

カーボンファイバーシートを用いた 共同溝の耐震補強効果に関する検討

古賀政二郎¹・中村剛²・川島一彦³・渡邊学歩⁴・山下幹夫⁵・
江寄順一⁶・鈴木猛康⁷

¹正会員 工博 炭素繊維補修・補強工法技術研究会 副会長
株式会社大林組 土木技術本部 構造技術部 技術部長
(〒134-0034 東京都墨田区堤通1-19-9 リバーサイド墨田セントラルタワー)

²学生会員 東京工業大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

³正会員 工博 東京工業大学大学院教授 (同上)

⁴正会員 工修 東京工業大学大学院助手 (同上)

⁵正会員 開発コンサルタント株式会社 事業本部 本部長 (〒170-0005 東京都豊島区南大塚3-20-6)

⁶正会員 佐藤工業株式会社 土木本部設計部門第4グループ
(〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20)

⁷フェロー会員 工博 中央復建コンサルタンツ株式会社 東京本社総合設計室 部長
(〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町2-11 イワサキ第二ビル)

1. はじめに

共同溝の耐震性を評価すると同時に、耐震補強効果を検討するために、共同溝側壁部の部分実大試験体を用いた繰返し載荷実験を行った。現状の共同溝の耐震性を評価すると同時に、貫通アンカー及び拡張式アンカーで耐震補強した場合の補強効果については別途報告する通りである¹⁾。

ここでは、カーボンファイバーシートを用いて耐震補強した場合の結果について示す。

2. 実験供試体及び載荷方法

本研究では、3.25×4.05mの矩形断面を有する1層2室ボックス式共同溝を対象としている。地震時に地盤がせん断変形した場合に曲げモーメントが大きくなる側壁隅角部に着目し、図-1に示す側壁の1/2区間と下スラブから構成される部分実大スケールの模型を6体作製した。

6体の試験体のうち、1体は補強せずに現状の構造に対する耐震性を評価し、残り5体には表-1に示すように貫通アンカー、拡張式アンカー、及びCFRPシートを用いて耐震補強を施す。Case 1～3の結果については別

途報告している¹⁾。ここでは、CFRPシートを用いたCase 4～6の実験結果を報告する。

側壁を耐震補強する場合には、共同溝を掘り返し、側壁内側と同時に側壁外側からもCFRPシートを貼り付けることができれば一番良いが、道路の掘り返し防止という趣旨で建設された共同溝では、外側からのCFRPシート貼り付けは困難である可能性がある。このため、ここでは図-2に示すように側壁内側にだけCFRPシートを貼り付けるものとした。実構造では、CFRPシートは側壁全高さに貼り付けることになると考えられるが、ここでは側壁基部～750mm（アクチュエータ取付装置の下端）の区間に貼り付けることとした。側壁がせん断変形してもCFRPシートが壁面から剥がれ落ちないように、側壁基部にL字型鋼材を、基部から200～300mm、400～500mm及び650～750mmの高さには鋼製のフラットバーを配置して固定することとした。L字型鋼材は、側壁にせん断破壊が生じた場合にも、側壁が内側に移動するのを防止する上で多少の効果はあると考えられる。

CFRPシートは4層（Case 4）及び8層（Case 5）とした。L字型鋼材を側壁や下スラブに固定したり、フラットバーを側壁に固定するために、CFRPシート4層で耐震補強する場合はD16、長さ130mmのアンカーを、ま

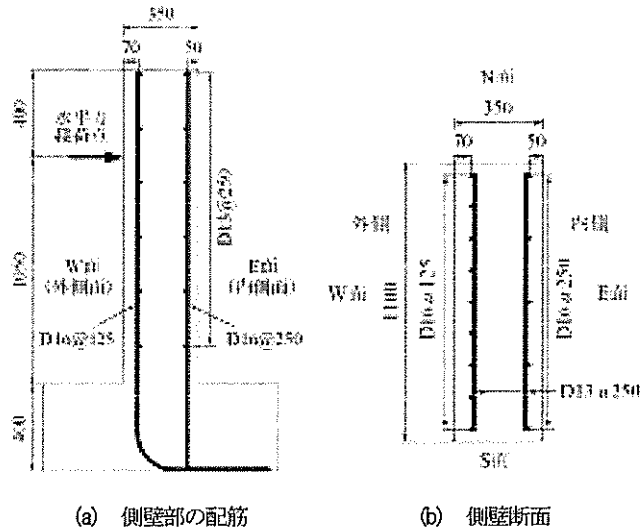


図-1 実験供試体

た CFRP シート 8 層で耐震補強する場合には D25、長さ 195mm のアンカーを使用することとした。アンカーボルトをもう少し長くする方が側壁のせん断破壊を防止するためには有効と考えられたため、Case 6 では 4 層の CFRP シートを用いると同時に、L 字型鋼材とフラットバーを長さ 280mm の拡張式アンカー (M12) を用いて側壁を固定することとした。ただし、L 字型鋼材は前述した CFRP シート 8 層の場合と同様に、D25、長さ 195mm のアンカーでしたスラブに固定した。

