

切土耐震補強における設計事例

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○油谷 彬博 フェロー会員 中村 宏
鉄建建設（株） 正会員 山内 真也

1. はじめに

JR 東日本では、首都直下地震対策として切土耐震補強を進めている。切土耐震の設計方法については、文献 1) および 2) で報告している。本稿では、切土耐震補強の設計事例について紹介する。

2. 切土の補強設計一般

切土の耐震診断と耐震設計では基本的に Newmark 法を用いている。切土では、土留め壁等の背面地山の大半が洪積世以前の自然地山である。自然地山は砂礫、シルト、粘土を主体とする未固結地山だけでなく、岩石地山の場合もあり、強度が大きく比較的硬い軟岩等でも、ピーク強度に達した後に急激に強度が低下することがある。そこで切土では、降伏震度を算出するまでは τ_{peak} を使い、変形量算出は τ_{res} を用いて耐震診断と設計を行うこととした（図-1）。

3. 切土の補強設計事例

設計事例を以下に示す。なお、切土は基本的に耐震性能Ⅲ（ $\delta \leq 500\text{mm}$ ）で設計している。

3. 1 西国分寺・国立間直擁壁部の設計事例

背面地山が洪積層の関東ロームであり、ロームのN値が小さく『非自立地山』に準じて設計した事例である（図-2）。既設のコンクリート土留め擁壁は、H鋼を杭基礎および壁体の芯材として通す形で、可能な限り仮土留を省略して設計・施工された土留め構造物である。本設計では、既設の土留め擁壁を本体利用した抗土圧構造物として梁ばねモデルで設計した。棒状補強材打設箇所にはバイリニアバネ（上限値は土圧のすべり線以深の最大周面摩擦力）を設定している。対策後の変形量は、円弧すべり・抗土圧とも耐震性能Ⅲを満たしている。

なお、当箇所は一番最初の設計であり、文献1) 2) に示される設計法を整理した後、未施工区間に対して再度検討を実施したところ、水平震度 $K_h=0.2$ で安全率 $F_s=1.8$ 程度 (>1.1) となった。その結果、背面地山が自立することになり、設計を軽減することが出来たため、棒状補強材の長さが 1.8m 程度短くなった。

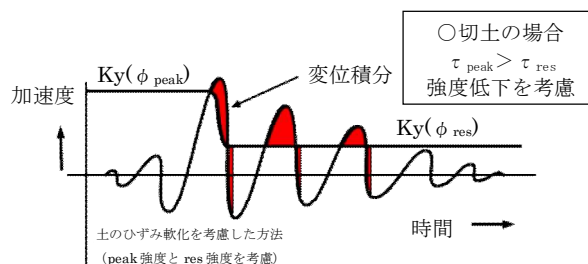


図-1 耐震診断時に用いる土質定数について

土質定数一覧表(有効応力)						L2滑動変位量		
層	γ (kN/m^3)	peak強度		res強度		L2地震時 変形量(mm)		抗土圧 (対策後)
		C'	ϕ'	C'	ϕ'	円弧すべり		
		(kN/m^2)	($^{\circ}$)	(kN/m^2)	($^{\circ}$)	対策前	対策後	
盛土層	18.0	0.0	30.0	0.0	30.0	2440	0	98
関東ローム層	13.5	21.0	35.0	4.0	41.0			
洪積礫質土層	20.0	0.0	38.0	0.0	38.0			
洪積粘性土層	17.0	162.5	0.0	162.5	0.0			

