

III-419 逆巻き工法による土留めの計測および解析結果について

(株) 間 組 正会員 田 中 秀 明
(株) 間 組 正会員 藤 本 明 生

1. はじめに

都市の過密化によりシールド工事の条件は厳しくなっており、これにともない立坑構築に関しても、軟弱地盤での近接施工や大深度掘削での施工といった例が増加している。このような条件下で立坑を構築する場合は、土留め壁の変位が周辺地盤の沈下につながるため、土留め壁変位を抑えることが重要となる。

今回、立坑掘削に伴う仮設土留め壁（柱列式地下連続壁）の変位を抑えるために、立坑の本体を掘削に合わせて逐次打設していく逆巻き工法¹⁾が採用された。施工にあたり土留めの挙動計測を行ったところ、本体壁に先行して打設するRCばりの支保効果を定量的に把握することができ、RCばりのバネ定数を従来の算定式により設定すると過大となることがわかった。また、本体壁が土留め壁の変位を小さくするのに有効であることを、解析により近似的に確認したのでここに報告する。

2. 工事概要

立坑構造を図-1に、土質定数を表-1に示す。計測には、挿入式傾斜計、ひずみ計、鉄筋応力計、軸力計を用い、土留め壁変位、土留め壁応力、RCばり応力、H鋼切ばり軸力について管理した。なお、RCばり軸力は鉄筋応力より算定した。各計測位置を図-1中に示す。

3. RCばりバネ定数算定式

一般に切ばりバネ定数 K_0 の算定には式(1)が用いられている²⁾。

$$K_0 = \alpha \frac{2 \cdot E \cdot A}{L \cdot s} \quad \dots (1)$$

ここに、 L は切ばり長さ、 s は切ばり間隔（図-2に示す $S/2$ ）、 $E A$ は切ばりの圧縮剛性である。また、 α は切ばり設置時のゆるみを表わす係数（0.5~1.0）であるが、RCばりにはゆるみは生じないものとして $\alpha = 1.0$ と仮定する。

一方、RCばり軸力と土留め壁変位の実測データより、RCばりのバネ定数 K は式(2)にて求まる。

$$K = \frac{W}{\delta} = \frac{\text{RCばり軸力} / \text{軸力分担幅} (= S/2)}{\text{土留め壁変位}} \quad \dots (2)$$

上記 K_0 および K を各段のRCばりについて求めると、 K は K_0 に比べて1/4~1/6と小さな値となった。この理由は、RCばりのたわみ（図-2に示す δ_2 ）の影響と考えられる。

そこで、はりのたわみを考慮したバネ定数 K_0' の算定式を次のように考え、 K_0 との比較を行った（式中の記号は図-2を参照）。

$$K_0' = \frac{W}{\delta} = \frac{W}{\delta_1 + \delta_2} \quad \dots (3)$$

ここに、 δ_1 は切ばりの圧縮ひずみによる変位、 δ_2 は腹起しのたわみによる変位である。

$$\delta_1 = \frac{W L S}{4 E A}$$

$$\delta_2 = \frac{5 W S^4}{384 E I} - \frac{W S^2 (L^2 - L S - S^2)}{96 E I}$$

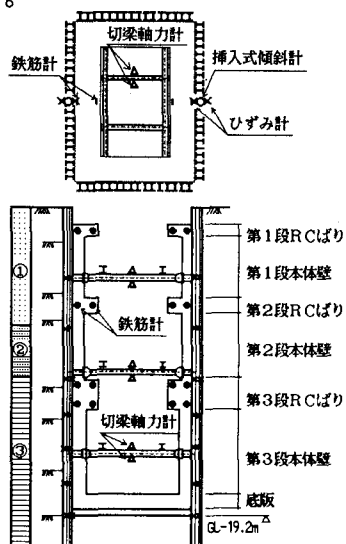


図-1 立坑構造図、計測位置図

表-1 土質定数

	土質名	(γ , t/m ³)	(C , t/m ²)	(ϕ , °)	N値
①	細砂	1.9	0.0	29	13
②	砂質粘土	1.9	3.6	0	6
③	粘土	1.8	0.6	0	1

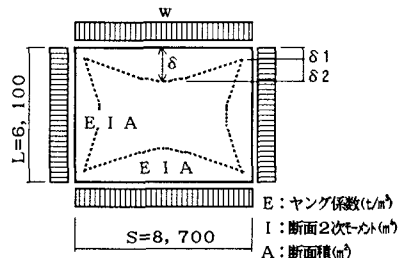


図-2 バネ定数算定モデル

式(1), (2) および(3) により算定したバネ定数を表-2 に示す。これより、たわみを考慮した式(3) のバネ定数 K_0' は、式(1) によるバネ定数 K_0 よりも実測の K に近い値となっていることがわかる。

