

炭素繊維および接着剤を適用したコンクリートブラケット構造の基礎的特性と力学的挙動

(株) 阪急電鉄 正会員 ○岡野 暢弥
京都大学 正会員 山本 貴士

(株) I H I インフラ建設 正会員 山下 亮
京都大学 正会員 高谷 哲
京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

外ケーブル補強工法等, 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. 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, 図1に示すように炭素繊維を埋込み, 接合面に接着剤を用いる固定方法を取り上げた. その基礎的な特性を要素実験により明らかにした上で, ブラケット構造に対する載荷試験を実施した. 表1, 2に本実験で使用した炭素繊維および接着剤の特性を示す.

2. 炭素繊維埋込み定着部に関する検討

2.1 試験概要

炭素繊維の埋込みによるコンクリートの固定に関して, 炭素繊維の, 特に埋込み部の挙動を定量的に評価するため, 供試体を作成し引抜き試験を実施した. 載荷装置を図2に示す. 実験要因は, 埋め込み深さ(25mm, 50mm,

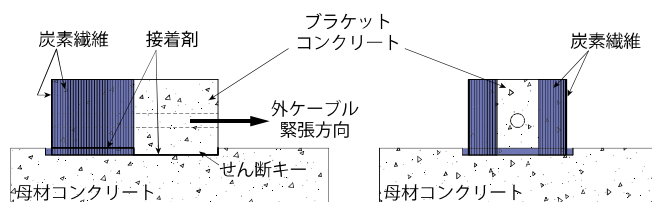


図1 引張主鋼材を必要としないブラケット固定方法

表1 炭素繊維の材料特性

炭素繊維	繊維目付 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 (N/mm ²)
高弾性炭素繊維 ストランドシート	600	0.286	3,090	7.31×10 ⁵

表2 接着剤の材料特性

使用材料	可使 時間 (min)	弾性 係数 (kN/mm ²)	付着 強度 (N/mm ²)	圧縮 強度 (N/mm ²)	引張 せん断強さ (N/mm ²)	比重	ガラス 転移温度 (℃)
エポキシ1	36	2.27	4.3	86	17	1.40	71.8
エポキシ2	60	2.61	52	52	18	1.61	51.6
エポキシ3	129	4.46	81.0	81	23	1.45	48.8

100mm)と埋め込み位置(溝端部, 中央)とした. なお, 炭素繊維の積層数は1枚とした.

2.2 実験結果

炭素繊維のひずみ分布は, ひずみ計測位置0mm(接合面)を頂点としたほぼ直線的な三角形分布を示した. このことから, 炭素繊維のひずみが直線的に分布すると仮定して算出した有効付着長と埋込み深さの関係を図3に示す. なお, 埋込み深さ25mmや50mmのケースでは, 有効付着長は25mmおよび50mmを明らかに超えているため, これらの値はグラフに示していない. 炭素繊維の有効付着長は, ブラケット側では平均して94mm, 母材側では73mmという結果が得られた.

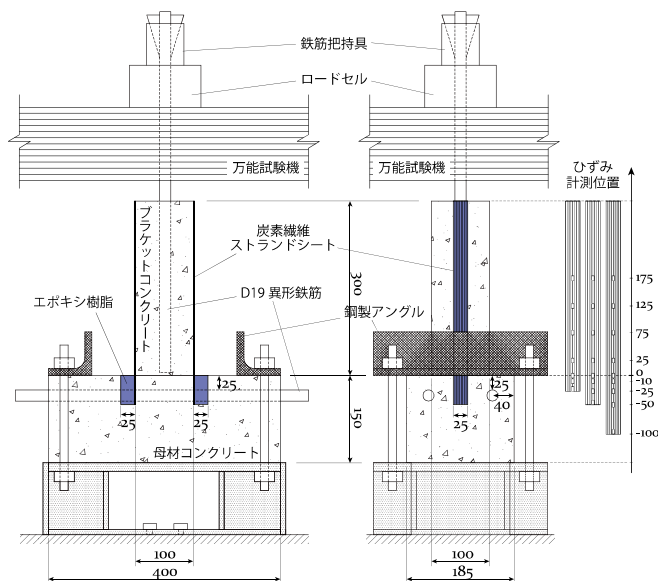


図2 引抜き試験載荷装置 (単位: mm)

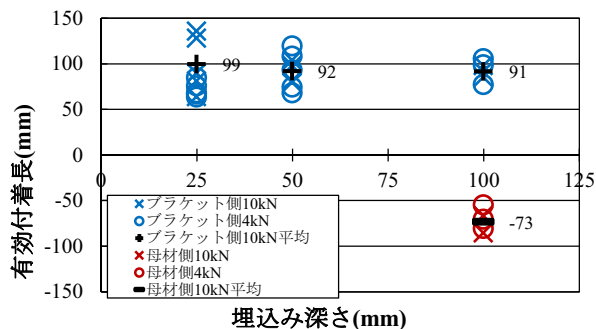


図3 埋込み深さと有効付着長の関係

キーワード ブラケット, 引張補強材, 炭素繊維, エポキシ樹脂接着剤

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

3. 接着剤を適用したコンクリート接合面に関する検討

3.1 試験概要

接着剤を適用して接合したコンクリート接合部の曲げ特性を定量的に把握するため、JCI-S-001-2003 切欠きはりをを用いたコンクリートの破壊エネルギー試験方法を参考に、3点曲げ試験による破壊エネルギー試験を行った。荷重装置を図4に示す。実験要因は接合方法とし、一体打ち、無接着打継ぎ、打継ぎ接着(エポキシ1)、プレキャスト接着(エポキシ2,3)の5種類とした。