載荷は Case 1~3 と同様に、ドリフト 0.5% を基準に、変位制御による繰り返し載荷とした。

3. 4 層の CFRP シートで耐震補強した場合

(1) 損傷の進展

側壁内側を CFRP シート 4 層で耐震補強した試験体に繰り返し載荷した場合の損傷の進展を図-3 に示す。N 面での損傷は十分に観測できなかったため、ここでは N 面の損傷は示していない。

ドリフト 1% の載荷では、側壁の S 面及び W 面に水平曲げひび割れが生じると同時に、パキパキという剥離音とともに L 字型鋼材の上部で CFRP シートが壁面から剥離し始める。図-3 中 E 面の斜線部が CFRP シートの剥離領域を示している。ドリフト 1.5% になると、図-3 に示す斜線部では CFRP シートは完全に壁面から剥離する。このため、後述するように曲げ耐力が急速に低下する。

ドリフト 2% になると、E 面側の載荷に伴い W 面の基

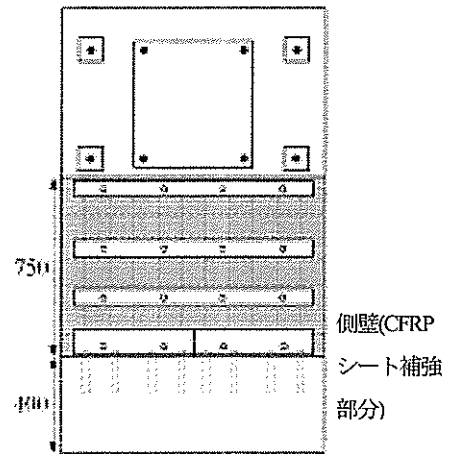


図-2 CFRP シート補強面の模式図(スラブ)

表-1 供試体の耐震補強

実験ケース	補強方法
Case 1	なし
Case 2	貫通アンカー (D12×12 本)
Case 3	拡張式アンカー (D12×12 本)
Case 4	CFRP シート (層厚約 4mm)
Case 5	CFRP シート (層厚約 8mm)
Case 6	拡張式アンカー (D12×12 本) +CFRP シート (層厚約 4mm)

部から 200~500mm の高さからせん断クラックが生じ始める。さらに、側壁と同時に底面スラブにも、W 面側の S 面基部を起点とし、スラブ上面から 100mm 程度の深さをほぼ水平に横に走り、E 面側で CFRP シートの底部を下スラブに固定する L 字型鋼材の鉛直アンカーの先端を廻り込むように大きくひび割れが生じる。模型では実際よりも下スラブの配筋を密にし、ここに損傷が生じないことを狙ったが、実験では下スラブにこのようなクラックが入ってしまった。ただし、損傷はスラブ表面から 150mm の範囲内であり、密に配筋したことにより耐力が向上する範囲よりも浅い領域で生じている。

ドリフト 3% になると、W 面側から入ったせん断ひび割れはさらに成長し、E 面基部に達すると同時に、下スラブに生じたひび割れに沿って、コンクリートの表面ブロックが 10mm 程度 L 字型鋼材を含めて浮き上がるようになる。これによって、L 字型鋼材を含めた CFRP シートの下スラブへの固定が失われる。これは、W 方向へ載荷した際に、L 字型鋼材を底面スラブに固定する鉛直アンカーに作用する軸引張力によって、下スラブのコンクリートが引張破壊したものである。アンカーとコンクリートブロックとは樹脂により付着状態であった。

