられる。本工法の山留壁の止水性能を評価するにあたり、ここでは漏水確率(漏水の原因となる水みちが存在する確率)の概念を用いた手法を提案する。本手法を用いて、単列柱列壁の止水性能と複列柱列壁の止水性能の比較を試みたので以下にその内容を紹介する。



2. 単列柱列壁の漏水確率

(深さ方向単位長さ)×(コラム打設ピッチ L_0)の単列柱列壁に水みちが存在する確率を考える。水みちは以下のような原因で生じるものと考えられる。

- ①施工上生じる境界面の空隙
- ②施工上生じる本体内の空隙
- ③根入れ部の水のまわり込み
- ④曲げモーメントによる本体のクラック



ここでは、①～③の原因による水みちの存在を考慮し、各々の存在確率を表-1のように設定する。但し、一般土層部と腐植土層部ではコラムの状態が異なる可能性があるため、ここでは区別して設定した。

任意の境界面面積 A 、本体部体積 V 、根入れ部周面積 A_s に対する水みちの存在確率は、例えば以下のように求められる。

表-1 存在確率

	標準面積 Λ 標準体積 V	水みちの存在確率	
		一般土層部	腐植土層部
①境界面	面積 Λ_0	P_1	$P'_1 = \beta P_1$
②本体内部	体積 V_0	$P_2 = \alpha P_1$	$P'_2 = \alpha P_1$
③根入れ部	面積 Λ_{s0}	$P_3 = \gamma P_1$	—

(α, β, γ : パラメータ)

コラム打設ピッチ(L_0)当り、コラム全長の漏水確率 P_s を次式で算出する。

$$P_s = P_{sg} + P_{sf} + P_{sk}$$

$$\text{但し、} P_{sg} = \{P_1 + (P_2 + \frac{V_0}{V_1} P_2) / 2\} \cdot L_0$$

$$P_{sf} = \{P'_1 + (P'_2 + \frac{V_0}{V_1} P'_2) / 2\} \cdot L_f$$

$$P_{sk} = P_3$$

ここ、 P_{sg}, P_{sf}, P_{sk} : それぞれ一般土層部、腐植土層部、根入れ部の漏水確率
 V_1 : 単位長さ当り後行コラム体積
 L_g : 一般土層部の層厚
 L_f : 腐植土層部の層厚

3. 複列柱列壁の漏水確率

複列の場合は外側の柱列壁に存在する水みちと内側の柱列壁に存在する水みちが接続することにより漏水が生じる。ここでは、水みちが接続する確率を接続確率と呼ぶ。接続のパターンには次の3通りが考えられる。

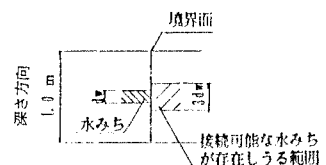
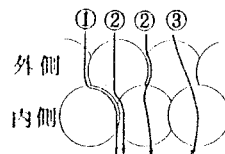
- ①境界面と境界面との水みちが接続する場合

$$P_{c1} = \frac{3dw}{1.0}$$

- ②境界面と本体内との水みちが接続する場合

$$P_{c2} = \frac{2dw}{(\Lambda_1 + \Lambda'_1) / 1.0} \times \frac{3dw}{1.0}$$

$$= \frac{6dw^2}{\Lambda_1 + \Lambda'_1}$$



③本体内外と本体内外の水みちが接続する場合

$$P_{c3} = \frac{(\pi/4) \cdot (3dw)^2}{A_1 + A_1'}$$

P_{c1} : 境界面と境界面での水みち接続確率
 P_{c2} : 境界面と本体内外での水みち接続確率
 P_{c3} : 本体内外と本体内外での水みち接続確率
 dw : 水みちの幅又は径
 A_1, A_1' : 水みちの存在する本体部の周面積

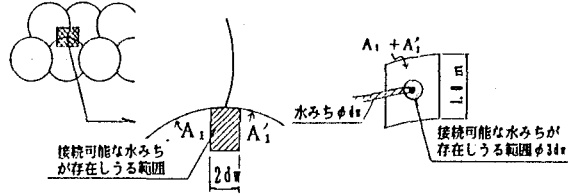


図-5 境界面と本体内外での接続 図-6 本体内外と本体内外での接続

以上の接続確率と前述の存在確率を用いて、複列柱列壁のコラム打設ピッチ (L_0) 当たり、コラム全長の漏水確率 P_d を算出する。

$$P_d = P_{d,g} + P_{d,p} + P_{d,k}$$

$P_{d,g}$ 、 $P_{d,p}$ は、それぞれ一般土層部、腐植土層部のコラム打設ピッチ当りの漏水確率であり、図-7に示すような水みちパターンを考慮して次式で算定する。なお、添字1~4は水みちパターンを示す。

