

## 土留め弾塑性計算における覆工桁の軸剛性評価に関する一考察

（株）間組 土木事業総本部 正会員 佐久間誠也  
 首都高速道路公団 工務部 正会員 石田 高啓  
 （株）間組 土木事業総本部 佐藤 元紀

### 1. はじめに

最近の土留め弾塑性計算においては、経済的な設計を求めたり土留め壁の変形による土留め背面地盤の沈下を適正に評価する目的で、覆工桁を切梁部材と見なし軸剛性を考慮する場合が増えてきている。この場合の覆工桁の軸剛性（切梁バネ値）は、一部の基準類にその評価の具体的な値が示されているが、その根拠は明確に示されていない。覆工桁が切梁部材と同様の機能を持つか否かについては、その設置方法も含めて議論すべきであるが、本稿においては、覆工桁の支保効果について単純な切梁と仮定したケーススタディーをもとに具体的な軸剛性の有効率を示し、設計への適用の妥当性を考察するものである。

### 2. 覆工桁を評価する場合の問題点

覆工桁を0段切梁(仮称)として設計する場合の問題点を、まず明確にしておく。覆工桁は、その規模にもよるが、一般にちどりに配置される事が多く、桁受けにボルトで止められているだけのため、通常の切梁の様に緩みなく設置する事が困難な場合が多い。また、掘削に伴う土留め壁の反り返りにより軸力が引張りとなることもある。覆工桁の支保効果については、これらの影響を個別に評価する事も考えられるが、本研究では弾塑性計算において基本となるこれらの影響も含めた切梁バネ値(見かけ上の切梁バネ値)に着目しその有効率を変えて試算した。

### 3. 設計条件および設計計算モデル

土木学会『トンネル標準示方書〔開削工法編〕・同解説』～平成8年5月～に準拠する

表1 土質データ

層番号	位置 上端 ~ 下端	層厚 m	土質	地下 水位 m	kN/m	度	度	N値 (= /2)	C kN/m	Kh kN/m <sup>3</sup>
1	GL.0.00 ~ GL-10.30	10.30	粘土	1.30	16.5	0.0	0.0	2	10.0	505
									20.0	1009
									30.0	1514
2	GL-10.30 ~ GL-13.55	3.25	粘土	1.30	16.0	0.0	0.0	0	34.6	1746
3	GL-13.55 ~ GL-17.75	4.20	粘土	1.30	16.0	0.0	0.0	1	79.3	4001
4	GL-17.75 ~ GL-19.15	1.40	砂質	2.54	17.7	26.0	13.0	11	0.0	7401
5	GL-19.15 ~ GL-20.35	1.20	粘土	2.54	17.0	0.0	0.0	3	77.7	3921
6	GL-20.35 ~ GL-23.35	3.00	砂質	8.64	18.0	33.3	16.7	28	0.0	18838
7	GL-23.35 ~ GL-26.20	2.85	粘土	8.64	17.5	0.0	0.0	7	231.6	11686
8	GL-26.20 ~ GL-33.70	7.50	砂質	10.49	20.0	45.0	22.5	82	0.0	55169

表2 検討ケース（土質データ以外）

覆工桁（0段切梁） の剛性有効率	0%、1%、4%、7%、 10%、50%、100%	7ケース
1段目切梁位置	GL-1.65m GL-2.15m GL-2.65m	3ケース

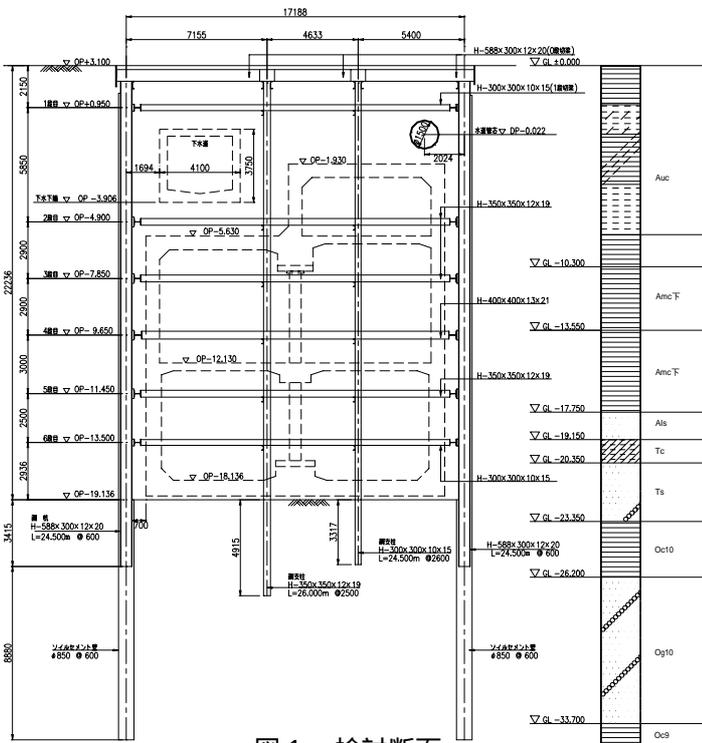


図1 検討断面

検討ケースとして、覆工桁剛性有効率を0%～100%まで7ケース変動させると共に、表1における1層目の粘着力を3ケース、1段目切梁の位置を3ケース(表2参照)変動させ、全63ケースについて弾塑性計算を行った。

キーワード：土留め、弾塑性計算、覆工桁、切梁バネ値、

連絡先：〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8 TEL：03-3423-2451 FAX：03-3405-1854

