

レンガ積み橋脚の耐震補強のための鉄筋アンカー引抜き試験

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 羽矢 洋
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 峯岸 邦行
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 水野 進正
 (株) 間組 技術研究所 正会員 村上 祐治

1. まえがき

鉄道においては、明治時代から昭和初期にかけて数多くのレンガ積み構造物が建設されてきたが、それらの多くは現在も鉄道輸送に供されている。

残存するこれらレンガ積み構造物の多くは、主に橋脚、橋台であり、建設されてから100年を越えるものも少なくない。

このように経年著しい旧式構造物の延命化を図るため、銅板巻き補強や鉄筋コンクリート補強が実施される例が増えてきているが、補強に際し、耐震補強レベルが明確にされていないことや、補強部材の定着の仕方が作用地震力に対し適切な手法でなされていないのが実状である。この理由として、このような旧式構造物に対し L2 地震レベルまで耐震性を持たせることの必要性が十分議論されていないことや、施工に当たって、適切な定着を行うとすると地中部での施工が避けられないという現実的な問題があること等が挙げられる。

2. 試験の目的

これまで、レンガ積みや石積み等旧式構造物への補修・補強は、文献1により行われてきた。この中では、躯体部への鉄筋アンカーの埋込み定着長を、鉄筋径Dの15倍以上と規定している。

一方、L2レベル地震を念頭においた耐震補強では、基礎への負担増を避ける事が重要であるため、橋脚躯体を先行的に降伏させるとともに大変位領域にわたり塑性変形性能が確保されることが重要となるが、文献1で規定する埋込み定着長が、このような耐震補強性能を担保可能かどうか不明である。

そこで筆者等は、アンカーの埋込み定着長を変化させ、各々の場合におけるアンカーの引抜き抵抗特性を把握することとした。

3. 試験概要

アンカーの定着試験を行うレンガ積みブロックは、東京山手線管内から採取した長さ1.3×幅1.3×高さ1m程度のレンガ試験体である。なお、φ50mmのコア採取によりレンガ単体の圧縮強度、直接引張強度は、平均47.7N/mm²、4.10N/mm²であることを確認した。また、φ100mmのコア採取によりレンガ目地の直接引張強度が平均1.26N/mm²であることを確認した。

定着アンカーには、D16とD25のねじ鉄筋を用い、鉄筋の力学的特性値を表-1のとおり把握した。レンガ試験体を所定のボーリング径で穿孔し、穴のスライムを除去洗浄した後に、アンカー鉄筋の周囲はセメントペースト、モルタルを打込んだ。なお、セメントペースト、モルタルの圧縮強度、割裂引張強度はそれぞれ、平均27.0～33.5N/mm²、3.0～3.5N/mm²であった。

アンカー引抜き試験の概略図を図-1、試験状況を写真-1に示す。なお、ボーリング径はアンカー鉄筋の2.5倍とした。

表-1 鉄筋の力学的特性値

項目	D16	D25
弾性係数 (N/mm ²)	190,000	194,000
降伏強度 (N/mm ²)	396.0	379.5
降伏ひずみ (×10 ⁻⁶)	2,292	2,050
引張強度 (N/mm ²)	588.7	581.6

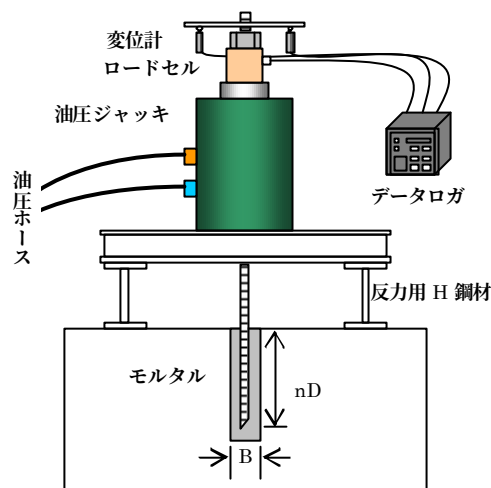


図-1 アンカー引抜き試験の概略図



写真-1 アンカー引抜き試験状況

キーワード レンガ積み、アンカー、引抜き試験、ボーリング径、埋込み長、耐震補強

連絡先1 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 Tel.042-573-7261

連絡先1 〒305-0822 茨城県つくば市荊間 515-1 Tel.029-858-8813

4. アンカー引抜き試験結果

4.1 D16 のアンカー引抜き試験結果

D16 のアンカー引抜き試験により得られた荷重－伸び量曲線を図-2に示す。なお、試験は各々の埋込み長に対し3本ずつ実施し、平均値で表している。

アンカー鉄筋の埋込み長が10D（鉄筋径Dの10倍の埋込み長）の場合、鉄筋が降伏する以前にアンカーが抜け出すこととなった。また、埋込み長が15D以上のケースでは、アンカー鉄筋が降伏した後も変形性能を確保し得ることがわかる。なお、試験時の破壊モードは、10Dではモルタルと鉄筋の付着破壊とレンガと目地にひび割れが生じる破壊形態であり、15D以上では鉄筋とモルタルの付着破壊であった。

