

# 大規模開削工事における非対称土留壁の挙動に関する報告

大村 祐司\*  
Yuji Ohmura

## 1. はじめに

本工事における原設計での土留壁は全て鋼矢板（圧入工法）であったが、先行施工した東側では玉石の出現により、施工に困難を極め、埋設物への影響（沈下）も発生した。この結果を受け、重要な地下埋設物が存在する後行施工の西側においては、土留工施工時の影響を抑制するため、企業先との協議の上、柱列式連続地中壁（SMW）を適用した。

本稿では、施工時の計測工を実施した結果明らかとなった、非対称土留壁構造の挙動についての報告と考察を述べる。

## 2. 工事概要

- 工事名 港島トンネル延伸工事
- 発注者 神戸市みなと総局
- 工事場所 神戸市中央区港島中町1丁目・港島6丁目
- 工期 平成21年8月29日～平成23年6月22日
- 工事内容
  - 鋼矢板（IIIW型、IVW型 L=18.5～20.0m）349枚
  - 連続地中壁（柱列式）
    - （φ550～φ650 L=18.1m～19.6m 芯材 H-400×200, 450×200 @ 450）延長 181.8m
  - 路面覆工 覆工板 5,539m<sup>2</sup> 桁材 551.6t
  - 土留支保工 H-300～H-500 644.0t
  - 土工（掘削）40,600m<sup>3</sup>
  - 函渠工（躯体コンクリート）6,071m<sup>3</sup>
  - U型擁壁工（コンクリート）5,881m<sup>3</sup> 他

## 3. 計測概要

工事の安全性を確認するため、U型擁壁工および函渠工の各最深掘削部の2測線（No.1：掘削深さ約10.3m、No.2：約10.0m）において、両側の土留壁変位と全段の切梁軸力の自動計測を行い、リアルタイムに挙動の確認を行った（図-1参照）。すなわち、計測データを施工者と計測事業者が同時にリアルタイムで把握できるシステムを採用し、計測値が管理基準値を超えた場合の対処や次段階以降の対策工の検討及び実施について、速やかに

\* 関西（支）港島（出）

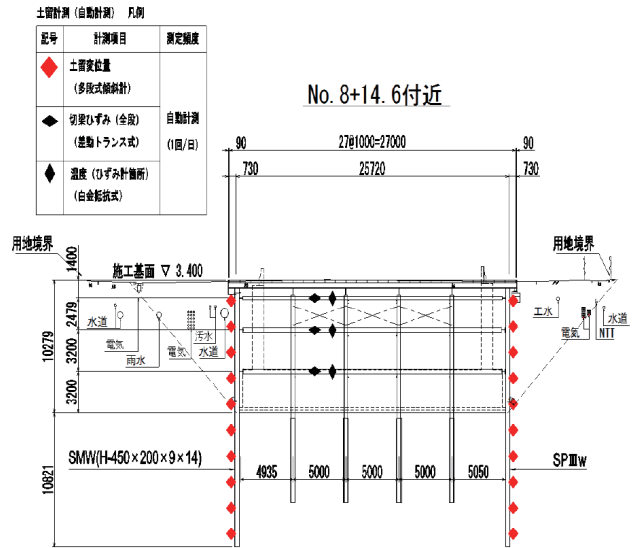


図-1 土留工断面図（計測地点No.1）

対応できる体制を構築し施工を行った。

## 4. 計測結果とその考察

掘削開始から1段梁撤去後までの土留変位と切梁軸力の計測結果は以下のとおりである。

なお、表-1に計測断面の土留め壁剛性を示す。

表-1 計測断面の土留め壁剛性の比較

断面	土留め壁	西側	東側	剛性比 (SMW/鋼矢板)
		SMW(H-450×200×9×14)	鋼矢板 (SP IV w)	
No.1	剛性 (Ix)	$I_x = 32,900 \times 1 / 0.45 = 73,100 \text{ cm}^4 / \text{m}$	$I_x = 56,700 \times 0.8 = 45,360 \text{ cm}^4 / \text{m}$	1.61
No.2	剛性 (Ix)	$I_x = 23,500 \times 1 / 0.45 = 52,200 \text{ cm}^4 / \text{m}$	$I_x = 56,700 \times 0.8 = 45,360 \text{ cm}^4 / \text{m}$	1.15

