

大阪市下水道局 水野昭生

(株) 鴻池組 正 松浦良和

" 正 金好昭彦

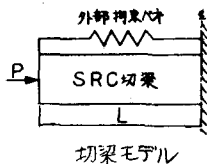
1. まえがき

地中連続壁工法において、SRC切梁を採用した場合、従来のような軸力計等の設置は不可能なため、本工程では計測鉄骨ひずみから軸力を推定せざるを得なかったが、軸力を算出するにはコンクリートのクリープや乾燥収縮の影響が複雑に組み合わさっているため、切梁軸力は計測鉄骨ひずみから単純に算出することはできない。

本報告は、SRC切梁の鉄骨ひずみの測定結果からコンクリートのクリープ、乾燥収縮および切梁内温度変化を考慮した上で掘削後の放置期にも切梁の外力に変化するとした場合のSRC切梁の軸力および変形量の評価方法について述べるとともに解析結果の一例について紹介するものである。

2. 解析方法

2-1 切梁のモデル化 連続壁の剛性、背面および掘削側地盤の性状、切梁両端さらに中間交差部の拘束の効果は、外部拘束バネで代表させることとし、SRC切梁を右図のようにモデル化した。切梁の外部拘束バネの大きさは、コンクリートのクリープや乾燥収縮の影響がほとんど無視できると考えられる期間における切梁の温度変化に対応する鉄骨応力度の計測値から得られる温度勾配と、地盤へ構造系の骨組解析より求まる鉄骨応力度の温度勾配とがほぼ一致することから、この温度勾配を用いて決定した。



2-2 温度変化 切梁内温度変化 T ℃により発生する切梁の応力度は、つぎのように表現した。

鉄骨部分: $\sigma_{st} = E_s \cdot \varepsilon_t \quad \dots (1)$, コンクリート部分: $\sigma_{ct} = E_c \cdot \varepsilon_t \quad \dots (2)$

ただし、 $\varepsilon_t = \beta \cdot T / (1 + E_c A / K_E L)$ 、 β =コンクリート線膨張係数、 E_c =コンクリート弾性係数、 E_s =鉄骨弾性係数、 A =切梁のコンクリート換算断面積、 L =切梁全長の $1/2$ 、 K_E =切梁の外部拘束バネ定数

2-3 乾燥収縮 コンクリートは鉄骨や外部拘束により拘束されるため、自由に収縮できない。そのため、コンクリートには引張力が導入され、一方鉄骨にはコンクリートの収縮の影響をうけて圧縮力が発生することになる。この現象はつぎのように表現できる。

$$\sigma_{ss} A_s + K_E \Delta L = \sigma_{cs} A_c \quad \dots (3) \quad , \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\sigma_{cs}}{E_c} \right) + \frac{\sigma_{cs}}{E_c} \frac{d}{dt} (\varphi_t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{\sigma_{ss}}{E_s} \right) = \frac{d}{dt} (S_t) \quad \dots (4)$$

ただし、 σ_{cs} =コンクリート応力度、 σ_{ss} =鉄骨応力度、 A_c =コンクリート断面積、 A_s =鉄骨断面積、 $\Delta L = \frac{\sigma_{cs} L}{E_s}$ 、 φ_t =コンクリートのクリープ係数、 S_t =コンクリートの自由収縮ひずみ

今回の場合、 E_c は $2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $S_t = S_n \cdot \varphi_t / \varphi_n$ (S_n : S_t の終局値、 φ_n : φ_t の終局値) とし、(3)(4)式を連立させて σ_{cs} 、 σ_{ss} を求めた。ここで、 S_n 、 φ_n 、 φ_t については別途行った試験結果を用いてつぎのようにした。

$$S_n = 0.139 \times 10^{-3} \quad , \quad \varphi_n = 2.96 \quad , \quad \varphi_t = t / (6.5 + 0.34 t) \quad t: \text{日}$$

2-4 クリープ 外力 P によってコンクリートのクリープが進行するにつれて、コンクリート内の応力は緩和されるが、鉄骨の圧縮応力は増加し、また、外部拘束バネの外力負担割合は変形量の増加に比例して増加する。この現象はひずみ増分のつり合いからつぎのように表現できる。

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{P_c}{A_c E_c} \cdot \varphi_t \right) - \frac{P_t}{A_c E_c} \frac{d}{dt} (\varphi_t) - \frac{d}{dt} \left(\frac{P_t}{A_c E_c} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{K_s P_t}{A_s E_s (K_s + K_E)} \right) \quad \dots (5)$$

ただし、 $P_c = P$ の作用時のコンクリート負担力 ($= P K_c / (K_c + K_s)$)、 P_t =コンクリートから鉄骨および外部拘束バネに移行する力、 K_c =コンクリートのバネ定数、 K_s =鉄骨のバネ定数

