

III-238

大深度・大規模土留め工事における切梁温度軸力の推定法

東京都下水道局 正会員 萩原 春男
 (株)大林組 " 土屋 幸三郎
 (株)大林組 " ○松本 伸

1. まえがき

近年、地下空間利用の要求が高まる中で土留め構造物は、大規模化・大深度化する傾向にあり、しかも過密した都市部の工事では近接施工となるため、切梁へのプレロードの導入などによる近接構造物の変状防止対策がとられるようになってきた。土留めが大規模化・大深度化し工事が長期にわたることや切梁が長尺となること、さらには切梁にプレロードを導入することで土留め架構自体の緩みがなくなることから、温度上昇による切梁の軸力増大は非常に大きく、指針類で考慮されている切梁温度変化による軸力増分(12~15 t f/本)をはるかに超えるものがみられるようになってきた。これまで、この温度変化による軸力に関していくつかの報告¹⁾がなされているものの背面地盤の非線形性を考慮しているものは余りない。本論文は、大深度・大規模工事で一般的なRC連壁をはじめとする剛性の大きな壁をもつ土留めに対して温度変化による切梁の発生軸力増分を地盤の非線形性を考慮して推定する一手法を提案するとともに、現場の実測のデータをもとに本提案式の適用性を検証した結果を示したものである。

2. 温度変化による発生切梁軸力の推定式

温度変化による発生切梁軸力 P は、温度上昇に伴う切梁材の伸びによる背面地盤の発生地盤反力 P_e と伸びが拘束されることによる発生切梁軸力 P_s とのつり合いによって決定され则认为られる。いま、土留め壁を十分剛なものと仮定すれば、地盤反力 P_e は土の非線形性を考慮できる共同溝設計指針(S61.3)を用いて次式で示すことができよう(図-1)。

$$P_e = K_h \cdot A \cdot y_x \quad \text{--- (1)}$$

$$K_h = K_{h0} \cdot 1 / \sqrt{y_x} \\ = (\alpha / 125) \cdot E_0 \cdot 1 / \sqrt{y_x} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、

K_h : 水平地盤反力係数

K_{h0} : 基準水平地盤反力係数
 ($y_x = 1 \text{ cm}$ のときの K_h)

A : 切梁1本当たりの分担面積

E_0 : 地盤の変形係数

α : 変形係数の算出法による係数

y_x : 切梁の伸び
 (=土留め壁の水平変位)

一方、切梁軸力 P_s は、次式で示される(図-1)。

$$P_s = P_0 - (P_0 / y_{x0}) \cdot y_x \quad \text{--- (3)}$$

$$P_0 = \mu_s \cdot E_s \cdot A_s \cdot \Delta t$$

$$y_{x0} = \mu_s \cdot \Delta t \cdot \beta \cdot \ell$$

ここに、

P_0 : 切梁端部完全拘束の場合の切梁軸力

y_{x0} : 切梁端部完全自由の場合の切梁伸び

μ_s : 切梁の線膨張係数

A_s : 切梁の断面積 E_s : 切梁の弾性係数

Δt : 切梁温度増分 ℓ : 切梁長さ

β : 係数 対称変形の場合 0.5
 片側不動の場合 1.0

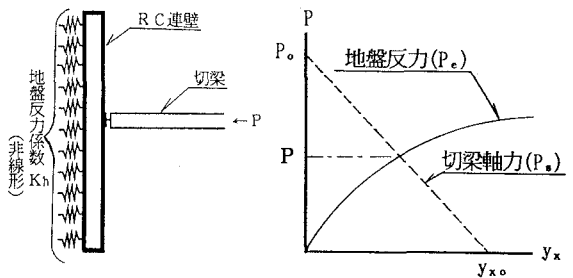


図-1 地盤反力と切梁軸力の関係

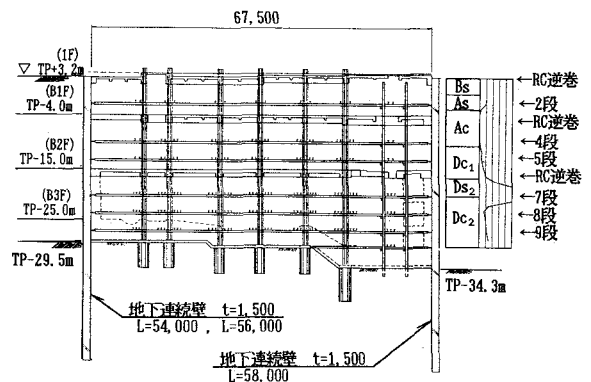


図-2 土留め断面図

したがって発生切梁軸力 P は、 $P = P_e = P_s$ として求めることができる。

3. 実測データによる検証

本提案式の検証は、東京都台東区での土留め工事の計測データを用いて実施した。当土留め工事の断面を図-2に示すが、1F、B1F及びB2Fは逆巻きスラブとなっている。また、平面形状は、 $67.5\text{m} \times 106.5\text{m}$ ではほぼ長方形に近い形となっている。

