

CFRPプレートで補強した集成材の載荷実験

北海道大学大学院工学研究科	正員	平沢秀之
北海道大学大学院工学研究科	正員	及川昭夫
日鉄コンポジット(株)	正員	小林朗
伊藤組木材(株)		入江康孝

1. はじめに

橋梁の主構造に集成材を使用した近代木橋が北米、欧州及び我が国において数多く架けられてきている。木材は他の材料と比較して、二酸化炭素排出量が少なく、廃棄後の自然同化速度が速い等環境面において有利である。循環型社会の実現のために木材の果たす役割は非常に大きいと考えられる。集成材は品質のばらつきが比較的少なく、規格に適合した製品が安定的に供給できるため、構造部材として容易に利用できるが、大規模な橋梁に適用するのは困難である。

本研究は長スパンを必要とする橋梁や、桁高制限を受ける橋梁などにも木橋が架けられるよう、集成材を補強して適用範囲を広げることを目的としている。補強材として、先端複合材料の一つである炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を使用する。新素材を用いて既設橋梁を補修する事例は、コンクリート橋で多く見られ¹⁾、鋼橋においても研究開発が行われ始めている²⁾。CFRPは強度が非常に大きく、クリープ変形がほとんどない、疲労劣化が少ない、耐候性、耐薬品性を示す等、構造材料として優れた性質をもっている。本研究では、プレート状に加工したCFRPをエポキシ接着したカラマツ集成材の桁を用いて曲げ載荷実験を実施している。実験供試体はプレートの配置方法や枚数を変化させて製作し、プレートの補強効果を検討した。

2. 実験供試体

図 - 1は実験に使用したカラマツ集成材の寸法及び載荷位置を表している。集成材の強度等級はE95-F270である。1枚35[mm]厚のラミナが10層集成接着されている。表 - 1は集成材及びCFRPプレートの繊維方向引張弾性係数 E 、引張強度 σ_f を表している。CFRPプレートは1枚当たり、幅50[mm]、厚さ1[mm]の寸法を有している。

図 - 2は桁の断面図であり、CFRPプレートの位置を表している。Type-Oは無補強の桁である。Type-A,B,Cは3枚のプレートで補強しているが、プレートの配置位置が異なっている。Type-D,Eは6枚のプレートで補強している。プレートとラミナはエポキシ樹脂で接着されている。これらの供試体における各ラミナの弾性係数及びプレートの弾性係数を考慮して、桁断面の断面2次モーメントを計算すると表 - 2のようになる。

3. 実験結果

各供試体に図 - 1のような2点の鉛直荷重を破壊に至るまで漸増載荷させ、支間中央点の鉛直たわみを測定した。図 - 3はその結果を表したものである。実線は弾性解析による荷重変位関係、白丸は実験値である。

Type-Oの実験値は解析値とほぼ一致しており、塑性変形が殆ど発生せず脆性的な破壊となった。破壊荷重は114[kN]で、写真 - 1のように引張下縁部のフィンガージョイントの破断による破壊となった。Type-Oの図中に示した点線は、ラミナ毎の弾性係数を考慮せず、断面寸法のみから得られる曲げ剛性を用いて計算した荷重変位関係である。この結果より、曲げ剛性はラミナ毎のヤング係数を考慮した合成断面として求めるのが良いと考えられる。

Type-Aでは、150[kN]付近から非線形性を示し、195[kN]で崩壊した。写真 - 2に破壊後の状況を示す。破壊は載荷点下部引張縁のフィンガージョイントにおいて引

