

日本道路公団試験研究所 正会員 木曾 茂  
 同 上 正会員 緒方 紀夫  
 同 上 正会員 安藤 博文  
 大成建設（株） 正会員 新藤 竹文

## 1. はじめに

貨物輸送における労働力不足、輸送の効率化、国際物流の円滑化等に対応するために、平成5年11月に車両制限令および道路構造令等の関係法令が改正され、車両総重量等の制限が緩和された。この改正により車両の総重量の最高限度が20tfから25tfに引き上げられた。

JH日本道路公団においては、これらの車両大型化に対して高速自動車国道上等での安全な交通を確保するため、損傷を受けて補強を必要とするような橋、高架の補修・補強技術基準の確立を進めている。本文は、この補修・補強技術基準確立の基礎資料を得ることを目的として実施したコンクリート補強桁の載荷実験結果と考察について述べるものである。

## 2. 実験概要

図-1および表1に実験に用いた供試体の断面諸元等を示す。使用したコンクリートの配合は粗骨材最大寸法20mm、W/C=58.0%、単位セメント量  $264\text{kg}/\text{m}^3$  とし、セメントは早強ポルトランドセメントを用いた。供試体の鋼材配置については、曲げ試験用供試体は補強後もせん断破壊が先行しないようにスタースラップを配置し、同様にせん断試験用供試体も曲げ破壊が先行しないような主筋（PC鋼材）を配置した。

曲げ試験の方法は、補強前の供試体に主鉄筋の計測応力度が道路橋示方書〔以下、道示という。〕の許容応力度  $\sigma_s = 1,800\text{kgf}/\text{cm}^2$  となるまで2点載荷して曲げひび割れを発生させ、次に除荷して表1に示す補強を行った後、再び曲げ破壊するまで載荷した。

せん断試験は、無補強供試体（TS1）のスタースラップの計測応力度が  $1,800\text{kgf}/\text{cm}^2$  となる荷重を基本として、曲げ試験と同様に  $a/d = 2.5$  の2点載荷してせん断ひび割れを発生させ、除荷後に補強して再びせん断破壊するまで載荷した。なお、曲げおよびせん断試験ともに比較のための無補強供試体を1体づつ破壊試験した。

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1. 曲げ試験結果

表2に曲げひび割れ発生荷重、主鉄筋応力度  $\sigma_s = 1,800\text{kgf}/\text{cm}^2$  となる荷重および最大荷重を示す。また、図2に荷重-変位曲線を示す。補強後の載荷において、道示の主鉄筋の許容応力度  $\sigma_s = 1,800\text{kgf}/\text{cm}^2$  となる荷重は、鋼板補強

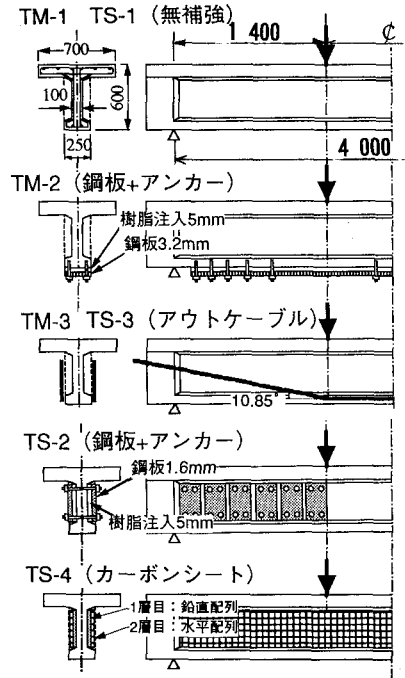


図1 供試体形状・寸法

表1 供試体の補強方法

| 試験<br>種<br>別      | 供試体<br>No. | 補強工法    | 使用材料規格、寸法                                                                                                  |
|-------------------|------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 曲<br>げ<br>試<br>験  | TM1        | 補強無し    | 鉄筋:SD345、主筋 D22-2本、<br>スタースラップ D13@150(せん断区間)                                                              |
|                   | TM2        | 鋼板補強    | 鋼板:ss400 PL250×3.2×3800mm、<br>鋼板定着(支圧アンカーボルトφ10×40mm、<br>エポキシ樹脂:注入厚さ5mm)                                   |
|                   | TM3        | アウトケーブル | PC鋼線:JIS G 3536<br>SWPR7A一片側1本                                                                             |
|                   | TS1        | 補強無し    | 主筋:JIS G 3112 S50D95/110 D35-3本<br>スタースラップ: D6@150(せん断区間)                                                  |
| せん<br>断<br>試<br>験 | TS2        | 鋼板補強    | 鋼板:ss400 PL200×1.6×340mm 片側12枚<br>鋼板定着(支圧アンカーボルトφ10×40mm、<br>エポキシ樹脂:注入厚さ5mm)                               |
|                   | TS3        | アウトケーブル | PC鋼線:JIS G 3536<br>SWPR7A一片側1本                                                                             |
|                   | TS4        | 炭素繊維補強  | カーボンシート:引張強度 $350\text{kgf}/\text{mm}^2$<br>繊維目付け $200\text{g}/\text{m}^2$ 、 $t=0.110\text{mm} \times 2$ 枚 |

