

地震時土圧算定における上載盛土の影響に関する基礎検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員○工藤敦弘, 鶴岡宏樹
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 中島進, 成田浩明

1.はじめに 著者らは、石積み壁の膨大なストックに対して崩壊防止ネットと地山補強材を用いた耐震補強工法を開発し、補強効果の検証等を実施してきた¹⁾。同工法の設計では鉄道における現行の設計標準²⁾に準拠し、地震時に石積み壁に作用する地震時主働土圧力は、物部岡部法および修正物部岡部法で算定される地震時主働土圧係数を用いて算定する³⁾。石積み壁は盛土下部に腰土留めとして使用されることも多いが、上載盛土が石積み壁に作用する地震時土圧に及ぼす影響に関しては明らかになっていない。そこで、本研究では上載盛土が存在する場合における地震時土圧の評価法を構築するための基礎検討として、石積み壁を対象とした模型振動実験結果と、理論式で得られた地震時主働土圧力を比較検討したので、その結果を報告する。

2. 検討条件 2.1 模型振動実験概要 図-1に検討の対象とした模型振動実験の概要図(計測機器設置図)を示す。実験模型は実寸の1/7程度を想定し、上載盛土の有無と対策工の有無を変え表-1に示す全4ケース実施した。上載盛土有の実験では、高さ721mmの石積み壁模型(壁面勾配1:0.3)の背面に1:2の勾配を持つ上載盛土を作製した。また、対策有の場合は、φ=20mmの地山補強材模型とポリエチレン製の崩壊防止ネット模型を用いた。加振は5Hz10波の正弦波を用いて、最大加速度を50~100galの増分で漸増させ、石積み壁に作用する地震時土圧力、地山補強材に発生する張力等を計測した。模型振動実験の詳細については参考文献4)を参照されたい。

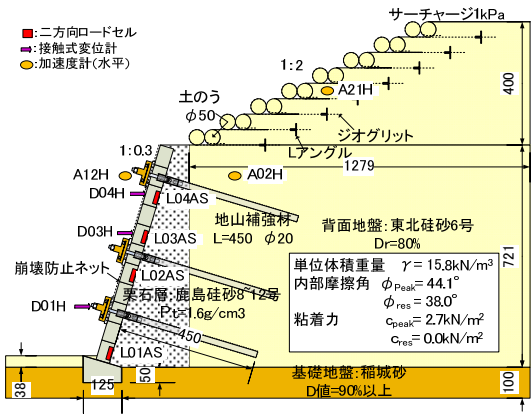


図-1 模型振動実験の概要 (CaseD: 表-1 参照)

表-1 実験ケース

		上載盛土	
		無	有
対策工	無	CaseA	CaseC
	有	CaseB	CaseD

2.2 計算条件概要 理論式による地震時主働土圧力の算定は、現行の設計標準に準拠して物部岡部法および修正物部岡部法による地震時主働土圧係数を用いて算定することとした。算定に用いた土質諸数値は図-1に示す通りである。また、本検討では地震時主働土圧力の算定に与える上載盛土の影響を把握するために、地震時主働土圧力の算定時に用いる上載盛土の取り扱い方法を表-2に示すように物部岡部法では全4ケース、修正物部岡部法では全2ケース考慮することとした。図-2に修正物部岡部法のCase②の方法で地震時主働土圧力を算定する際に用いた水平震度と地震時主働土圧係数の関係を示す。

表-2 土圧力算定の際に考慮する上載盛土の取り扱い方法

上載盛土の取り扱い方法	物部岡部法	修正物部岡部法
上載盛土の高さを全て考慮	Case①	—
上載盛土を等分布荷重に換算	Case②	Case①
主働崩壊角内の上載盛土高さを考慮	Case③	—
主働崩壊角内の上載盛土を等分布荷重に換算	Case④	Case②

