

高被圧水下における泥水推進施工時のバック現象防止対策

(株)竹中土木 正会員○近 信明 田村 義明 橋本 良治
小岩 征義 小國 智一郎

1. はじめに

泥水推進工事では推進管をセットする時に元押ジャッキを開放する必要がある。切羽に作用する水圧が大きい場合は水圧により、立坑内に推進管が押し戻されるバック現象が発生する場合がある。本推進工事は、土被りが 38m、水圧が 350kN/m^2 と大深度・高被圧水下におけるあまり例のない大口径泥水推進工事であったため、バック現象が懸念された。本工事では立坑内に従来のジャッキによるバック現象防止装置を設ける他に、対象土質がN値 50 以上のシルト岩であることを利用し、推進機を直接地山に支持させ、バック現象に抵抗できるような防止装置を考え試験的に実施した。本報告はその防止対策および効果について述べるものである。

2. 工事概要

表1 工事概要

工事概要を表1に示す。対象土質は図1に示すように、砂質シルト岩～シルト岩の互層で漸移層を挟んでいる。漸移層は透水係数の高い砂礫、軽石等を含んだ粗砂状のパミスを紹介し、間隙水圧は 350kN/m^2 と推定された。表2に土質概要を示す。

工法	泥水式推進工法
土被り:H	36.6～38.0m
推進延長:L	228.2m
推進管内径: D_1	2800mm
推進機外径: D_2	3.29m (面積 $A_m=8.50\text{m}^2$)

3. バック現象防止対策

表2 土質概要

1)バック現象

バック現象は、推進機前面にかかる水圧が、管と地山の抵抗力を越えた状態に発生するものであり、この現象が発生した場合は、切羽と地山の間に空隙が生じることにより地山が崩壊したり、急激に推進設備が立坑に押し戻された場合には、重大災害の要因になりうることを考えられた。水圧によって推進機前面に作用する力は $p_w \cdot A_m=2980\text{kN}$ と推定した。

N 値	50 以上
粘着力:C	80～180kN/m ²
内部摩擦角: ϕ	35 度
一軸圧縮強度: q_u	2.1MPa
透水係数:k	$1.0 \times 10^{-3}\text{cm/sec}$
設計被圧水: p_w	350kN/m^2

2)対策概要

泥水推進機にグリッパージャッキを装備

図2に示すように、泥水推進機に伸縮可能なグリッパージャッキ（以下グリッパと称す）装置($\phi 400\text{mm}$)を $n=6$ 台装備し、グリッパ装置を地山に押し付けることで、切羽水圧に抵抗するものとした。グリッパを地山に押し付ける力は、地盤の極限支持力度¹⁾以下の $V=1000\text{ kN/基}$ とした。グリッパ接地面には $\phi 10\text{mm}$ 、高さ 5mm のスパイク状の突起物を設けた。摩擦係数はコンクリート同士の摩擦に相当すると考え $\mu=0.5$ とし、計画グリッパ抵抗力を $P_G=V \cdot \mu \cdot n=3000\text{kN}$ とした。

立坑内にバックリング防止ジャッキを装備

グリッパの効果は土質等の条件によりその程度が不明確であることが考えられたため、

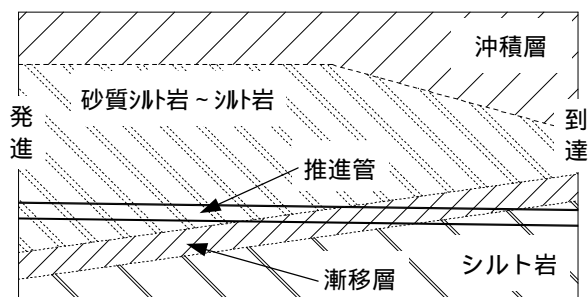


図1 地質縦断概要図

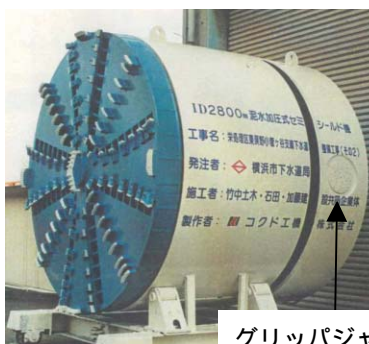


図2 推進機概要図

キーワード: 泥水推進, 高水圧, 被圧, バック

(株)竹中土木 〒104-8234 東京都中央区銀座8丁目21番1号 TEL:03-3542-6321 FAX:03-3544-1259

図3のようなバック現象防止ジャッキを2本、元押しジャッキの他に設けた。バック現象防止ジャッキは推進管のセツに支障がない位置に配置した。その際、バック現象防止ジャッキと推進管の固定にはバック現象防止金具によりボルト締結した。推進管にはあらかじめインサート穴を工場加工した。