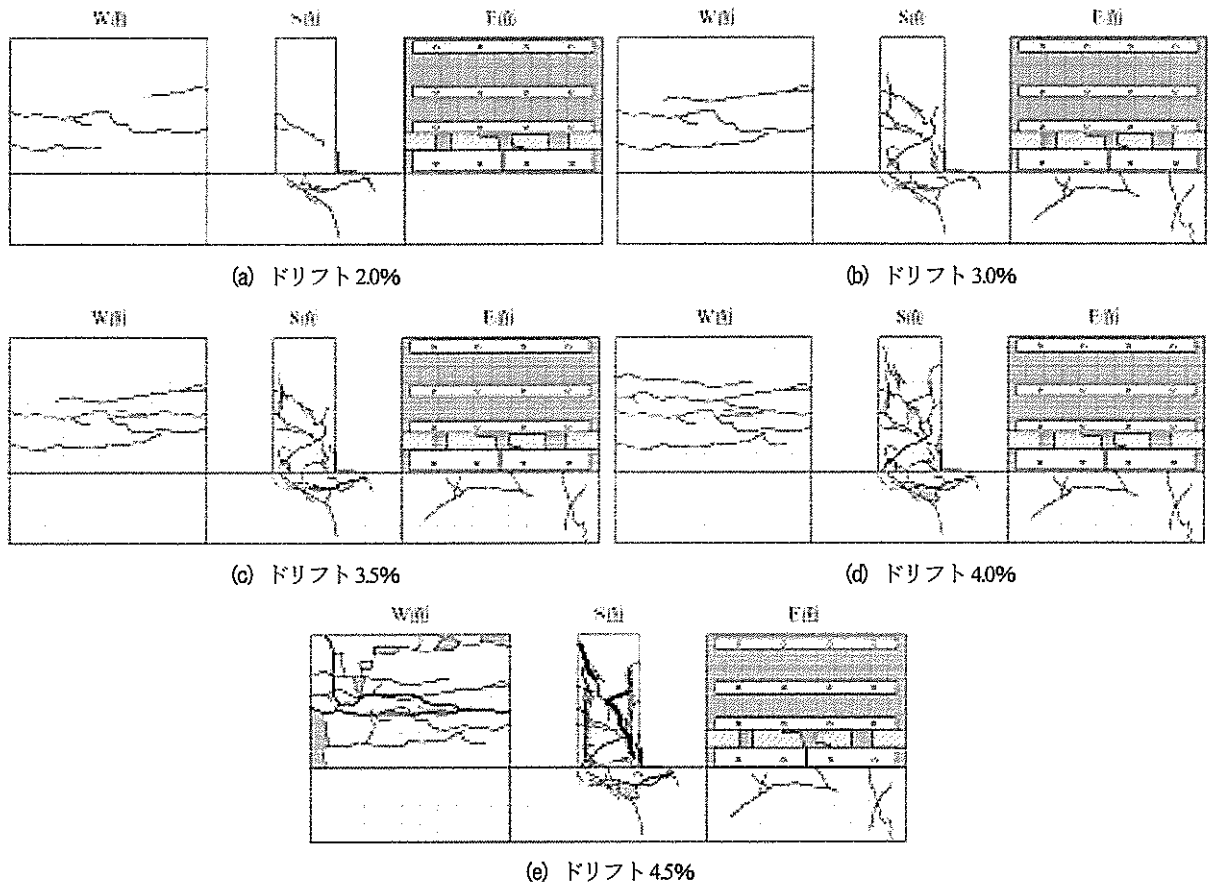


図-3 CFRPシート4層で耐震補強した場合の損傷状況

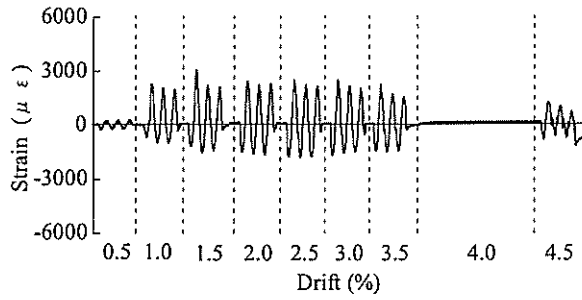
ドリフト 3.5%になると、側壁のせん断クラックや下スラブの引張クラックはさらに大きくなり、W方向に載荷すると、せん断クラックを境に側壁上部が下部に比較して水平方向に5mm程度移動するようになる。一方、CFRPシート固定用L字型鋼材はもはや抜け上がりには抵抗できないが、水平移動にはまだ抵抗できるため、E方向へ載荷した場合に側壁の水平移動を拘束する役割を果たしている。

ドリフト 4%になると、E面の基部から380mmの位置を起点とし、表面から50mmの深さをまっすぐに下に向かって伸び、基部から約200mmの高さからはW面基部へ向かって斜めに伸びるせん断ひび割れが顕著となる。このため、W方向に載荷すると、このせん断破壊面を境として側壁上部が水平移動するようになる。それと同時に、せん断ひび割れは側壁のE面に沿って上方へも進展し、基部から約600mmの高さまで達する。これは、E面をCFRPシートで耐震補強したため、せん断ひび割れが側壁を貫通せず、側壁に沿って上方へ進展したものである。さらに、W面の基部から約700mmの高さからも、E面基部に向かって顕著な斜めせん断ひび割れが生

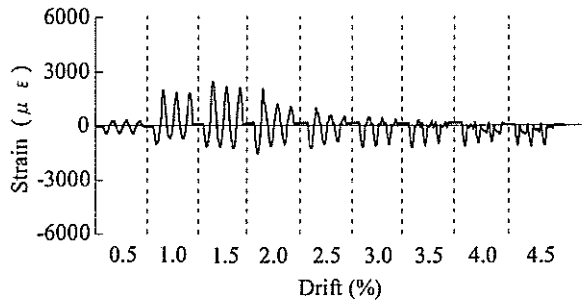
じるようになる。

ドリフト 4.5%載荷になるとせん断破壊が顕著となり、3サイクル目では、E面側及びW面側の主鉄筋が側壁のせん断変形により横ずれし、基部から約600mmの高さまでの区間で面外方向にはらみ出す。鉛直荷重を支持できなくなり、側壁全体が紡錘形に大きく変形し、水平耐力は急速に低下したため、ここで載荷を打ち切った。