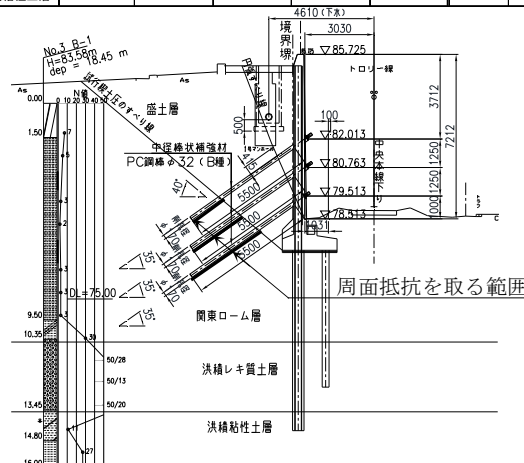


図-2 設計事例（西国分寺・国立間 直擁壁部）

土質定数一覧表(有効応力)					外的安定		L2滑动変位量	
層	γ (kN/m^3)	peak強度		res強度		L1地震時 円弧すべり 安全率	L2地震時 変形量(mm)	
		C'	ϕ'	C'	ϕ'		円弧すべり	
		(kN/m^2)	($^\circ$)	(kN/m^2)	($^\circ$)		対策前	対策後
B層	14.0	-	-	-	-	$F_s=1.462 \geq 1.1$		
Lm層	14.5	15.0	36.0	13.0	34.0			
Lc層	14.5	19.0	29.5	16.0	27.5			
Tos1層	18.5	3.0	33.0	3.5	33.0		714	422

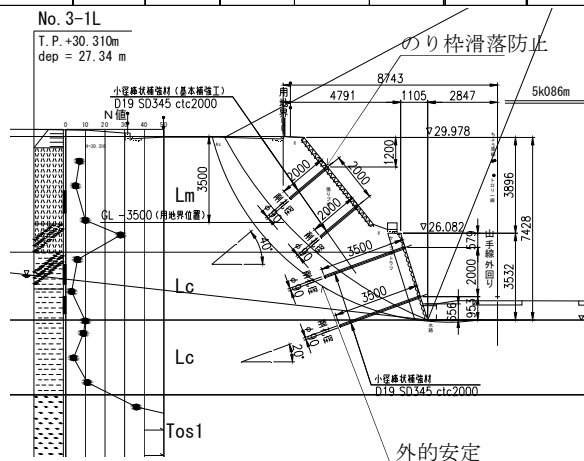


図-3 設計事例（目黒・恵比寿間）

キーワード 切土，耐震補強，Newmark 法

連絡先：〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR新宿ビル4階 TEL03-6276-1251

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 耐震土構造 PT

3. 2 目黒・恵比寿間切土のり面部の設計事例

のり尻に急勾配の石積土留壁（練積み）がある切土で、円弧すべりの耐震診断では $Kh=0.2$ で $Fs=1.46(>1.1)$ となり、関東ローム系の背面地山が自立する結果となった。このため、のり尻の石積み土留め壁部分で図-3に示す補強で設計すると、対策後の変形量が 479 mm となり、かつ、転倒・滑動に対する検討結果も OK となった。上部のり面では、張コンクリート部分の留め杭が無く、張コンクリート滑落防止で短い棒状補強材を設置した。

3. 3 田端・上中里間切土のり面部の設計事例

概ね勾配が 1:1 の切土で、関東ローム系の地山である。そこで、盛土に準じて Newmark 法で耐震診断と設計を実施し（図-4）、補強後の変形量は 418 mm となった。既設のり枠の上から、受圧盤＋棒状補強材の仕様とした。

3. 4 船橋・東船橋間急勾配切土のり面部の設計事例

のり面全体が急勾配の RC 土留め壁である。但し、関東ローム系の背面地山内に、土留め壁建設時の親杭の H 鋼が存在した。そこで親杭前面は埋戻し土であると考え、この部分の土質定数を $1/2C'$ に低減し、耐震診断と設計を実施した（図-5）。検討結果は、 $Kh=0.2$ で $Fs=1.37(>1.1)$ となり、埋戻し土に対する土質定数低減を考慮し、背面地山が自立する設計とした。

3. 5 西国分寺・国立間切土のり面部の設計事例

当箇所は、既設の吹付コンクリートのり枠があり、特に変状が無い。また、耐震診断では無補強で耐震性能Ⅲを満たす。そこで、のり枠の格点が単管パイプとなっていることを考慮し、枠内に受圧盤＋棒状補強材 2 段で基本補強することとした（図-6）。

4. まとめ

切土耐震補強の設計事例を述べてきた。全体としては、背面地山が洪積世以前の自然地山である場合は、殆ど自立する検討結果となった。地盤調査、とりわけ乱れの少ない試料による三軸圧縮試験（CUB）を実施し、切土背面地山の強さを適切に評価して設計を行うことが大事である。

参考文献

- 1) 中村宏，他：切土の耐震診断と耐震補強設計法（その1），第52回地盤工学研究発表会，2017.7
- 2) 油谷彬博，他：切土の耐震診断と耐震補強設計法（その2），第52回地盤工学研究発表会，2017.7
- 3) 東日本旅客鉄道株式会社：土構造物耐震補強設計マニュアル，2013.5

