

大阪市立大学工学部 学生員 ○町田敬二 東洋建設㈱ 正会員 坂本佳理
大阪市立大学大学院 学生員 田村悟士 大阪市立大学工学部 正会員 眞嶋光保

1.はじめに

平成8年度の道路橋示方書の改正により構造物の耐震性の見直しが進み、補修・補強が行われている。現在主流の工法であるRC巻立て工法や鋼板接着工法では補強できない施工空間の狭い場所の工法として、連続繊維シートを用いた工法が注目されている。しかし、この連続繊維シートは、どれだけせん断補強効果があるか、またせん断補強筋との耐力分担の関係などに関して未解明の部分がある。そこで、本研究では連続繊維シート巻付けによるせん断および靱性補強を対象とし、その際のシートの種類・巻付け方法・補強量といったパラメーターがせん断破壊を起こす供試体にどのような補強効果を及ぼすか、また、せん断補強筋・シートの分担力の関係を載荷試験により検証した。

2.実験概要

表1に使用材料、表2に実験ケースを示す。実験の要因は、シートの種類・補強量・補強方向として5種類の供試体を作成した。供試体の形状は $a/d=2.5$ で無補強供試体がせん断破壊を呈するように断面設計をした。供試体寸法を図1および図2に示す。載荷方法は正負交番とし、以下の上限荷重で載荷した。1サイクルから3サイクル目までは荷重制御、4サイクル目以降は変位制御とした。ただし、数値は計算値であり表1の数値を用いた。1サイクル目は、曲げひび割れ荷重(P_{cr}) 2サイクル目は、せん断ひび割れ荷重(P_c) 3サイクル目は、コンクリートとスターラップせん断耐力(P_c+P_s) 4サイクル目は、(P_c+P_s) を越えて載荷して、実験から求めた主鉄筋降伏ひずみ (2040μ) に到達したら交番を行った。そのときの中央変位の値を δy と置き、5サイクル目以降は、 δy の整数倍で交番し、破壊まで載荷した。

3.結果

3-1 破壊形状および最大荷重の比較

破壊形状は、無補強では、せん断破壊を呈した。また、補強をした供試体では、全て曲げ破壊を呈した。帯状のものではシート破断を起こさなかったが、炭素・スパイラル状、アラミド・帯状ではシート破断を起こし破壊に至った。

表1 使用材料

材料	特性
コンクリート	圧縮強度: 32N/mm^2
連続繊維	炭素シート
	f_{ctud} : 441N/m^2 E : 24600N/m^2
	密度: 205g/m^2
アラミドシート	f_{ctud} : 302N/m^2 E : 12500N/m^2
	密度: 248g/m^2
主鉄筋	2D22 $\delta y=2040\mu$
スターラップ	2φ6.0 引張強度: 2.94N/m^2

表2 実験ケース

供試体記号	シート	施工方法	備考
NNN	なし	補強なし	コントロール
CBS	炭素	帯状	
CBD	炭素	帯状	2重
CSD	炭素	スパイラル状	2重
ABS	アラミド	帯状	

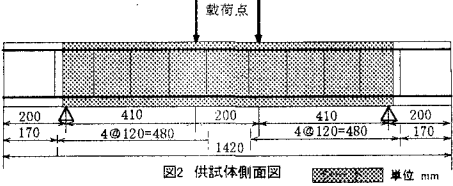
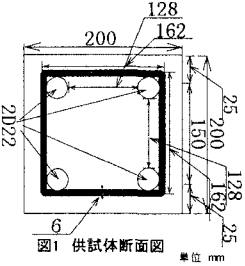


表3 最大荷重の計算値と実験値

名称	計算値	実験値	供試体名	計算値	実験値
NNN	394.9	206.6	CSD	610.8	331.3
CBS	394.9	242.7	ABS	306.5	243.2
CBD	674.4	272.0			

単位:kN

各供試体の最大荷重を比較すると、表3に示すように最大荷重の計算値と実験値は大きく異なった。炭素繊維を補強した供試体では、補強量が増加するにつれて最大荷重もほぼ比例的に増加し、また計算でスパイラル状は炭素・1重の $\sqrt{2}$ 倍の荷重に耐えられることになったが、実験でも約 $\sqrt{2}$ 倍の最大荷重を示し理論と同じ結果となった。また、シートの種類による弾性係数・引張強度の違いは変形挙動には影響を及ぼさなかった。