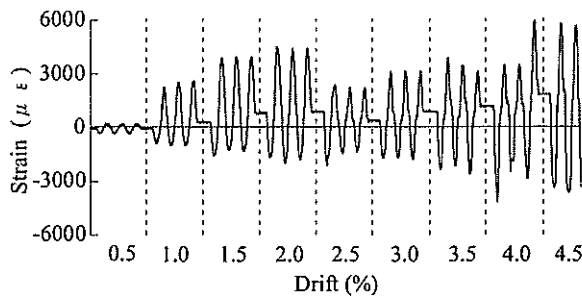
図-4に側壁基部から150mm位置におけるCFRPシート表面の軸方向ひずみを示す。比較のため、ここには後述するCFRPシート8層で耐震補強した場合やCFRPシートと拡張式アンカーで耐震補強した場合の結果も併せて示している。これによると、ドリフト 0.5%ではひずみは $200\mu\epsilon$ 程度と小さいが、ドリフト 1%になると引張側で $2000\mu\epsilon$ 、圧縮側で $1000\mu\epsilon$ 程度とひずみが大きくなる。ただし、ドリフト 1.5%になると圧縮側には $2000\mu\epsilon$ 、引張側には $1500\mu\epsilon$ 程度のひずみが生じるが、これ以降は載荷変位を増加させてもCFRPシートに生じる軸方向ひずみは増加しない。これは、側壁のせん断抵抗により、曲げとして抵抗するCFRPシートの負担がこれ以上増加しなかったためと考えられる。また、もとも



(a) CFRPシート4層で耐震補強した場合



(b) CFRPシート8層で耐震補強した場合



(c) CFRPシート4層+拡張式アンカーで耐震補強した場合

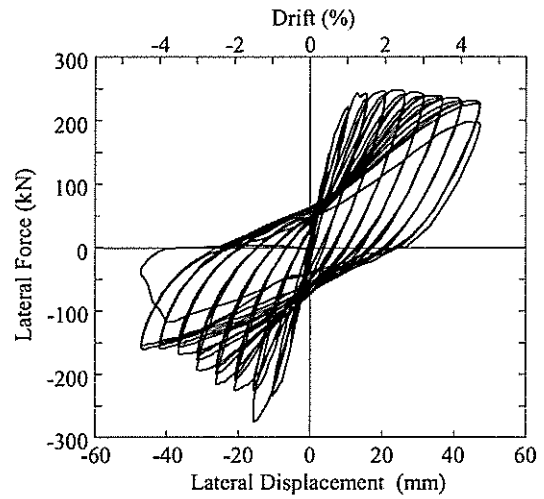
図4 CFRPシート表面のひずみ (基部から150mm位置)

とCFRPシートは引張に対して抵抗するが、4層貼り合わせてあるため、圧縮に対しても抵抗している点が興味深い。

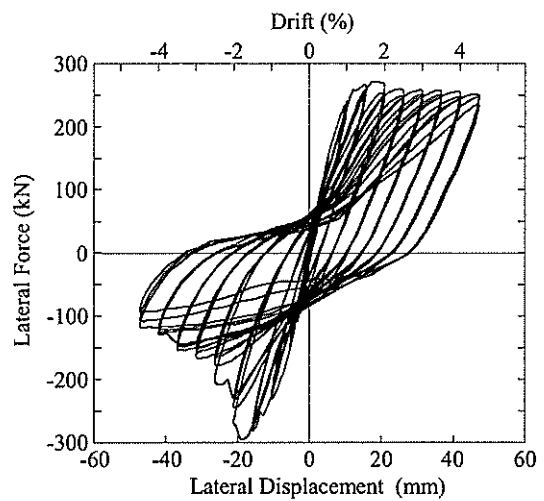
重要な点は、CFRPシートが側壁の耐力を増加させるだけではなく、CFRPシートを貼り付けた面でのひび割れを抑制する効果を有していることである。補強を施した側壁内側を起点とするひび割れは発生しておらず、側壁外側を起点とするひび割れもCFRPシートのある側壁内側面には進展していない。

(2) 履歴特性

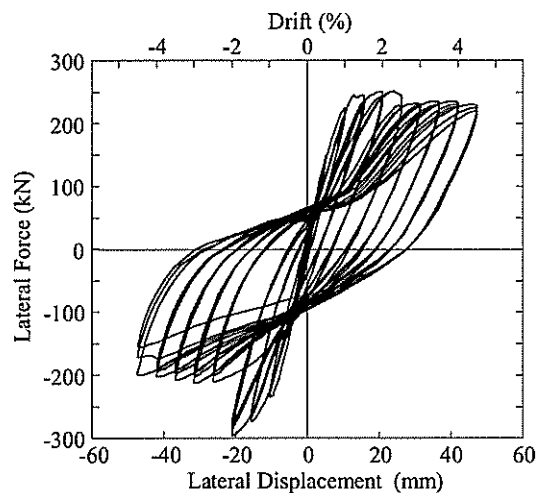
図5に荷重作用点における水平力～水平変位の履歴を示す。図5には、比較のため後述するCFRPシート8層で耐震補強した場合と4層のCFRPシート+拡張式アンカーで耐震補強した場合の履歴も併せて示している。ここでは、図1に示すE面(側壁内側)向きの載荷を正、W面(側壁外側)向きの載荷を負としている。



