

防衛大学校 ○正会員 高橋芳彦 正会員 大野友則
 九州大学 正会員 太田俊昭 正会員 日野伸一

1.はじめに

本研究は、衝撃的な高速荷重に対する安全性の確保が要求される構造物へ、立体トラス型ジベルを有する合成版部材(T S C部材)を適用するための検討を目的として行ったものである。すなわち、T S C部材および比較のためのR C部材について、スターラップおよび載荷速度をそれぞれ3種類に変化させた曲げ実験を行い、弾塑性挙動や終局限界性能に及ぼすスターラップおよび載荷速度の影響について検討した。

2. 実験概要

表-1に示すように、T S CおよびR C試験体の試験パラメータは、それぞれ3種類のスターラップ径および間隔である。試験体の形状・寸法を、図-1に示す。T S C部材における立体トラス型ジベルは、引張鋼板と同種の鋼板をトラス状に加工し、これを圧縮鉄筋および引張鋼板に溶接で接合したものである。なお、立体トラス型ジベルの上弦材および下弦材は、力学的にそれぞれ圧縮鋼材および引張鋼材の一部とみなせるものと考えている。またこのジベルは、R C部材のスターラップと同様のせん断補強効果を有するものとみなしている。コンクリートは、高強度コンクリート($f_c' = 714 \sim 928 \text{ kgf/cm}^2$)を使用した。載荷は、支間長120cmの両端単純支持の条件で中央集中載荷とした。載荷速度は、高速(約2~3m/sec)、低速(約0.02~0.03m/sec)および静的載荷(約 10^{-5} m/sec)の3種類とし、高速および低速載荷には高速変形負荷装置を用いた。静的載荷にはアムスラー型試験機を用いた。計測は荷重、試験体各部の変位およびひずみについて行った。高速載荷においては、荷重値補正などのために載荷体および試験体の加速度も計測した。

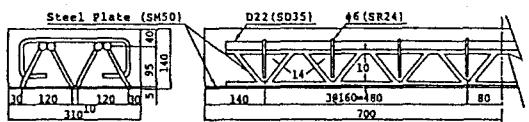
3. 実験結果および考察

(1) 弹塑性挙動

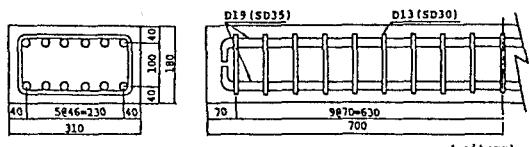
実験で得られた荷重～変位関係に基づいて無次元化した曲げモーメントと回転角の関係の一例を、図-2に示す。無次元化した曲げモーメントは、荷重から算定した曲げモーメントをコンクリート標準示方書で示される静的載荷に対する曲げ耐力で除した値である。また回転角は、載荷点の変位が載荷点の回転のみによって生じ、ほかの部分は剛体であると仮定して求めている。図から、T S CおよびR C試験体とも載荷速度の大小にかかわらず、降伏モーメント以降でモーメントの極値(図中●印、これを M_u とする)が生じている。この M_u は、高強度コンクリートを使用しているために生じるものである¹⁾。 M_u 以降の塑性挙動をみると、R C部材はいずれの載荷速度に対しても、回転角が増大するとモーメントの大きさが緩やかに増大する硬化型の挙動を示してい

表-1 試験体のパラメータ

| Type | T S C試験体 | | | R C試験体 | | |
|----------------------|----------|---------|----------|----------|-----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| スター ラップ 間隔(cm) | D10 8 | φ6 8 | φ6 16 | D13 7 | D13 10 | D10 7 |



(a) T S C試験体 (Type-3)



(b) R C試験体 (Type-1)

(unit:mm)

図-1 試験体の形状・寸法

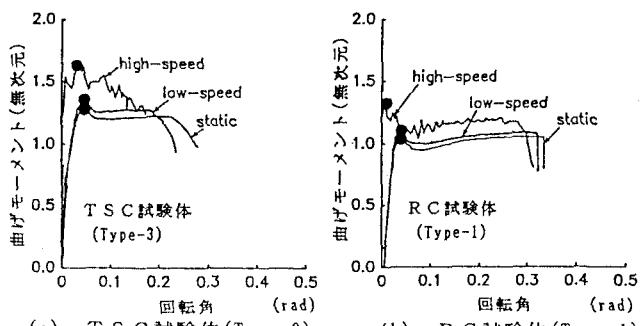


図-2 曲げモーメント～回転角関係

る。TSC部材では、回転角が増大してもモーメントの増大は顕著でない。逆に、高速載荷に対しては、緩やかにモーメントが低下する軟化型の挙動を示している。RC試験体とTSC試験体にみられるこの塑性域の挙動の相違は、RC試験体に用いている鉄筋(SD35)とTSC試験体の鋼材(SS41)の力学特性の相違に起因しているものと考えられる(図-3参照)。