#### 4. 計算結果

6 3 ケースの弾塑性計算を行い、最大水平変位、最大曲げモーメントおよび覆工桁の軸力を求めた。そのうち 1 段切梁位置 GL-2.15m における組合せ 2 1 ケースより、最大水平変位および覆工桁の軸力の結果を以下に示す。

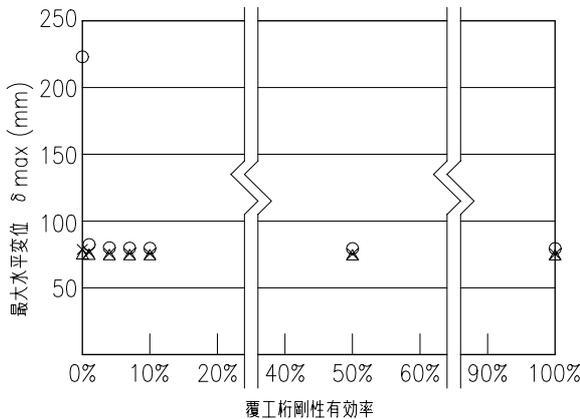


図2 最大水平変位

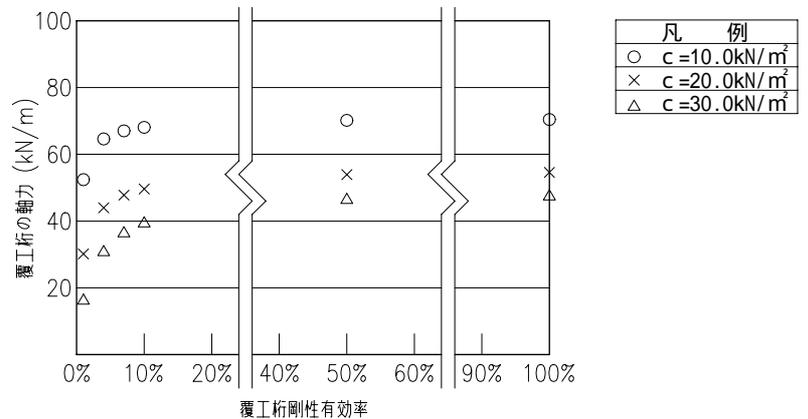


図3 覆工桁の軸力

表3 最大水平変位(単位：mm)

粘着力	覆工桁（0段梁）の剛性有効率						
	0%	1%	4%	7%	10%	50%	100%
C=10kN/m <sup>2</sup>	223.01	82.43	80.08	79.80	79.69	79.46	79.44
C=20kN/m <sup>2</sup>	78.77	76.64	75.78	75.65	75.59	75.48	75.46
C=30kN/m <sup>2</sup>	74.22	73.87	73.63	73.57	73.54	73.47	73.46

表4 覆工桁の軸力(単位：kN/m)

粘着力	覆工桁（0段梁）の剛性有効率						
	0%	1%	4%	7%	10%	50%	100%
C=10kN/m <sup>2</sup>	-	52.42	64.61	67.04	68.08	70.16	70.43
C=20kN/m <sup>2</sup>	-	30.16	43.97	47.77	49.62	53.93	54.58
C=30kN/m <sup>2</sup>	-	16.12	30.66	36.31	39.27	46.30	47.36

上記の 2 1 ケースの計算結果によると、覆工桁の軸力については、覆工桁剛性有効率が 0% ~ 10% までは軸力が増加しており、その後 10% 以上ではほぼ一定の値となっている(図3参照)。最大水平変位については、粘着力が 10kN/m<sup>2</sup> で覆工桁剛性有効率 0% の場合の変位が土留壁天端で発生している以外は、どのケースとも GL-18m ~ 19 m 付近で発生している。最大曲げモーメントについては結果図表を省略したが、どのケースとも GL-20m 付近において発生しており、M<sub>max</sub>=1200 ~ 1300kN・m 前後（単位幅 1 m 当り）の値となっている。

#### 5. 考察

ケーススタディの結果によると、土留め壁の頭部変位抑制については、覆工桁の軸剛性を少しでも評価すれば当然効果が現れている。また、覆工桁の軸力については、覆工桁に計算上 10% 程度の軸剛性を見ておけば、それ以上剛性有効率を上げて軸力の値が増えないことから、十分切梁としての機能を果たしていると言える。この傾向は、第 1 層の粘着力や 1 段切梁の設置位置を変えても同様であった。ただし、覆工桁の設置方法に起因する緩みが特に大きい場合は別途評価が必要である。

覆工桁の剛性有効率の設定については、通常切梁と区別する意味であえて 100% の評価をせず支保効果の発揮できる有効率を設定することに異論を挟まない。ただし、この場合にも、覆工桁に計算上発生する軸力を用いて、覆工桁、覆工桁受けおよび覆工桁止めボルト等の設計照査や覆工桁の不連続部の処理を適正に行う必要があると考える。特に、覆工桁と 1 段切梁が地下埋設物などの制約により離れて設置される場合には注意が必要である。

#### 6. おわりに

覆工桁を切梁として評価することは、経済的な土留め設計に繋がる。また、土留め壁背面の地表面沈下等、近接施工の影響検討を行う場合は、実際の挙動に近い土留め壁の変形を把握することが重要となる。特に軟弱地盤において覆工桁の存在を無視した場合、土留め壁背面の地表面沈下量の推定に際し、計算で得られた土留め壁頭部の過大な変位が累積されたものをそのまま採用すると沈下量も過大な値を推定することになる。したがって、覆工桁の支保効果については、その計算の目的および実際の施工状況を踏まえ、設計に留意する必要がある。