

III-543 プレキャストSRC切梁を用いた大規模山留めの設計に関する一考察

首都高速道路公団 正会員 谷 雅史
 川崎航路トンネル作業所 正会員 小山 文男
 大成建設（株） 正会員 中野 謙
 ○大成建設（株） 正会員 中村 泰介

1. はじめに

川崎航路トンネル浮島立坑において、プレキャストSRC切梁を用いた大規模山留め工事が行われた。本報は、前報に続き、その設計及び計測結果をもとに今後の設計に対する考察を行ったものである。

2. 設計値と計測結果の比較

山留め架工（図-1）の設計は、弾塑性法を用いた梁-バネ解析及び2次元弾塑性FEMによる逐次掘削解析により行った。SRC切梁のバネ値は、コンクリートのクリープを乾燥収縮も考慮の上、1年間分と大きめに設定した場合と、全く考慮しない場合の2ケースを有効弾性係数法により求め、両者を包含する設計を行った。尚、最も長い期間高軸力が作用するB2切梁の架設から撤去までの期間は約9ヶ月である。

山留め壁の変形及び切梁軸力の設計値と計測結果を図-2及び表-1に示す。最大変形及びB2及びB3切梁の最大軸力は、計測の結果、最終掘削時に発生した。図-2より変形量は梁-バネ解析結果及びFEM解析結果の間に計測結果が位置し、FEM解析結果は最大変形量が概ね等しい。また、表-1より切梁軸力はFEM解析結果ではほぼ計測結果と等しいものの、梁-バネ解析は2倍近い値を示す。梁-バネ解析は各断面毎の計算であるため、もともと山留め架工全体の動きが表現できない。従って、浮島立坑のような左右非対称な構造条件や周囲の地盤条件が複雑で、特に軟弱粘性土が卓越するような土質条件のもとでは、梁-バネ解析のみを用いて設計する場合には十分注意する必要があると思われる。逆に、今回行ったようなFEM解析はこのような条件下においてはより有効な手段と考えられる。

3. SRC切梁のバネ値

SRC切梁ではコンクリートの乾燥収縮及びクリープによる切梁のバネ値としての低減はRC切梁に比べ小さくなる。これは、コンクリートの収縮を切梁内部の鋼材が拘束するためである。前報において乾燥収縮及びクリープを考慮して、全体軸力の計測結果から歪増分のつり合い式により切梁バネ値を算定する方法を示した。この方法では、乾燥収縮により切梁には初期の段階でゆるみが生じている状態と考え、また、クリープは弾性歪に比例

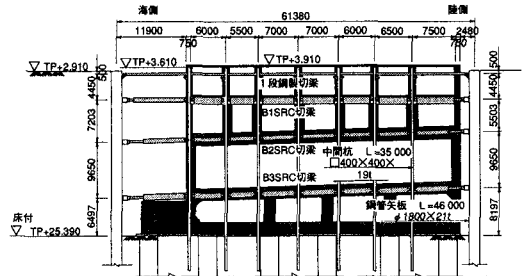


図-1 山留め支保工構造図

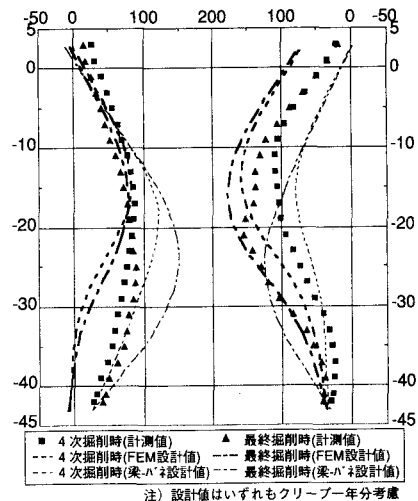


図-2 山留め壁の変形

表-1 切梁軸力

		設計軸力 (tf/本)			
		計測軸力 (tf/本)	梁-バネ解析		FEM解析
			低減なし クリープ考慮	低減なし クリープ考慮	
B2SRC切梁	掘削時	824	1162	1073	750
	切梁撤去時	745	1183	1202	752
B3SRC切梁	掘削時	953	1702	1597	886
					815

