

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
大成建設（株） 正会員 新藤 竹文

1. はじめに

平成5年11月の車両制限令および道路構造令等の改正により車両総重量等の制限が緩和され、その最高限度が20tfから25tfに引き上げられた。JII日本道路公団では、こ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、損傷を受けて補強の必要な橋、高架の補強技術基準の確立を進めてきた。

本文は、これらの基礎的資料を得ることを目的に、文献 [1] に引き続き実施したコンクリート桁橋のせん断補強に関する実験結果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。補強前の供試体を使用した鋼材の種類・配置およびコンクリートの配合等は、文献[1]と同じである。供試体の断面は実橋の約1/3としており、補強用の鋼材等も同程度の量とした。

せん断試験の方法も同様に、図1に示すように $a/d = 2.5$ の対称な2点に荷重した。供試体の補強については、補強前の供試体のウェブにせん断ひび割れが発生した後、さらにスターラップの計算応力度が道路橋示方書 [以下、道示という] の許容応力度である 1.800 kgf/cm^2 となるまで荷重し、徐荷して補強した。補強後にその効果を確認するため、再度せん断破壊するまで荷重した。表1に示すTS1～TS4は文献[1]で試験済みの供試体であり、TS1は補強効果を比較するために無補強供試体を1体試験したものである。TS5～TS9は、今回試験した供試体である。TS5はTS2の補強鋼板長さをウェブから上下フランジまで延長した供試体である。TS6はウェブを波形鋼板で補強し、波形鋼板凸部をモルタルで充填したものである。TS7～TS9はウェブをモルタルで増厚したもので、増厚部分の補強鉄筋量を変化させている。

3. 実験結果

3. 1. せん断ひび割れ発生荷重

補強前供試体の荷重において、ウェブにせん断ひび割れが発生した荷重は表2に示すとおり $13.9 \text{ tf} \sim 16.0 \text{ tf}$ であり、供試体ごとのばらつきは少ないと言える。この差は、試験時のコンク

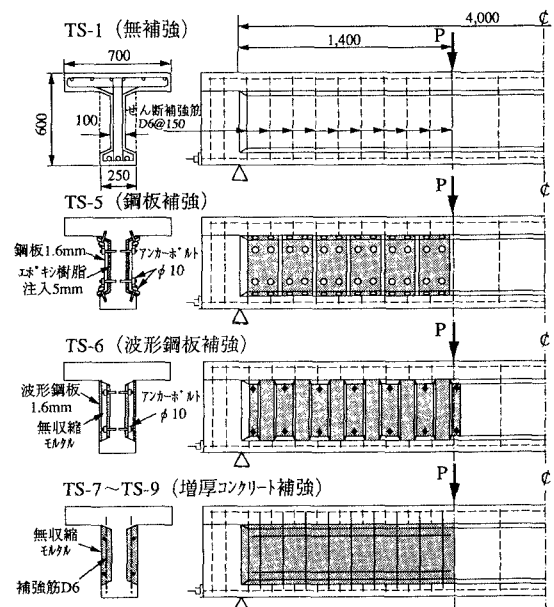


図-1 供試体形状・寸法

表-1 供試体の補強概要

試験No.	補強工法	使用材料規格、寸法
TS1	補強無し	主筋: JIS G 3112 SBD95/110 D35-3本 スターラップ: D6@150(せん断区間)
TS2	鋼板補強 (Webのみ)	鋼板: ss400 PL200×1.6×340mm 片側12枚 鋼板定着 (支圧アンカーボルトφ10×40mm、 エポキシ樹脂: 注入厚さ 5mm)
TS3	アウトケープ ーブル	PC鋼線 JIS G 3536 SWPR7A-片側 1本
TS4	炭素繊維 補強	カーボンシート: 引張強度 350 kgf/mm^2 繊維目付け 200 g/m^2 、 $t=0.110 \text{ mm} \times 2$ 枚
TS5	鋼板補強 (Web+Flg)	鋼板: ss400 PL200×1.6×490mm 片側12枚 鋼板定着 (支圧アンカーボルトφ10×40mm、 エポキシ樹脂: 注入厚さ 5mm)
TS6	波鋼板補 強	波鋼板: ss400 PL1.6×490mm Web 全面接着 鋼板定着 (支圧アンカーボルトφ10×40mm、 波鋼板凸にモルタル充填)
TS7	増厚補強	ウェブをモルタルで増厚 (補強部は無筋)
TS8	増厚補強	ウェブをモルタルで増厚 (D6@150mm配筋)
TS9	増厚補強	ウェブをモルタルで増厚 (D6@75mm配筋)

おり13.9tf～16.0tfであり、供試体ごとのばらつきは少ないと言える。この差は、試験時のコンクリートの材齢が異なることによる強度差の影響が大きいと考えられる。

