

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の基本的な力学挙動を明らかにすることを目的として、引張主鋼材を配置しないブラケット構造の荷重試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体の寸法および荷重方向を図1に示す。母体コンクリート寸法は 1000×1000×200mm とし、ブラケット寸法は 500×300×250mm とした。ブラケットと母体コンクリートの界面を交差する引張主鋼材は配置せず、ブラケットおよび母体コンクリートの各々にはD13の鉄筋をかぶり25mmで配置した。水平方向の荷重には油圧ジャッキを用いた。

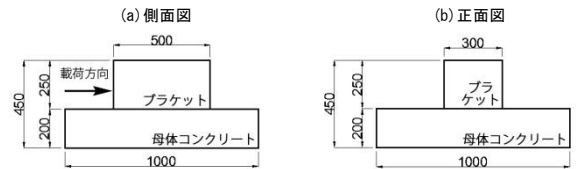


図1 供試体形状・寸法

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。本ブラケット構造は、ブラケット界面の荷重方向寸法が荷重高さに対して大きく、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、荷重高さは各ケース 100mm を2体、150mm を1体とし、同じ荷重荷重、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。打継処理は全ケースの基準となる一体打ち、打継面に凹凸を施すチッピング、無処理の3種類とした。せん断キーとは図2に示すように母体コンクリートとブラケットの界面において圧縮側に配置された深さ25mm、端部の傾斜角度45°の台形状のくぼみであり、その有無による影響を比較した。また、削孔を要しない補強方法案として、図3に示すとおり、炭素繊維シートをL型に貼り付けるケースを設けた。

表1 実験要因

	打継処理	せん断キ	定着方法	補強材	
ケース1	一体打ち	なし	-	-	
ケース2	無処理	なし			
ケース3	チッピング	なし			
ケース4	無処理	あり			
ケース5	チッピング	あり			
ケース6	無処理	あり			貼付け
ケース7	チッピング	あり			貼付け
ケース8	チッピング	なし			貼付け

高強度炭素繊維シート (繊維目付: 300g/m<sup>2</sup>, 引張強度: 3400N/mm<sup>2</sup>, 引張弾性率: 2.45 × 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>)

なお、L型に貼り付けた場合、事前の炭素繊維シートに純引張を与える要素実験より、母体コンクリートに接着した部位の剥離挙動が支配的となり、定着強度があまり期待できないことを確認している。ここでは、ブラケット構造を曲げ部材と見なした場合の引張補強材としての効果を確認することを目的とした。

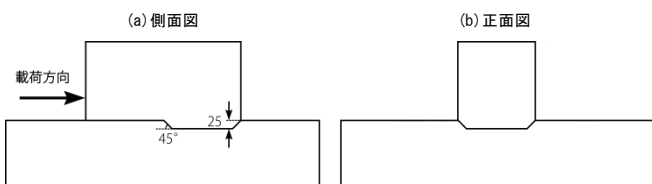


図2 せん断キー

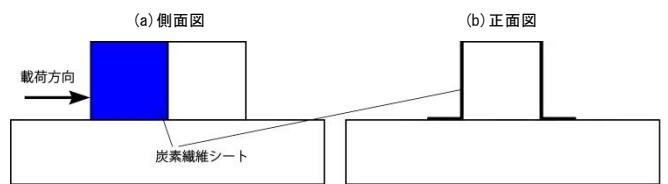


図2 貼り付け型定着法

### 2.3 計測項目

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。

### 3. 実験結果および考察

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に示す。ここで、ひび割れ発生時曲げ応力（以下、曲げ強度とする）は、ひび割れ発生荷重に

載荷高さを乗じ、ブラケットと母体コンクリート界面の断面係数で除することにより算出した。各ケース内の結果を比較すると、載荷高さによりひび割れ発生荷重は異なるが、曲げ強度にばらつきはあるもののほぼ同等の値が得られたケースが多い。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。また、せん断キヤを設置することにより、ひび割れ発生直後に破壊に至らず、その後荷重を支持することが確認できたが、ひび割れ後の耐荷機構については現在検討中である。

曲げ強度に着目した各実験要因の比較を図4~6に示す。打継処理の影響を比較すると（図4）、一体打ちと比較して無処理は約1/7、チッピングは約2/7であり、チッピングは無処理の約2倍であった。せん断キヤの影響を比較すると（図5）、打継無処理の場合を除き明確な差は見られず、せん断キヤの有無が曲げ強度に与える影響は少ないと言える。打継無処理でせん断キヤが無い場合は、曲げ強度が小さく、せん断力の影響が卓越した可能性が考えられるが、今後の検証が必要である。炭素繊維シートによる補強の有無を比較すると（図6）、明確な差は確認できず、L型に貼り付けた炭素繊維シートは曲げ強度に対して補強効果を発揮しないことが確認された。