(a) CFRPシート4層で耐震補強した場合



(b) CFRPシート8層で耐震補強した場合



(c) CFRPシート4層+拡張式アンカーで耐震補強した場合

図5 水平力～水平変位の履歴

これによると、正側には側壁はドリフトが約1%になると塑性化し、以降ドリフト4%までほぼ安定した耐力

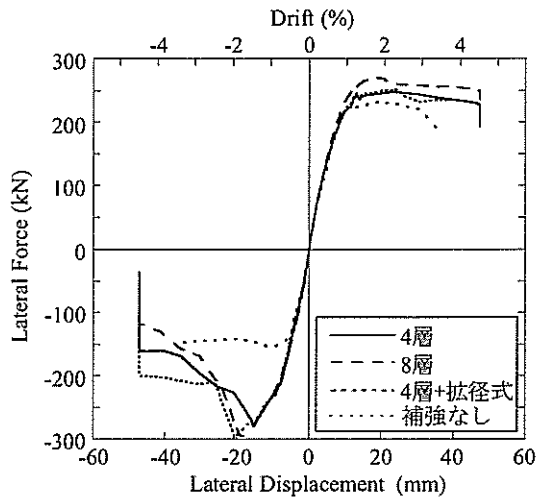
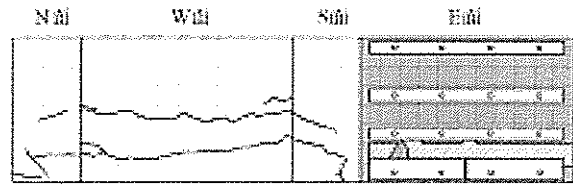


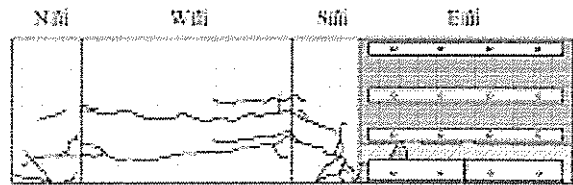
図-6 水平力～水平変位履歴の包絡線

を保っている。最大耐力は 248.1kN である。これに対して、負側ではドリフトを 1%、1.5%と増加させると、耐力も 234.6kN、276.1kN と増加していくが、ドリフト 1.5%の 2 回目載荷になると 226.1kN と最大水平耐力 276.1kN の 81.9%に低下する。これは、上述したようにドリフト 1.5%になると CFRP シートが壁面から完全に剥離したことによると考えられる。その後、負側の水平耐力は、載荷変位振幅の増大とともに漸減し、ドリフト 4.5%載荷の 1 回目では 160.1kN と最大耐力の 58.0%にまで低下する。前述のように、3 回目の載荷ではせん断破壊が顕著となり、水平耐力は 36.7kN と最大耐力 276.1kN の 13.3%にまで低下する。

図-6 に水平力～水平変位履歴の包絡線を示す。比較のため、前述した無補強の場合や、後述する CFRP シート 8 層で耐震補強した場合及び CFRP シートと拡張式アンカーで補強した場合の包絡線を併せて示している。無補強の場合は正側、負側の最大耐力はそれぞれ 231.2kN、155.8kN であったが、これに比較すると CFRP シート 4 層で耐震補強すると、正側では 7%、負側では 77%も最大水平耐力が増加することがわかる。CFRP シートが引張に抵抗する負側の耐力向上が著しい。また、無補強の場合は側壁のせん断破壊に伴って正側の水平耐力が大きく低下するが、CFRP シートで耐震補強した場合には、正側の水平耐力はドリフト 4.5%まで安定している。ただし、負側にはドリフト 1.5%以降、耐力低下が著しい。



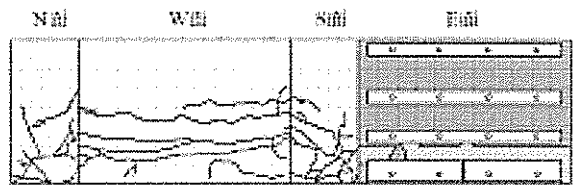
(a) ドリフト 2.0%



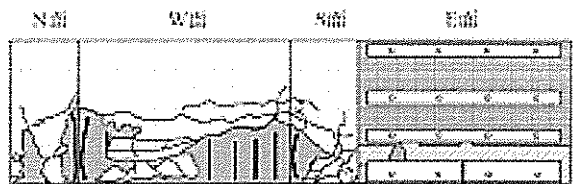
(b) ドリフト 2.5%



(c) ドリフト 3.0%



(d) ドリフト 3.5%



(e) ドリフト 4.5%

図-7 CFRP シート 8 層で耐震補強した場合の損傷状況

4. 8 層の CFRP シートで耐震補強した場合

(1) 損傷の進展

E 面側側壁を CFRP シート 8 層で耐震補強した場合の損傷の進展を図-7 に示す。CFRP シート 4 層で耐震補強した場合と異なり、下スラブには損傷は生じなかったために、ここでは下スラブは示していない。これによると、ドリフト 1%では W 面の基部から 200mm、400mm 付近に水平曲げひび割れが生じ、ドリフト 2%になると、これらを起点として徐々に斜めひび割れが側壁躯体を貫通するようになる。前述した CFRP シート 4 層で補強した