3.2 試験結果

試験より得られた荷重-CMOD 曲線から、逆解析により算出した引張軟化曲線を図5に示す。無接着打継ぎおよび打継ぎ接着ケースは一体打ちケースの包絡線内であった。また、一体打ちケースはひび割れ発生直後から引張応力が減少しているのに対し、プレキャスト接着ケースでは、ひび割れ幅 0.015mm 付近に達するまで引張応力は減少しなかった。この理由として、接着剤のじん性が影響したと考えられる。

4. 引張主鋼材を用いないブラケット構造に関する検討

4.1 試験概要

以上の要素試験により、炭素繊維および接着剤の基礎的な特性を定量的に評価した。これらの結果を踏まえ、提案するブラケット構造の供試体を作製して荷重実験を実施し、その強度を検証した。荷重装置を図6に示す。

4.2 試験結果

表3に実験要因とその破壊荷重ならびに曲げ強度を示す。曲げ強度は破壊荷重に荷重高さを乗じ、接合面の断面係数で除して算出した。炭素繊維または接着剤単体での使用は一体打ちの強度を5~25%ほど下回った。一方、両材料を併用した場合、一体打ちの強度と同等かそれ以上(10%ほど)であった。

5. 結論

- ①高弾性ストランドタイプの炭素繊維1枚を適用したときの有効付着長は、コンクリート表面に貼り付けた場合およそ94mm、埋め込んだ場合およそ73mmであった。
- ②プレキャスト接着ケースでは、エポキシ接着剤のじん性の影響が引張軟化曲線に表れ、ひび割れ幅0.015mmまでは最大引張応力を保持した。
- ③接着剤のみを適用してブラケットコンクリートを固定した場合、一体打ちコンクリートと比較して打継ぎ接着ケースでは8割程度、プレキャスト接着ケースでは9割程度の強度であった。炭素繊維と接着剤を併用したケー

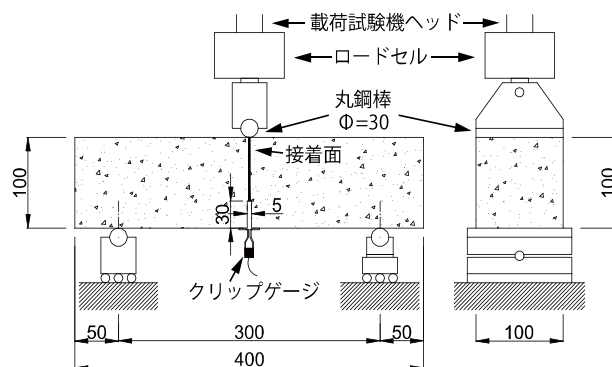


図4 破壊エネルギー試験荷重装置 (単位: mm)

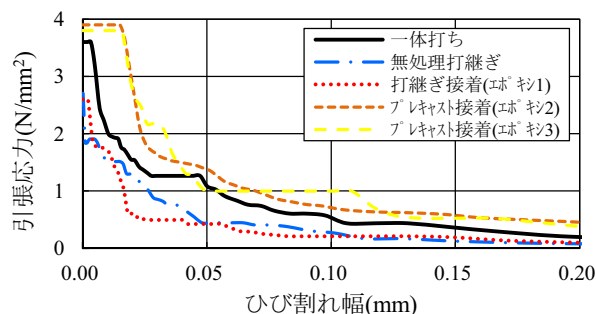


図5 引張軟化曲線

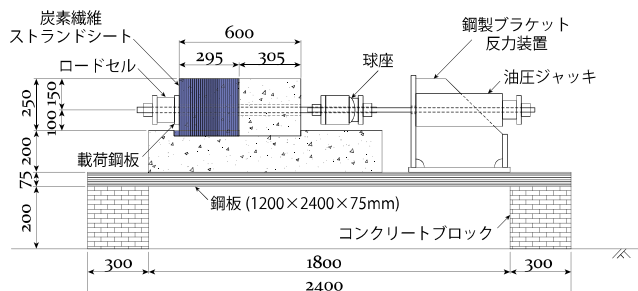


図6 縮小モデル試験荷重装置 (単位: mm)

表3 縮小モデル試験結果

	実験要因			破壊荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm²)
	接合方法	炭素繊維	接着剤		
1	一体打ち	-	-	458	2.18 (1.00)*
2	打継ぎ	-	-	120	0.57 (0.26)
3	打継ぎ	-	エポキシ1	373	1.78 (0.81)
4	プレキャスト	-	エポキシ2	454	2.10 (0.96)
5	プレキャスト	-	エポキシ3	384	1.83 (0.84)
6	打継ぎ	○	-	332	1.58 (0.73)
7	打継ぎ	○	エポキシ1	460	2.19 (1.01)
8	プレキャスト	○	エポキシ2	459	2.19 (1.00)
9	プレキャスト	○	エポキシ3	498	2.37 (1.09)

*()は一体打ちに対する割合

スでは、一体打ちケースと比較して同等かそれ以上の強度を持つことが分かった。

最後に、今後の課題を述べる。本研究の範囲は縮小モデルに留まっており、実構造物に適用する際には、更なる検討(例えば、寸法効果、既設桁の強度や劣化、炭素繊維および接着剤の経年劣化および疲労に対する評価など)が必要である。

【謝辞】 新日鉄住金マテリアルズ株式会社コンポジット社より炭素繊維や接着剤の提供および技術的支援を戴きました。この場をお借りしてここに感謝の意を表します。