3. 2. 許容応力度超過に対する補強効果

表1によれば無補強供試体 TS1のスターラップの応力度が道示の許容応力度である $1,800\text{kgf/cm}^2$ となる荷重は18.1tfであった。これに対して TS3（アウトケーブル補強）、TS4（炭素繊維補強）および TS6（無筋の増厚）は、1.7倍程度の荷重となっている。TS7（波鋼板補強）、TS8、TS9（鉄筋補強した増厚）は、2.0～2.5 倍となっている。鋼板補強した TS2および TS5は 3.0倍以上の荷重となっている。道示による旧設計荷重である TL-20と新しい自動車荷重25tfに対応する B活荷重のせん断力を比較すると、30m～40mのコンクリート桁橋では18% 程度せん断力の増加となる。従って、どの工法も許容応力度の超過に対しては、十分な効果があると言える。

3. 3. 終局荷重に対する補強効果

3.2と同様に道示のTL-20とB活荷重について、終局荷重作用時のせん断力を比較すると25% 程度の増加となる。道示のように鉄筋の降伏を終局状態と考えれば、表2の補強無しの供試体TS1 に対してどの工法も補強効果があると言える。

最大荷重については、TS2 より補強鋼板の長さをフランジまで長くしたTS5 はその効果がみられ、TS1 より30% 程度大きくなっている。波鋼板補強したTS6 は、ウェブの剛性が大きくなったが、上フランジとウェブの境の断面変化位置に応力集中してTS2 と同様の破壊を示し、破壊荷重が小さな値となった。また、増厚部分に鉄筋を配置したTS9 は、供試体内に配置されたスターラップのような十分な鉄筋の定着ができないためにTS8 と比較すると鉄筋量の増分だけの耐力を向上させることができなかったが、無補強のTS1 に対しては十分に耐荷力が向上している。

4. おわりに

コンクリート桁橋の曲げおよびせん断補強に関する実験を2ヶ年に渡って実施してきたが、一応の成果が得られたので、これらの成果を設計・施工の手引き（案）として取りまとめ中である。

【参考文献】[1]．木曾ほか；車面大型化に対するコンクリート橋の補強に関する実験的研究．土木学会第49回年次講演会論文集．1994. 9.

表-2 実験結果一覧

荷重 供試体 NO.	補強前 ①：せん断ひび割れ	補強後 ②：鉄筋許容応力 ^{*1)}	後 ③：鉄筋降伏応力 ^{*2)}	載 荷 ④：最大荷重
TS1	14.2(100)	18.3(100)	25.4(100)	57.7(100)
TS2	15.0(106)	57.4(314)	65.2(257)	65.2(113)
TS3	13.9(98)	30.0(164)	33.1(130)	75.0(130)
TS4	16.0(113)	30.9(169)	48.7(192)	60.1(104)
TS5	16.2(114)	59.4(325)	75.8(298)	75.8(131)
TS6	14.1(99)	36.1(197)	42.0(165)	63.5(110)
TS7	14.2(100)	32.0(175)	40.0(157)	70.9(123)
TS8	16.0(113)	45.1(246)	61.7(243)	91.1(158)
TS9	14.0(99)	47.2(258)	69.8(274)	96.5(167)

*1) ②：供試体内のスターラップが道示の許容応力度 σ_s 。

= $1,800\text{kgf/cm}^2$ となる荷重を示す。

*2) ③：供試体内のスターラップの降伏荷重。

*3) TS1は、各荷重段階とも補強無し。

*4) ()内は各荷重段階でのTS1を100とした比率。

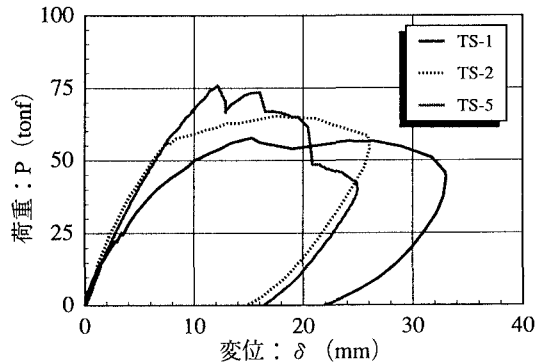


図-2 荷重-変位図（その1）

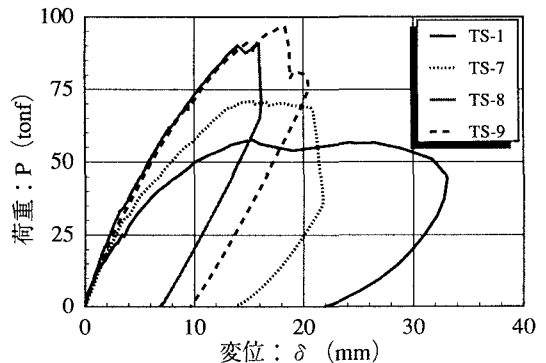


図-3 荷重-変位図（その2）