### 4. まとめ

- i) 引張主鉄筋を配置しないブラケット構造は、曲げ部材として見なせる可能性が示された。
- ii) ひび割れ発生時の曲げ応力には、打継処理のチッピングが効果を示したが、一体打ちの2/7程度であった。
- iii) ひび割れ発生時の曲げ応力にはせん断キヤの有無、炭素繊維シートの貼付け型定着方法の明確な影響はみられなかった。

#### [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。

表2 強度試験結果

ケース	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
ケース1	53.6	3.85 × 10 <sup>4</sup>	3.39
ケース2	54.8	3.92 × 10 <sup>4</sup>	3.38
ケース3	57.9	4.07 × 10 <sup>4</sup>	3.21
ケース4	55.3	3.89 × 10 <sup>4</sup>	2.98
ケース5	45.4	3.58 × 10 <sup>4</sup>	3.07
ケース6	53.6	3.85 × 10 <sup>4</sup>	3.36
ケース7	55.8	4.08 × 10 <sup>4</sup>	2.96
ケース8	54.2	3.87 × 10 <sup>4</sup>	2.83

表3 載荷試験結果

ケース	供試体	載荷高さ (mm)	荷重(kN)		ひび割れ発生時曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊性状・備考等
			ひび割れ発生時	破壊時		
1	C1-1	100	259	343	2.07	回転破壊
	C1-2	100	256	-	2.05	250kNで載荷終了
	C1-3	150	181	181	2.17	ひび割れと同時に回転破壊
2	C2-1	100	30	30	0.24	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C2-2	100	26	26	0.21	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C2-3	150	19	19	0.23	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
3	C3-1	100	68	68	0.54	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C3-2	100	92	92	0.74	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C3-3	150	50	50	0.59	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
4	C4-1	100	51	-	0.41	200kNで載荷終了
	C4-2	100	16	-	0.12	250kNで載荷終了
	C4-3	150	63	63	0.75	ひび割れと同時に回転破壊
5	C5-1	100	131	-	1.05	200kNで載荷終了
	C5-2	100	60	-	0.48	250kNで載荷終了
	C5-3	150	53	53	0.63	ひび割れと同時に回転破壊
6	C6-1	100	54	285	0.43	水平ずれ破壊
	C6-2	100	61	272	0.48	回転破壊
	C6-3	150	22	147	0.27	回転破壊
7	C7-1	100	67	342	0.54	押抜きせん断破壊
	C7-2	100	72	325	0.57	回転破壊
	C7-3	150	66	66	0.79	ひび割れと同時に回転破壊
8	C8-1	100	98	98	0.79	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C8-2	100	76	76	0.61	ひび割れと同時に水平ずれ破壊
	C8-3	150	50	50	0.60	ひび割れと同時に水平ずれ破壊

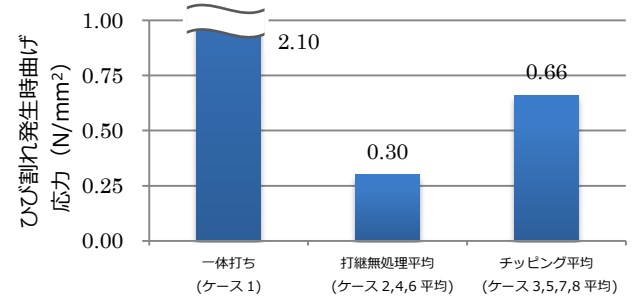


図3 打継処理比較

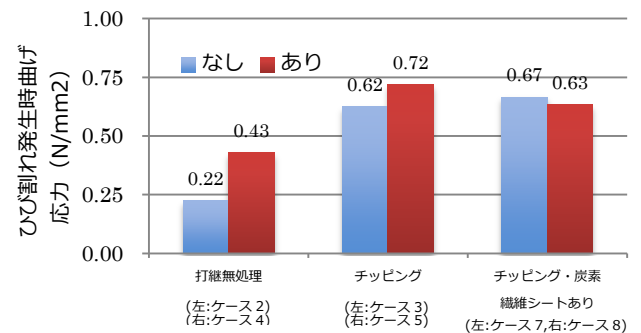


図5 せん断キヤの有無の比較

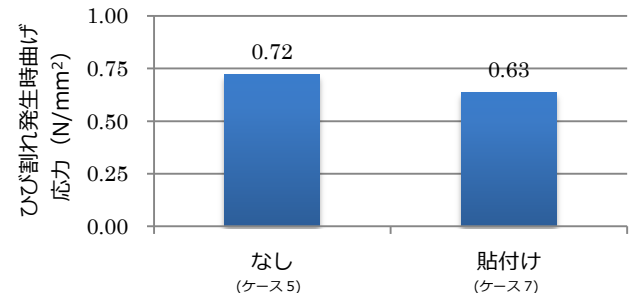


図6 炭素繊維シートの有無の比較