

引張補強材に炭素繊維を用いたブラケット構造の破壊性状に関する基礎的実験

京都大学	学生会員	○岡野	暢弥	(株) I H I インフラ建設	正会員	山下	亮
京都大学	正会員	山本	貴士	京都大学	正会員	高谷	哲
				京都大学	フェロー	宮川	豊章

1. はじめに

既設コンクリート橋の補強において、外ケーブル補強工法、落橋防止装置設置工法あるいは縁端拡幅工法等、外力を支持する点を新たに設ける場合、コンクリートブラケット構造が必要とされるケースが多い。このブラケットから既設橋への外力の伝達に、現行の設計手法では、鉄筋、PC 鋼材等の引張主鋼材の配置が必要であり、既設橋への削孔が要求される。削孔位置は既設橋のコンクリート内部の鉄筋位置を現地で確認した上で決定する必要がある、また、鉄筋量の多い箇所では削孔そのものが困難なケースもあり、設計の自由度が限定されているのが現状である。そこで、既設構造に削孔を要さないブラケット構造として、引張補強材に炭素繊維を用いる構造を取り上げ、その基本的な力学挙動を明らかにするための載荷試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体および載荷方向を図 1 に示す。母体コンクリート寸法は $1000 \times 1000 \times 200$ mm とし、ブラケット寸法は $500 \times 300 \times 250$ mm とした。ブラケットと母体コンク

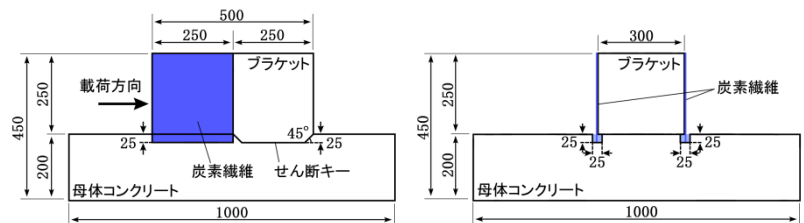


図 1 供試体形状・寸法

表 1 実験要因

	補強材	備考
ケース1	炭素繊維シート型・高強度タイプ	供試体数:3体 載荷高さ :100mm(2体) :150mm(1体)
ケース2	炭素繊維シート型・高弾性タイプ	
ケース3	炭素繊維すだれ型・高強度タイプ	
ケース4	炭素繊維すだれ型・高弾性タイプ	

表 1 実験要因		
	補強材	備考
ケース1	炭素繊維シート型・高強度タイプ	供試体数:3体 載荷高さ :100mm(2体) :150mm(1体)
ケース2	炭素繊維シート型・高弾性タイプ	
ケース3	炭素繊維すだれ型・高強度タイプ	
ケース4	炭素繊維すだれ型・高弾性タイプ	

2.2 実験要因

実験要因を表 1 に示す。各ケースの供試体数は 3 体とした。ここで炭素繊維すだれ型とは、事前にエポキシ樹脂接着剤を含浸させ、棒状に形成した炭素繊維をすだれ状に並べた補強材である（写真 1）。本ブラケット構造はせん断スパン比が小さく、曲げ部材として見なせない可能性が考えられた。そのため、載荷高さは各ケース 100mm を 2 体、150mm を 1 体とし、同じ載荷荷重、すなわちせん断力に対して曲げモーメントが異なる影響を確認することとした。

2.3 載荷方法および計測項目

水平方向の載荷には油圧ジャッキを用いた。ロードセルと高感度変位計を用いて、載荷荷重とブラケットの載荷側隅角部の浮上り変位を測定した。

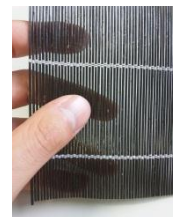


写真 1

コンクリート強度試験結果を表 2 に、載荷試験結果を表 3 に、コーン破壊のモデル図を

キーワード ブラケット, 引張補強材, 炭素繊維, コーン破壊

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-458 TEL : 075-383-3173 FAX : 075-383-3177

図2に示す．コーン破壊とは，曲げモーメントによりブラケットの載荷側が浮き上がる際，炭素繊維の定着部が母体コンクリートを伴ってコーン状に破壊する破壊形態である．せん断キーを設置することにより，載荷高さが100mmの場合は，ケースC1-2を除き，コーン破壊直後に構造全体の破壊に至らず，その後荷重を支持することが確認された．載荷高さが150mmの場合は，コーン破壊と同時に回転破壊した．