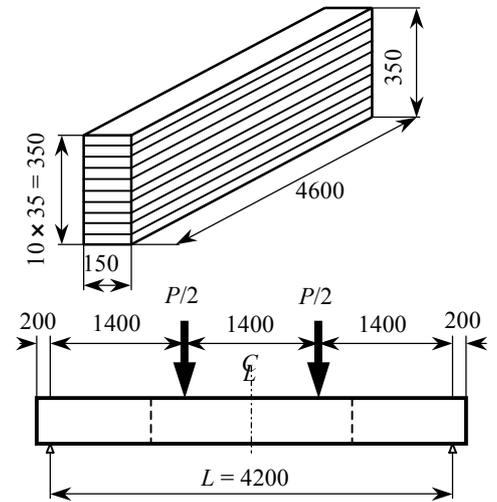


図 - 1 集成材概要図 [mm]

表 - 1 材料定数

	集成材	CFRP
E [N/mm ²]	9310	156000
σ_f [N/mm ²]	27	2400

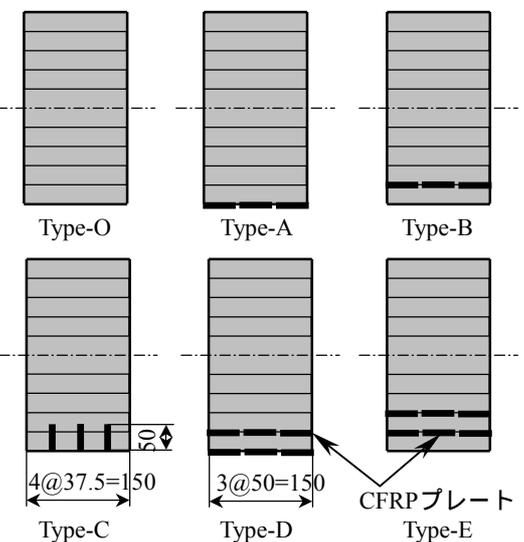


図 - 2 断面図

表 - 2 断面2次モーメント

	I [mm ⁴]
Type-O	6.430×10^8
Type-A	6.396×10^8
Type-B	5.844×10^8
Type-C	6.550×10^8
Type-D	6.481×10^8
Type-E	5.785×10^8

キーワード：集成材、炭素繊維、木橋、載荷実験、破壊強度

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目、TEL&FAX 011-706-6172

張破断し、そこから桁端部まで水平方向に割れが進展した。Type-Bでは、荷重が108[kN]に達したとき、最下部のラミナのみが破断し、荷重が減少した。その後、剛性は減少しながら荷重は上昇し、194[kN]で破壊に至った。Type-Cはプレートを縦に配置し、プレートの両面が有効に接着されるよう補強したものである。荷重の増加と共に桁の内部での破壊が進行しながら、徐々に剛性が低下し、210[kN]で破壊した。Type-Dの破壊荷重は205[kN]であった。破壊は上側のプレートと最下部のラミナの接着面が剥離したことにより生じた。写真-3は破壊後の接着面の状況を表している。接着が良好であった箇所と、表面がつるつるの接着不良箇所が存在していた。接着が完全になされていれば、破壊荷重は更に上昇したと推定される。Type-Eでは、終局破壊に至るまでに内部の割れなどの破壊が3回発生し、荷重の減少が認められた。破壊が生じる度に曲線の勾配が緩やかとなり桁の剛性が低下した。終局荷重は138[kN]であった。写真-4の通り、最下層のラミナが曲げ引張破断しており、破断部から接着層に沿って剥離が生じている。破壊後の接着状況を調べると、Type-Dと同様に接着不良箇所が存在した。

4. おわりに

集成材の耐荷力性能を向上させるためにCFRPプレートによる補強を行い、載荷実験を行った。その結果、補強した集成材桁は無補強の桁に対して1.21～1.84倍の耐荷力を有していることが分かった。特にType-Cの補強方法は、プレート枚数が少ないにも関わらず非常に大きな耐荷力を示した。従って、CFRPプレートは木橋の耐荷力性能の向上に非常に有効であると考えられる。しかしながら、実験供試体の中にはプレートの接着不良が存在したものもあり、接着方法に改善が必要と考えられる。

参考文献

1) Sherrill R., Andrew B., Martin J., Robert S., and Nemy B.: "Potential Retrofit Methods for Concrete Channel Beam Bridges Using Glass Fiber Reinforced Polymer", *ASCE Journal of Bridge Engineering*, Vol. 9, No. 1, 2004, pp. 66-74.
 2) 渡邊憲一、板垣一也、鈴木博之：炭素繊維強化樹脂板による鋼橋の補強、鋼構造年次論文報告集、第8巻、pp.679-682, 2000.

