

BFRP ロッドを用いたRC橋脚の復旧性補修・補強工法

茨城大学工学部
茨城大学工学部
茨城大学工学部

猪股 大祐
正会員 ○木村 亨
正会員 呉 智深

1. 背景

1995年に発生した兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)のような大都市を震源とした直下型地震が起きた場合、鉄道橋や道路橋といったRC橋脚の補修・補強工法には、鉄筋や鉄板に比べ高強度、高耐食性、軽量であり運搬機材や作業時の重機が不必要、短期施工が可能な連続繊維複合材(以下、FRP)補強工法が有効である。しかし、FRP補強工法は、鉄筋や鉄板による補修・補強工法に比べ破壊荷重は大きいものの、脆性的な破壊挙動を示すことから、補修・補強後に破壊に至ると復旧することは難しい。

そこで本研究では、鉄筋よりも弾性係数が小さく、他のFRPと比べ、非常に安価なバサルト繊維複合材(以下、BFRP)を用いて、脆性的な破壊挙動を改善させ、復旧可能な補修・補強工法を提案する。図1にRC橋脚の荷重-変位関係の概念図を示す。一般的なFRP補強工法に比べ本工法は、BFRP ロッド(以下、ロッド)の破断(C'点)以前にロッドと埋設部の接着剤との付着を切り、その後、摩擦による引抜抵抗力により耐力を維持しながらRC橋脚を変形させることで破断変位(C''点)を大きくし、補修・補強以前より残留変位(D'点)を小さくする。

2. 実験方法

2.1.RC 橋脚試験体および使用材料

図2に試験体概要図を、表1に使用材料および各種物性試験を示す。本実験では、ロッドをエポキシ樹脂にて埋設した試験体(E 接着)と、エポキシ樹脂とポリマーセメントを併用して埋設した試験体(EP 接着)を作成し、無補強試験体と比較した。ロッド埋設方法は、試験体基部に深さ240mm、直径20mmの穴と柱部に長さ700mm、幅・深さ15×15mmの溝を作成し、プライマーにて表面処理した後、各接着方法にてロッドを埋設した。なお、EP 接着は、柱部のみとし基部はE 接着とした。また、剪断破壊防止のため、柱部をBFRPシートにて補強した。

2.2. 接着剤の違いによるBFRP ロッドの引抜試験

ロッドの引抜試験方法は、厚さ500mmのコンクリートに深さ240mmの穴を空け、各接着方法にてロッドを埋め込んだ後、油圧ジャッキによりロッドを引き抜いた。

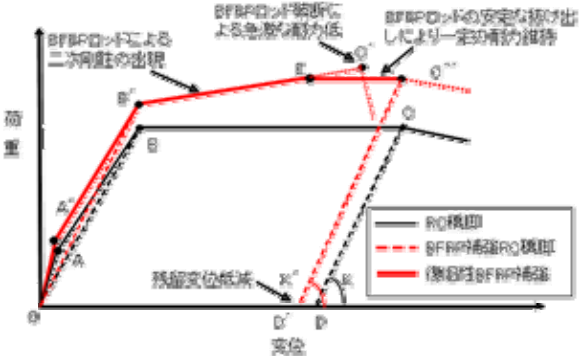


図1 RC 橋脚の荷重-変位関係

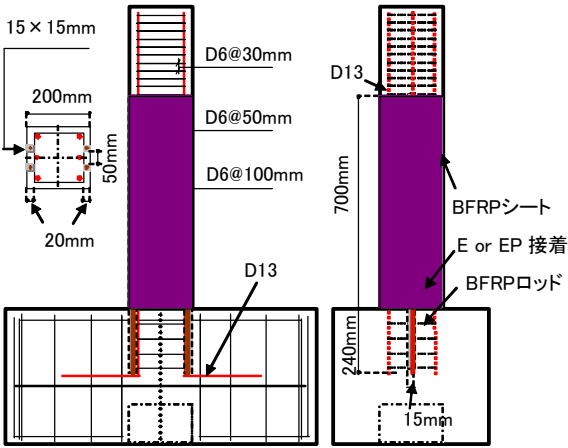


図2 試験体概要図

表1 使用材料および各物性試験

材料		詳細
コンクリート		圧縮強度: 30(N/mm ²), 弾性係数: 27.8(GPa)
主鉄筋(SD345D13)		引張強度: 540.7(N/mm ²), 弾性係数: 210.0(GPa)
せん断補強筋 (SD345D6)		引張強度: 535.4(N/mm ²), 弾性係数: 210.0(GPa)
BFRP ロッド(D10)		引張強度: 1010(MPa), 弾性係数: 63.0(GPa)
BFRP シート		引張強度: 2100(MPa), 弾性係数: 91.0(GPa)
接着剤	エポキシパテ	引張強度: 51.9(MPa), 弾性係数: 3.43(GPa)
	ポリマーセメント	圧縮強度: 30.4(MPa), 曲げ強度: 7.30(MPa)

荷重はロードセルで、鉛直変位は変位計を用い計測した。なお、穴部に EP 接着施工は難しいため、ポリマーセメントのみの接着(P 接着)とした。図 3 に引抜試験による荷重と変位の関係を示す。E 接着ではロッドの引張荷重と同等の荷重で抜け出し、P 接着では引張荷重の 3/4 程度の荷重で抜け出した。