場合と同様に、ドリフト 1%になると剥離音とともに L 字型鋼材の上部で CFRP シートが壁面から剥離し始め、ドリフト 2%になると剥離の程度が増すとともに剥離領域も拡大していく。ドリフト 2.5%になると、L 字型鋼材の鉛直面と CFRP シートの付着が切れ、側壁を W 方向に載荷すると、壁面と L 字型鋼材間に 5mm 程度の隙間が生じるようになる。CFRP シート 4 層で耐震補強した場合には、L 字型鋼材を下スラブに定着する鉛直アンカーが、これを定着してあった下スラブの表面部のコンクリートブロックの引張破壊によって拘束を失ったのに対し、CFRP シート 8 層で耐震補強した場合には、L 字型鋼材を側壁に固定する水平アンカーが側壁から抜け出し、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着が失われた。これは、CFRP シート 4 層で補強した場合よりもアンカー径が 25mm と大きく、アンカー長も 195mm と長くしたため、下スラブに損傷が生じることは防止できたが、その代わりに水平アンカーに損傷が移ったことを示している。

ドリフト 3.5%になると、W 面基部から 200mm と 400mm 付近から入った斜めひび割れが E 面基部に達すると同時に、これ以外にも S 面や N 面には複数の斜めひび割れが生じる。前述したように、CFRP シート 4 層で耐震補強した場合には、既にドリフト 2%から下スラブにも W 面基部を起点としてクラックが入ったが、CFRP シート 8 層で耐震補強した場合にはこのようなクラックは生じない。ドリフト 4%になると、W 面の基部から 350mm 高さを起点とし E 面基部に至るせん断破壊面がはっきりしだし、この面を境に W 方向に載荷すると側壁上部が下部に対して 11mm 程度水平移動するようになる。ドリフト 4.5%になると、主鉄筋もせん断破壊面で大きくずれ、W 面では基部から約 300mm の高さまでかぶりコンクリートが大きく剥落したため、ここで載荷を打ち切った。

前出の図-4 には側壁基部から 150mm 位置における CFRP シート表面の軸方向ひずみを示している。これによると、ドリフト 0.5%までには $400\mu\epsilon$ 以下とほとんどひずみは生じていないが、ドリフト 1%からドリフト 2%の 1 サイクル目までの間では $2000\mu\epsilon$ 程度のひずみが生じる。しかし、ドリフト 2%載荷の 2 サイクル目以降は載荷とともに徐々にひずみが減少していく。これは、前述したように CFRP シートが壁面から剥離したり、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着切れが生じたためである。これにより、CFRP シートの効果は失われた。ただし、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着が切れたドリフト 2%の 2 サイクル目以降も $1000\mu\epsilon$ 程度のひずみが生じている。これは、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着が切れた後も、L 字型鋼材が側壁の水平移動を拘束できたことに伴い、CFRP シートにもひずみが生じたためであると考えられる。

フット 2%の 2 サイクル目以降も $1000\mu\epsilon$ 程度のひずみが生じている。これは、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着が切れた後も、L 字型鋼材が側壁の水平移動を拘束できたことに伴い、CFRP シートにもひずみが生じたためであると考えられる。

(2) 履歴特性

図-5(b) は荷重作用点における水平力～水平変位の履歴である。正側ではドリフト約 1%で塑性化し、ドリフト 4.5%までほぼ安定した耐力を保つ。最大耐力は 271.5kN である。ドリフト 2.5%では、252.0kN と最大耐力からわずかに 72%程度耐力が低下するが、これは前述した CFRP シートと L 字型鋼材間で付着切れが生じたためである。これに対し、負側ではドリフトを 1%、1.5%と増加させるにつれて耐力は徐々に増加し、ドリフト 2%で最大 (295.0kN) となる。しかし、ドリフト 2%載荷の 1 サイクル目では 246.0kN と最大耐力の 83.4%に低下し、ドリフト 2.5%載荷の 2 サイクル目には 177.9kN と最大耐力 295.0kN の 60.3%にまで低下する。これらは、前述したように CFRP シートの壁面からの剥離や CFRP シートと L 字型鋼材間の付着切れが生じたためである。

図-6 に示す水平力～水平変位履歴の包絡線によると、CFRP シート 4 層で耐震補強した場合と比較して、CFRP シート 8 層で耐震補強した場合には、最大耐力は正側では 9%、負側では 7%とごくわずかし増加しない。なお、負側の耐力はドリフト 2%以降では、CFRP シート 4 層で耐震補強した場合よりも低下する。

