

大阪市立大学工学部 正 員 眞嶋 光保 東洋建設(株) 正 員 末岡 英二
大阪市立大学工学部 学生員○田村 悟士 東洋建設(株) 正 員 坂本 佳理

1. はじめに

本来コンクリートは他の土木材料に比べ、耐久的で維持管理がそれほど必要ないものとされてきた。しかしながら旧設計による構造物を現設計法で照査すると不適確となるものがあり、補強を施す必要が生じている。この方法の1つとして連続繊維シートによる補強がある。本研究では繊維シート巻き付けあるいは貼り付けによるせん断およびじん性補強を対象として、シートの種類、補強方法などのパラメータが補強効果にどのような影響を及ぼすかについての実験的研究である。

2. 実験概要

2-1 供試体

実験計画を表-1に示す。供試体はシートの種別と施工方法を考慮して、これらの要因を組み合わせた6体の供試体を作成した。供試体の寸法¹⁾は100×200×1200mm、かぶり30mm、せん断スパン350mm(a/d=2.0)の複鉄筋コンクリートはり型とし、せん断破壊となるよう設計している。シートの施工は材令28日で実施した。なおシート接着にはエポキシ樹脂系接着剤を利用した。使用した連続繊維シートの特性を表-2に示す。コンクリートの圧縮強度は材令7日において293kgf/cm²、載荷試験時には347kgf/cm²であった。供試体の形状を図-1に、シート施工方法を図-2に示す。

2-2 載荷方法

載荷は定変位正負繰り返し交番2点載荷とし、せん断耐力算定式から算出したNo.1(control)のせん断破壊荷重載荷時のたわみを1δvcとし、この値を実測値により確認修正の上、基準変位とした。そして載荷サイクルは図3に示すように0.5δvcきざみに正負に増加させた。載荷終了は、破壊などにより大幅に耐力が低下した時点とした。

3. 実験結果および考察

3-1 各供試体における最大荷重について

表3に各供試体の最大荷重の実験値、計算値²⁾および破壊モードを示す。No.2(炭・帯)からNo.6(ビ・側)について、実験値と計算値の値に大きな差があるが、これはシートが分担するせん断耐力における実験値と計算値の差による。つぎにシートのせん断耐力算定式から最大荷重時のシートの引張応力を逆算すると、表4に示すように施工方法にかかわらずシートの強度に達する前に破壊に至っている。

表1 実験計画

実験No	シート種別	施工方法
1(control)	なし	
2(炭・帯)	炭素繊維	帯状
3(炭・ゼ)	炭素繊維	ゼブラ状
4(炭・側)	炭素繊維	側面貼り
5(ア・帯)	アラミド繊維	帯状
6(ビ・側)	ビニロン繊維	側面貼り

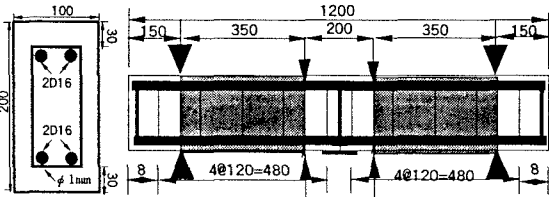


図1 供試体概要

表2 連続繊維シートの特性

	引張強度	弾性係数
炭素繊維	35,500kgf/cm ²	2,350,000kgf/cm ²
アラミド繊維	31,100kgf/cm ²	823,000kgf/cm ²
ビニロン繊維	5,280kgf/cm ²	283,000kgf/cm ²

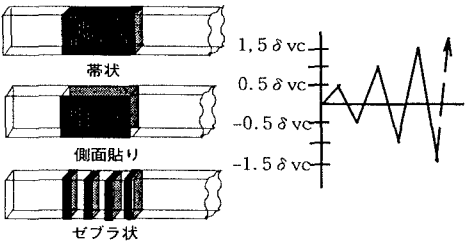


図2 施工方法

図3 載荷サイクル

表3 最大荷重(せん断耐力)の実験値と計算値

実験No	実験値(tf)		計算値(tf)				破壊モード
	最大荷重	シート*	コンクリート	鉄筋	シート	最大荷重	
1(control)	6.42		4.3	0.016		4.46	せん断破壊
2(炭・帯)	14.60	8.18	4.3	0.016	22.94	27.40	曲げ圧縮破壊(シートの部分剥離)
3(炭・ゼ)	12.37	5.95	4.3	0.016	13.64	18.10	せん断破壊(シートの剥離・破断)
4(炭・側)	11.37	4.95	4.3	0.016	22.94	27.40	せん断破壊(シートの剥離・破断、上端面・下端面の亀裂)
5(ア・帯)	13.98	7.56	4.3	0.016	20.08	24.54	せん断破壊(シートの剥離)
6(ビ・側)	9.41	2.99	4.3	0.016	11.16	15.62	せん断破壊(シートの剥離・破断、上端面・下端面の亀裂)

*実験値におけるシートの分担するせん断耐力は累加法に基づく。ex: No.2(炭・帯) 14.60tf-6.42tf=8.18tf

これは破壊がシートの剥離に支配されたためである。したがってシートの分担するせん断耐力の算定式にはシートの剥離の影響を考慮する必要がある。

施工方法による違いに関しては、帯状のほうがゼブラ状より最大荷重は大きいもののシートの分担耐力は表3のとおりシートの補強量には比例しなかった。また帯状と側面貼りではシートの巻付けによるコンクリートの拘束効果と剥離の遅延が極端にでた形となった。No.4(炭・側)は上端面、下端面に急激にひびわれがはいる脆性的な破壊となり、終局せん断耐力がNo.2(炭・帯)より22%減少したことからシートの巻付け拘束により終局せん断耐力の向上と、脆性的な破壊を防止することが確認できた。