3-2 セン断分担力の比較

測定値からコンクリート、シートおよびスターラップの各せん断分担力を求めた。各分力計算には、サイクルごとの正のみの数値を使用し、各サイクルごとの最大荷重時のシートひずみ、スターラップひずみを用い、コンクリートの分担力は、全せん断力からスターラップ、シートの分担力を引いて求めた。またスターラップの分配耐力 $V_{str} = A_{str} \cdot \sigma_w$ シートの分配耐力 $V_{efs} = A_{efs} \cdot E \cdot \varepsilon$ とした。ここで A_{str} : スターラップの総断面積、 A_{efs} : シートの総断面積、 E : シートの弾性係数、 σ_w : スターラップひずみ、 ε : シートのひずみとした。

無補強と炭素シートの帯状を比較すると、スターラップ、補強シートにせん断力の分担力が作用し始めるのが無補強に比べ50Nほど大きくなった。これは、シートによるコンクリートへの拘束力によるものと思われる。また、図3より補強量の違いを比較すると、補強量を多くした供試体の方がシートの分担する耐力が約半分になり、1重巻が曲げ破壊を起こした荷重付近から、2重巻きはシートが分担する荷重が大きくなり、破壊に至らず100N程度最大荷重が大きくなった。図4より補強方向が異なる供試体を比較すると、スターラップ、シートに分担力が作用し始める荷重は変わらず、スターラップに作用する分担力はほぼ同じであるが、シートへの最大荷重時の分担力は、スパイラル状に補強したもののほうが帯状に補強を行ったものに比べ、1.4倍程度の荷重が大きくなった。これは、スパイラル状は部材軸に対して $\pm 45^\circ$ 方向に繊維補強されており、これにより帯状・1重巻き(約130N)よりシートの分担力(約200N)が大きくなったと考えられる。また、同様の理由により部材軸方向も補強され、底面においては曲げ補強にもなっていると考えられる。図5よりシートの種類が異なる供試体を比較すると、スターラップ、シートにせん断力が作用し始める荷重はほぼ同じであり、スターラップに作用する荷重もほぼ同じ増加率であるが、シートに作用する荷重は、炭素シートと比較してアラミドシートはかなり大きな値であった。この理由として、炭素シートとアラミドシートの弾性係数の差であると考えられる。

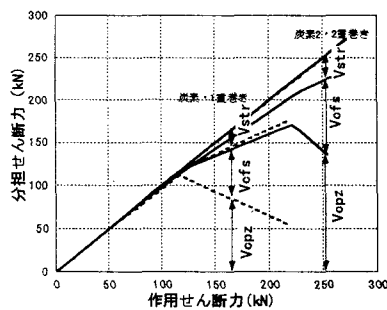


図3 作用せん断力と分担せん断力との関係

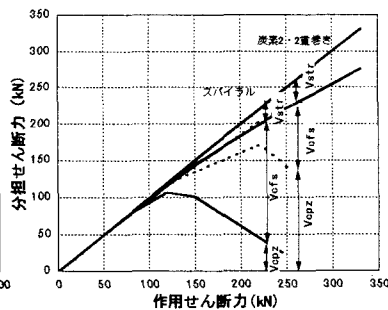


図4 作用せん断力と分担せん断力との関係

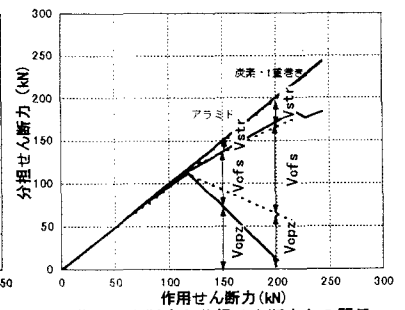


図5 作用せん断力と分担せん断力との関係

4. まとめ

- 1) 繊維シートでせん断補強することにより、最大耐力が増加し、補強量にほぼ比例する。
- 2) シート補強により、スターラップの応力低減効果があり、今回の実験条件の中では炭素繊維、スパイラル状により大きな補強効果が見られた。
- 3) シートをスパイラル状に補強することで、通常のせん断補強より $\sqrt{2}$ 倍程度の耐力向上が期待できる。

参考文献 小林和夫：コンクリート構造学，森北出版株式会社，pp. 40～57，pp. 72～99，1994