

## 鉄筋埋め込みによるせん断補強をしたL型部材の静的正負交番載荷試験

早稲田大学大学院 理工学研究科建設工学専攻 学生会員 三ツ屋 薫  
 早稲田大学大学院 理工学研究科建設工学専攻 学生会員 山村 賢輔  
 早稲田大学教授 理工学部社会環境工学科 フェロー会員 清宮 理

## 1. 目的

静的単調載荷試験により、補強鉄筋埋め込みによるせん断補強方法は、せん断破壊するはりモデルに対して、前補強のスターラップとほぼ同程度の耐力であることを既に示した。<sup>1)</sup> 耐震補強では、地震による繰返し荷重の影響を判断するために、静的正負交番載荷試験を行う必要がある。

今回、L型のRC供試体を対象に静的正負交番載荷試験を新たに行う目的として2点挙げられる。開削トンネルの隅角部と同様に側壁の両側で鉄筋量が変わっている。隅角部を剛域に設定することで、より実構造物の挙動を再現することができる。

## 2. 静的正負交番載荷試験

## (1) せん断補強方法

スターラップにより前施工補強を行った試験体と、後施工補強方法として注入材のうちモルタル系（Qタイト：KFC）を使用して補強を行った試験体で比較を行った。削孔は実施工を考慮し隅角部内側からとした。削孔部に端部を45°カットした直鉄筋をドリルを使用して挿入し、定着板を用いずそのまま放置した。挿入側の余った鉄筋部分は特にカットなどはしなかった。

## (2) 試験体モデル

静的単調載荷試験で用いた  $a/d=2.25$  のはり試験体に隅角部を設けた試験体モデルを設定した。モデル寸法として 壁部は高さ 1100mm・幅 460mm・奥行き 300mm。スラブ部は長さ 1500mm・厚さ 800mm・奥行き 300mm である。主鉄筋は SD490 D22 で、せん断補強鉄筋は SD295 D10、200mm ピッチで配置した。

図-1 に示すような載荷装置で、スラブ部を PC で十分に固定し、隅角部には実構造物に合わせて、斜材や複鉄筋で鉄筋量を増やし剛域とした。この試験のパラメーターは以下とする。

前施工補強と後施工補強による補強効果の比較。  
 せん断補強筋の埋め込み長の影響。

せん断補強筋の埋め込み長の影響は、420mm(正載荷側引張主鉄筋かぶりまで)と380mm(正載荷側引張主鉄筋内側まで)の2ケースで考えた。これらのことを踏まえ、試験ケースを3種類とした。試験体の材料特性としては、コンクリートの圧縮強度、主鉄筋及びせん断補強鉄筋の引張強度をそれぞれ計測し、試験ケースの一覧を表-1 に示した。その結果得られるせん断耐力及び曲げ耐力の結果は表-2 に示す。

荷重載荷は図-2 に示すように行い、ひび割れの発生まで正側に載荷した後、負側のひび割れ発生まで載荷し、その後 50kN ずつ荷重を正負両側に増加させて繰返し載荷を行った。

## (3) 試験結果

表-3 に試験結果一覧を示す。また、図-5 に荷重 - 水平変位曲線の比較を示す。結果を以下に示す。

前施工試験体は正載荷側において終局を迎え、後施工試験体は二体とも負載荷側において終局を迎えた。ひびわれは、ハンチ部での曲げひびわれ発生後、せん断ひびわれが発達していった。せん断破壊の角度は、前施工試験体、後施工試験体ともに正載荷側は概ね 45°、負載荷側は概ね 30° となった（図-3、図-4 参照）終局を迎えてからの耐力保持能力は前補強試験体に比べて後補強試験体の方がかなり低い。

設計値に対する実測値は、前補強試験体の場合は正側で満足し負側で若干下回ったが、後補強試験体は正負両側ともに設計値を下回った。また、後補強試験体のうち埋込長の短い方が弱耐力であった（表-3 参照）。ただし、比較対象設計耐力は静的載荷状態における算定値である。

特に問題となるのは後補強せん断補強を行った場合にどの程度の耐力を見込めるかという点であるが、本試験結果からは最低でも静的載荷状態時設計耐力の 76%（後補強試験体 L=380mm：負載荷側）の耐力となった。

キーワード せん断補強、静的正負交番載荷試験、鉄筋埋め込み、隅角部、地下構造物

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16F-01A TEL 03-5286-3852

表-1 試験ケース一覧

case	施工方法	せん断補強筋 (D10 SD295) 埋込長(mm)	コンクリート 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
				主鉄筋	補強鉄筋
RCL-1	前施工	スターラップ	22.0	691	499
RCL-2	後施工	直筋 (丸外)420	20.2	(SD490)	478
RCL-3	後施工	直筋 (丸外)380	21.2	D22)	

