

PC グラウトの充填性能の定量的評価

関東学院大学 学生員 水上 伸介
 関東学院大学 正会員 出雲 淳一
 関東学院大学 正会員 北野 義則

1. まえがき

現在、PC 構造物の耐久性を向上させるために、PC グラウトが確実に施工されるための性能評価方法の確立が求められている。シース内に空隙が生じることなくグラウトを充填させるためには、グラウトの流動特性を定量的に評価することが必要と考えられる。本研究では、シース内を流れるグラウトの先端角度の定式化、実験との検証を行なうことによりグラウトの充填性能を検討することを目的としている。

2. シース内を流れるグラウト先端角度の定式化

シース内を流れるグラウト先端部分が図-1 に示すような模式図で表されるものとし、グラウト先端部の角度は、簡単のためにグラウトが管上面と下面に接する点を結ぶ直線が管底面となす角度 θ (rad) で表すことにする。また、グラウト先端角度の定式化を一般化して考えるために管が傾斜（水平との傾斜角度を α (rad)）しているものとする。グラウトは一定速度 v で流れ、グラウト先端部の角度も変化しないことを仮定すると、管軸方向(x 軸方向)に一定速度 v で移動する座標系では、グラウトは静止し、つり合い状態にあると考えることができる。図-3 に示すようなグラウト先端部分を切り出した自由物体図における力のつり合い条件は、式(1)で表される。

$$P + \rho g V \sin \alpha - \tau S = 0 \quad (1)$$

ここに、 P はグラウトに作用する圧力の合力、 τ は管内面に作用するグラウトのせん断応力、 S および V は、それぞれ図-3 におけるグラウト OAB 部分を囲む管の表面積および体積である。幾何学的条件より、式(2)および式(3)で求めることができる。

$$V = \frac{\pi \rho a D^2}{8} \quad (2)$$

$$S = \frac{\pi a D}{2} \quad (3)$$

ここに、 ρ は密度、 D は管径、 a は図-3 における OA の長さである。O-B 断面に作用している圧力分布を図-3 に示すような台形分布を仮定することにした。この圧力分布は圧力が深さ方向に比例して増加する静水圧分布と深さ方向に一定の水頭差 Δh との和で表されている。静水圧分布に対しては、グラウト自体に粘性があり、水と同じ静水圧が作用するとは考えにくいとため、静水圧係数 C_1 を導入することにした。グラウトの場合 C_1 は 0~1.0 の間の値が考えられるためにグラウトの塑性粘度 μ と水の粘度 μ_0 (Pa-s) を用いて式(4)