3-2 荷重・変位関係からみた復元力特性

No.2~5 供試体の荷重・変位関係を図4~7に示す。まず施工方法の違いについては、シートを巻付けたNo.2(炭・帯)、No.3(炭・ゼ)、No.5(ア・帯)とシートを側面に貼付けたNo.4(炭・側)を比べると、各繰り返し載荷時の変位段階ごとでNo.2,3,5の方がNo.4より、任意の同一変位で見た場合の復元力が大きい。また最大荷重時の変位もNo.2,3,5の方がNo.4より大きいことから、巻付け施工の方が変形性能に優れていることがわかる。特にNo.2とNo.4を比べると、ある任意の同一荷重で見たときの変位量がかなり異なることが容易に理解できる。また、ゼブラ状巻付けによるNo.3はNo.2に比べ、任意の同一荷重で見たときの変位量に際だった差はない。すなわち帯状とゼブラ状の関係に見られるようなシート補強量の差は変形性能にはあまり関係なく、むしろコンクリートの拘束効果が多分に影響しているためであると言える。よって、側面貼付けによる工法は載荷荷重に対して変位が追従することが出来ずに脆性的な破壊を起こしやすく、巻付けによる工法が優れている。つぎにシートの違いでは、ある任意の同一変位に対する復元力は変位10mmまでは大きな違いはないが、終局状態に至る際の中央たわみ変位量に差がある。これは各シートの弾性係数、引張強度の差により生じたと思われる。

3-3 じん性能²⁾

図8、9に供試体の荷重・変位曲線に囲まれた面積を示す。この面積は入力された荷重に対して供試体が吸収するエネルギーを示す。これによりじん性の評価を行うと、側面貼付けによる工法の荷重・変位曲線の囲む面積は他の工法による供試体の曲線による面積より小さく、じん性が小さいことがわかる。また、曲線を囲む形状は側面貼付けでは直線的な形状であるのに対し、帯状、ゼブラ状による工法では紡錘形に近い形状を示しており、この形状の比較からもじん性能を判断できるものと思われる。

4 まとめ

1. シートの種類、施工方法に関わらず、シート補強コンクリート部材の最大荷重は向上するが、シートが充分な強度を発現せずに破壊に至る。
2. シートの分担するせん断耐力はシートの補強量に比例しない。
3. 変形性能への影響は、シートの補強量の差というよりはコンクリートを拘束するか否かで決まる。
4. 側面貼付けによる工法は巻付けによる工法と比べてエネルギー吸収の面で劣っており、それは荷重・変位曲線の囲む形状からも理解できる。

参考文献

- 1) 宇治公隆：シート状連続炭素繊維補強剤を用いた既設鉄筋コンクリート部材のせん断耐力向上効果に関する研究，コンクリート工学論文集，Vol.3, No.2, pp37~47
- 2) 小林和夫：コンクリート構造学，pp72~99, pp40~57, pp184~201, 1994
- 3) 土木学会関西支部共同研究グループ：橋梁構造物の総合健全性評価に関する調査研究，pp156~165, 1990

表4 シートの引張応力

補強方法	繊維	引張強度(1)	引張応力(2)	(2)/(1)
帯状	炭素繊維	35,500kgf/cm ²	12,590kgf/cm ²	35%
	アラミド繊維	31,100kgf/cm ²	11,622kgf/cm ²	37%
側面貼り	炭素繊維	35,500kgf/cm ²	7,690kgf/cm ²	22%
	ビニロン繊維	5,280kgf/cm ²	852kgf/cm ²	16%

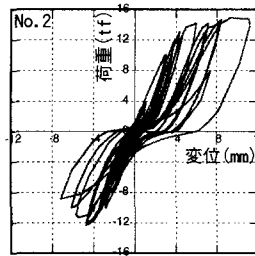


図4 荷重・変位曲線(炭・帯)

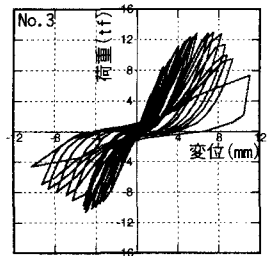


図5 荷重・変位曲線(炭・ゼ)

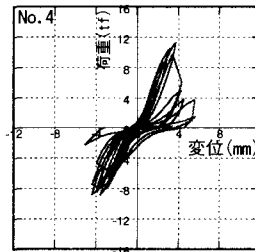


図6 荷重・変位曲線(炭・側)

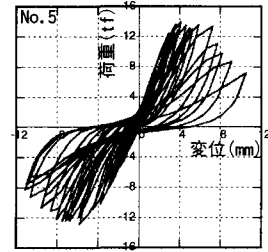


図7 荷重・変位関係(ア・帯)

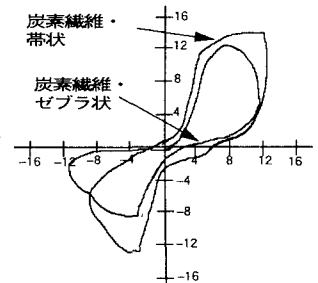


図8 荷重・変位曲線に囲まれた面積

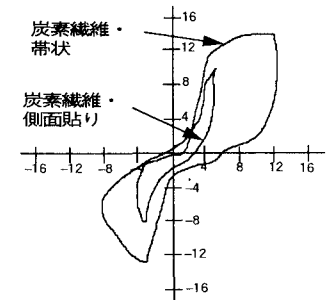


図9 荷重・変位曲線に囲まれた面積