

JET GROUT

ジェットグラウト工法

(JSG・コラムジェットグラウト)

技 術 資 料

(第 11 版)

平成 15 年 8 月

JJGA 日本ジェットグラウト協会

2・4 設計に用いる諸数値

2・4・1 設計基準値

改良体の設計基準強度を表-2・5に示す。

表-2・5 改良体の設計基準強度

硬化材	土質	一軸圧縮強度 (MN/m ²)	粘着力 C (MN/m ²)	付着力 f (MN/m ²)	曲げ引張強度 (MN/m ²)	弾性係数 E ₅₀ (MN/m ²)
JG-1号	砂質土	3	0.5	$\frac{1}{3}C$	$\frac{2}{3}C$	300
	粘性土	1	0.3			100
JG-2号	砂質土	2	0.4			200
JG-3号	砂質土	1	0.2			100
JG-4号	腐植土	0.3	0.1			30
JG-5号	粘性土	1	0.3			100

- ・この表は採取コアの試験結果より設定した。(4週強度)
- ・強度抑制型硬化材は原則として砂質土に適用する。但し、互層地盤等で粘性土に適用される場合の改良体の設計基準強度は、以下のとおり低下するものとして考慮する。

JG-2号 JG-1号×70%程度

JG-3号 JG-1号×50%程度

- ・改良体の単位体積重量は原地盤と同等とする。
- ・砂レキは砂質土に準ずる。
- ・1週強度は4週強度の30~40%とする。
- ・水平方向地盤反力係数(K値)は実測値がないため、「共同溝設計指針」, S.61.3 P.124 日本道路協会編を参考のため記載する。(SI単位へ改変)

$$K_0 = \frac{1}{1.25} \alpha \cdot E_0$$

ここに、K₀: 基準水平方向地盤反力係数 (MN/m³)

E₀: 地盤の変形係数 (MN/m²)

α: 変形係数の算出法による係数 (=0.8, 一軸・三軸圧縮試験の結果から求めた変形係数の場合)

- ・透水係数は採取コアの室内試験結果によると K ≒ 1 × 10⁻⁶ ~ 10⁻⁷ cm/sec 程度である。
- ・硬化材の特性は次の通りである。

JG-1号……強度発現型 (標準タイプ)

JG-2号……強度抑制型 (中強度タイプ)

JG-3号……強度抑制型 (低強度タイプ)

JG-4号……腐植土用

JG-5号……粘性土用

安全率=1.5

2・4・4 安全率

安全率については、施工性と施工目的を考慮して表-2・8のように設定する。

表-2・8 安全率

施 工 対 象	施 工 目 的	安全率Fs	備 考
立坑等の底盤改良部	ヒービング等の防止	1.5	永久目的として 使用する場合は 安全率を
	ボーリング等の防止	1.5	
	土留め根入れ等の決定	1.5	
シールド・推進の発進	シールド切羽等の防護及び反力壁の防護	1.5	Fs \geq 3.0 程度とする。
シールド・推進の到達	シールド切羽等の防護	1.5	
	シールドテール部の防護	1.0	
土留め欠損・歯抜け部	横欠板等他の防護工と併用する場合	1.0	
	ジェットグラウトのみで自立を期待する場合	2.0	
山岳トンネル(素掘り)	トンネル切羽の安定	2.0	

- iii) 施工本数 106本 (配置図より)
- iv) 施工長 $H = 60 \text{本} \times 13.7 \text{m} + 46 \text{本} \times 16.2 \text{m} = 1,567.2 \text{m}$
- v) ガイドホール削孔長
 - 削孔径 $\phi 142 \text{mm}$
 - 削孔長 $60 \text{本} \times 40.3 \text{m} + 46 \text{本} \times 41.1 \text{m} = 4,308.6 \text{m}$