(2) 終局モーメントに及ぼす載荷速度の影響

図-4に、TSCおよびRC試験体に対する無次元化した終局モーメント～載荷速度関係を示す。RC試験体では、図-2に示した M_u 以降の硬化域で最大モーメントとなる場合が生じたが、ここでは、 M_u を終局モーメントと定義した。TSCおよびRC試験体のいずれも、載荷速度の増大とともに終局モーメントは増大している。そこで、コンクリート標準示方書に示される曲げ耐力算定法に、式(1)および(2)により求められる高強度コンクリートの動的圧縮強度($\alpha f_c'$)²⁾および鋼材の動的下降伏点($\alpha f_{y,1}$)³⁾を代入して、終局モーメントを求めれば、図-4中の実線に示す関係が得られる。

$$\alpha f_c' / s f_c' = 1.49 + 0.268 \cdot \log \dot{\epsilon} + 0.035 (\log \dot{\epsilon})^2 \quad (1)$$

$$\alpha f_{y,1} / s f_{y,1} = 1.244 + 0.056 \cdot \log \dot{\epsilon} \quad (2)$$

図から、計算で求めた終局モーメントは実験で得られた結果に比較的よく一致していることがわかる。したがって、式(1)および(2)を用いればひずみ速度の影響を考慮した動的終局モーメントの概略値が推定できるものと考える。

(3) 終局回転角に及ぼす載荷速度の影響

図-5に、TSCおよびRC試験体における終局回転角～載荷速度関係を示す。図-2に示したように、TSC試験体は M_u 以降で緩やかにモーメントが低下するため、終局回転角は明確に決定できない場合がある。そこで本研究では、モーメントが M_u の85%に低下(0.85 M_u)した時点に対応する回転角を終局回転角とした。図-5(a)から、TSC試験体の終局回転角はいずれの載荷速度においてもスタートラップの相違にかかわらずほぼ同一の値を示している。また、載荷速度の増大とともに終局回転角が減少する傾向が認められる。これは、ジベルが引張鋼板に溶接されているため、載荷点直下のトラスの外側まで応力が伝達しにくくなり、その結果としてスタートラップの相違にかかわらず塑性変形が載荷点直下のトラス内に集中したためと考えられる。なお、載荷速度が増大すると終局回転角が減少する理由は、塑性変形領域が小さくなるためと考えられる。一方、RC試験体に対する結果は、TSC試験体に比べると大きくバラついているが、載荷速度の増大にともないTSC試験体と同様に終局回転角が減少する傾向が認められる。

1)高橋・太田・日野・大野：高強度コンクリートを用いた鋼・コンクリート合成版型部材の静的弾塑性挙動と終局限界性能、構造工学論文集、Vol.35A、pp.1245-1258、1989.3
2)高橋ほか：高速変形する高強度コンクリートの動力学特性、第3回材料の衝撃問題シンポジウム講演概要集、pp.77-80、1989.12
3)松本ほか：高速引張荷重を受ける鋼材の動力学特性、第17回関東支部技術研究発表会講演概要集、1990.3

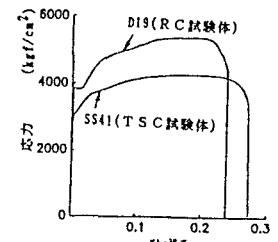


図-3 鋼材の σ ～ ϵ 関係

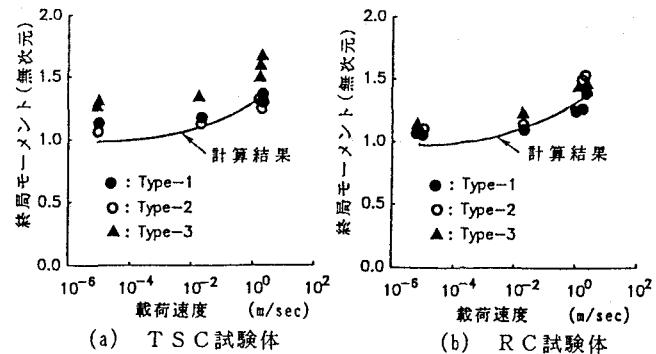


図-4 無次元化した終局モーメント～載荷速度関係

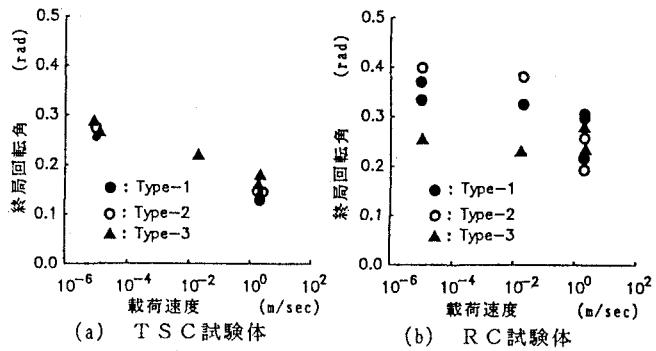


図-5 終局回転角～載荷速度関係