

V-352

橋梁拡幅における炭素繊維による橋脚補強工法

日本道路公団 正会員 松田哲夫
 日本道路公団 水上秀夫
 大林組 正会員 山本忠久
 大林組 正会員 岡島豊行

1. はじめに

現在 東関東の自動車交通の基幹となっている京葉道路の路肩を拡幅する計画が進んでいる。この計画では、橋梁の有効幅を広げることから上部工の重量が増し、それにとまって下部工の補強が必要となる。

従来、下部工の補強にはRC巻立て工法が多用されてきた。しかし、この工法は①施工時の騒音が大きい、②橋脚部の重量が増し基礎への影響がある、③地震時の荷重が増加する、④形状が変化し景観へ影響をおよぼす等の欠点がある。

そこで、上記の工法の代わりとして『炭素繊維（CF）補強工法』の採用について検討を行った。ただし、今回の検討では①荷重増加に伴う補強であり、②橋脚基部の曲げ補強を行う、③フーチング部を増設する等の過去に例のない補強法を対象とした。

2. 模型実験

試験体は、既設橋脚の1/2模型（橋軸方向 60cm、幅 100cm、高さ 290cmの橋脚部と幅 100cm、長さ 225cm、高さ50~70cmのフーチング部とから構成）を基本とし、No. 1~No. 3の各試験体について表-1 に示す補強を施した。

表-1 試験体の補強方法

| 試験体No. | 橋脚部 炭素繊維巻 量 | 橋脚部 補強範囲 | 炭素繊維 定着用鋼板 | フーチング部 構造 |
|--------|-------------------|-------------|---------------|--------------|
| No. 1 | 無補強 | 無補強 | なし | 増設（梁構造） |
| No. 2 | 1枚 | 基部 | あり | 増設（梁構造） |
| No. 3 | 2枚 | 全高 | あり | 増設（梁構造） |

ただし、No. 3については増設フーチング部の挙動の確認が主目的であるため、この増設フーチング部が破壊し易い構造とした。

CF補強工法における設計方針は、大きく分けて以下の3つとした。

- ①：破壊位置（塑性ヒンジ発生位置）を基部から上方に移行し、曲げスパンを短くして水平耐力を向上させる。
- ②：補強部断面の抵抗モーメントMは既存RC断面の抵抗モーメント M_R と炭素繊維による抵抗モーメント M_{CF} との累加である（ $M=M_R+M_{CF}$ ）と仮定する。
- ③：増設フーチング部は片持ち梁構造（図-1）とし、橋脚が変形する際の抵抗モーメントの一部（CF負担分）を負担する。

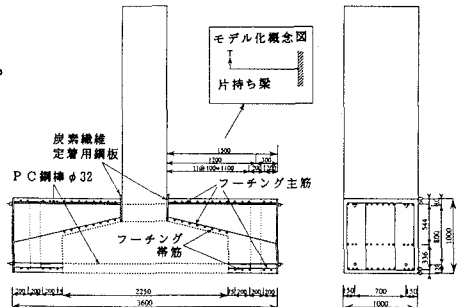


図-1 増設フーチングの構造

No. 2試験体の曲げ補強炭素繊維の貼付け量 および 貼付け

範囲（補強範囲）は上記①，②にしたがって算定し、既設フーチングとの付け根より上方 100cm（増設フーチング天端より70cm）に1枚とした。No. 3試験体は、フーチングの挙動の確認が主目的であり、フーチングが挙動を起こす以前に橋脚が破壊することがないように橋脚部の耐力を大きくした。

フーチング部については、No. 1, No. 2試験体は増設部と既設部との一体化を図るためP C鋼棒4-φ23で緊張（33.3tf/本：13.32kgf/cm²）を行った。ただし、No. 3試験体は増設フーチング片持ち梁部の挙動を確認するため、P C鋼棒上側 2本を用いず、さらに既設部の天端にグリースを塗布し増設部との付着力を取り除いて破壊を起こし易くした。

載荷試験は、静的載荷とし、鉄筋コンクリート橋脚の試験で一般的な正負交番載荷（降伏変位の整数倍の振幅）を行った。このとき軸応力度は8.2kgf/cm²とした。なお、制御方式については、鉄筋降伏までは荷重制御とし降伏以降は変位制御とした。

3. 実験結果とその考察

載荷実験中の荷重と橋脚頭部の変位の関係（荷重～変位関係）を図-2に示す。また、ひびわれ発生、鉄筋降伏、最大荷重の各段階における実験結果を表-2、表-3に示す。

No.2試験体は、CF補強を施したことにより水平耐力が約20%向上していることがわかる。また、No.3試験体はCF貼付け量がNo.2試験体の2倍であるため、最大荷重がNo.2試験体より向上している。CFの破断以降は両試験体ともNo.1試験体と同等の挙動を示している。以上のことから、破断までの過程ではCFが有効に作用したと考えられる。

