

# I-225

## 高速載荷を受ける鋼板・コンクリート合成曲げ部材の力学特性

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

### 1. はじめに

R C構造物を対象として、耐衝撃性や耐衝撃設計法などに関する研究が近年益々盛んになってきている。コンクリートの衝撃問題に関する研究から、コンクリートに載荷速度の大きい衝撃荷重が作用した場合、応力波により裏面近傍に引張応力が生じ、剥離現象が発生することが知られている<sup>1)</sup>。コンクリート系部材の中で、鋼板・コンクリート合成床版は、下面に鋼板が存在するので裏面剥離により生じるコンクリートの飛散を防止でき、衝撃荷重に対してはきわめて有効であると考えられる。しかしながら、合成構造部材の耐衝撃性についての研究はほとんど行われていない。そこで本研究は、合成構造部材の耐衝撃性を明らかにするための基礎的段階として、立体トラス型ジベルを有する鋼板・コンクリート合成部材（以下、T S C部材）および比較のためのR C部材に対する高速曲げ実験を行い、耐衝撃性の評価指標となる終局変位量などに及ぼす載荷速度の影響について調べたものである。

### 2. 実験概要

T S CおよびR C試験体の形状・寸法を、図-1に示す。静的載荷に対するR Cはりなどの終局変位量に関する研究によると、スターラップなどの拘束筋によるコンクリートの拘束効果によって終局変位量が大きくなることが知られている。そこで本研究では、さらに高速載荷に対する拘束効果の有効性を検討するために、試験体のスターラップ径および間隔をパラメータとしている（表-1）。T S C試験体の立体トラス型ジベルは、引張鋼板と同種の鋼板をワレントラス状に加工し、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、中央一点集中載荷とした。載荷速度は、高速（ $2\sim 3\text{m/sec}$ ）、低速（ $0.02\sim 0.03\text{m/sec}$ ）および静的載荷（ $\sim 10^{-5}\text{m/sec}$ ）の3種類とし、高速および低速載荷には高速載荷実験装置を用いた。

### 3. 荷重～変位関係

図-2に、荷重～変位関係の一例としてR C部材の場合を示す。図中の実線は実験結果、破線は切断法<sup>2)</sup>による解析結果を表す。切断法は、平面保持の仮定の下で断面をいくつかの層要素に分割し、数値積分により圧縮合力および引張合力を求め、そのつり合いから設定した曲率に対応する曲げモーメントを求める方法である。解析に用いたコンクリートおよび鋼材の応力～ひずみ関係モデルは、図-3に示すとおりである。また高速載荷に対する解析では、コンクリートの圧縮強度および鋼材の降伏点、引張強度並びに破断ひずみなどに対してひずみ速度の影響を考慮した値を用いている。なお、本解

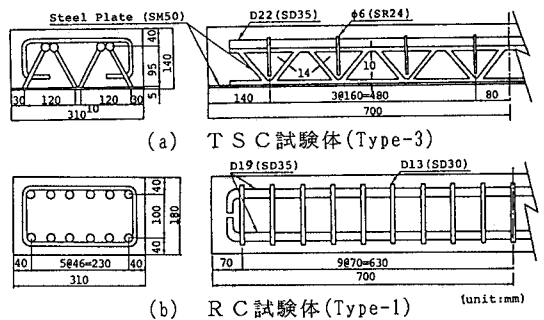


図-1 試験体の形状・寸法

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 | 種類     | D10      | φ6 | φ6 | D13    | D13 | D10 |
|        | 間隔(cm) | 8        | 8  | 16 | 7      | 10  | 7   |

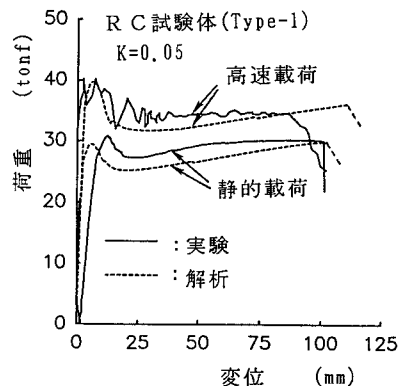


図-2 荷重～変位関係

析例では、主鉄筋に囲まれたコンクリートの応力～ひずみ関係における最大応力以降の応力下降勾配 $K$ ( $K$ は、図-3に示した無次元化応力～ひずみ関係における最大応力以降の無次元化応力に対する無次元化ひずみの比である。)は載荷速度の大きさによらず一定値 $K=0.05$ を用いている。図から明らかなように、解析結果は、静的および高速載荷のいずれに対しても破壊に至るまでの弾塑性挙動を比較的良好にシミュレートしていることが認められる。とくに最大荷重は、高速および静的載荷

