横補強材で補強されたコンクリートの一軸圧縮特性

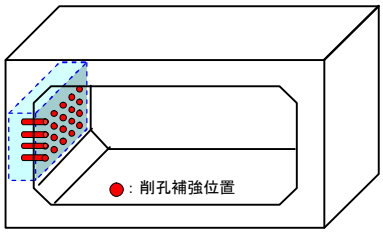
フジタ　正会員　○平野　勝識　　正会員　笹谷　輝勝
コムスエンジニアリング　　正会員　土屋　智史
埼玉大学　　正会員　牧　　剛史
北武コンサルタント　正会員　渡辺　忠朋

１．はじめに

耐震検討の見直しにより，既存のコンクリート地下ボックスカルバートの耐震補強として，側壁下部に多数のせん断補強筋を設置する事例[1)]が数多く実施されている．これらの補強工法はボックスカルバート内部からの施工で済むため，コスト面や供用しながらの施工が可能であることを理由に他の荷重低減等の地震対応工法より多くの採用実績がある．しかし，対象構造物の壁厚が 1m 程度のものもあり，鉄筋探査および設置孔の削孔工事の能率が工事の進捗の大きな支配要因となっている．本報では，せん断補強筋の１本の耐力を大きくして補強数を減らすなどの削孔工程の合理化を念頭に，繊維補強材と無機系充填材の組み合わせで横補強する構造についての基礎データの収集を目的に一軸圧縮試験を実施し検討を行った．

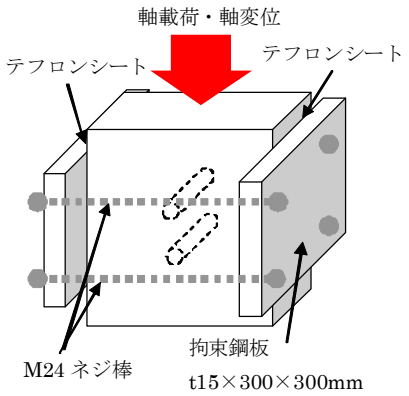
２．実験概要

本検討は，**図－１**に示すようにボックスカルバート内面からの補強を対象としている．一般的な壁構造物は面外方向のせん断補強筋量が少なく，実験では載荷速度の影響によりせん断ひび割れが様々な形態で発生することが知られている[2)]．そこで，本検討では，補強材の効果を定性的に把握することを目的に，せん断ひび割れ面の発生位置が制御された状態での補強材の効果検証を目的とした実験計画とした．

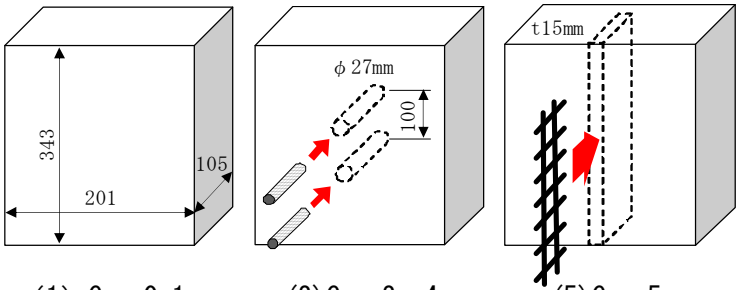


図－1　対象部位

載荷概要を**図－２**に示す．ベース試験体は圧縮強度 39N/mm^2 の厚さ 105×幅 201×高さ 343mm の無筋のコンクリート角柱である．ボックスカルバート軸方向の平面ひずみ状態を再現するため，せん断破壊方向を壁の面外方向に矯正することを意図し，強軸方向は 15mm の鋼板とネジ棒により拘束した．拘束鋼板と試験体の間には，テフロンシートを挟み意図した面外へのせん断変形を拘束しないよう配慮した．拘束材のネジ棒のナットは手締で初期導入軸力を作用させない 0kN とした．鉛直載荷は一方向圧縮載荷とし，最大荷重の 70%時，最大荷重時での繰り返しを基本とし，最大荷重以降も複数回の繰り返しを行った．計測は，載荷荷重，軸方向変位を載荷板の４隅で計測し平均変位で制御した．



図－２　載荷概要



(1) Case0, 1 無補強　(2) Case2～4 削孔試験体　(5) Case5 スリット試験体

図－３　試験体概要

表－１　実験ケースと補強材特性料

実験ケース	補強方法	補強材の材料特性			
		断面積 mm^2	耐力 N/mm^2	弾性係数 ×10^4 N/mm^2	引張強さ N/mm^2
Case0	補強なし，拘束なし	----	----	----	----
Case1	補強なし	----	----	----	----
Case2	異形鉄筋D10,SD295A	71.3	358	17.7	517
Case3	炭素繊維チューブ HTS40,F13, 800tex,12k,32本	14.8	----	23.9	4,620
Case4	炭素繊維FRPグリッド CMR6,50×50mm格子	17.5	----	16.5	1,200
Case5	炭素繊維FRPグリッド CMR6,50×50mm格子	17.5	----	16.5	1,200

キーワード　耐震補強，ボックスカルバート，炭素繊維，一軸圧縮特性
連絡先　〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター TEL046-250-7095

試験体概要を**図－３**に示す．試験体の補強は削孔による補強と鉛直切削によるスリット補強を行った．削孔補強はコアボーリングで削孔したφ27mm の孔に補強材を設置した．一方，スリット補強はコンクリートカッターにより厚さ15mm の溝切りを行い補強材を設置した．いずれも貫通はさせず，深さ 95mm までとし無収縮モルタル（圧縮強度 45N/mm^2，弾性係数 2.1×10^4 N/mm^2）を充填した．補強材種は**表－１**に示す異形鉄筋 D10，炭素繊維チューブ，50×50mm 格子の炭素繊維 FRP グリッドである．