3. 検討結果 3.1 地震時土圧力の比較 図-3にCaseAおよびCaseCにおける模型振動実験による地震時土圧力の合力の最大値と各理論式から算定した地震時主働土圧合力の比較を、図-4にCaseBおよびCaseDにおける比較を示す。模型振動実験による地震時土圧力の合力は、石積み壁背面の4か所に設置した二方向ロードセル(図-1参照)で得られた全軸力と全せん断力から算定した。理論式による地震時主

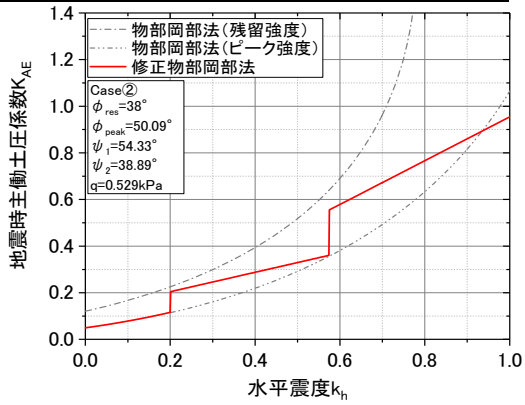


図-2 水平震度と地震時主働土圧係数の関係

働土圧合力の算定では、栗石部を背面地盤と同じ物性値と仮定し、壁面摩擦角は背面地盤の残留強度における内部摩擦角の1/2とした。

これらの図から、実験結果と計算結果を比較すると、どの計算結果も上載盛土の有無によらず、加速度が大きくなるに従って実験結果に比して大きな値を示していることが分かる。この要因として、加速度の増加に対して石積み壁に作用する地震時土圧力の増加が小さいという点が挙げられる。渡辺らによる重力式擁壁を対象にした模型振動実験⁵⁾では、剛な壁体に作用する土圧は、壁体の変位が始めるとそれ以上の加速度においても土圧は増加せず、計算値と実測値に乖離が生じることが報告されている。石積み壁は重力式擁壁等と比較して壁体変位が生じやすい柔な構造であるため、加速度が小さい段階から地震時土圧力の増加が生じ難かったと考えられる。さらに、物部岡部法はこのような壁体の変位を考慮していないことから、加速度の増加に伴い実験結果と計算結果の差が大きくなったと考えられる。なお、CaseDについては加速度の上昇に伴い地震時土圧が増加している傾向がみられるが、これは降伏震度（本実験では約400gal）後の補強材張力の上昇に伴い増加しているものと考えられる。

3.2 地震時土圧に及ぼす上載盛土の影響 図-3～4 から、地震時土圧合力に及ぼす上載盛土の影響について着目すると、無対策では上載盛土の無いCaseAに対して上載盛土が有るCaseCでは約1.3倍(300gal時)地震時土圧力が大きく、対策有では上載盛土の無いCaseBに対して上載盛土が有るCaseDは約2.2倍(700gal時)大きくなっている。このことから、上載盛土の応答特性が地震時土圧に影響していると考えられる。

図-5に模型振動実験CaseAおよびCaseCの300gal加振時における応答加速度、石積み壁の水平変位、地震時土圧力の時刻歴を示す。加速度は石積み壁前面側が正、水平変位は石積み壁前面側が負である。同図から、上載盛土の有無によらず、加速度が負側の最大値（壁体慣性力が壁体前面側に最大）付近で壁体の水平変位が増加する傾向は変わらないものの、上載盛土が有るCaseCでは加速度が負側の最大値付近で上載盛土が振動台加速度に対して応答し、それに伴い土圧が増加している。また、上載盛土の無いCaseAと比較すると壁体中部の水平変位が大きくなっていることが分かる。これらの結果から、上載盛土の有る場合は、上載盛土が無い場合に比べて石積み壁全体に渡って大きな土圧が作用していると考えられる。

4. まとめ 本研究では、石積み壁に作用する地震時土圧力の算定に与える上載盛土の影響を把握するために、実験結果と計算結果の比較等を実施した。今後は上載盛土の応答の影響が地震時土圧に及ぼす影響についてさらに検討を深め分析していきたいと考えている。

