

盛土と基礎の同時施工を可能にした盛りこぼし橋台の設計

中日本高速道路(株) 名古屋支社

間井博行

清水建設(株)

名古屋支店

正会員

○藤田宗寛

清水利浩

(株)エイト日本技術開発

国土インフラ事業部

正会員

中谷武弘

1. はじめに

新東名高速道路 観音山トンネル工事における久田野川橋下部工および山陰川橋下部工では、盛りこぼし橋台が採用されていた。盛りこぼし橋台は、コスト低減や路線全体の土量配分といった理由から採用されることが多い¹⁾。当該工事では、上部工工事引渡しまでの工程制約から盛りこぼし橋台の工程を短縮させる必要があった。そのため、盛りこぼし橋台の設計、施工方法を見直し、盛土と基礎を並行して施工し、大幅な工程短縮を達成した。本稿では、その設計について報告する。

2. 盛りこぼし橋台基礎形式の選定

一般的な盛りこぼし橋台は、高盛土が先行施工され、橋台重量と橋台背面の裏込に相当するプレロードが十分になされた(通常6か月)後杭基礎を施工するため、橋台背面の裏込施工に伴う施工時変位荷重を考慮する必要はない²⁾。しかし、当該工事では、盛土と基礎を並行して施工し、プレロード期間を短縮するため、裏込施工に伴う施工時変位荷重を考慮する必要があった。

表-1 に、基礎杭に作用する最大地盤変位荷重と最大

表-1 プレロード有無による基礎杭作用力の違い

プレロード	最大地盤変位荷重	最大曲げモーメント
有(通常)	1,503 kN/m	5,479 kN・m
無(本ケース)	2,676 kN/m	9,757 kN・m

表-2 盛りこぼし橋台基礎構造比較結果

	場所打ち杭 ($\phi 1.2\text{m} \times 6$ 列)	鋼管杭 ($\phi 1.2\text{m} \times 4$ 列)	深礎杭 ($\phi 3.0\text{m} \times 2$ 列 or $\phi 7.0\text{m} \times 1$ 列)	スリット橋台
概要図				
	【L2地震時】 曲げモーメント: $M=2,867 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_u=2,885 \text{ kN} \cdot \text{m}$ せん断力: $S=994 \text{ kN} < P_s=1,998 \text{ kN}$	【L2地震時】 曲げモーメント: $M=8,686 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_u=9,178 \text{ kN} \cdot \text{m}$ せん断力: -	【死荷重時】杭体降伏=OUT 【L2地震時】 曲げモーメント: $M=580,269 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_u=633,722 \text{ kN} \cdot \text{m}$ せん断力: $S=634,032 \text{ kN} > P_s=100,969 \text{ kN}=\text{OUT}$	【L1地震時】滑动安全率 $1.6 > 1.2$
施工手順	STEP 1 ケーシングロット毎の盛土	STEP 1 鋼管杭ロット毎の盛土	STEP 1 盛土とライナープレートの同時施工	STEP 1 底板打設
	STEP 2 大気中でケーシング経 ※コンクリート打設は盛土完成後となる。	STEP 2 大気中で鋼管杭経	STEP 2 コンクリート打設	STEP 2 壁打設 ※盛土はコンクリート養生後となる。
構造成立性	○	○	×	○
経済性	△	○	—	△
施工性	△	○	—	×
総合評価	△	○	×	×

キーワード: 盛りこぼし橋台, 高盛土, 鋼管杭, ゴーニング, ネガティブフリクション

連絡先: 460-8580 愛知県名古屋市中区錦 1-3-7 清水建設(株)名古屋支店 Tel.052-203-1498 Fax.052-202-0125

曲げモーメントのプレロード有無による影響を示す。同表より、プレロードを実施しないとすると、基礎杭耐力は約 1.8 倍必要となる。

表-2 に、盛りこぼし橋台基礎形式の検討結果を示す。場所打ち杭は橋軸方向に 6 列配置となり、構造的・経済性の面で劣る。深礎杭は、剛性が高いことで必要耐力も大きくなり成立しない。スリット橋台は、コンクリート打設が多くなることで工程が長くなってしまう。一方で、鋼管杭は剛性および変位追随性が高く、橋軸方向の 4 列配置で必要耐力を満足することが可能である。また、場所打ち杭と比較して、鋼管杭は本数も少なく、定尺長も長い継手回数が少ないことから、施工性にも優れている。以上より、盛土と基礎を同時施工する基礎構造として、鋼管杭を選定した。また、鋼管杭の継手は、工程短縮のため機械式継手を採用した。

3. 盛りこぼし橋台盛土のゾーニング設計

当該工事では、盛りこぼし橋台が 3 橋台あり、盛りこぼし橋台盛土地盤として、116 万 m^3 を超える盛土量があった。すべてを最大粒径 100mm 以下の盛土地盤材とした場合、その製作（破碎）に多大な時間を要し、盛土材供給の遅れが懸念された。そのため、盛土のり面側の盛土材最大粒径を緩和するゾーニング設計^{3), 4)}を採用した。図-1 に、代表断面を示す。ゾーニング設計採用により、100mm 以下の材料が約 20% に低減され、盛土進捗にバランスした材料供給が可能となった。

