

III-545 プレキャストSRC切梁を用いた大規模山留めのシミュレーション（その2）

首都高速道路公団 正会員 木暮 潔
川崎航路トンネル作業所 正会員 市村 英紀
大成建設（株） 正会員 中野 謙
○大成建設（株） 正会員 津田 勝利

1. はじめに

本報は、川崎航路トンネル浮島立坑において行われた山留め掘削時の切梁軸力計測結果から、前報において用いられた乾燥収縮及びクリープを考慮したSRC切梁バネ値を算定したものである。

2. 切梁バネ値に及ぼす乾燥収縮及びクリープの影響

SRC切梁はRC切梁に比べ、コンクリートの乾燥収縮及びクリープを切梁内部の鋼材が拘束する。そのため、RC切梁で問題となる切梁バネ値の低減が少なくなる。これにより、コンクリートには増加応力として引張応力が発生し（結果的には圧縮応力が減少する）、切梁内部の鋼材は圧縮応力が増加する。

切梁と腹起しとの取合部となる端部は切梁撤去のために極厚鋼材とした。この部分の鋼材の歪計測値を全体軸力として、図-1に示すフローに従い、B2切梁を対象に乾燥収縮及びクリープがSRC切梁に及ぼす影響を検討した。計算モデルを図-2に示す。この時、山留め壁、地盤等の影響を地盤-構造系のFEM解析により各掘削段階毎に外部拘束バネとして算定した。

端部歪計測値から求まる全体軸力は以下の様に表される。

$$N = E_s \varepsilon_s A_s = A_c (\sigma_{cs} + \sigma_{cs} + \sigma_{cc}) + A_s (\sigma_{ss} + \sigma_{ss} + \sigma_{sc}) \quad \dots \quad (1)$$

コンクリート部が乾燥収縮した場合の現象は歪増分のつり合い式より以下の様に表現される。尚、変数一覧を表-1に示す。

$$\sigma_{ss} A_s + K_e \Delta L_s = -\sigma_{cs} A_c \quad \dots \quad (2)$$

$$\frac{1}{E_c} \frac{d\sigma_{cs}}{dt} - \frac{\sigma_{cs}}{E_c} \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{1}{E_s} \frac{d\sigma_{ss}}{dt} = \frac{d\varepsilon_s}{dt} \quad \dots \quad (3)$$

乾燥収縮歪とクリープの進行度は相似形であるとする、

$$\varepsilon_s = \varepsilon_n \cdot \phi_t / \phi_n \quad \dots \quad (4)$$

ϕ_t, ϕ_n および ε_n は「コンクリート標準示方書」に基づき設定し、載荷時材令40日、普通セメント、相対湿度70%とした。

また、乾燥収縮と同様にクリープが発生した場合の現象は以下の式により表される。

$$\sigma_{sc} A_s + K_e \Delta L_c = -\sigma_{cc} A_c \quad \dots \quad (5)$$

$$-\frac{1}{E_c} \frac{d\sigma_{cc}}{dt} - \frac{\sigma_{cc}}{E_c} \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{1}{E_s} \frac{d\sigma_{sc}}{dt} = \frac{d\varepsilon_c}{dt} \quad \dots \quad (6)$$

①～⑥式を連立させることにより、端部鋼材の全体軸力から切梁内部の鋼材及びコンクリートの軸力を分離でき、乾燥収縮及びクリープによる切梁内部の鋼材軸力増分が算定できる。算定したSRC切梁内部の鋼材軸力と計測結果の比較を図-3に示す。図-3より、両者はよい相関を示しており、コンクリートの乾燥収縮及びクリープは示方書の値に近いものであったと考えられる。

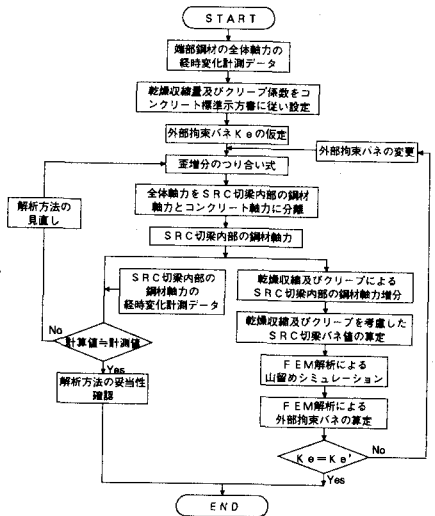


図-1 解析フロー

表-1 変数一覧表

A_s	SRC切梁内部の鋼材断面積
A_c	SRC切梁のコンクリートの断面積
N	端部鋼材歪計測値から求められる全体軸力
E_c	コンクリートの弾性係数
E_s	鋼材の弾性係数
ε_s	端部鋼材歪計測値
K_e	外部拘束バネ
σ_{co}	コンクリートの弾性応力度
σ_{so}	鋼材の弾性応力度
σ_{cs}	乾燥収縮によるコンクリート応力度増分
σ_{ss}	乾燥収縮によるSRC切梁内部の鋼材応力度増分
σ_{cc}	クリープによるコンクリートの応力度増分
σ_{sc}	クリープによるSRC切梁内部の鋼材応力度増分
ε_s	コンクリート単体の自由乾燥収縮歪
ε_c	コンクリート単体のクリープ歪
ϕ_t	コンクリート単体のクリープ係数
ΔL_s	乾燥収縮によるSRC切梁の変形増分 ($=\sigma_{ss} A_s / E_s$)
ΔL_c	クリープによるSRC切梁の変形増分 ($=\sigma_{sc} A_s / E_s$)
ε_n	コンクリート単体の自由乾燥収縮歪の最終値
ϕ_n	コンクリート単体のクリープ係数の最終値
K_e'	乾燥収縮及びクリープを考慮したSRC切梁のバネ値
K_e	乾燥収縮、クリープを考慮しない場合のSRC切梁バネ値
ε_s'	SRC切梁としての乾燥収縮量
ε_{ss}'	乾燥収縮によりSRC切梁に生ずる歪（内部拘束のみ）
ϕ_t'	SRC切梁としてのクリープ係数
ε_{sc}'	クリープによりSRC切梁に生ずる歪（内部拘束のみ）
ε_o	SRC切梁の弾性歪
δ_s'	乾燥収縮によりSRC切梁に発生する変形量（内部拘束のみ）
δ_o	SRC切梁の弾性変形量