切梁の温度変化による軸力増分の実測値としては、工事を行っていない5日間の短期の温度変化によるもの、及び以下に示すような数ヶ月以上にも及ぶ長期の温度変化によるものに分けて示すことにする。長期として7～9段切梁については床付け終了後～底版構築まで（約2ヶ月）また、2段、4段及び5段切梁については最終床付け終了後～B3Fの躯体構築まで（約6ヶ月）の期間の鋼製切梁の値を採用している。ただし、データは短期、長期ともに一日一回午前6時のものである。

表-1は、各鋼製切梁の温度変化に伴う軸力増分を示したものである。表中の拘束度とは切梁が完全拘束の場合に発生する切梁軸力 P_0 に対する実測軸力の割合である。

図-3は、提案式による計算温度軸力と実測軸力との関係を短期のもの及び長期のものに分けて示したものである。提案式中の E_0 は主に孔内水平載荷試験結果により、また、 A は1/2分割法により決定した。なお、 β は0.5とした。短期、長期いずれの場合も計算値の方が実測値に比較してやや大きな値となっているが、これは、背面地盤のクリープを考慮していないことや土留め架構の剛性とも係わるが地盤反力分布の不均一性を考慮していないことによる分担面積の過大評価が原因と考えられる。

ただし、背面地盤のクリープの影響が少なくなる場合など、例えば、数時間という一日の中での温度変化による軸力増分に対しては、より計算値に近づくことが予想できる。したがって、本提案式は、実用上ほぼ満足できるものといえよう。

表-1 切梁軸力実測値

(短期：短辺方向)						(長期：短辺方向)					
切梁段数	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	実測軸力 (tf/本)	P_0 (tf/本)	拘束度		切梁段数	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	実測軸力 (tf/本)	P_0 (tf/本)	拘束度	
2段(H400)	2.2	5.5	11.8	0.47		2段(H400)	22.4	43.3	120.4	0.36	
4段(2H400)	2.2	6.7	11.8	0.57		4段(2H400)	22.4	52.5	120.4	0.44	
5段(2H400)	2.2	10.1	11.8	0.86		5段(2H400)	22.3	48.2	119.8	0.40	
7段(3H400)	1.4	3.9	7.5	0.52		7段(3H400)	8.0	25.8	43.0	0.60	
8段(3H400)	1.4	3.8	7.5	0.51		8段(3H400)	6.5	24.0	34.9	0.69	
9段(3H400)	1.4	3.7	7.5	0.49		9段(3H400)	6.5	24.0	34.9	0.69	

(短期：長辺方向)						(長期：長辺方向)					
切梁段数	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	実測軸力 (tf/本)	P_0 (tf/本)	拘束度		切梁段数	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	実測軸力 (tf/本)	P_0 (tf/本)	拘束度	
2段(H400)	2.2	8.6	11.8	0.73		2段(H400)	22.3	54.7	119.8	0.46	
4段(2H400)	2.0	6.2	10.7	0.58		4段(2H400)	21.6	43.6	116.0	0.38	
5段(2H400)	2.0	8.0	10.7	0.75		5段(2H400)	21.5	56.3	115.5	0.49	

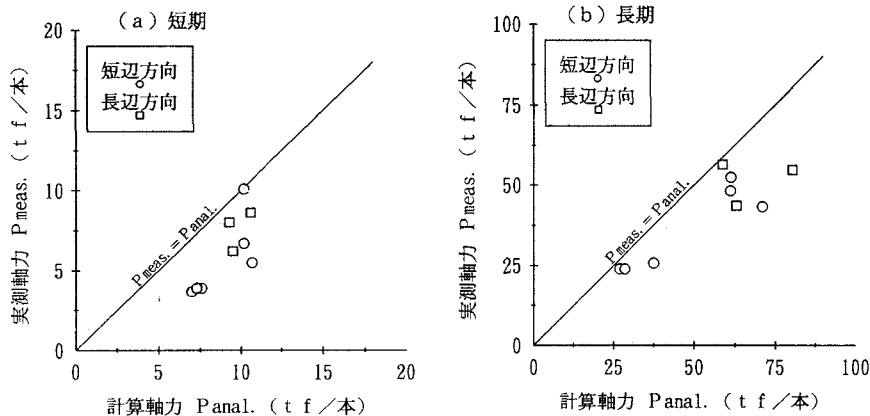


図-3 提案式による計算温度軸力と実測軸力の関係

4. あとがき

大深度・大規模土留め工事の場合、温度変化によって発生する切梁軸力は、背面地盤の非線形性を考慮した地盤反力係数を用いた提案式で推定できることが実測データによって概ね検証できた。今後は、さらに検証データを蓄積するとともに、地盤のクリープや切梁の分担面積の評価方法等を検討していく所存である。

〔参考文献〕1) 例えば、幾田、丸岡、山本；切梁温度応力の要因分析、第15回土質工学研究発表会