

## 鉄筋挿入工法による石積擁壁の耐震補強効果と試験施工

帝都高速度交通営団 正会員 ○ 河畑充弘 倉持典夫 須藤幸司  
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 神部道郎

## 1. はじめに

石積のもたれ式擁壁は、先の阪神・淡路大震災において背面土の崩落や壁面工の倒壊等の被害が多数報告されており耐震性能が低い構造形式であることが指摘されている。営団地下鉄丸ノ内線でも、茗荷谷駅から後楽園駅間の切土区間においてこの形式の擁壁を有していることから、現在その耐震性能の把握と補強の必要性について検討を進めている。本文はこの一環として行った、鉄筋挿入工による耐震補強工の設計とその試験施工結果について報告するものである。

## 2. 概要

## (1) 耐震検討

対象の擁壁は、比較的自立性の高いN値3～5の関東ローム層を地山とし、壁高8m程度の石積壁面工が構築されている。なお耐震補強を考える上では、法肩背面に民地が近接していること、営業線が法尻に近接していること等が大きな制約条件となっていた。この擁壁に対し、まず現況の耐震性能を把握するため、表-1の2断面について以下の検討を行った。

a) L1地震動（水平震度0.2相当）に対する検討

①擁壁全体の基底破壊（外的安定）に対する検討：円弧すべり法（修正フェレニウス法）による照査

②擁壁背面土圧による転倒・滑動（内的安定）に対する検討：二楔法<sup>1)</sup>による照査（図-1）

b) L2地震動（基盤面の最大加速度750gal程度）に対する検討

①壁面工自体の安定性の検討：背面土圧を無視した条件での壁面工基礎の応答塑性率<sup>2)</sup>の照査

②地震後の残留変形の検討：ニューマーク法を用いた動的二楔法<sup>3)</sup>による残留変位量の計算

この結果、断面1、2とも目標値を満足しておらず耐震補強工が必要との結論を得たため、前述の制約条件から短尺・小口径の鉄筋挿入工法を採用し、補強工諸元の設定を行った。

## (2) 試験施工

設計した耐震補強工の施工性を確認するため、断面1の2列各6本・計12本の挿入鉄筋工について試験施工を行った。ここで削孔機械の選定を目的に、1列は電動コアドリル+油圧オーガードリルによる人力削孔、他の1列は小型ボーリングマシンによる機械削孔として両者の施工性を比較した。また、2列とも削孔後にグラウト注入を行い全ねじ鋼棒（D22）を挿入し、グラウト硬化後に周面摩擦抵抗力の確認試験を行った。

表-1 検討断面

壁面工詳細	断面1		断面2	
	現況断面	補強断面	現況断面	補強断面

キーワード 石積擁壁・耐震補強・二楔法・鉄筋挿入工・試験施工

帝都高速度交通営団 工務部（東京都台東区東上野3-19-6, tel: 03-3837-8086, FAX: 03-3837-7171）

### 3. 耐震検討結果

表-2に耐震検討結果を示す。現況断面のL1地震動に対する検討から、外的安定に関しては両断面とも比較的大きな安全率を有しているものの、内的安定について断面1では滑動・転倒いずれに対しても目標値を満足していないことが確認された。また、L2地震動に対しては、両断面とも壁面工基礎の応答塑性率が目標値を大きく上回るとともに地震後の残留変位量が40cm程度と計算され、大規模地震時における擁壁の大変形が懸念される結果となった。

以上の結果を踏まえ、壁面工・地山の一体化とL1地震動における目標安全率確保を目的として、表-1に示す補強規模を設定した。さらにこの補強後の断面に対してL2地震動に対する動的二楔法の計算を行い、両断面とも残留変位量が目標値以下となることを確認している。なお壁面工については局所的な崩落が懸念されるため、鉄筋金網を配置したコンクリートを石積前面に打設することで、これを防止することとした。

表-2 耐震検討結果

		検討内容と目標値		断面1	断面2
現況	L1地震	外的安定 安全率 $F_s=1.10$ 以上		1.41	1.44
		内的安定 安全率 $F_s=1.25$ 以上	滑動	0.92	1.41
	L2地震	壁面工安定 応答塑性率 $\mu=4$ 以下	転倒	1.16	1.67
		応答計算 残留変位量 20cm未滿		約41cm	約41cm
補強後	L1地震	内的安定 安全率 $F_s=1.25$ 以上	滑動	1.27	—
	L2地震	応答計算 残留変位量 20cm未滿	転倒	1.31	—
				約3cm	約5cm

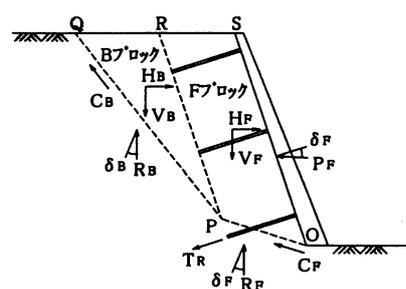


図-1 二楔法の力の釣合い

### 4. 試験施工結果

試験施工は、単管パイプによる足場を壁面工に沿って架設し、終車後の夜間工事にて行った。当初、トルク・回転数に余裕のある機械削孔が人力削孔に比して効率的であるとの予想であったが、施工時間を整理した結果以下のことが判明した。

- ・壁面工・玉石までの掘削時間は機械削孔の方が短いですが、地山削孔と機械セットの時間を含めたサイクルタイムで比較した場合、両工法で顕著な差は表れない。
- ・ボーリングマシンはその重量により位置決めと移動等に手間を要するため、ハンドリングの面から人力削孔が有利である。

なお削孔時の振動・騒音測定の結果、夜間工事を前提とした場合、両工法とも騒音の面で若干問題があり、何らかの対策を施す必要があるとの結論を得た。

また周面摩擦抵抗力の確認試験により、いずれの挿入鉄筋工とも実抵抗力が計算値の2倍以上確保できていることが確認できた。

### 5. おわりに

今回の検討により耐震性能の低いもたれ式擁壁に対し、小口径・単尺の鉄筋挿入という比較的簡易な補強工を施すことで、L2規模の地震動に対しても良好な補強効果が得られることが判明した。

また試験施工により、人力削孔によっても機械削孔に遜色なく補強工事を施工できることが確認できたため、大型機械の使用が困難な昼間においても列車運行に支障せず擁壁耐震補強の施工が可能であると判断することができた。

今後は、今回検討した区間以外の石積擁壁について、諸条件下（擁壁高さ、地質、上載荷重等）における補強の必要性を判断するとともに、法肩背面の用地幅が狭い範囲における補強形式、近隣住民に対する騒音対策、より効率的な施工方法（足場形式）等を検討していく予定である。

### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説 土構造物, P.154-155, 1992.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物, P.372-373, 1997.
- 3) 堀井克巳, 館山勝, 古関潤一, 龍岡文夫：剛壁面補強土壁の大規模地震時の安定・変形解析, 第13回ジオシンセティックシンポジウム論文集, P261-269, 1998