5. 4 層の CFRP シート及び拡張式アンカーで耐震補強した場合

(1) 損傷の進展

E 面側壁を 4 層の CFRP シートと拡張式アンカーで耐震補強した場合の損傷の進展を図-8 に示す。ドリフト 1%で W 面側壁の基部から約 200mm、400mm 高さに水平曲げひび割れが生じ、ドリフト 1.5%になると、これらが E 面基部を目指して進展し始める。また、ミシミシという剥離音を伴って CFRP シートが供試体から剥離し始める。

ドリフト 2%になると、W 面の基部から 270mm の高さを起点に、表面から 70mm の位置、すなわち側壁外側の主鉄筋位置まで貫入されている拡張式アンカーの先端

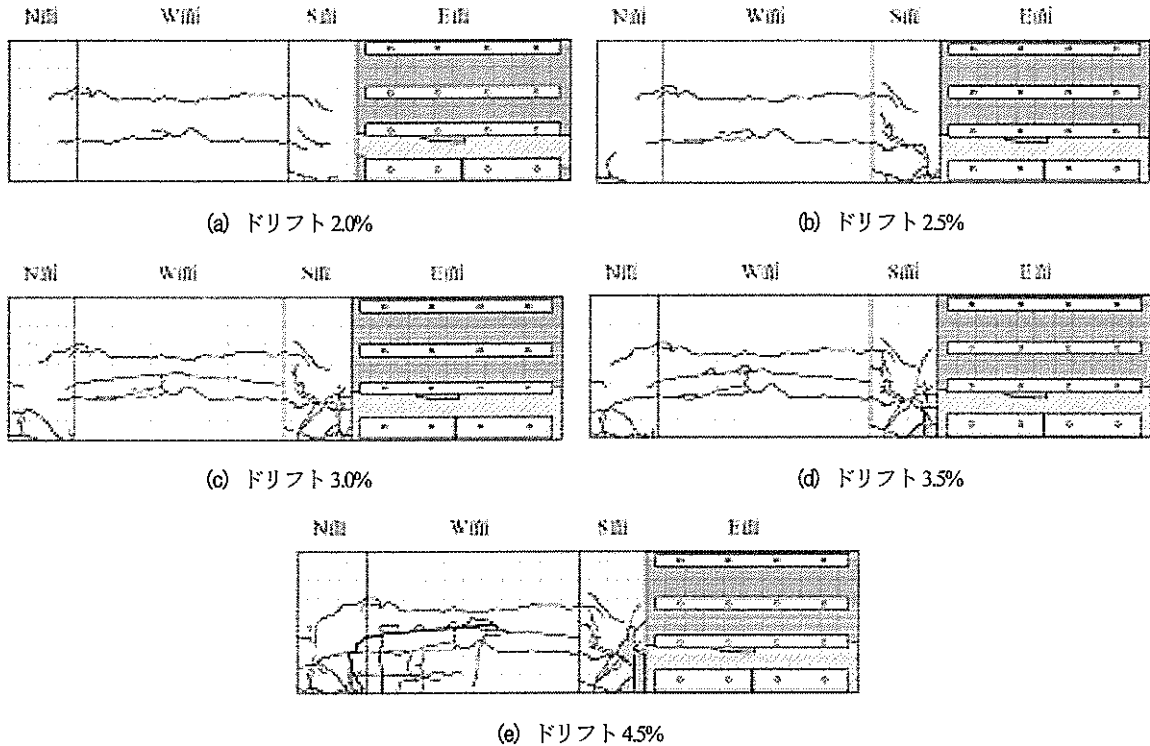


図-8 CFRPシート4層+捻径式アンカーで耐震補強した場合の損傷状況

に沿って下方へせん断ひび割れが伸び、基部から約200mmの高さに達すると、ここから側壁内側に向かって水平方向へ進展するようになる。この段階ではCFRPシートとL字型鋼材間の付着が切れ始める。ドリフト2.5%になると、せん断ひび割れはさらに内側へと進展する。前編で述べた捻径式アンカーだけで耐震補強した場合は、W面の基部から250~300mmの高さを起点とするせん断ひび割れが捻径式アンカーの先端に沿って下方へ伸び、側壁底部の中央に達して破壊面を形成した。これに対して、CFRPシートと捻径式アンカーで補強した場合には、L字型鋼材が基部から120mmの間における側壁躯体のせん断変形を拘束するため、載荷ドリフトが増加すると、側壁はL字型鋼材と最下端のフラットバー間でせん断変形するようになる。このため、前述のようにせん断ひび割れが水平方向へ進展した。

ドリフト3%では、L字型鋼材とフラットバー間で壁面から剥離したCFRPシートが面外方向へはらみ出す。これは、側壁外側から内側へ貫通したせん断ひび割れを境として生じたせん断変形のため、CFRPシートが横ずれしたためである。