2・5・2 掘削工事関係

(1) 立坑底盤

土留め壁の根入れを短くするために底盤改良を行う場合、砂質土と粘性土に分けて必要厚さの計算方法をあげてみた。

※ 但し、大規模掘削の場合、別途考慮する事が必要である。

A. 砂質土の場合

ジェットグラウトで底盤改良を行って、不透水性の盤を形成させると、その下端に揚圧力が作用するので、これを外力として必要改良厚さを設定する。

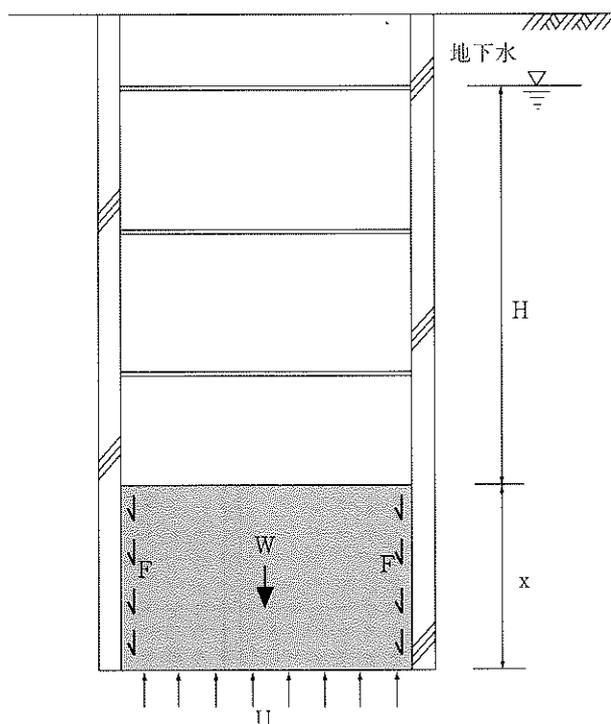


図-2・27

計算はジェットグラウトによる固結体をコンクリートのように一体化した高強度の盤と考え次の3方法により行い、そのすべてを満足する値を設計必要厚さとする。

- ① 押し抜き抵抗からの必要厚さ
- ② セン断応力からの必要厚さ
- ③ 曲げ応力からの必要厚さ

①設計条件

改良は、底付け部から下方に行うものとする。

立坑形状 面積 $A = 20.00 \times 12.00 = 240.00 \text{ m}^2$

周長 $L = 2 \times (20.00 + 12.00) = 64.00 \text{ m}$

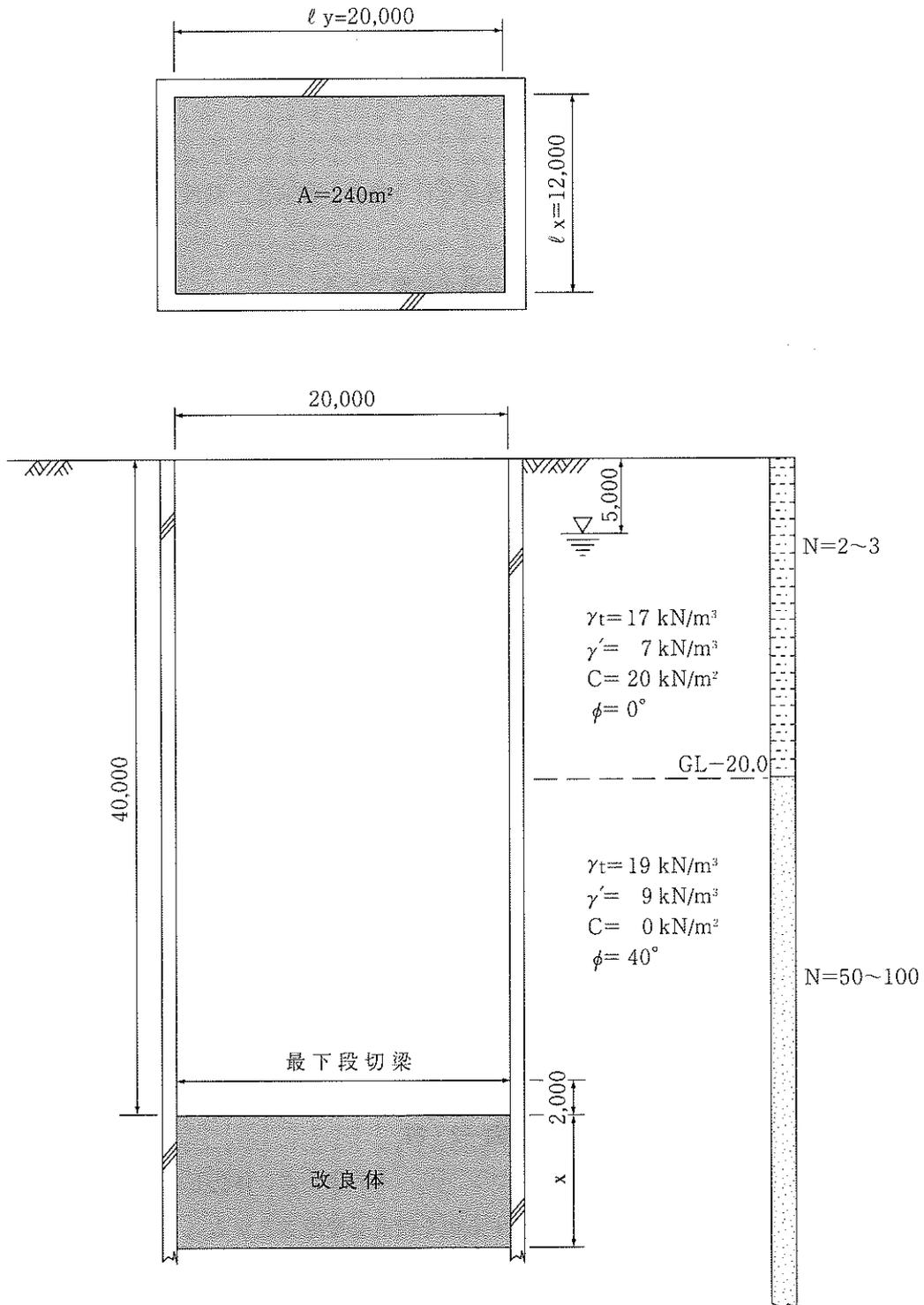


図-2・28 底盤改良モデル設計 (砂質土)

②押し抜きせん断抵抗からの必要厚さ

揚圧力(U)に対して、改良体の重量(W)と土留め壁との付着抵抗(F)で抵抗させる。

$$U = A \cdot (H + x) \cdot \gamma_w$$

$$W = A \cdot \gamma_t \cdot x$$

$$F = L \cdot x \cdot f$$

安全率： $F_s = \frac{W+F}{U} \geq 1.5$ となるように x を設定する。

(計算例)

揚圧力

$$\begin{aligned} U &= (40.00 - 5.00 + x) \times 240.00 \times 10.0 \\ &= 84,000.00 + 2,400.00 \cdot x \end{aligned}$$

土砂重量

$$\begin{aligned} W &= 19 \times x \times 240.00 \\ &= 4,560.00 \cdot x \end{aligned}$$

付着抵抗

付着力： $f = 1/3 \cdot C = 500/3 = 166.67 \text{ kN/m}^2$ (JG-1号：砂質土)

$$\begin{aligned} F &= 64.0 \times 166.67 \cdot x \\ &= 10,666.88 \cdot x \end{aligned}$$

必要改良厚さ