4. 鋼管杭基礎へのネガティブフリクション対策

高盛土と鋼管杭の同時施工という特殊性により、当該工事における盛りこぼし橋台基礎の支持力照査時に、周面摩擦力は考慮していない。反対に、施工時および施工後の盛土沈下によるネガティブフリクションの影響が懸念された。ゆえに、ネガティブフリクション対策として、後付けタイプの低フリクションシートを採用することとした。過去の事例¹⁾から、盛りこぼし橋台盛土地盤は N 値が高くなることが想定されたため、N 値をパラメータとして、必要対策範囲の検討を行った。図-2 に検討例を示す。N 値の変化により、必要となるネガティブフリクション範囲が増加する。本工事では、検討結果を参考にしつつ、前例がない施工方法であることと沈下の不確実性、深度が深いほど相対沈下量が大きくなることを踏まえ、最下端からネガティブフリクション対策を実施することとした。

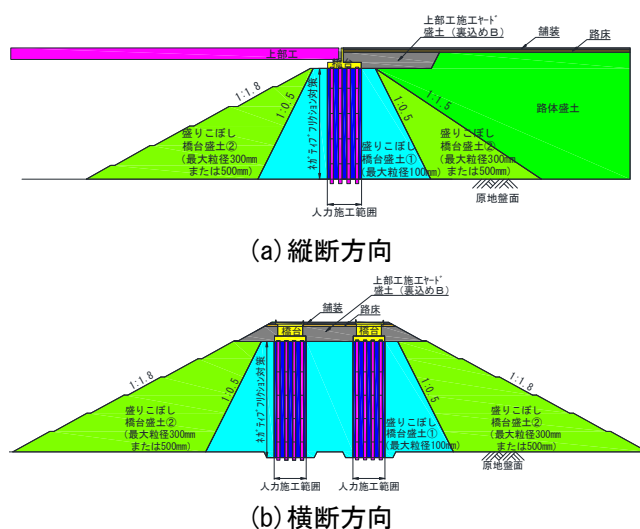


図-1 ゾーニングによる盛土使用材料区分

■ 盛土N値 : 50 の場合 (久田野川橋上りA2橋台の例)
・負の周面摩擦力を考慮した鉛直支持力の検討

$$R \leq Ra'$$

$$Ra' = (Ru' - Ws') / 1.5 + Ws' - (Ru + W)$$

R = 死荷重による抗反力(kN)
= 1,277.0 < Ra' ... OK

Ra' = 負の周面摩擦力を考慮した許容支持力(kN)
= 1,519.2

Ru' = 中立点より下にある地盤による杭の極限支持力(kN)
= 10,913.9

Ws' = 中立点より下方の杭で置き換えられる部分の土の有効重量(kN)
= 20.6

W = 杭の有効重量(kN)
= 256.0

R_{ref} = 負の周面摩擦力(kN)
= 5,511.6

層	土質 N値	層厚L _i (m)	f _i (kN/m ²)	層長U _i (m)	L _i ・f _i (kN/m)	U _i ・f _i ・f _i (kN)
砂質土 (対策区間)	50	26.0	2.0	3.8	52.0	196.0
砂質土	50	14.1	100.0	3.8	1,410.0	5,315.6
計		40.1				5,511.6

(最大周面摩擦力f_iのN値からの地形はH24 道路橋示方書 下部構造編による)

ネガティブフリクションの最小対策範囲 単位: m

盛土N値	久田野川橋 上り線		久田野川橋 下り線		山陰川橋 上り線		山陰川橋 下り線	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	6.0	3.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	14.0	10.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	20.0	16.0	17.0	5.0	2.0	3.0		
35	23.0	19.0	21.0	9.0	6.0	7.0		
40	26.0	22.0	24.0	12.0	9.0	10.0		
45	28.0	24.0	26.0	14.0	11.0	12.0		
50	30.0	26.0	28.0	16.0	13.0	14.0		
(参考) 鋼管杭長	46.0	41.5	43.5	32.5	37.0	37.0		

図-2 ネガティブフリクション対策の検討例

5. おわりに

鋼管杭基礎を選定し、盛りこぼし橋台盛土のゾーニング設計を採用して、盛りこぼし橋台の大幅な工程短縮を計った。また、沈下に伴う鋼管杭のネガティブフリクション対策も加味し、橋台基礎と盛土を同時施工する盛りこぼし橋台の確実な設計を確立した。

【参考文献】

- 1) 中村, 横田: 高速道路における盛りこぼし橋台盛土地盤の設計施工, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.68, No.2, 355-374, 2012.
- 2) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 設計要領第二集橋梁建設編 pp.4-44-4-52, 2014.
- 3) 山辺, 中村, 高木, 三嶋: 盛りこぼし橋台構築における盛土地盤の圧縮沈下特性, 第 45 回地盤工学研究発表会, 2010.
- 4) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 設計要領第一集土工編 pp.2-104-2-105, 2014.