

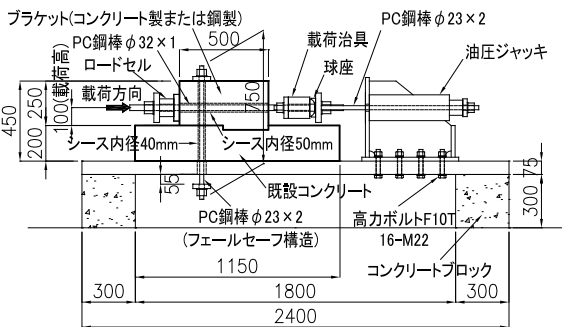
接着剤および炭素繊維シートを適用したブラケット構造の縮小モデル載荷試験

IHI インフラ建設 正会員 ○木村 俊紀 IHI インフラ建設 正会員 山下 亮
IHI インフラ建設 正会員 廣井 幸夫 新日鉄住金マテリアルズ 正会員 荒添 正棋
エスイー 正会員 中井 督介 京都大学大学院 正会員 山本 貴士

1. 研究背景および目的

既設コンクリート橋の補強において、既設構造への削孔を必要としない、または影響を最小とする構造として、接合部にエポキシ樹脂接着剤を適用し、かつ引張補強材としてシート状の炭素繊維（以下 CFRP）を使用したコンクリート製ブラケット構造の開発を行っている。これまでの研究¹⁾により、ブラケットは、荷重により接合面が曲げを受けた際、引張側（荷重載荷側）が浮き上がり、最終的に回転して破壊し、その破壊は曲げ破壊と見なして問題のないことを確認した。また、既設コンクリートが健全な場合、ブラケットに接着剤と CFRP 補強を適用することにより、接合部を設けない一体打ちコンクリートブラケットの 100～110%程度の強度が期待できることが示された。

本研究では、既設桁コンクリートが劣化により強度低下している場合、およびブラケットの軽量化を目的として鋼製ブラケットを適用した場合のブラケット構造の曲げ強度を確認するため、1/2 スケールの縮小モデルによる載荷試験を実施した（図－1）。



図－1 1/2 縮小モデル載荷方法（単位：mm）

2. 1/2 縮小モデル試験体載荷試験

補強事例²⁾を参考に、1/2 縮小モデル試験体のブラケット寸法は幅 300mm、高さ 250mm、長さ 500mm、載荷高さ 100mm とした。既設桁を模擬した既設コンクリート部は幅 1000mm、高さ 200mm、長さ 1150mm とした。

試験ケースを表－1 に示す。各ケース試験体を 3 体製作し、既設コンクリートの圧縮強度（20MPa、30MPa、

50MPa）を試験パラメータとした。また、比較のため、ケース 4 とケース 5 の一体打ちケースを設けた。コンクリート製ブラケットの CFRP 補強の有無による影響については、既往の実験で確認しており、今回の検討対象からは除外した。

鋼製ブラケット（図－2）については、CFRP 補強の有無およびベースプレート厚を試験パラメータとした。ベースプレート厚をパラメータとしたのは、その剛性が曲げ強度に影響する可能性があると考えたからである。また、コンクリート製ブラケットと鋼製ブラケットでは、配合の異なるエポキシ樹脂接着剤を使用した。

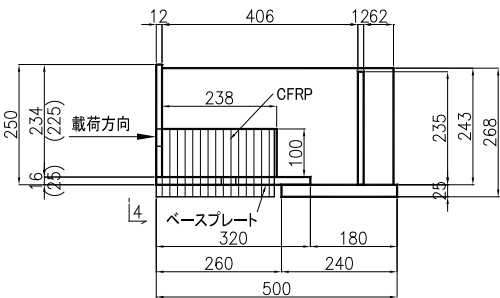
載荷試験日における既設コンクリートの材料試験結果を表－2 に示す。

表－1 試験ケース

試験 ケース	コンクリート圧縮強度(MPa)		接合方法 (エポキシ樹脂種類)
	既設	ブラケット	
1	20	50	接着（コンクリート接着用）
2	30	50	接着（コンクリート接着用）
3	50	50	接着（コンクリート接着用）
4	30		一体
5	50		一体
6	50	鋼製 16mm	接着（鋼接着用）
7	50	鋼製 16mm+CFRP	接着（鋼接着用）
8	50	鋼製 25mm	接着（鋼接着用）

表－2 コンクリート材料試験結果

試験 ケース	既設コンクリート (MPa)			
	圧縮強度 (MPa)	割裂引張強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
1	18.8	1.81	3.33	21.6
2	31.9	2.67	5.16	26.9
3	44.2	3.14	6.99	34.7
4	33.6	2.70	5.01	27.3
5	46.7	3.26	6.60	36.5
6	55.0	2.87	7.95	39.2
7	43.4	2.81	6.90	35.7
8	47.1	3.36	6.84	38.3



注記:()内の寸法値はケース8の値を示す。

図－2 鋼製ブラケット（単位：mm）

3. 試験結果・考察

試験結果の一覧を表-3に、破壊状況を図-3に示す。最大荷重は、ブラケットが破壊した時点の荷重を示し、曲げ強度は、ブラケット構造を片持ち梁とした時の、最大荷重作用時における接合面での曲げ応力度である。既往の研究と同様に、いずれのケースもブラケット部が回転し、曲げ引張に起因して破壊した。鋼製ブラケットの場合、既設コンクリートは、より表層に近い面で破壊されており、また、破壊面の凹凸も小さく、既設コンクリートの損傷が小さかった。そのため、破壊面積が小さくなり、曲げ強度が低くなったと考えられる。また、ブラケットのベースプレート厚さによる違いについては、破壊面の状況からは違いが見受けられなかった。接着剤およびCFRP補強を適用したケース7では、載荷側のブラケット周囲に幅20mm、深さ25mmの溝を設けて接着剤にて定着させたCFRP埋込み部にコーン状の剥離破壊が確認された。