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{F+W}{U} \\ 1.5 &= \frac{10,666.88 \cdot x + 4,560.00 \cdot x}{84,000.00 + 2,400.00 \cdot x} \\ x &= 10.837 \text{ m} \end{aligned}$$

したがって、必要改良厚さは $x = \boxed{10.9 \text{ m}}$ となる。

③ セン断応力からの必要改良厚さ

改良体に作用する最大セン断力から必要厚さを算出する。

・改良体に作用する最大セン断力

$$S_{\max} = \frac{W \cdot \ell x}{2}$$

・セン断応力度

$$\tau_a \geq \frac{S_{\max}}{b \cdot x} = \frac{S_{\max}}{x} \quad b : \text{単位長}$$

上式から必要改良厚さ：x を導き出すと下式の通りとなる。

$$x = \frac{F_s \cdot S_{\max}}{\tau_a}$$

(計算例)

外力

固結体の長、短スパンの比が0.4以上であることから2方向スラブとして考える。

$$\begin{aligned} wx &= \frac{\ell y^4}{\ell x^4 + \ell y^4} \cdot w \\ &= \frac{20.00^4}{12.00^4 + 20.00^4} \cdot w \\ &= 0.885 \cdot w \\ &= 0.885 \times \{ 10.00(35.00 + x) - 19.00 \cdot x \} \\ &= 309.75 - 7.97 \cdot x \quad (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

・最大セン断力

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{wx \cdot \ell x}{2} \\ &= \frac{(309.75 - 7.97 \cdot x) \times 12.00}{2} = 1,858.50 - 47.82 \cdot x \quad (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

・セン断強度

$$\tau_a = f = \frac{C}{3} = 166.67 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{JG-1号：砂質土})$$