(5)式を解くことにより、クリープによって発生するコンクリートおよび鉄骨の応力度はつぎのようになる。

鉄骨部分: $\sigma_{sc} = R_t \cdot K_s / (K_s + K_e) A_s \cdots (6)$, コンクリート部分: $\sigma_{cc} = -P_t / A_c \cdots (7)$

R_t は E_c が変化する場合、(6)式とルンゲ・クッター法等により数値計算で求めなければならないが、 E_c が一定とみなせる場合は、前回報告したとおり理論解により求めることができる。今回は、 $E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ として R_t を求めた。

2-5 鉄骨ひずみの計測値による切梁軸力および変形量の評価方法

計測された鉄骨ひずみを $\bar{\epsilon}_s$ とすれば、これに相当する応力度は $\bar{\sigma} = E_s \cdot \bar{\epsilon}_s$ である。この応力度には上記したようにコンクリートのクリープ、乾燥収縮および切梁内温度変化による増分が含まれているため、外力およびクリープによる応力度(σ'_s)は

$$\sigma'_s = \sigma'_{se} (\text{外力による応力度}) + \sigma'_{sc} (\text{クリープによる応力度}) = \bar{\sigma}_s - \sigma_{ss} - \sigma_{st} \cdots (8)$$

となる。図-1に示すように、 σ'_{se} は外力増分による応力度の和であり、 σ'_{sc} は各外力増分で生じるクリープによる応力度の和で示されるので、時刻 $n \cdot \Delta t$ の場合は次式のように表わされる。

$$\sigma'_{se} = \sum \sigma_{sei} , \quad \sigma'_{sc} = \sum \sigma_{scin} \cdots (9)$$

ただし、 σ_{sei} : 時刻 $i \cdot \Delta t$ での外力増分による鉄骨応力度、 σ_{scin} : σ_{sei} に対応する外力増分により生じるクリープに起因する時刻 $n \cdot \Delta t$ における鉄骨応力度

また、(8)式分離ができれば、外力変化がわかるのでコンクリートの外力による応力度および(6)式よりクリープによる応力度が決まり、外力およびクリープによるコンクリート応力度(σ'_c)が求められる。したがって、切梁軸力 N と変形量 δ はつぎのように求められる。

$$N = (\sigma'_s + \sigma_{ss} + \sigma_{st}) A_s + (\sigma'_c + \sigma_{cs} + \sigma_{ct}) A_c , \quad \delta = \bar{\epsilon}_s L \cdots (10)$$

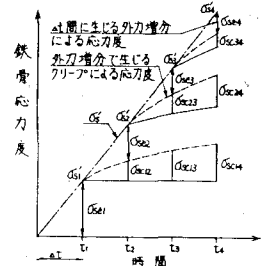


図-1 σ'_s の分離模式図

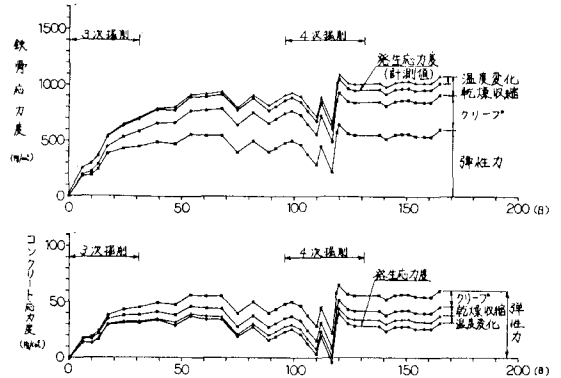


図-2 各要因ごとの発生応力度の経時変化

3. 計算結果の一例および考察

発生応力度の分離状況を図-2、切梁軸力を全断面有効で求めたものと本解析で求めたものを図-3に示した。また、図-4には、計測鉄骨ひずみから求めた切梁変形量と実測変形量とを比較したものを示した。

これらの結果よりつぎのことが判明した。

- (1) コンクリートのクリープ、乾燥収縮により鉄骨応力度は外力による応力度に比べ無視できない程度の増加がみられ、コンクリート応力度の場合は反対に減少することに留意する必要がある。
- (2) 切梁軸力は全断面有効で単純に求めると、本解析に比べ過大に評価することになると考えられる。
- (3) 切梁軸力はコンクリートのクリープ、乾燥収縮により外部拘束バネに一部移行するたの時間とともに減少する。
- (4) 計測鉄骨ひずみから求めた切梁変形量と実測変形量はよく一致している。
- (5) 本方法によって、SRC切梁の軸力をかなり適切に表現できたと思われるが、残念ながら検証する手立てがなかったため、今後、何らかの策を講じて検証したいと考える。

参考文献

- ① 小野, 松浦, 金好; “クリープ、乾燥収縮および温度変化を考慮したSRC切梁の挙動”