参考文献 1) 中島ら：崩壊防止ネットと地山補強材による既設石積み壁の補強方法の開発，土木学会論文集 C, Vol.71, No.4, pp.317-334, 2015 2) 国土交通省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 土留め構造物，2012 3) 鉄道総合技術研究所：崩壊防止ネットと地山補強材による鉄道石積み壁の耐震補強工法設計マニュアル（暫定版），2016 4) 佐々木ら：崩壊防止ネットと地山補強材による石積み壁の補強に関する研究，第58回地盤工学シンポジウム平成25年度論文集，pp.185-192, 2013 5) 渡辺ら：大地震作用下における地震時土圧と擁壁の耐震設計に関する考察，第44回地盤工学研究発表会，2009

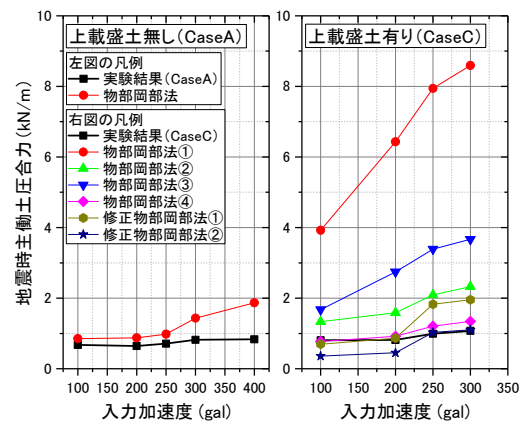


図-3 無対策時の地震時主働土圧合力の比較

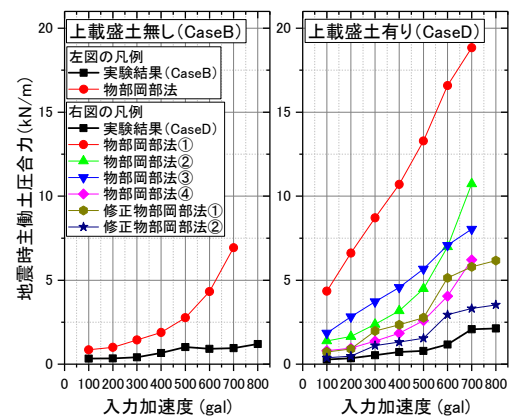
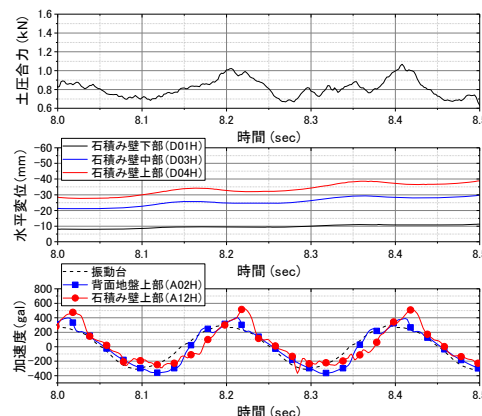
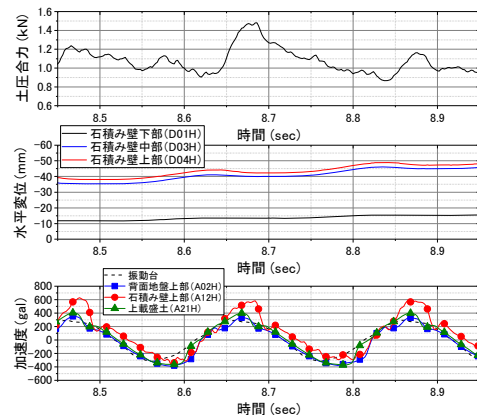


図-4 対策時の地震時主働土圧合力の比較



a) CaseA（上載盛土無，対策工無）の場合



b) CaseC（上載盛土有，対策工無）の場合

図-5 模型振動実験の時刻歴

（計測機器設置位置は図-1 参照）