キーワード：PC グラウト、充填性評価、塑性粘度、降伏値、流動性

連絡先：〒236 - 8501 横浜市金沢区六浦町 4834 Tel:045-786-7143 Fax:045-786-7754

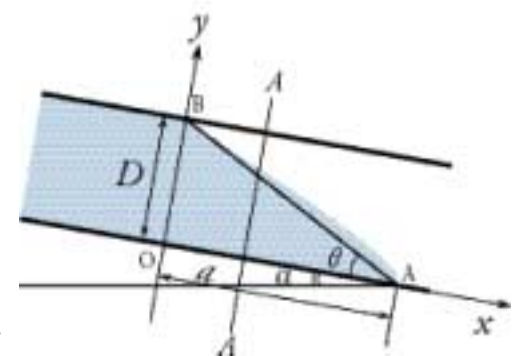


図-1 グラウト断面図

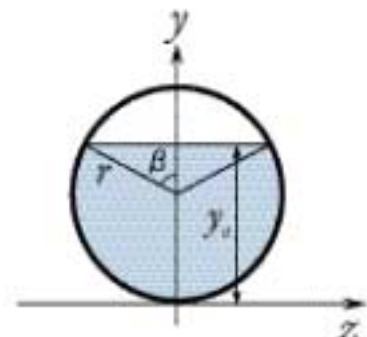


図-2 A-A 断面図

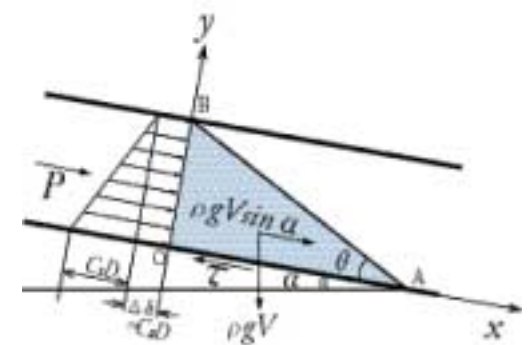


図-3 自由物体図

で表すことにした。

$$C_1 = \frac{1}{1 + k_1 \ln \frac{\mu}{\mu_0}} \quad (4)$$

ここに、 k_1 は定数で、0.35 を設定することにした。モデルの検証に用いた実験結果¹⁾に適用した場合、 C_1 は 0.2~0.3 の範囲にあった。水頭差 Δh に関しては、グラウトを流動させる場合、静水圧のみの値ではグラウトを流動させることは一般に難しく、圧力を作用させる必要があると考えられる。水頭差 Δh を式(5)で表すことにした。

$$\Delta h = C_2 D = k_2 \tau_f D \quad (5)$$

ここに、 C_2 は圧力の程度を表す係数で降伏値 τ_f によって特徴付けられるものと考えている。 k_2 は定数実験結果より 4.0×10^{-3} を設定することにした。

グラウトの作用する圧力の合力 P は、断面内の圧力を積分することにより、式(6)で求めることが出来る。

$$P = \int_0^{2r} \rho g \{C_1(2r - y) + \Delta h\} \cdot b dy = \pi \rho g \frac{D^3}{4} \left(\frac{C_1}{2} + k_2 \tau_f \right) \quad (6)$$

ここに、 g は重力加速度(m/s^2)である。グラウトに生じるせん断応力 τ (Pa)は、ビンガム物体を仮定することにより、式(7)で表わすことにした。速度勾配 dv/dy は、管内を流れるグラウトの平均速度 v_m (m/s)と管の内径 D (m)で代表することにした。

$$\tau = \tau_f + \mu \frac{dv}{dy} \div \tau_f + \mu \frac{v_m}{D} \quad (7)$$

以上、求めた値をつり合い式(1)に代入し、整理するとグラウト先端角度 θ (rad)は式(8)で表される。

$$\tan \theta = \frac{4 \left(\tau_f + \mu \frac{v_m}{D} \right) - \rho g \sin \alpha}{\rho g D (C_1 + 2k_2 \tau_f)} \quad (8)$$

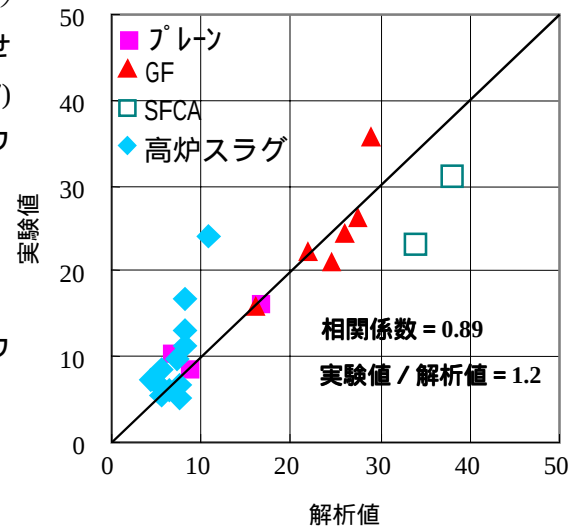


図-2 実験値と解析値の関係

式(8)から得られる角度 θ は、グラウトの流速、粘度、降伏値および管径の影響を受けることが理解される。

3. モデルの検証

グラウト先端角度の予想式を検証するために充填試験装置を用いて流動特性の異なるグラウトについて試験を行なっている¹⁾。この実験では管内径は 32mm の一定で、管の傾斜角 α はゼロとなっている。先端角度の実験値を縦軸に解析値を横軸にとりプロットした結果を図-2 に示している。全体の相関係数は 0.89 となり相関関係が認められ、グラウトの種類に関係なく解析値は実験値とほぼ一致していると判断される。

4. 結論

管内を流れるグラウトの先端角度の定式化を行い、解析値と実験値との比較を行った。その結果、解析値は実験値とほぼ一致することが確認され、グラウト先端角度を充填性能の評価のための一指標にすることが出来ると考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり(株)ピーエスより研究費の補助を受けました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 吉田笑子、水上伸介、出雲享一：PC グラウトの流動特性が充填性に及ぼす影響について、土木学会第56回年次学術講演会、2001.10。