表-2 設計耐力一覧

試験体の種類	断面の種類	a/d	クラック発生荷重 (kN)	曲げ耐力 (kN)	せん断耐力 (kN)
前補強試験体 RCL-1	一般部	2.25	25.8	230.3	201.4
	基部 (正側)	2.25	25.8	385.6	234.2
後補強試験体 RCL-2, 3	一般部	2.25	25.8	230.3	198.5
	基部 (正側)	2.25	25.8	385.6	231.3
後補強試験体 RCL-1, 2, 3	スラブ部1	0.57	167.3	1801.7	762.9
	スラブ部2	0.74	127.7	1375.9	684.5

表-3 設計耐力と実測値比較

試験ケース	せん断補強筋 (D10 SD295)	設計耐力 (kN)	正側最大値 (kN)	割合 ÷	負側最大値 (kN)	割合 ÷
RCL-1	スターラップ	201.4	224.4	111.4%	-196.0	-97.3%
RCL-2	直筋 L=420mm	198.5	196.0	98.7%	-184.2	-92.8%
RCL-3	直筋 L=380mm	198.5	196.0	98.7%	-149.9	-75.5%



(1)正側最大荷重時 (2)負側荷重抜け時

図-3 ひび割れ写真 (RCL-1: 前補強試験体)



(1)負側最大荷重時 (2)正側荷重抜け時

図-4 ひび割れ写真 (RCL-2: 後補強試験体)

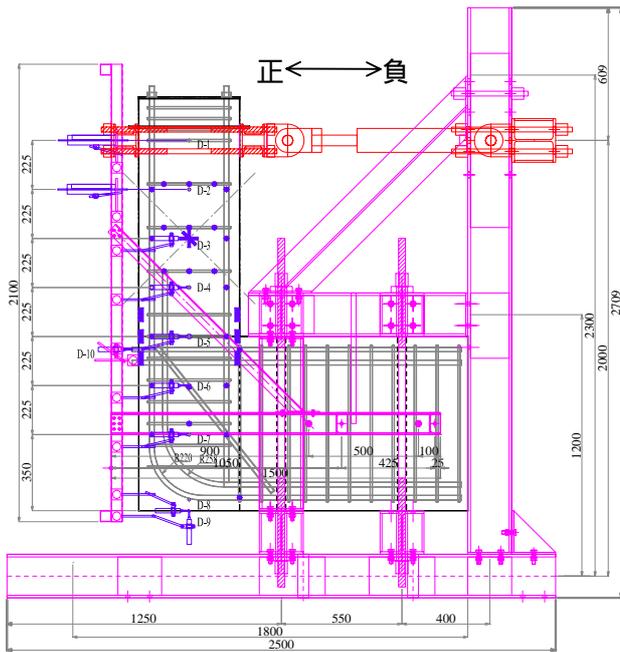


図-1 正負交番荷重試験装置

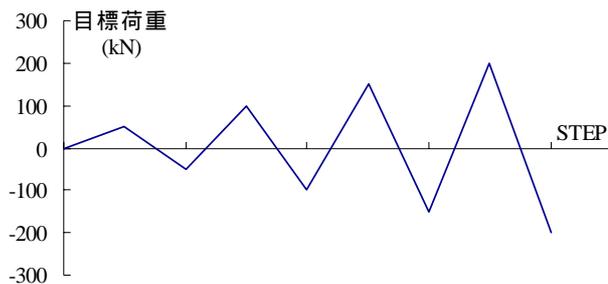


図-2 荷重ステップ

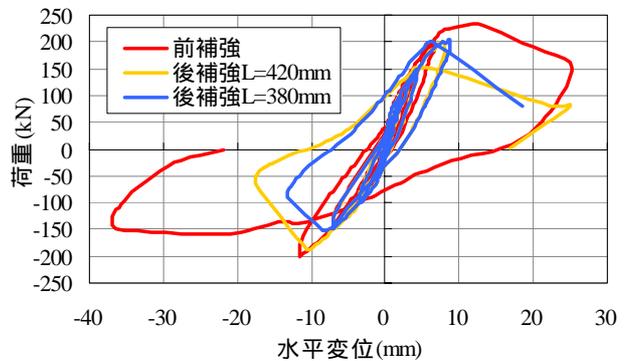


図-5 荷重 - 水平変位曲線の比較

### 3. 結論

静的正負交番荷重試験の結果より、地震のような繰返し荷重を受けた際も、静的単調荷重試験と同様に設計耐力に対して80%程度のせん断耐力が得られた。

### 参考文献

1) 山村賢輔, 清宮理: 開削トンネル擁壁部の地震時挙動及びせん断補強方法, 地震工学シンポジウム論文集, pp.1025-1031, 2002