した TM2は補強前の約 2.5倍の24.3tf、アウトケーブル補強の TM3は約 2倍の21.3tfになった。

鋼板補強した TM2は、エポキシ樹脂とあと施工した支圧（せん断）アンカーボルトで鋼板を定着している。アンカーボルト本数は、補強鋼板の全強をボルト1本のせん断耐力で割って求めたが、最大荷重時に鋼板の応力度は4,000 ～ 5,000kgf/cm<sup>2</sup>になった。エポキシ樹脂のみで定着した既往の実験[1]等では、鋼板の応力度は最大 1,600kgf/cm<sup>2</sup>程度であるのに対して、本実験ではエポキシ樹脂とあと施工アンカーボルトで定着することにより鋼板の全強以上の荷重まで定着部は破壊に至らなかった。

アウトケーブル補強した TM3について、補強鋼材量は鋼板補強と破壊荷重が同程度となるように決定したが、鋼板補強がほぼ計算値どおりであるのに対して、アウトケーブル補強は計算値より18%程度大きな破壊荷重となった。

### 3. 2. せん断試験結果

表2に最大荷重等を示し、図3に荷重－変位曲線を示した。補強前の供試体4体について、せん断ひび割れ発生荷重は13.9～16.0tfであった。

補強後の載荷において、道示のスターラップの許容応力度 $\sigma_{ss}=1,800\text{kgf/cm}^2$ となる荷重は、鋼板補強した TS1は補強前の約 3 倍の57.4tf、炭素繊維補強した TS4は約1.6 倍の30.9tfになっており、許容応力度超過に対してはどの工法も有効であると考えられる。

最大荷重については、無補強の TS1を100 とした場合、TS2:113、TS3:130、TS4:104 であり、アウトケーブル補強した TS3以外の工法は耐荷力向上に対して十分な補強効果が得られなかった。これらについて、アンカーの定着等を今後検討する必要がある。

### 4. まとめ

曲げおよびせん断ひび割れを発生させた後に鋼板、アウトケーブルおよび炭素繊維補強したコンクリート桁の載荷試験を行った結果、曲げおよびせん断許容応力度の超過に対する補強効果並びに曲げ耐力の向上等の効果が得られたが、せん断耐力の向上については今後の検討を要する。

【参考文献】[1]．国広，道路橋床版の補強について思うこと，橋梁と基礎，3-3，1969．

表2 試験結果一覧

| 荷供試体 No. | 重   | ひび割れ荷重 (tf) | せん断       | 許容応力度荷重 <sup>*1</sup> (tf) | 最大荷重 (tf)   |
|----------|-----|-------------|-----------|----------------------------|-------------|
| TM1      | 補強無 | 5.6(9.4)    | —         | 9.8(10.4)                  | 27.9(23.2)  |
| TM2      | 補強前 | 5.5(8.9)    | —         | 9.6(10.4)                  | —           |
|          | 補強後 | —           | —         | 24.3                       | 42.1(41.8)  |
| TM3      | 補強前 | 5.0(10.0)   | —         | 10.2(10.4)                 | —           |
|          | 補強後 | —           | —         | 21.3                       | 51.8(45.4)  |
| TS1      | 補強無 | 10.0(10.7)  | 14.2(9.2) | 18.3                       | 57.7(23.8)  |
| TS2      | 補強前 | 8.1(8.6)    | 15.0(9.3) | 18.4                       | —           |
|          | 補強後 | —           | —         | 57.4                       | 65.2(135.0) |
| TS3      | 補強前 | 10.6(9.3)   | 13.9(9.4) | 18.4                       | —           |
|          | 補強後 | —           | —         | —                          | 75.0(38.6)  |
| TS4      | 補強前 | 11.1(8.4)   | 16.0(8.9) | 18.1                       | —           |
|          | 補強後 | —           | —         | 30.9                       | 60.1(156.6) |

\*1) 道示の許容応力度（曲げは主筋、せん断はスターラップ） $\sigma_{ss}=1,800\text{kgf/cm}^2$ となる荷重を示す。

\*2) () は土木学会コンクリート標準示方書等による計算値を示す。なお、鋼板および炭素繊維はスターラップに換算した。

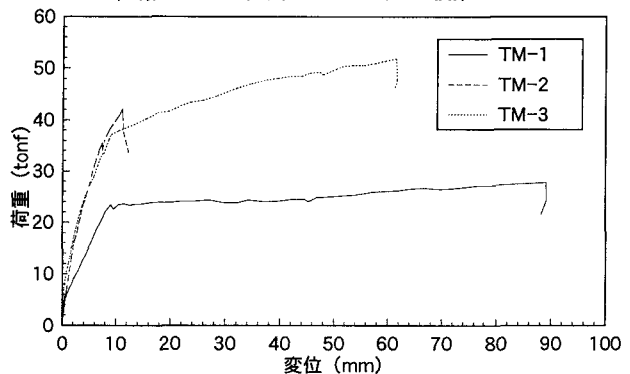


図2 荷重－変位曲線（曲げ断試験）

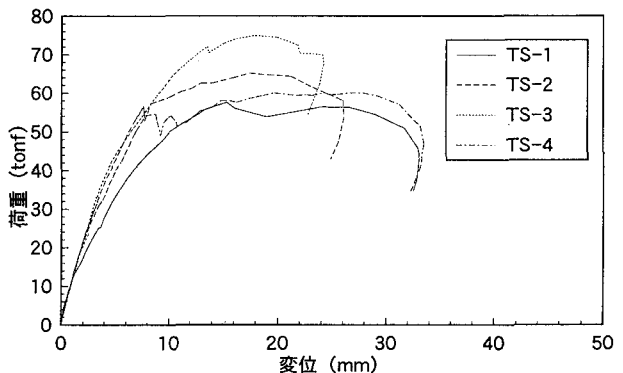


図3 荷重－変位曲線（せん断試験）