$$P_{d,g} = (P_{d1,g} + P_{d2,g} + P_{d3,g} + P_{d4,g}) \cdot L_g$$

$$P_{d,p} = (P_{d1,p} + P_{d2,p} + P_{d3,p} + P_{d4,p}) \cdot L_p$$

例えば、 $P_{d1,g}$ は水みちが外側コラム、内側コラムともに境界面に存在する場合 (パターン①) の漏水確率であり、次式で算定する。

$$P_{d1,g} = \frac{1}{2} \left(\frac{A_0^2}{A_1 \cdot A_2} + \frac{A_0^2}{A_1' \cdot A_2} \right) \cdot P_1^3 \cdot P_{c1}^2$$

$P_{d,k}$ は根入れ部のコラム打設ピッチ当りの漏水確率であり、次式で算定する。

$$P_{d,k} = \frac{A_{s0}}{A_{s1}} Q_s \cdot P_s^2 \cdot P_{c1} \quad \text{ここに、} A_{s1} : \text{外側コラム根入れ部周面積}$$

$$Q_s : \text{外側コラムと内側コラムの境界線長さ } (A_1 + A_1') / 1.0$$

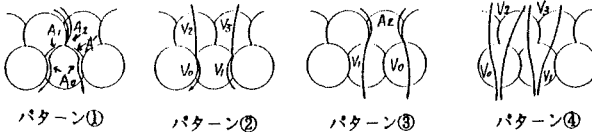


図-7 水みちパターン

表-2 評価に用いた数値

パラメータ	採用値
P_1	0.01
α	(0.05) 0.1 (0.2)
β	(1.0) 1.5 (3.0)
γ	(1.0) 1.5 (3.0)
dw	5 cm

4. パラメータの数値の決定

漏水確率の算出に必要なパラメータを表-2に示す。経験豊かな専門家の意見を集め、その平均的な値を採用値とする。但し、 α 、 β 、 γ は平均的な値に比べて小さい値を採る場合、及び、大きい値を採る場合も想定した。

5. 止水性能の評価結果

$L_0 = 1.5$ m、 $L_g = 8.5$ m、 $L_p = 2.5$ mの条件で単列柱列壁と複列柱列壁の止水性能を比較する。なお、曲げモーメントによって本体内にクラックが生じないことは事前に確認した。

上記パラメータのうち $\gamma = 1.5$ の場合の計算結果を図-8, 9に示す。 $\alpha = 0.1$ 、 $\beta = 1.5$ 、 $\gamma = 1.5$ についてみると、コラム打設ピッチ当り、コラム全長の漏水確率は以下の値となった。

$$\text{単列柱列壁の漏水確率 } P_s = 1.5 \times 10^{-1}$$

$$\text{複列柱列壁の漏水確率 } P_d = 7.7 \times 10^{-5}$$

$$\text{単列と複列の漏水確率比 } P_s / P_d = 2000$$

また、 α 、 β 、 γ を変化させた場合でも

$$500 < P_s / P_d < 4600$$

となった。この結果より、単列柱列壁に比べて

複列柱列壁は、漏水確率が著しく小さく、非常に高い止水性能を有するものと判断された。

6. あとがき

CJG工法によるモルタル柱列壁の漏水の起り易さを水みちの存在確率と接続確率という概念で表現し、止水性能の評価を試みた。なお、ここでは水みちが存在する事象が各コラム間で独立であると仮定した。実際には、各コラムが同一の土層内に構築されることを考慮すると、水みちが存在する事象には各コラム間である程度の相関があるものと考えられる。今後、さらにデータの収集に努め、精度の向上を図ってきたい。

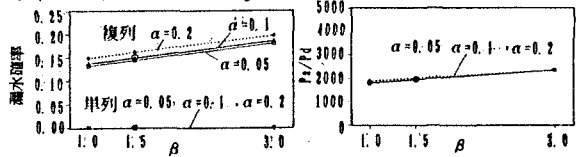


図-8 単列及び複列の漏水確率 ($\gamma = 1.5$)

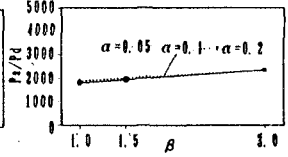


図-9 漏水確率比 ($\gamma = 1.5$)