3)対策効果の分析

バック現象は図4に示すように、切羽水圧($P_w \cdot A_m$)がグリッパ抵抗力(P_G)と周面抵抗力($f_0 \cdot L$)の合力より大きい場合に発生する。推進機前面で計測した切羽水圧は最大で 300kN/m^2 であった。推進延長が 130m の時にグリッパなしでもバック現象が発生しなかった。図5に示すように、130m で切羽水圧と周面抵抗力が釣り合うと考え、m 当りの周面抵抗力(f_0)は約 20kN/m となった。一方、表3に示す下水道協会式の修正式()から計算される m 当りの周面抵抗力は約 24kN/m となり実測値は計算値とほぼ一致した。図5に示すバック力は切羽水圧の実測値と周面抵抗力との差分とした。推進延長が約 100m までグリッパを使用してもバック現象を阻止できなかったため、バック現象防止ジャッキを使用した。このジャッキが不要になった推進延長 $L=100\text{m}$ 時のバック力($P_B = P_w \cdot A_m - f_0 \cdot L = P_G$)とグリッパ抵抗力が等しいと考え、推定グリッパ抵抗力は約 600kN となり、計画グリッパ抵抗力の約 20%であり、摩擦係数に換算すると $\mu = 0.2$ となった。これは、グリッパ接地面と地山の摩擦抵抗が泥水や滑材の影響により低減したためや、地山のクリープ変形によりグリッパの押し付け力が低下し抵抗力が減少したものと考えられる。

4. おわりに

今回はグリッパとバック現象防止ジャッキによる対策により、トラブルなく推進工事を完了することができた。今後は、泥水や滑材などの影響によるグリッパと地山との摩擦抵抗が低下するメカニズムの解明と、地山のクリープ変形を考慮したグリッパ圧の制御方法および地盤に応じたグリッパ形状の検討を行い、設計・施工に反映させることで大深度・高被圧水下での泥水推進が安全確実に施工できるようになるものと考えられる。グリッパによる対策は、立坑が小さくバック現象防止装置を立坑内に配置できない場合や、グリッパによる支持が地盤に確実に期待できる場合に有効であるものと考えられる。

【参考文献】 1)建築基礎構造設計規準・同解説 日本建築学会
2)推進工法用設計積算要領 推進工法応用編 平成12年度 (社)日本下水道管渠推進技術協会

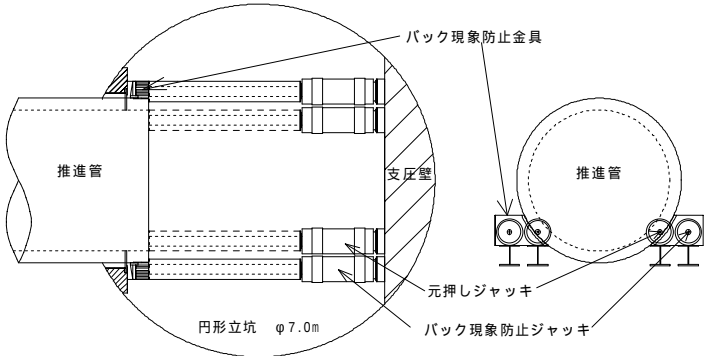


図3 バック現象防止ジャッキ概要図

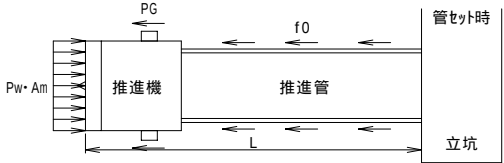


図4 バック現象時の作用力模式図

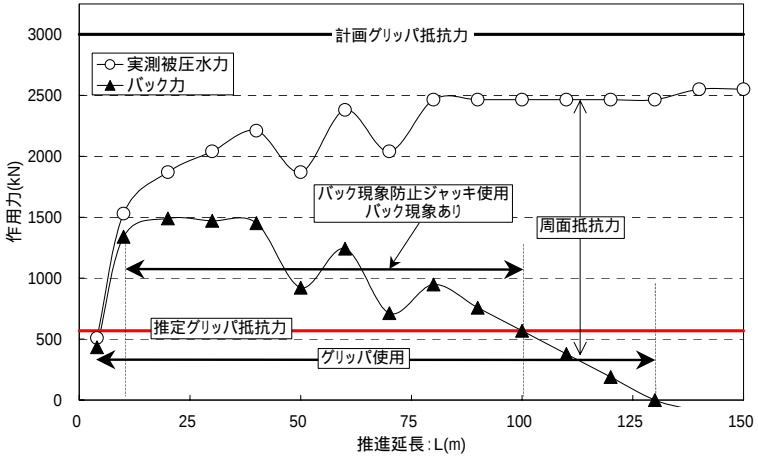


図5 推進延長とバック力との関係

表3 下水道協会式の修正式 ()

推進力	kN	$F=F_0+f_0 \cdot L$ (Fは実測値)
先端抵抗力	kN	$F_0=(P_w+P_e) \cdot A_m$
m 当り周面抵抗力	kN/m	$f_0= \beta (W \cdot \mu '+Bc \cdot \pi \cdot C')$
切羽水圧	kN/m^2	P_w (実測値)
実測切羽水圧力	kN	$P_w \cdot A_m$
切削抵抗	kN/m^2	$P_e=510$
管外径	m	$Bc=3.27$
管の単位重量	kN/m	$W=55.0$
管と土の摩擦係数		$\mu '= \tan (\varphi /2)=0.32$
管と土の付着力	kN/m^2	$C'=5$ (固結土)
推進力低減係数		$\beta =0.35$ (固結土)