4.2 D25 のアンカー引抜き試験結果

D25 のアンカー引抜き試験により得られた荷重－伸び量曲線を図-3に示す。このケースにおいても、鉄筋D16と同様、埋込み長が10Dでは鉄筋が降伏する以前にアンカーが抜け出し、15D以上のケースでは、アンカー鉄筋が降伏した後、暫くは抵抗し得ることとなった。

4.3 変形性能に関する考察

上述したとおり、D16およびD25の両結果とも15D以上の埋込み長を確保することで、アンカー鉄筋が先行降伏した後も暫くはアンカー鉄筋は伸びの変形性能を発揮し得るが、その変形性能の大きさは埋込み長の大きさによって異なること、また、その変形量は埋込み長が大きいほど大きいことがわかる。表-2には、鉄筋が降伏した時の伸び量 δ_y と最大引き抜き荷重を発揮した時点の伸び量 δ_{max} 、さらに δ_{max} を δ_y で除した値（ここでは許容塑性率 μ_a とした）をまとめた。この結果をみると、文献1で規定する15Dでは、許容塑性率は4～8程度と小さく、耐震設計標準²⁾ルールに基づき耐震補強を行うとすると、発揮し得る塑性変形性能では十分とは言えない場合もありえる。

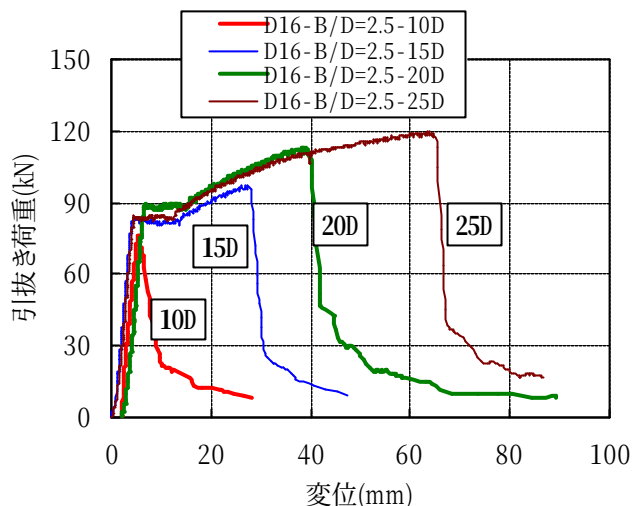


図-2 D16 アンカー引抜き試験結果

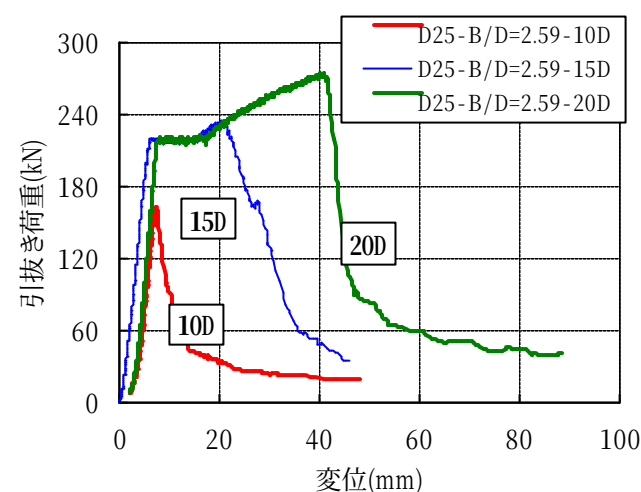


図-3 D25 アンカー引抜き試験結果

表-2 引抜き試験結果総括表

アンカー径	埋込み長 B/D	変位(mm)		荷重(kN)		許容塑性率 μ_a ($=\delta_{max}/\delta_y$)
		降伏変位 δ_y	最大変位 δ_{max}	降伏荷重 P_y	最大荷重 P_{max}	
D16	10	—	3.9	—	70.3	—
	15	4.3	27.1	82.1	97.1	6.3
	20	4.6	37.3	88.5	112.1	8.1
	25	4.7	63.4	84.4	119.4	13.5
D25	10	—	5.3	—	155.2	—
	15	6.1	22.0	216.2	233.9	3.6
	20	5.8	39.1	212.3	263.1	6.7

5. まとめ

耐震補強を目的とする定着アンカー鉄筋の変形特性を把握するため、アンカー鉄筋径と埋込み長を変化させて載荷試験を行った結果、①アンカー鉄筋の埋込み長が10Dまでは鉄筋は降伏せず、15D以上で鉄筋が降伏すること、②15Dの埋込み長を確保することで、アンカー鉄筋が先行降伏した後も暫くはアンカー鉄筋は伸びの変形性能を発揮し得ること、③そのときの変形性能の大きさは埋込み長の大きさによって異なり、その変形量は埋込み長が大きいほど大きいこと、等がわかった。

なお、ここでの実験でいう伸び量は、アンカー鉄筋上部をチャックで挟み込んだ位置での計測値であり、この値から計算した許容塑性率 μ_a は、RC巻き立て補強を施工した場合の鉄筋のひずみ分布に基く塑性率とはなり得ていない。今後、耐震設計を考える場合の厳密な意味での塑性率について精査することとする。

【参考文献】

- 1) (財)鉄道総合技術研究所、レンガ・石積み、無筋コンクリート構造物の補修、補強の手引き：昭和61年
- 2) (財)鉄道総合技術研究所、鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）：平成8年