既設コンクリートの割裂引張強度とブラケット構造の曲げ強度を比較した結果を図-4に示す。コンクリー

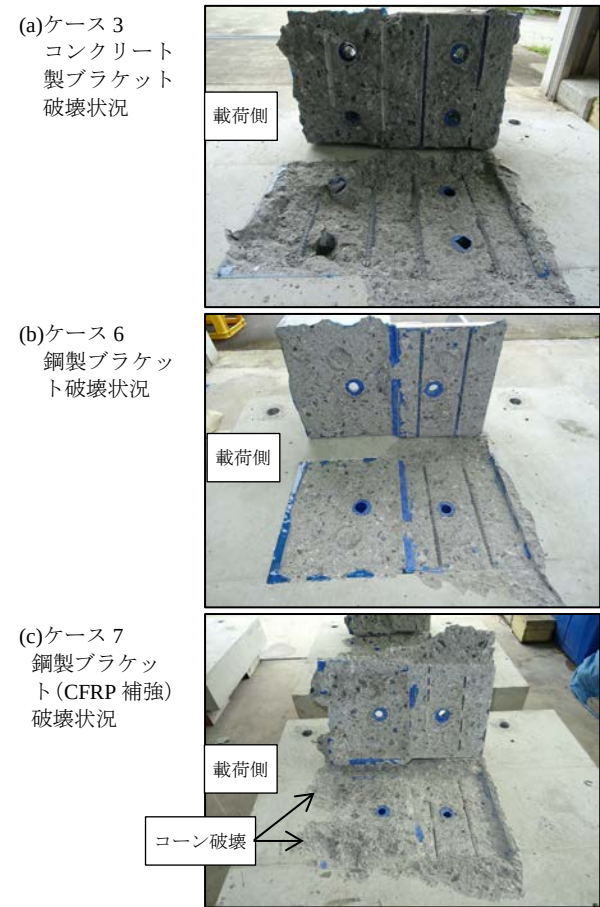


図-3 試験体の破壊状況

参考文献

1) 山下ら：接着剤および炭素繊維を適用した外ケーブル補強工法に用いる定着ブラケット構造に関する研究開発，IHI インフラ技報，Vol.3，pp.110-117，2014.10
2) プレストレストコンクリート建設業協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋に補強マニュアル(案)，2007

ト製ブラケットを用いたケースでは、曲げ強度と割裂強度の値がほぼ同じであり、相関関係が見受けられた。既設桁の引張強度を精度よく推定できれば、ブラケット構造の強度を算定できると考えられる。

鋼製ブラケットケースでは、コンクリート製ブラケットと比較して曲げ強度が低下すること、およびCFRP補強の効果があることが確認された。曲げ強度が低下した要因として、コンクリートと鋼という異種材料間の接着であることや、使用した接着剤が異なるため、コンクリート製ブラケットとは異なる破壊メカニズムであった可能性が挙げられる。今後、要素実験を通じて強度低下の要因を検証する予定である。

4. まとめ

- ・既設コンクリートの引張強度とコンクリート製ブラケット構造の曲げ強度には相関があり、ブラケット構造の曲げ強度は既設桁側の引張強度から推定できると考えられる。
- ・鋼製ブラケット構造の場合、コンクリート製のものと比較して、表層のみの破壊で曲げ強度が低かった。強度低下の要因を整理し、鋼製ブラケット構造の強度推定方法を確立する必要がある。

表-3 試験結果一覧

試験 ケース	圧縮強度 (MPa)		最大荷重 (kN)	曲げ強度 (MPa)	破壊性状・備考
	既設	ブラ ケット			
1		55.0	282	2.26	曲げ破壊（既設側破壊大）
2	31.9	48.2	330	2.64	曲げ破壊（既設側破壊大）
3	44.2	44.2	400	3.20	曲げ破壊（既設側破壊大）
4		33.6	309	2.47	曲げ破壊（既設側破壊大）
5		46.7	375	3.00	曲げ破壊（既設側破壊大）
6	55.0	—	216	1.73	曲げ破壊（既設側破壊小）
7	43.4	—	367	2.94	曲げ破壊+CFRP剥離破壊
8	47.1	—	215	1.72	曲げ破壊（既設側破壊小）

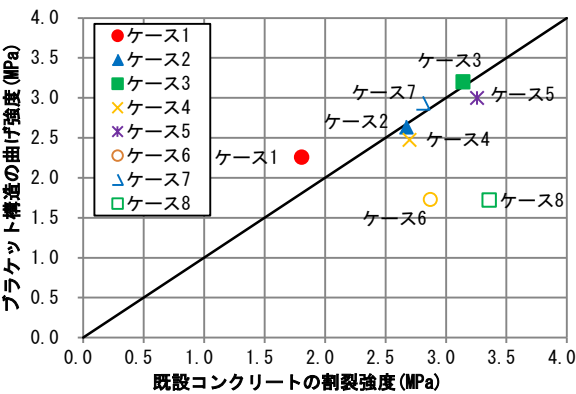


図-4 曲げ強度と割裂引張強度の比較