

実補強土橋台の水平載荷試験の逆解析

鉄道総合技術研究所 正会員 山田 孝弘, 館山 勝  
 西武鉄道株式会社 正会員 菅原 聡, 中村 正明  
 複合技術研究所 正会員 田村 幸彦

1. はじめに

西武池袋線練馬駅付近高架化工事に伴い、実補強土橋台の水平載荷試験を実施した<sup>1)</sup>。本試験は、補強土橋台の壁面工頂部を直接引っ張ることにより、実際の地震時の挙動（橋桁からの慣性力が小橋台、盛土材を介して壁面工に土圧力として作用する状態）を模擬したものである（図1）。本論文は、水平載荷試験を現行設計手法で逆解析した結果について示す。特に、内的安定に関する現行設計手法の妥当性および水平載荷試験で得られた補強材バネ値に着目した。

2. 逆解析の概要

図2に逆解析断面を示す。逆解析では、水平載荷試験の試験載荷重を壁頂荷重として与える。すなわち、壁頂水平荷重 $H$ は試験載荷重を奥行き1m当りの荷重に換算し、試験載荷重による壁頂モーメント $M$ は壁頂から載荷点までをアーム長（0.8m）として算出する。また、壁頂から上の壁面自重（図2斜線部）を壁頂鉛直荷重 $V$ として入力する。さらに、小橋台および橋桁残置部自重、背面盛土自重を分布荷重で考慮する。表1に壁頂荷重の一覧を示す。

補強材は、設計基準強度 $T_k=60\text{kN/m}$ を30cmピッチで配置した。粒度調整砕石盛土の設計土質諸定数は、表2に示す値を用いた。ここでケースAは、盛土解体時に採取（小橋台直下）した試料の土質試験から得られたピーク強度、同じくケースBは残留強度、ケースCは設計値である。

検討内容は、まずケースA～Cの設計土質諸定数を使って内的安

定の検討を行い、現行設計手法の妥当性を検証した。つぎにケースBの設計土質諸定数を使って、水平載荷試験の載荷重と壁頂変位の関係に合うように補強材バネ値を逆算し、現行設計で用いている補強材バネ値と比較した。なお、解析ツールは、剛壁面補強土擁壁設計プログラム（Design-RRR）を用いた。

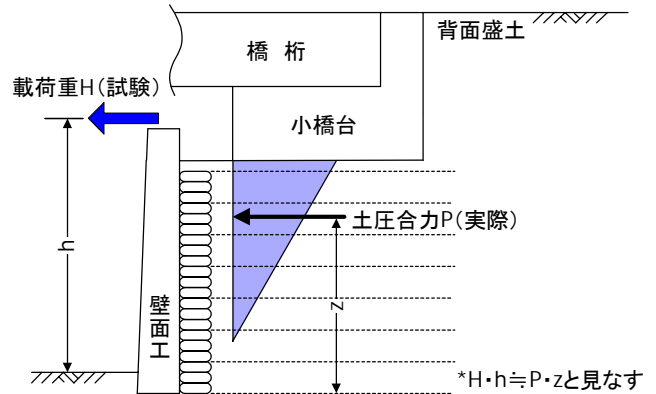
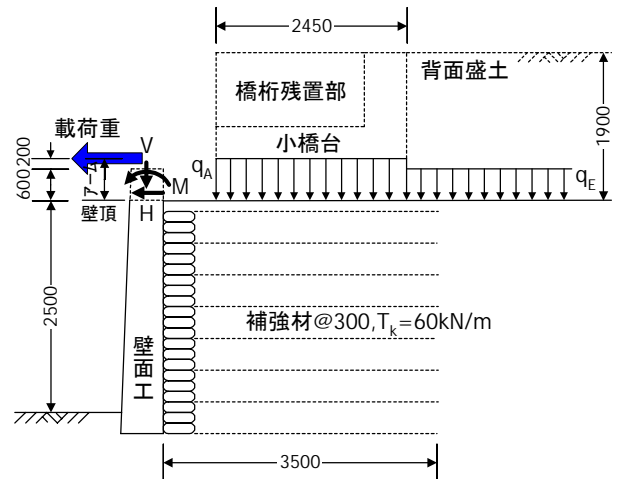


図1 水平載荷試験と実際との対比



$q_A$ ：小橋台および橋桁残置部の自重， $q_E$ ：背面盛土の自重  
 $V$ ：壁頂鉛直荷重， $H$ ：壁頂水平荷重， $M$ ：壁頂モーメント

図2 逆解析断面

表1 壁頂荷重の一覧

載荷STEP	載荷総荷重 (試験値) $P_{test}$ (kN)	解析入力荷重			記事
		$H$ (kN/m)	$M$ (kN・m/m)	$V$ (kN/m)	
1	200	23.3	18.6	4.73	$H=P_{test}/8.6$ $M=H \cdot 0.8$ $V=(0.30+0.33) \times 0.6/2 \times 25$
2	400	46.5	37.2	4.73	
3	500	58.1	46.5	4.73	
4	600	69.8	55.8	4.73	
5	700	81.4	65.1	4.73	

キーワード：補強土，逆解析，水平載荷試験

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL：042-573-7261，FAX：042-573-7248