2.3. 橋脚の正負交番載荷実験方法

図 4 に RC 橋脚の正負交番載荷実験方法を示す。本実験は、土木研究所資料第 4023 号「橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)(橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法)」に準じて行った。なお、一般的には主鉄筋の降伏ひずみ $1800\mu\epsilon$ 時の水平変位を δ とし、その整数倍の変位毎に 3 回載荷するが、本実験では、ロッド抜け出し時の挙動を把握するため、 $\delta/2$ 毎での載荷とした。

3. 実験結果

図 5 に E 接着試験体の荷重—変位関係の履歴を、図 6 に履歴曲線からの包絡線を示す。E 接着および EP 接着は、無補強試験体に比べどちらの試験体においても鉄筋降伏後にロッドの弾性により二次剛性を発現し耐力が上昇した。E 接着試験体では、片側ではロッドの破断する前にロッド抜け出し、耐力を維持しながら変形したもの、もう片側ではロッドが抜け出す前にロッドが破断し、急激な耐力低下を起こした。これは、ロッドの破断荷重と引抜荷重が同等だったため、正負交番載荷実験時には、ロッドが曲げにより引き抜かれることから、引抜試験時より大きな摩擦力が働き、ロッドが破断に至ったものと考えられる。EP 接着試験体では、E 接着に比べ耐力は低いものの、ロッドの破断する前にロッド抜け出し、耐力を維持しながら変形した。また、最大荷重後の残留ひずみは無補強試験体と同等の値を示した。

4. 結論

本実験より以下の知見を得た。

- (1) 鉄筋より引張強度が高く、弾性係数が低い BFRP ロッドを補強材に用いることで、鉄筋降伏後に二次剛性を発現し、耐力は上昇する。
- (2) BFRP ロッド埋設時の接着方法および引抜荷重を考慮することで、BFRP ロッドを破断前に抜け出させ、耐力を維持しながら変形することが可能である。

参考文献

- 1) 土木研究所資料第 4023 号「橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)(橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法)」

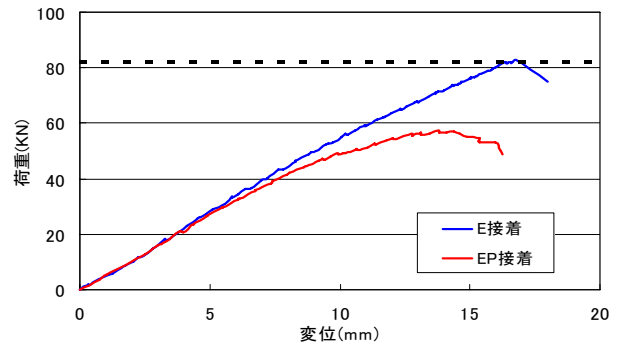


図 3 引抜試験による荷重と変位の関係

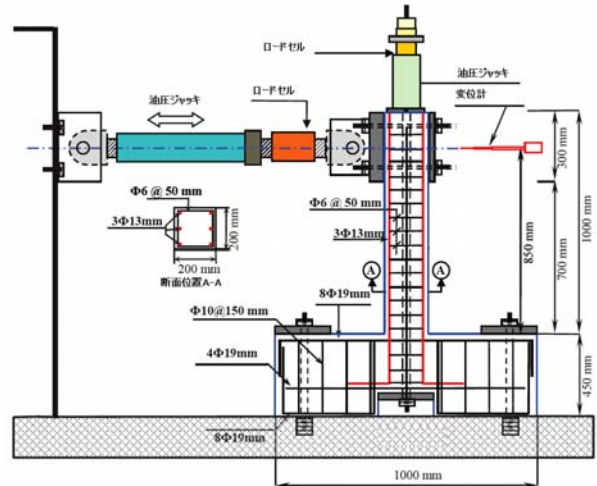


図 4 橋脚の正負交番載荷実験方法

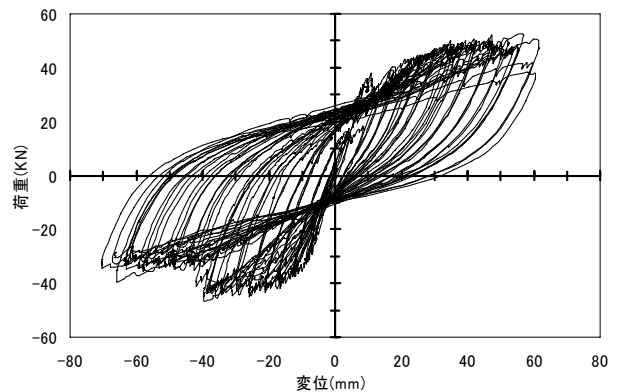


図 5 荷重—変位関係の履歴

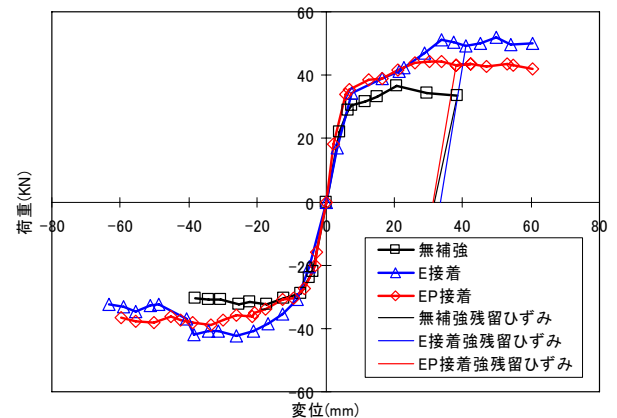


図 6 履歴曲線からの包絡線