ともに良好に一致している。なお、解析で求められる高速載荷に対する終局変位量が実験結果よりも大きな値を示しているが、これについては、後に考察する。

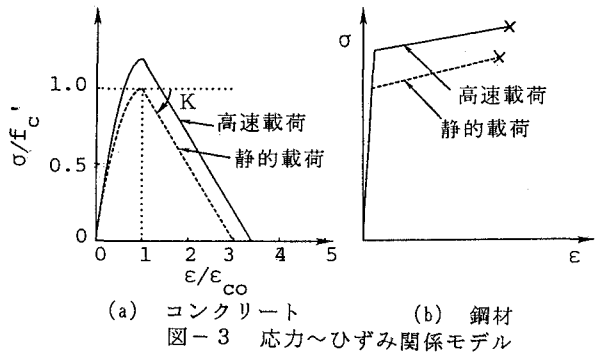
#### 4. 終局変位量

図-4に、TSCおよびRC試験体の終局回転角と載荷速度の関係を示す。回転角は、部材の変形が載荷部断面での回転のみ

によるものとみなして求めている。図から明らかなように、TSCおよびRC試験体ともに載荷速度の増大にともなって終局回転角が減少する傾向が認められる。また、TSC試験体の終局回転角は、静的および高速載荷のいずれに対しても、スターラップの相違にかかわらずほぼ同一の値を示している。載荷速度の大小によって終局回転角が変化すること、次の2点が考えられる。①載荷速度が増大すると、塑性化する範囲が変化する。②載荷速度の変化にともなって、コンクリートおよび鋼材の力学特性が変化する。本実験では載荷速度の相違による塑性範囲の顕著な差異は認められなかったことから、載荷速度の相違による終局回転角の変化は、主としてコンクリートおよび鋼材の材料力学特性に依存するものと推察される。そこで、コンクリートの最大応力以降の応力下降勾配を一定として、それ以外の材料特性にひずみ速度の影響を考慮して解析を行ってみると、図-2に示したように実験の傾向とは逆に載荷速度の増大にともなって終局回転角が増大する傾向を示した。すなわち、載荷速度の増大にともなって終局回転角が減少するためには、載荷速度の増大とともにコンクリートの最大応力以降の応力下降勾配が大きくなる必要がある。著者らが行った横拘束されたコンクリート円柱供試体の高速載荷実験によると、ひずみ速度の増大にともなって応力下降勾配が大きくなる(拘束効果が減少する)ことが明らかである。つまり本実験で行った速度レベルにおいても、載荷速度の増大にともなってスターラップやジベルによる拘束効果が有効とならず、結果的にコンクリートの応力下降勾配が大きくなったものと考えられる。

また、TSC試験体とRC試験体の力学特性に顕著な相違は認められず、単純に曲げ破壊するはり部材では、TSC試験体もRC試験体と同様の力学的取扱いが可能であるといえる。

- 1) 竹田仁一・立川博之・藤本一男：コンクリートと衝撃・衝撃を受けるコンクリートの性状と実験一，コンクリート工学，Vol.15，No.4，pp.1-11，1977.4.
- 2) 小坂義夫・森田司郎：鉄筋コンクリート構造，丸善株式会社，1975.12.



(a) コンクリート (b) 鋼材  
図-3 応力～ひずみ関係モデル

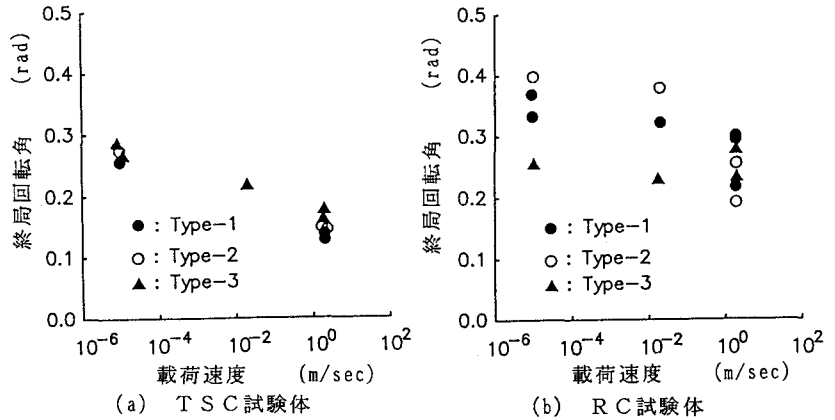


図-4 終局回転角～載荷速度関係