3. 内的安定の検討

表2 粒度調整砕石盛土の設計土質諸定数

ケース	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	記事
A	23	56.7	0	土質試験のピーク強度
B	23	44.0	0	土質試験の残留強度
C	20	40.0	0	設計値

図3に内的安定の検討結果を示す。解析の荷重条件は壁頂荷重の一方増分のため、転倒安全率が厳しい結果となった。現行設計では、ケースCの設計土質諸定数を用いて、所要安全率2（常時）で設計を行うため、今回の試験橋台の構造条件に対する転倒耐荷力は約350kN（40.7kN/m）となる。また、現行設計手法で算出される破壊耐荷力（ケースAまたはBの設計土質諸定数を用いて求めた破壊（転倒）安全率1に対する載荷重）は、概ね800kN（93.0kN/m）である。

一方、水平載荷試験では、載荷総荷重700kN（81.4kN/m）の載荷中に壁面工の押し抜きせん断破壊が生じ、その時の壁頂変位は約20mmであった。また、この時点では壁面工の変形が脆性的に増加する傾向にあったため、構造系全体の破壊が生じる直前だったものとする。以上の解析結果と水平載荷試験の対比から、現行設計手法は、水平載荷試験の結果と概ね整合が取れていると考えている。

4. 補強材バネ値の逆算

水平載荷試験の載荷重と壁頂変位の関係から、補強材バネ値を逆算した。図4は、現行設計で用いている補強材バネ値  $K_i$ （設計基準強度  $T_k=60$ kN/mの補強材で設計バネ値500kN/m）と逆算した補強材バネ値  $K_c$ の比を、水平載荷試験の載荷重  $P$ を降伏水平荷重  $P_y$ で正規化した値で整理したものである。ここで、降伏水平荷重  $P_y$ は、内的安定の検討で得られた破壊耐荷力（転倒安全率1となる載荷重800kN）のことである。

これより、実測した壁頂変位と整合するように算出した補強材バネ値の逆算値は、変位の小さい範囲で気中の引張試験から求めた設計バネ値の20倍程度、変位の大きい範囲でも8倍程度であった。ちなみに現行設計では、補強材バネ値は、補強材の強度や破壊に対する安全率を見込むため、 $P/P_y=0.4$ 程度以下で使われている。

5. おわりに

本論文では、先に実施した実補強土橋台の水平載荷試験を現行設計手法に基づき逆解析し、内的安定に対する検討手法の妥当性や実際に発現された補強材バネ値について検討した。その結果、内的安定に関する現行設計手法は、概ね水平載荷試験の結果と整合が取れていることが確認できたとともに、水平載荷試験から得られた補強材バネ値は、変位の小さい範囲で設計バネ値の20倍程度、変位の大きい範囲でも8倍程度であった。今後は、補強材バネ値の適切なモデル化（補強材の非線形性や骨格曲線）について検討し、補強土橋台の合理的な設計法に結びつける予定である。さらには、今回得られた知見は、補強土壁（RRR）工法の限界状態設計法の確立にも反映させる予定である。

文献：1) 菅原，芳賀，山田，館山，田村：実補強土橋台の水平載荷試験，第57回土木学会年講（ ），2002。

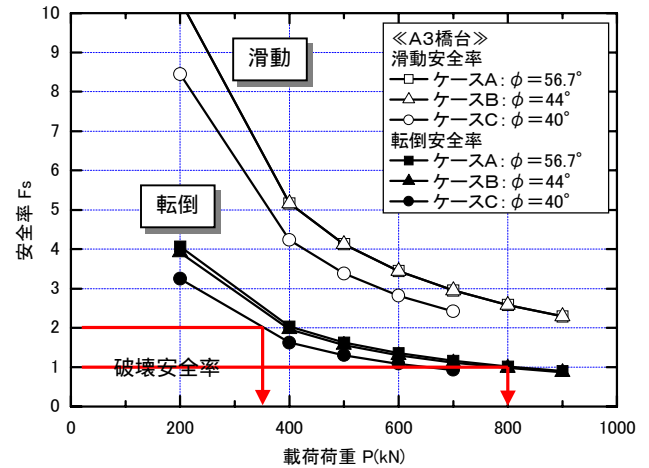


図3 内的安定の検討結果

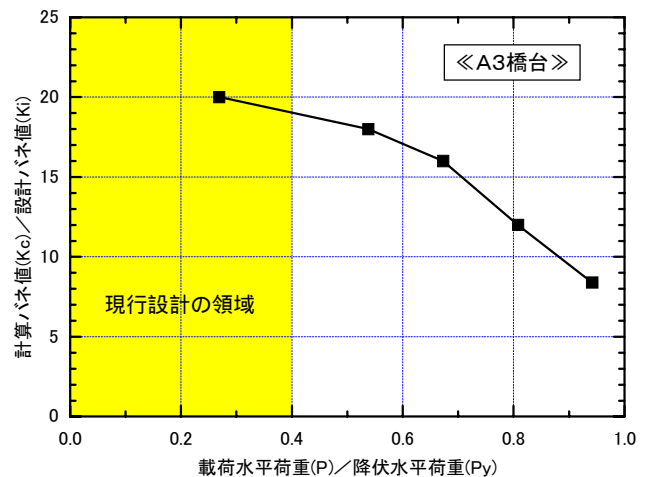


図4 補強材バネ値の比較