・必要改良厚さ

$$\begin{aligned} x &= \frac{F_s \cdot S_{\max}}{\tau_a} \\ &= \frac{1.5 \times (1,858.50 - 47.82 \cdot x)}{166.67} \end{aligned}$$

$$x = 11.694$$

したがって、必要改良厚さは $x = \boxed{11.7 \text{ m}}$ となる。

④曲げ応力からの必要改良厚さ

固結体に主働側の土圧，水圧による軸力(N)が作用するものとして計算する。

- ・ 曲げ応力度 $\sigma_t = \frac{M_{\max}}{Z} - \frac{N}{A} \quad (A=b \cdot x=x)$
- ・ 最大曲げモーメント $M_{\max} = \frac{W \cdot \ell^2}{8}$ (単純支持の2方向スラブとして計算する。)
- ・ 断面係数 $Z = \frac{b \cdot x^2}{6} = \frac{x^2}{6}$
- ・ 軸力 $N = \frac{y}{6} \cdot (2 \cdot p_2 + p_1) \quad (p_1 = pa_1 + pw_1, \quad p_2 = pa_2 + pw_2)$

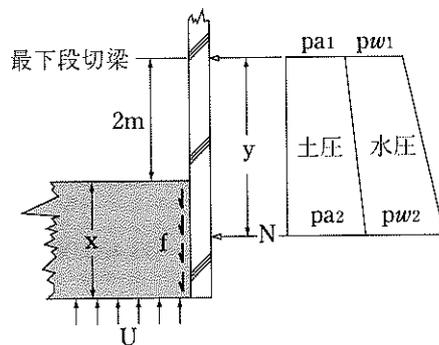


図-2・29

(計算例)

最大曲げモーメントの計算 (外力: wx は③の計算結果より)

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{wx \cdot \ell x^2}{8} \\
 &= \frac{(309.75 - 7.97 \cdot x) \times 12.00^2}{8} = 5,575.50 - 143.46 \cdot x \quad \text{kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

軸力

土圧の計算

$$\begin{aligned}
 p_1 &= (10.0 + 17.0 \times 5.00 + 7.0 \times 15.00 + 9.0 \times 18.00) \times \tan^2(45^\circ - 40^\circ / 2) + 33.00 \times 10.0 \\
 &= 78.71 + 330.00 = 408.71 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_2 &= (10.0 + 17.0 \times 5.00 + 7.0 \times 15.00 + 9.0 \times 20.00 + 0.5 \cdot x \times 9.0) \\
 &\quad \times \tan^2(45^\circ - 40^\circ / 2) + (35.0 + 0.5 \cdot x) \times 10.0 \\
 &= 5.98 \cdot x + 432.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

軸力の計算

$$\begin{aligned} N &= \frac{y}{6} \cdot (2 \cdot p_2 + p_1) \\ &= \frac{0.5 \cdot x + 2.0}{6} \cdot \{2 \cdot (5.98 \cdot x + 432.63) + 408.71\} \\ &= 1.00 \cdot x^2 + 110.15 \cdot x + 424.66 \end{aligned}$$

改良強度

$$\sigma_t = \frac{2}{3} \cdot C = \frac{2}{3} \times 500 = 333.33 \text{ kN/m}^2 \text{ (JG-1号:砂質土)}$$

必要改良厚さ

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{Z} - \frac{N}{A}$$
$$333.33 = \frac{5,575.50 - 143.46 \cdot x}{x^2/6} - \frac{1.00 \cdot x^2 + 110.15 \cdot x + 424.66}{x}$$

$$1.00 \cdot x^3 + 443.48 \cdot x^2 + 1,285.42 \cdot x - 33,453.00 = 0$$

$$x = 7.306 \text{ m}$$

となり、安全率 $F_s = 1.5$ より、

$$x = 1.5 \times 7.306 = 10.97 \text{ m}$$

となる。

したがって、必要改良厚さは $x = \boxed{11.0 \text{ m}}$ となる。

⑤改良厚さの設定

- ・押し抜き抵抗からの必要改良厚さ：10.9 m
- ・せん断応力からの必要改良厚さ：11.7 m
- ・曲げ応力度からの必要改良厚さ：11.0 m

上記の計算結果より、全てを満足する値として必要改良厚さを $\boxed{11.7 \text{ m}}$ とする。