炭素繊維の違いによるコーン破壊荷重の明確な差は生じなかった．そこで，すべてのケースのコーン破壊荷重の平均を算出すると，載荷高さ100mmの時166kN，150mmの時120kNとなった．この平均コーン破壊荷重に載荷高さを乗じ，コーン破壊時の曲げモーメントを算出すると，載荷高さ100mmの時16.6kN・m，載荷高さ150mmの時18.0kN・mとなり，載荷高さの影響がほとんどない．よって，本ブラケット構造の破壊は曲げモーメントが支配的であり，曲げ部材と見なしても問題のない可能性が示された．

コーン破壊荷重は，炭素繊維が負担する引張力との関連があると考えられる．そこで，コーン破壊時の曲げモーメントを有効距離で除することで，炭素繊維の引張力 T_f を簡易的に算出した．ここで，有効距離とは，図2に示す d' ，すなわちモーメントのアーム長であり，RCはりの曲げ応力度算定法を用いて算出した．一方，「コンクリート標準示方書 設計編」により，コンクリートの設計圧縮強度を用いて引抜きせん断強度を求めることができる．コーン破壊を引抜きせん断破壊と見なし，引抜きせん断強度に破壊面積を乗じて埋込み定着部のコーン破壊耐力の理論値 T_c を算出した．ここで，コーン破壊の傾斜角度 θ には 45° を用いた．図3に示すとおり，コーン破壊耐力 T_c は載荷荷重から算出した炭素繊維の引張力 T_f と概ね近い値が得られた．

4. まとめ

- i) 引張補強材に炭素繊維を用いたブラケット構造は，曲げ部材として見なせる可能性が示された．
- ii) 本実験の範囲内では，使用する炭素繊維の種類によるコーン破壊荷重の差は生じなかった．
- iii) コーン破壊荷重は簡易的な計算で精度よく推定できる可能性が示された．

謝辞 本実験を行うにあたって，日鉄コンポジット社から炭素繊維シートの提供および技術的支援をいただきました．この場を借りてここに感謝の意を表します．

参考文献 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編，pp.141-142，2007

表2 強度試験結果

	圧縮強度(N/mm ²)	静弾性係数(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)
ケース1	53.4	3.73×10^4	2.94
ケース2	53.6	3.78×10^4	3.06
ケース3	56.5	3.88×10^4	3.14
ケース4	53.7	3.81×10^4	3.44

表3 載荷試験結果

ケース	供試体	載荷高さ(mm)	コーン破壊時	破壊時	破壊性状・備考等
1	C1-1	100	176	-	コーン破壊後、200kNで載荷終了
	C1-2	100	155	155	コーン破壊と同時に回転
	C1-3	150	122	122	コーン破壊と同時に回転
2	C2-1	100	178	268	回転破壊
	C2-2	100	171	-	コーン破壊後、200kNで載荷終了
	C2-3	150	111	111	コーン破壊と同時に回転
3	C3-1	100	179	-	コーン破壊後、220kNで載荷終了
	C3-2	100	155	-	コーン破壊後、200kNで載荷終了
	C3-3	150	127	127	コーン破壊と同時に回転
4	C4-1	100	162	-	コーン破壊後、220kNで載荷終了
	C4-2	100	152	-	コーン破壊後、200kNで載荷終了
	C4-3	150	119	119	コーン破壊と同時に回転

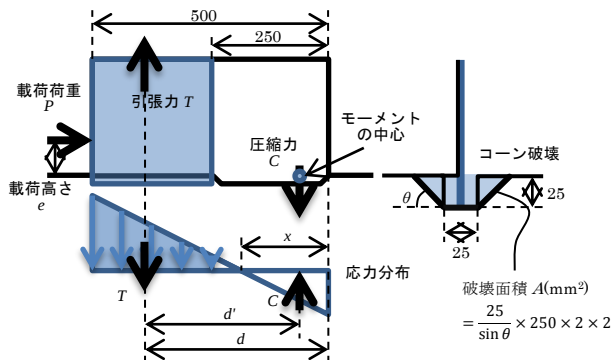


図2 コーン破壊モデル図

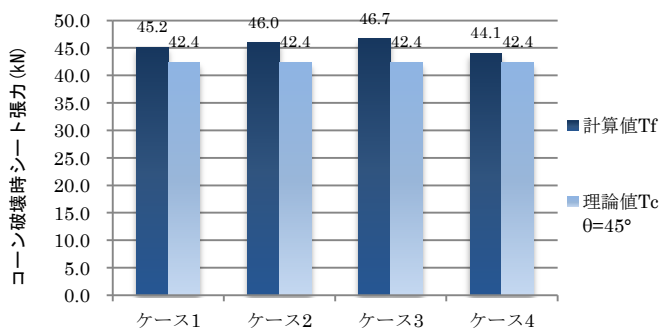


図3 コーン破壊時の炭素繊維引張力の計算値とコーン破壊耐力の理論値の比較