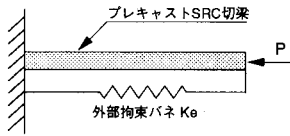


図-2 計算モデル

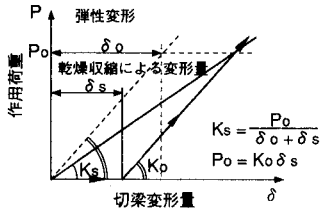


図-5 乾燥収縮による切梁バネ値の低下

表-2 シミュレーションに用いた切梁バネ値

	切梁バネ値 (tf/m/m)	低減率 (%)	
		乾燥収縮	クリープ
4次掘削時 B2切梁	11200	14.8	23.6
5次掘削時 B2切梁	12500	9.9	21.4
B3切梁	18400	12.8	13.9

注) 切梁ピッチを5.5mとして算定

乾燥収縮及びクリープを考慮しない場合の切梁バネ値
B2切梁：18200 tf/m/m
B3切梁：25100 tf/m/m

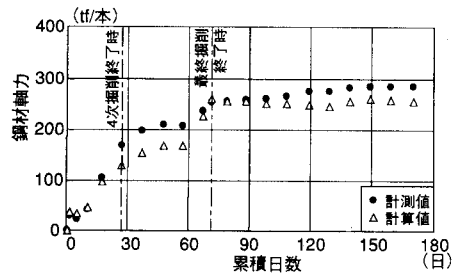


図-3 鋼材軸力の計測値との比較

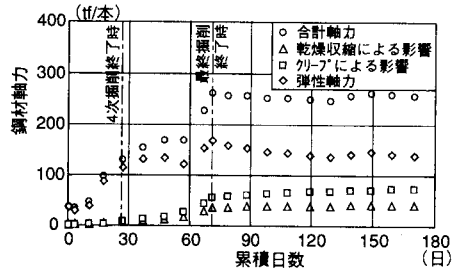


図-4 乾燥収縮及びクリープの影響度

また、図-4に切梁内部の鋼材全軸力、乾燥収縮及びクリープによる増加軸力を示す。同図によれば、乾燥収縮及びクリープによる増加軸力は最終掘削時において鋼材全軸力のそれぞれ13%、24%を占めている。

3. 乾燥収縮及びクリープ考慮した切梁バネ値

乾燥収縮及びクリープにより低下したSRC切梁のバネ値を算定する。但し、SRC切梁自身のバネ値を算定する目的から、外部拘束の影響がない内部拘束のみの状態での乾燥収縮及びクリープによる歪を求め直し、切梁バネ値を算定する。内部拘束条件下でのSRC切梁としての乾燥収縮量は、乾燥収縮によりSRC切梁内部の鋼材に生ずる収縮量と考えることができる。また、SRC切梁としてのクリープ量は、クリープによりSRC切梁内部の鋼材に生ずる収縮量に等しい。そこで、SRC切梁としての乾燥収縮量及びクリープ係数を鋼材の歪を用いて以下の様に表示す。

$$\epsilon'_s = \epsilon'_{ss} \quad \text{..... ⑦}$$

$$\phi'_i = \frac{\Delta \epsilon'_{sc}}{\epsilon_o} \quad \text{..... ⑧}$$

そこで、SRC切梁のバネ値は、乾燥収縮を図-5に示すように荷重載荷前の段階でゆるみが生じている状態とし、クリープ歪は掘削による荷重の変化を考慮した弾性歪に比例するとし、以下の式により各掘削段階毎に算定することができる。その結果を表-2に示す。

$$K_s = \frac{K_o}{1 + \frac{\epsilon_o}{\Delta \epsilon_o} \Delta \phi'_i} \cdot \frac{\Delta \delta_o}{\Delta \delta_o + \Delta \delta'_s} = \frac{K_o}{1 + \frac{\Delta \epsilon'_{sc}}{\Delta \epsilon_o}} \cdot \frac{\Delta \epsilon_o}{\Delta \epsilon_o + \xi \Delta \epsilon'_s} \quad \text{..... ⑨}$$

4. まとめ

1. SRC切梁に作用する全体軸力から、乾燥収縮及びクリープの影響を考慮することにより切梁内部の鋼材が受ける軸力とコンクリートが受ける軸力を経時的に算定し、計測結果とよく一致した。
2. SRC切梁に作用する全体軸力から、乾燥収縮及びクリープを考慮した切梁バネ値の算定方法を示し、その値を算定した。

(参考文献)

- 1) 水野昭生ほか：大規模掘削におけるSRC切梁の挙動，土木学会第36回年次学術講演会，昭和56年9月
- 2) 玉野富雄ほか：SRC切梁の軸力算定についての一考察，土木学会第43回年次学術講演会，昭和63年10月