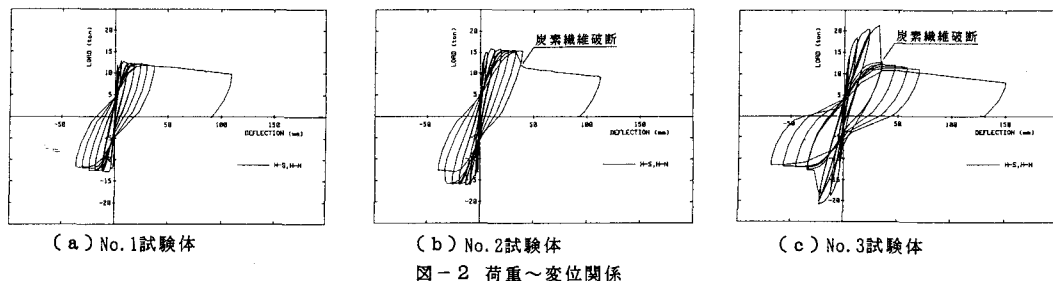


図-2 荷重～変位関係

橋脚部の曲率を各荷重段階の最大曲率で除し無次元化した値（曲率比）より、No.2試験体の補強部と無補強部との境界付近で変形が生じていることが確認された。よって、『設計方針①』通りの破壊モードが得られたといえる。

フーチング部については、橋脚が変形する際に炭素繊維に引張力が生じその力が増設フーチング片持ち梁部に作用すると考え、No.3試験体の実験結果よりその作用力（荷重）の推定を行った。実際に作用したと考えられる荷重を増設フーチング部の主筋ひずみから推定した値は $P_{CF}=10.1\text{tf}$ であり、No.3試験体（CF補強）とNo.1試験体（無補強）との最大荷重の差から求めたCFの引張力は $T_{CF}=42.1\text{tf}$ であった。

したがって、水平外力によってCFに生じる引張力の1/4程度が、片持ち梁部に伝わったと考えられる。No.2試験体では、増設フーチング部に大きな荷重が作用した傾向は見られず、フーチング部緊張用PC鋼棒や既設橋脚部、増設フーチング部の支圧等に分担されたと考えられる。

4. まとめ

ここで、実験結果より得られた知見を述べる。

- ① 補強範囲を決定することにより破壊位置を基部より上方に移行することができる。
- ② 破壊位置を基部より上方に移行することにより橋脚の水平耐力を向上することができる。
- ③ 炭素繊維補強による橋脚の基部の曲げ補強が可能である。
- ④ 曲げ補強炭素繊維の貼付け量を増加することにより橋脚の水平耐力を向上させることができる。
- ⑤ 既設橋脚部や増設フーチング部の支圧等に分担される荷重を評価することにより増設フーチング部を片持ち梁として解析・設計できる。

したがって、RC巻立て工法を行うと基礎形状が大きくなるようなケースには、非常に有効な工法になると考えられる。

表-2 No.2試験体とNo.1試験体との荷重の比較 (): 変位

| 荷重段階 | 載荷荷重 [tf] | | No.2/No.1 |
|--------|---------------------------|--------------------|-----------|
| | No.1試験体 | No.2試験体 | |
| ひびわれ発生 | 正載荷 11.92 (2.00) | 12.69 (1.79) | 1.06 |
| | 負載荷 -12.11 (-3.43) | -13.26 (-1.83) | 1.09 |
| 鉄筋降伏 | 正載荷 12.85 (5.96) | 15.08 (6.47) | 1.17 |
| | 負載荷 -12.71 (-11.40) | -15.98 (-9.30) | 1.26 |
| 最大荷重 | 正載荷 12.85 (5.96) | 15.87 (10.02) | 1.24 |
| | 負載荷 -12.88 (-5.87) | -16.08 (-13.28) | 1.25 |

表-3 荷重～変位一覧 (No.3試験体)

| 荷重段階 | 正 載 荷 | | 負 載 荷 | |
|--------|-----------|---------|-----------|---------|
| | 載荷荷重 [tf] | 変位 [mm] | 載荷荷重 [tf] | 変位 [mm] |
| ひびわれ発生 | 9.02 | 1.60 | -10.02 | -1.90 |
| 鉄筋降伏 | 18.53 | 11.63 | -18.83 | -11.93 |
| 最大荷重 | 21.35 | 31.94 | -20.66 | -23.24 |