３．実験結果

図－４に応力～軸ひずみ関係を，**表－２**に最大軸応力と軸ひずみの一覧を示す．実験に先立ち，無補強試験体で鋼板拘束の有無（Case0，Case1）の影響を確認した．応力ひずみ関係はほぼ同様であったが，破壊形態は拘束がない場合コーン状の破壊となり，拘束試験体は壁面外方向に１面でせん断破壊した．また，破壊の進行も拘束試験体は若干緩やかで載荷制御が容易であった．補強試験体の中で，鉄筋補強の Case2 はせん断面近傍の鉄筋埋設長が短い側が抜け出し，ダボ変形していた．炭素繊維を使用した Case3，Case5 は軸ひずみ 1.5%までにせん断面で繊維がすべて破断した．炭素繊維のグリッドバーは，0.5%までにせん断面近傍の定着端のコンクリートが破壊し，抜け出しが発生した．いずれも，無損傷の無補強（Case1）よりも削孔切削の影響により最大軸応力は若干低下するものの，ポストピークの耐力低下勾配は緩やかとなった．

補強材による補強効果の比較のため，応力ひずみ曲線の包絡線面積と補強材の E・A の関係を**図－５**に示す．包絡線面積算定は ε_v=1.9%までとし，発生したせん断ひび割れ面を貫通した補強材の数で E・A を算定した．補強材の E・A と包絡線面積には一定の関係があることが伺える．樹脂硬化されていない Case3（カーボンチューブ）は，補強材が脆性的に破断しなかったため，包絡面積が若干高めになったと考えられる．

４．まとめ

壁構造物を模擬した無筋コンクリートに横方向補強を行った試験体の一軸圧縮試験の結果，補強材による一定のせん断補強効果が確認できた．また本検討の包絡線面積評価では補強材の材質，定着方法によって補強効果に差はなく，補強材の E・A に応じたポストピーク挙動への影響が認められた．

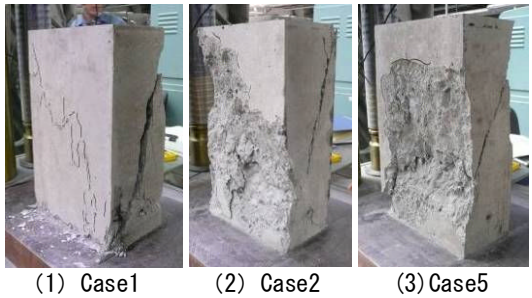
参考文献

1) 例えば 小林靖典，小林享，清宮理：異形鉄筋の埋込みによるあと施工せん断補強効果に関するはりの載荷実験，コンクリート工学年次論文集,Vol.24,No.2,pp.1549-1554,2002

2) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のポストピーク挙動評価と設計への応用，2003.8

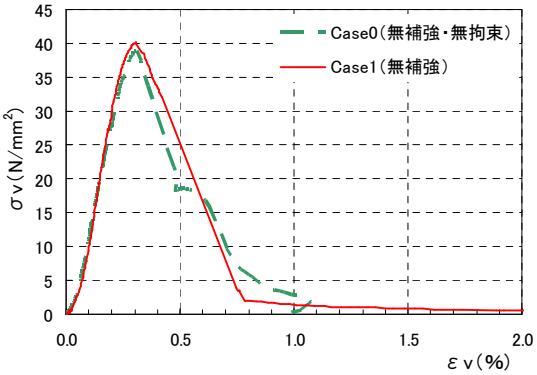
表－２　最大軸応力と軸ひずみ

ケース（補強方法）	最大軸応力 (N/mm^2)	最大応力時軸ひずみ εv (%)
Case0（無補強・無拘束）	38.9	0.31
Case1（無補強）	40.2	0.30
Case2（異径鉄筋）	38.0	0.30
Case3（カーボンチューブ）	34.9	0.30
Case4（グリッドバー）	36.3	0.28
Case5（スリットグリッド）	35.8	0.29

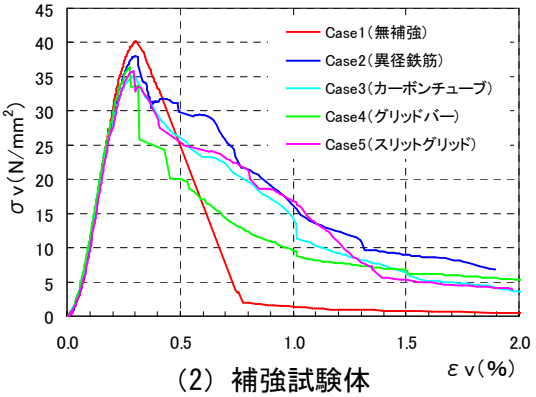


(1) Case1（無補強）　(2) Case2（鉄筋）　(3) Case5（溝グリッド）

写真－２　破壊状況の例

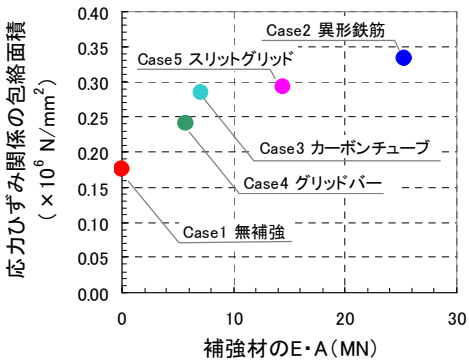


(1) 拘束度の異なる無補強試験体



(2) 補強試験体

図－４　応力～軸ひずみ関係（包絡線）



図－５　補強材の補強効果