### (1) 土留壁の変形・切梁軸力の計測結果

土留壁変形の計測結果を、表-2・図-2に示す。

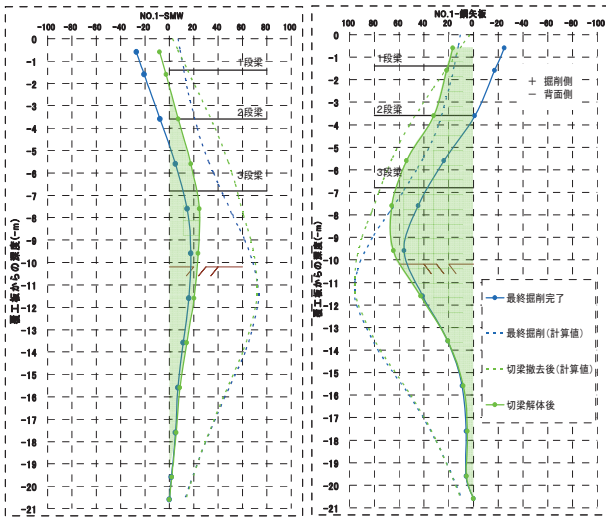
表-2 土留変形計測結果一覧表

計測地点No.1(U型擁壁最深部) 【No.9+14.60付近計算値との比較】

施工段階	切梁設置撤去位置	掘削深さ【GL-m】	土留変位 (SMW)					土留変位 (鋼矢板)				
			位置【GL-m】	変位量【mm】			位置【GL-m】	変位量【mm】				
				設計値	計測値 max	対設計値		設計値	計測値 max	対設計値		
1次掘削時	GL-1.4	GL-2.4	GL-0.00	18	1	3%	GL-0.0	22	14	61%		
2次掘削時	GL-4.5	GL-5.7	GL-5.29	24	2	8%	GL-5.0	30	15	49%		
3次掘削時	GL-7.1	GL-8.9	GL-8.97	48	12	24%	GL-8.8	62	36	58%		
最終掘削時	—	GL-11.1	GL-11.48	73	17	23%	GL-11.3	96	41	43%		
3段梁撤去	GL-7.9	GL-11.1	GL-10.68	72	17	23%	GL-10.4	97	60	62%		
2段梁撤去	GL-4.7	GL-11.1	GL-11.05	72	21	29%	GL-10.8	96	62	65%		
1段梁撤去	GL-1.4	GL-11.1	GL-11.05	72	25	35%	GL-10.8	96	68	71%		

計測地点No.2(函体最深部) 【No.11+18.80付近計算値との比較】

施工段階	切梁設置撤去位置	掘削深さ【GL-m】	土留変位 (SMW)					土留変位 (鋼矢板)				
			位置【GL-m】	変位量【mm】			位置【GL-m】	変位量【mm】				
				設計値	計測値 max	対設計値		設計値	計測値 max	対設計値		
1次掘削時	GL-1.4	GL-2.4	GL-0.00	21	2	7%	GL-0.0	22	6	25%		
2次掘削時	GL-4.5	GL-5.1	GL-4.46	21	1	3%	GL-4.4	22	5	23%		
3次掘削時	GL-7.1	GL-8.1	GL-8.22	39	8	19%	GL-8.2	42	26	61%		
最終掘削時	—	GL-10.3	GL-10.73	66	18	27%	GL-10.7	71	46	64%		
3段梁撤去	GL-7.1	GL-10.3	GL-10.63	64	20	31%	GL-10.6	69	48	70%		
2段梁撤去	GL-4.5	GL-10.3	GL-10.63	64	22	35%	GL-10.6	69	51	74%		
1段梁撤去	GL-1.4	GL-10.3	GL-10.65	64	25	39%	GL-10.6	69	56	80%		



図—2 土留変位図 (No.1 計測断面)

切梁軸力の計測結果を、表—3 に示す。

表—3 切梁軸力の計測結果一覧表

計測地点 No.1 (U 型擁壁最深部) 【No.9+14.60 付近計算値との比較】

施工段階	切梁設置撤去位置	掘削深さ 【GL-m】	支保工反力【KN】												
			1 段梁 H-300 × 300 × 10 × 15			2 段梁 H-400 × 400 × 13 × 21			3 段梁 H-350 × 350 × 12 × 19						
			設計値	計測値 max	対設計 計値	設計値	計測値 max	対設計 計値	設計値	計測値 max	対設計 計値				
1次掘削時	GL-1.4	GL-2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2次掘削時	GL-4.5	GL-5.7	862	256	30%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3次掘削時	GL-7.1	GL-8.9	412	238	58%	2,182	500	23%	—	—	—	—	—	—	—
最終掘削時	GL-11.1	GL-11.1	366	222	61%	1,698	686	40%	2,299	752	33%	—	—	—	—
3段梁撤去	GL-7.9	GL-11.1	186	185	99%	2,832	790	28%	—	—	—	—	—	—	—
2段梁撤去	GL-4.7	GL-11.1	981	313	32%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