ドリフト3.5%になると、E方向に載荷した際に生じる側壁のせん断変形によってE面側の主鉄筋が横ずれするようになる。ドリフト4.5%では、せん断破壊面を境

として側壁上側が下側に対して水平方向に10mm程度ずれるようになり、最下端のフラットバーのS面側の端部では、横ずれを受けてはらみ出したCFRPシートが鉛直方向に破断する。ここでは示さないが、ドリフト5%に達すると側壁及びCFRPシートのせん断変形がさらに顕著となり、最もS面に近い位置にあるL字型鋼材を側壁に固定する4本の水平アンカーのうちの1本がワッシャー位置（壁面表面位置）で破断する。

図-4にCFRPシートの表面の軸方向ひずみを示す。これによると、ドリフト1~2%では載荷ドリフトの増大とともにひずみが増加する。CFRPシートのひずみは、ドリフト2.5%でCFRPシートとL字型鋼材間の付着切れに伴って低下するが、ドリフト3.0%以降は再度増加し始め、ドリフト3.5%では $3100\mu\epsilon$ 、ドリフト4%では $6000\mu\epsilon$ 程度のひずみとなる。これは、前述のようにせん断変形によりCFRPシートが横ずれしたため、載荷ドリフトが3.5%、4%と増加するにつれてひずみも増加する。ただし、CFRPシートは限界状態には至っていない。

(2) 履歴特性

図-5(c)に荷重作用点における水平力~水平変位の履歴を示す。これによると、正側ではドリフトが約1%になると塑性化し、以降4.5%ドリフトまでほぼ安定した

耐力を示す。最大耐力は 251.4kN である。ドリフト 3% になると 230.5kN と最大耐力 251.4kN からわずかに 8% 低下するが、これは前述した L 字型鋼材の上部で生じた CFRP シートの面外変形に起因するものである。これに対し、負側では載荷ドリフトを 1%、1.5% と増加させるにつれて徐々に耐力は増加し、ドリフト 2% で最大 (295.7kN) となる。しかし、ドリフト 2.5% になると 212.0kN と最大耐力の 71.7% に低下する。これは、L 字型鋼材の上部で、CFRP シートと L 字型鋼材間の付着が切れたためである。その後、4% ドリフトまではこのレベルの耐力を保っているが、ドリフト 4.5% 載荷の 2 サイクル目には W 面側軸方向鉄筋が横ずれによって大きく変形する結果、最大耐力の 57.6% にまで耐力は低下する。

図-6 に水平力～水平変位履歴の包絡線を示す。CFRP シート 4 層+拡張式アンカーで耐震補強した場合には、正側、負側の最大耐力は 251.4kN、295.7kN となり、正側では 1%、負側では 7% だけ最大引張耐力が増加する。CFRP シート 4 層及び 8 層で耐震補強した場合には、負側では最大耐力到達後に大きく耐力が低下するが、CFRP シート 4 層+拡張式アンカーで耐震補強した場合には、ドリフト 4% まで最大耐力の 70% 程度の耐力を保つ。

6. 結論

共同溝側壁の耐震補強に対する CFRP シートの効果を検討するために、ハンチを省略した部分実大試験体を用いて繰り返し載荷実験を行った。本実験の結果得られた結論は以下の通りである。

- 1) CFRP シートを用いると、耐震補強を施さない場合に比較して負側 (側壁外側への載荷) への耐力が増加するとともに、側壁が内側からひび割れが生じるのを防止できる。
- 2) CFRP シート 4 層を用いて耐震補強した場合には、側壁外側から発生したせん断ひび割れが側壁内側へ貫通するのを妨げるが、側壁内側で CFRP シート貼り付け面に沿ってひび割れが上方へ伸び、最終的にせん断破壊する。下スラブにも損傷が生じる。変形性能は耐震補強しない場合よりもドリフトで 1% 増加し、4.5% ドリフトとなる。
- 3) CFRP シート 8 層を用いて耐震補強した場合には、L 字型鋼材を下スラブに定着するアンカーを 65mm 長くしたため、下スラブには損傷が生じなかった。しかし、負側の水平耐力は CFRP シート 4 層で耐震補強した場合の 107%

と微増にとどまった。ドリフト 4.5% でせん断破壊した。

4) CFRP シート 4 層及び 8 層で耐震補強した場合には、CFRP シートが壁面から剥離したり、CFRP シートと L 字型鋼材の付着が切れることにより、負側の耐力が低下していく。

5) CFRP シートと拡張式アンカーを用いて耐震補強すると、側壁の外側に近いアンカー先端に沿ってせん断ひび割れが生じ、これが側壁内側に向かって進展してせん断破壊する。上述した CFRP シート 4 層及び 8 層で耐震補強した場合と比較して変形性能は同程度であるが、ドリフト 4% まで安定した耐力を保持する。

謝辞

本研究は(財)土木研究センターに設けられた「土木構造物の耐震工学的課題に関する検討委員会」の検討の一部として、東京工業大学において行った実験結果を取りまとめたものである。本実験に際して御尽力頂いた星限順一前幹事長他、ご関係の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中村剛, 川島一彦, 渡邊学歩, 江崎順一, 鈴木猛康: 共同溝の耐震性及びアンカーバーを用いた耐震補強法に関する検討, 第7回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2004.1