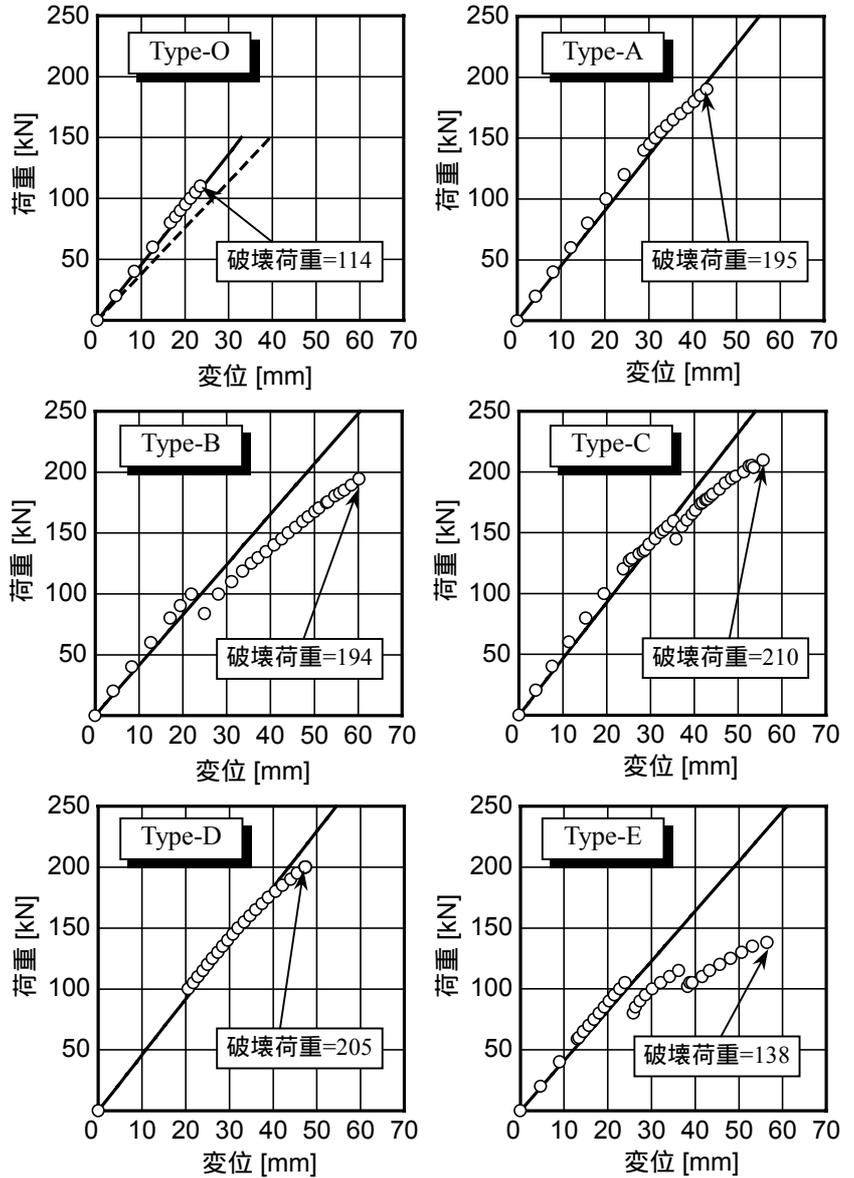


図-3 荷重変位曲線



写真-1 破壊状況(Type-O)



写真-2 破壊状況(Type-A)



写真-3 接着面(Type-D)



写真-4 破壊状況(Type-E)