計測地点 No.2 (函体最深部) 【No.11+18.80 付近計算値との比較】

施工段階	切梁設置撤去位置	掘削深さ 【GL-m】	支保工反力【KN】												
			1 段梁 H-300 × 300 × 10 × 15			2 段梁 H-400 × 400 × 13 × 21			3 段梁 H-350 × 350 × 12 × 19						
			設計値	計測値 max	対設計 計値	設計値	計測値 max	対設計 計値	設計値	計測値 max	対設計 計値				
1次掘削時	GL-1.4	GL-2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2次掘削時	GL-4.5	GL-5.1	746	288	39%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3次掘削時	GL-7.1	GL-8.1	397	390	98%	1,795	766	43%	—	—	—	—	—	—	—
最終掘削時	GL-10.3	GL-10.3	316	367	116%	1,384	771	56%	2,073	899	43%	—	—	—	—
3段梁撤去	GL-7.1	GL-10.3	244	535	220%	2,077	1,193	57%	—	—	—	—	—	—	—
2段梁撤去	GL-4.5	GL-10.3	614	598	97%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※凡例   設計最大反力   計測最大反力

(2) 計測結果と設計計算値の比較

計測結果と設計値を比較すると以下の特徴がある。

【土留壁の変形】

- 設計では土留め壁の剛性比が大きい No.1 計測断面 (剛性比が 1 : 2.15) で最大変位量比に大きな差 (72/96 = 1/1.33) があるが、No.2 断面 (剛性比が 1 : 1.54) では最大変位量比に大きな差となって現われない (64/69 = 1/1.08)。
- これに対し、計測結果では変位量比が No.1 で (25/68 = 1/2.72)、No.2 で (25/56 = 1/2.24) と設計の比より大きな差となって現われる。
- 変形モードは設計と計測とは相似しているが、最大変形の発生深度が計測結果が設計より浅くなっている。

【切梁軸力の変化】

- 計測された各段の最大軸力はすべて設計値内となっている。
- 各断面の 1 段梁以外の各支保工では各ステップ毎の軸力の増減傾向は設計と計測は同様であるが、1 段梁は発生ステップに違いがある。
- 変位・軸力の変化の推移を見ると、表—4 に示すように、掘削時より解体時の最大値の割合が大きい傾向がある。

表—4 土留変位量と切梁軸力の対設計計算値率

掘削時	掘削深	対設計計算値の最大値				
		土留変位量		切梁軸力		
		鋼矢板	SMW	1 段	2 段	3 段
No.1(U 型擁壁)	GL-11.1	58%	24%	61%	40%	33%
No.2(函体)	GL-10.3	64%	27%	116%	56%	43%

解体時	掘削深	対設計計算値の最大値			
		土留変位量		切梁軸力	
		鋼矢板	SMW	1 段の変化	2 段
No.1(U 型擁壁)	GL-11.1	71%	35%	99%⇒ 32%	28%
No.2(函体)	GL-10.3	80%	39%	220%⇒ 97%	57%

(3) 計測結果と設計計算との相違に対する考察

【土留壁の変形量について】

- 設計と計測での相違の割合が大きいですが、これは設計では壁種に関係なく、同値の (土圧 + 水圧) 作用となっているが、実際には SMW 壁ではその形状や材質の影響で壁面摩擦角が大きくなり、土圧の水平成分が低減されるのではないかと考えられる。

図—2 の色塗りした最終土留め壁の変形状の違いを見ると、土留め壁の剛性の違いだけではなく、作用荷重の違いのことが考えられる。

本工事での計測工の目的が、安全性の確認であり、作用荷重に着目した計器を設置しなかった。今後、機会があれば確認してみたい。

【1 段梁軸力について】

- 1 段梁の施工ステップ毎の増減傾向が設計と計測で大きく相違した。これは、土留め壁が背面側へ変位する際の背面地盤の評価方法などで、設計上で十分に表現できていないことも原因の一つと考えられ、今後の設計にあたっての課題と考えられる。

5. おわりに

本工事は、平成 23 年 6 月に完了し、随契工事のその 2 工事・側道復旧工事も平成 24 年 12 月に無事完了した。

本工事の施工に当り、ご指導いただきました関係者の皆様に深く感謝し、お礼申し上げます。