次に、RCばりの断面形状および立坑の縦横比がバネ定数に与える影響を検討した。図-3 は、縦軸に式(3)と式(1)の比(K_0'/K_0)、横軸にRCばりの高ささと長さの比(H/S)をとり、立坑の縦横比(S/L)をパラメータとしたときのバネ定数の変化を示したものである。図-3 より、①RCばりが長い(S が大きい)ほど、②RCばりの高さがはり長さ比べて低い (H/S が小さい)ほど、③立坑の縦横比が大きい (S/L が大きい)ほど、RCばりのたわみが大きくなり、式(1)にてバネ定数を算定すると過大評価になる傾向のあることがわかった。このことは、今回土留め壁変位が設計値の 1.6 倍程度生じたことから裏付けられ、今後の設計において注意すべき事項の1つと考える。

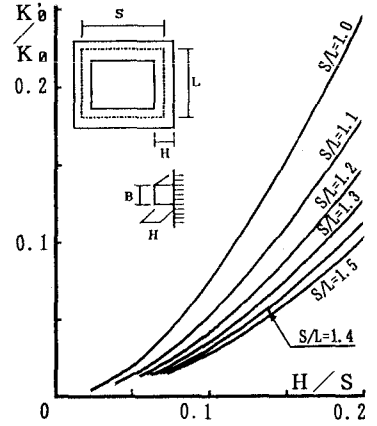


図-3 バネ定数比とRCばり高さ

表-2 バネ定数の比較

	K (t/m)	K_0 (t/m)	K_0' (t/m)
2段RCばり	66,000	268,000	34,000
3段RCばり	87,000	536,000	67,000

4. 本体壁打設の効果

本体壁打設前後の土留め壁変位、応力およびRCばり軸力を計測した結果、本体壁打設の影響として以下の現象が確認された。

- ① 本体壁打設により、掘削面以下の土留め壁変位が数%減少。
- ② 本体壁打設位置の土留め壁曲げモーメントが約30%減少。
- ③ 打設した本体壁の下側のRCばり軸力が約20%増加。

これらは、本体壁コンクリートが硬化熱により膨張して土留め壁を地山側に押し戻し、その後、土留め壁剛性が増加したことによって、RCばりと受働側地盤との間で荷重の再分配が生じたためと推定される。この荷重再分配を図-4 に示す弾性支承モデルにより近似的に解析した。その結果、下記④～⑥に示すとおり、実施工と同様の傾向を示した。

- ④ 掘削面以下の土留め壁変位が 約1%～5% 減少。
- ⑤ 掘削面以下の受働側地盤の荷重負担が 約1% 減少。
- ⑥ 打設した本体壁の下側のRCばり軸力が 約8% 増加。

上記①, ②, ④, ⑤ より、逆巻き工法は仮設土留め壁の荷重分担を軽減し、変位を抑えるのに有効な工法といえよう。また、軟弱地盤での土留め施工に対し、逆巻き工法は根入れ部の変位抑制効果を期待できる工法であるといえる。しかしその一方で、上記③, ⑥ に示したように、打設した本体壁下側のRCばり軸力が増加する傾向にあり、設計での留意と施工における軸力管理が望まれる。

5. おわりに

RCばりのバネ定数算定方法について新たな式を提案した。また、逆巻き工法における本体壁打設の影響について検討し、土留め壁変位を低減させる効果を確認した。今後、コンクリートの温度応力の影響を加味したFEM解析などにより、逆巻き工法の合理的な設計手法を確立するべく検討を続けていきたい。

参考文献

- 1) 西野、高林；土留め工事における現場計測結果と解析検討，土木学会第40回年次学術講演会概要集，1985，pp. 797-798
- 2) 土木学会；トンネル標準示方書（開削編）・同解説，1986，p. 86

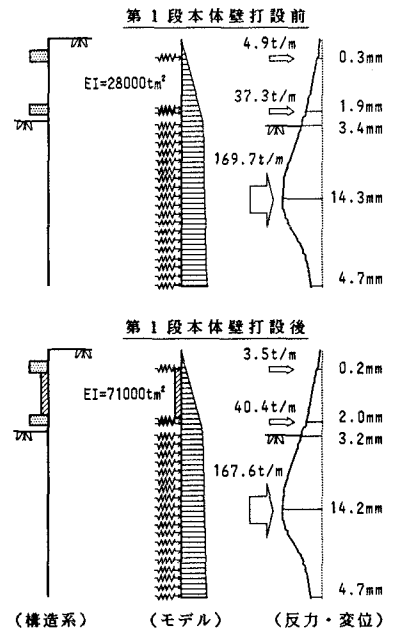


図-4 構造系変化の解析結果