

地震により損傷した壁部材の補強後の力学的性状

株式会社フジタ	正会員	○平野	勝識
株式会社フジタ	正会員	笹谷	輝勝
東京鉄鋼株式会社	正会員	後藤	隆臣
埼玉大学	正会員	牧	剛史

1. はじめに

近年、大規模地震に対応し土木構造物の耐震補強が実施されている。ボックスカルバートのような壁構造物に対しては、せん断補強筋を後施工するなどの耐震補強¹⁾が数多くなされている。地下構造物は地震に対して有利と言われているが、未曾有の地震により大規模に被災した時には、復興の輸送手段となる交通系インフラは代替手段を講じることが難しく、被災したボックスカルバートを応急復旧し、安全性を確保した上で供用しながら補強工事を実施することが想定される。そこで、大規模地震で被災した地下壁構造物を対象に、剛性復旧と耐力向上を目的に、壁内部に束ね筋を増設しエポキシ樹脂で定着した実大規模の試験体による実験を行なった。

2. 実験概要

本実験はボックスカルバート壁を対象とし、内法スパン 8～9m、内法高さ 7～8m、壁厚 0.9m の実大規模を想定した。部位は側壁の一部とし、片持ち形式にモデル化した。試験体形状および配筋詳細を図-1 に示す。試験体の壁部は幅 1,600mm、厚さ 900mm、高さ 2,250mm、せん断スパンは 2,000mm、有効高さ 800mm でせん断スパン比(a/d)は 2.5 である。スタブは反力床への固定と主鉄筋の定着を考慮し、幅 2,500mm、奥行き 2500mm、高さ 1,200mm とした。配筋は実構造物を参考に、主鉄筋は D32 を片側 10 本一段とした。配力鉄筋は D19 を 250mm 間隔とした。せん断補強鉄筋は D16 を主鉄筋毎に 500mm 間隔で千鳥配置とした。鉄筋鋼種はいずれも SD345 を使用した。

3. 試験体補修と実験方法

実験は、既報²⁾の実験シリーズの続編であり、損傷なしの初期実験として Case A を実施し、補修補強を行なった実験を Case AR とした。試験体の補修は、壁基部の高さ 1m までのかぶりコンクリート剥落箇所を中心に、断面修復と樹脂系ひび割れ注入をひび割れ幅の大きな箇所に実施した。躯体コンクリートの圧縮強度が 26.5N/mm² に対して、断面修復箇所は 39.7N/mm² である。せん断補強筋は加力で開いた 90 度フックには定着プレートを溶接し、180 度フックの箇所には、コア削孔によりせん断補強筋を設置し損傷補強筋を補完した。補強は横補強筋の内側に壁上部から φ75mm を 6 箇所コア削孔し D25 (SD490) のねじ節鉄筋を 3 本束ねて挿入しエポキシ樹脂を充填した。水平加力は 2 本の油圧ジャッキを用い変位制御で繰り返し载荷を行なった。軸力载荷は想定土かぶり 5m で約 0.1N/mm² と低いため省略した。なお、主鉄筋の継手には機械式継手を使用した。

4. 実験結果

写真-1 に各試験体の実験後の状況を示す。また、図-2 に荷重変位履歴曲線を示す。Case A 試験体の破壊履歴は基部の曲げひび割れ、変位 10mm で主鉄筋降伏を経て、主鉄筋の座屈、変位

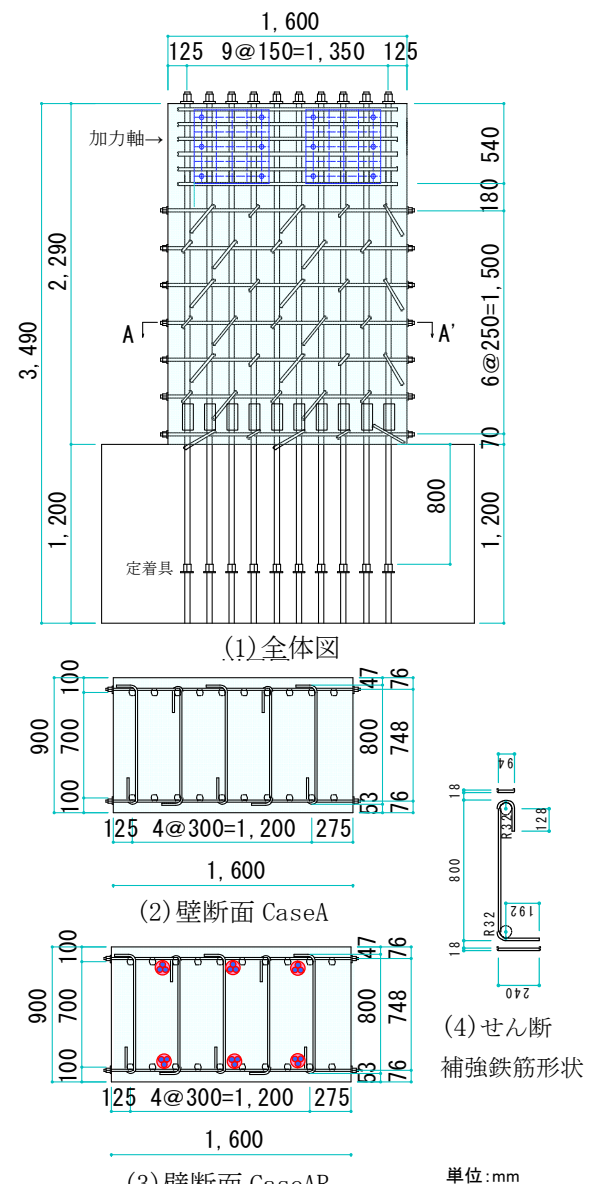


図-1 試験体配筋図

キーワード：補修、補強、ボックスカルバート、実大試験体、エポキシ樹脂注入、断面修復

株式会社フジタ 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 TEL. 046-250-7095 FAX. 046-250-7139