注) 切梁分担幅を5.5mとして算定

して収縮すると考えた。この切梁バネ値を用いた山留めシミュレーションを行った結果、比較的精度よくその挙動をシミュレートすることができた。

設計においては、以下の様に変形することにより切梁バネ値を算定することが可能である。但し、弾性歪が未知であるため、山留め計算を繰り返し行うことにより切梁バネ値が定まる。

$$K_{sn} = \frac{K_o}{1 + \frac{\epsilon_{on}}{\Delta \epsilon_{on}} \xi_{2n} \Delta \phi_{in}} \cdot \frac{\Delta \epsilon_{on}}{\Delta \epsilon_{on} + \xi_{1n} \Delta \epsilon_{sn}}$$

$$\xi_{1n} = \frac{1 - \mu \sum_{i=1}^{n-1} \xi_{1i} \Delta \phi_{ii}}{1 + \mu + \mu \Delta \phi_{in}}$$

$$\xi_{2n} = \frac{1 - \mu \sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=1}^i \epsilon_{oi} \xi_{2j} \Delta \phi_{ji} \right)}{1 + \mu + \mu \Delta \phi_{in}}$$

K_{sn} : n次掘削時のSRC切梁バネ値

ϵ_{on} : n次掘削時までの弾性歪

$\Delta \epsilon_{on}$: n次掘削時の弾性歪の増分

K_o : 乾燥収縮及びクリープを考慮しない場合のSRC切梁バネ値

$\Delta \phi_{in}$: n次掘削時のコンクリート単体としてのクリープ係数の増分値

$\Delta \epsilon_{sn}$: n次掘削時のコンクリート単体としての乾燥収縮量の増分値

ξ_{1n} : コンクリート単体とSRC切梁の乾燥収縮量の比

ξ_{2n} : コンクリート単体とSRC切梁のクリープ係数の比

μ : 鋼材とコンクリートの軸剛性比

以上のように、複雑ではあるが、上式による乾燥収縮及びクリープを考慮した切梁バネ値を用いることにより精度の高い設計が可能である。前述のように今回の設計は、乾燥収縮を考慮の上、クリープ係数を1年間分と大きめに設定した場合と、これらを全く考慮しない場合の両ケースを包含するように設計を行った。クリープを考慮した場合のクリープ係数は1.16であり、切梁バネ値に換算すると約1/2となる。図-3に設計におけるFEM解析での両ケースの山留め壁の変形を示す。図-3より、クリープの有無による相違は小さく、最大変形で約7%である。また、表-2に設計におけるFEM解析での切梁軸力結果を示す。表-2より両者の相違は最大で15%程度である。これらは、構造条件、地盤条件等により変化し、今後、検討の余地はあるものの、クリープを考慮して切梁バネ値を半減させても、その差は比較的小さな値であった。従って、容易に設計を行う場合には、今回行ったようなクリープを大きめに考慮して切梁バネ値を大きく低減させた場合と、全く低減を考慮しない場合の検討を行い、両者を包含する設計を行うことにより、ある程度の精度は確保されるものと考えられる。

4.まとめ

1. 粘性土の卓越する軟弱地盤における大規模山留めの設計を行う場合、梁バネ解析は全体の動きを考慮できず、その適用には十分注意を要する。一方、FEM解析が有効な手段と考えられる。
2. 設計時における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た。
3. 切梁の乾燥収縮及びクリープを考慮して簡易に設計を行う場合には、乾燥収縮を考慮の上クリープを大きめに考え切梁バネ値を大きく低減させた場合と全く低減を考慮しない場合の2ケースを包含させることにより、ある程度の精度は確保されるものと考えられる。

(参考文献)

- 1) 長谷川ほか：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1）土木学会第49回年次学術講演会
- 2) 木暮ほか：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）土木学会第49回年次学術講演会

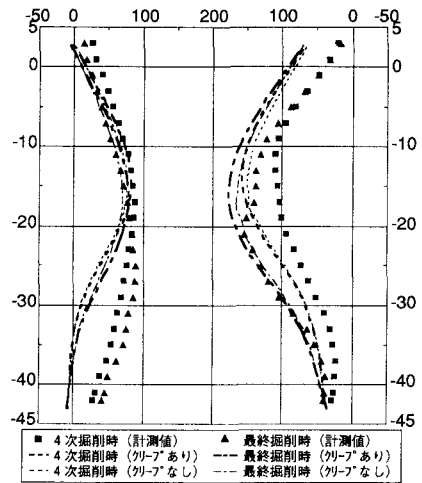


図-3 山留め壁の変形に及ぼす切梁のクリープの影響

表-2 切梁軸力に及ぼす切梁のクリープの影響

	掘 削				
	STEP-2	STEP-3	STEP-4	STEP-5	STEP-6
1段鋼製切梁	—	46.5 46.5	撤去	—	—
B1RC切梁	—	—	110.1 108.7	83.3 95.8	78.0 85.8
B2SRC切梁	—	—	—	136.4 115.5	122.6 116.3
B3SRC切梁	—	—	—	—	161.0 148.1

注) 上段: クリープを考慮しない場合
下段: クリープを考慮する場合