60mm でかぶりコンクリート剥落とともに耐力低下に至った．最終的には正負で±100mm までの加力を実施した．全体挙動は曲げ降伏後の主鉄筋座屈をともなう圧縮破壊である．一方，補強試験体 Case AR は，負側耐力低下が-120mm 以降の断面修復コンクリートの剥落と同時に起こった．かぶりコンクリートが注入材で接着された側は最後まで剥落することなく，最終的には実験装置の制約で加力を終了した+160mm の大変形においても，急激な耐力低下に至らなかった．表-1 に試験結果一覧を示す．表には Case A の主鉄筋降伏変位である水平変位 10mm 時の荷重を示した．既報²⁾の補強筋が無い補修試験体では，初期剛性が初期実験の剛性の 0.54～0.62 程度の回復であったが，今回補強した Case AR は Case A の 0.97～1.13 とほぼ初期の剛性まで回復できた．また，Case AR の最大耐力は Case A の 1.37～1.48 倍となった．試験体を健全と仮定したときの計算上の耐力向上は 1.76 倍であった．

図-3 に補修材料の強度特性を示す．注入材の圧縮強度は 47.2N/mm²，引張強度は 20.6N/mm² であり圧縮強度に対する引張強度の比は 44%であった．Case AR の大変形での正負のじん性の違いは，かぶりの補修方法を変えたことで，この強度特性の違いが影響したものと推察される．実験後に試験体をワイヤーソーで切断観察したが，補強束ね筋に充填材の空隙はなかった．一方，補強筋のスタブ下端に 15mm 程度の抜け出しの痕跡が認められた．

5. まとめ

RC 壁部材を模擬した実大規模の試験体に対して正負交番荷重を行い，補修，補強を実施し再加力した結果，以下の結論を得た．

- (1) 剥離したかぶりコンクリートを注入材で接着することで，かぶりコンクリート剥落を伴う急激な耐力低下は見られなかった．
- (2) 断面修復部は大変形領域で剥落し，主鉄筋や補強鋼材の座屈と同時に荷重低下を生じた．
- (3) 壁上部から鉛直方向に削孔した孔に補強筋を設置しエポキシ樹脂で定着した結果，剛性は初期状態まで回復し，最大耐力は 1.37～1.48 倍となった．
- (4) 補強筋として束ね筋を使用しても，注入材の充填不良は見られなかった．また，補強筋近傍の未充填ひび割れにも注入材が充填される副次的な補修効果も確認された．

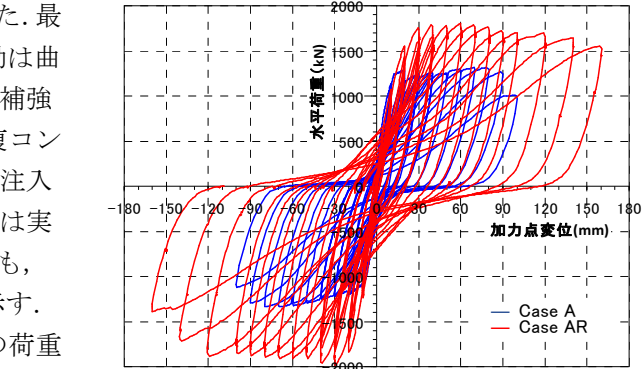


図-2 荷重変位履歴曲線



(1)Case A 負圧縮側 (2)Case A 正圧縮側
(3)Case AR 負圧縮側 (4)Case AR 正圧縮側

写真-1 最終破壊状況

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とせん断補強方法，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-304，pp.607-608，2002.9
2) 平野勝識，笹谷輝勝，後藤隆臣，牧剛史：地震により損傷した壁部材の応急復旧後の力学性状，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-149，pp.297-298，2015.9

表-1 試験結果一覧

試験体名	加力方向	水平変位 10mm 時 荷重	主鉄筋 降伏ひずみ 到達時		最大荷重時	
		P _y (kN)	P _y (kN)	δ _y (mm)	P _{max} (kN)	δ _{max} (mm)
Case A	正	1137	1137	10.0	1,318	78.4
	負	-1097	-988	-8.4	-1,337	-69.8
Case AR	正	1073	----	----	1,807	59.9
	CaseA 比	0.94	----	----	1.37	0.76
	負	-1239	----	----	-1,981	-29.8
	CaseA 比	1.13	----	----	1.48	0.43

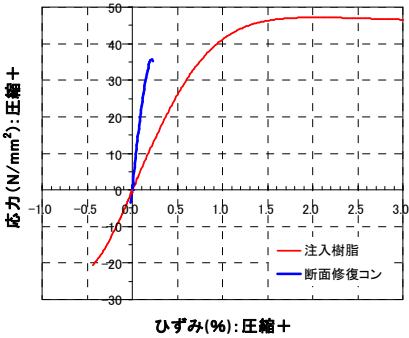


図-2 補修材料特性