

## 空頭支障によるトラス下弦材の衝撃荷重の推定

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○平野 貴規

島津 優

栗田 淳

川人 麻紀夫

### 1. はじめに

鉄道橋において、道路交差部での空頭支障は重大な問題である。本稿では損傷を受けたトラス下弦材の載荷試験から推定した衝撃荷重および衝撃エネルギーについて述べる。

### 2. 損傷の状況

下弦材は SM490、厚さ 9mm のプレートからなる箱桁である。衝撃物は重機搬送車荷台上のバックホウとみられるが、詳細は不明である。損傷は 8m スパンで発生し、格点間のほぼ中央付近に変形を受けている。図-1 に変形の状況を示す。

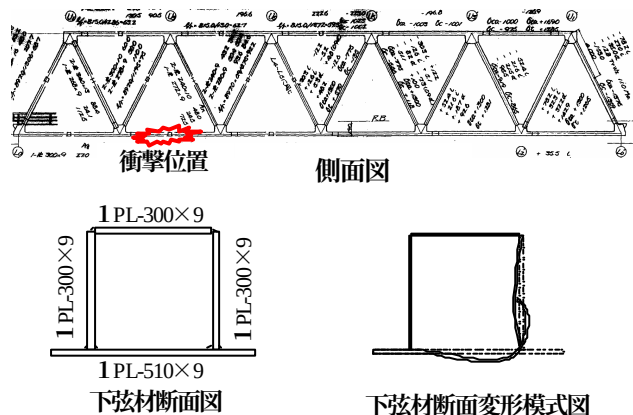


図-1

図-2 は、桁軸芯での残留たわみであり、最大 8mm である。下フランジには幅 100mm の衝撃痕があり、60mm のめくれ上がりが計測されている。

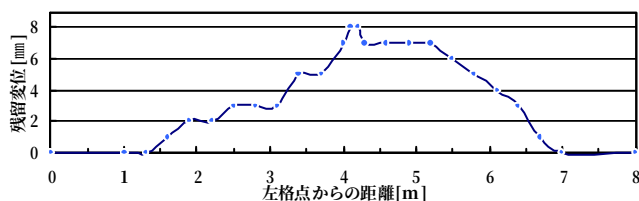


図-2 桁の残留変位

### 3. 載荷試験結果

測定した残留変位から衝撃時のエネルギーを推定するため、損傷部材を用いてフランジ部への局部載荷試験と 3 点曲げ試験を行った。

#### (1) 局部載荷試験

フランジ部の衝撃痕と同様の変形を再現するため、幅 100mm の載荷盤によって集中載荷を行った。試験体は部材中央を載荷点とし、その直下周辺を幅 500mm で支持

した。計測は載荷点の荷重および変位とした。試験機の概要を図-3 に示す。

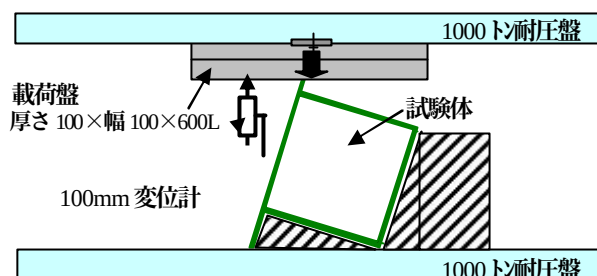


図-3 局部載荷試験機概要（断面方向）

実験の結果を図-4、5 に示す。図-4 ではフランジの降伏後に荷重が低下し、変位 50mm 付近では弦材本体に影響が及び、再び荷重が上昇しはじめる様子がみられる。変位 40mm 付近では荷重がやや低下しているが、これはフランジの亀裂に対応した挙動である。図-5 ではエネルギーがほぼ直線的に増加している。衝撃痕と同様の変位 60mm におけるエネルギーは 10,000[kN・mm] である。

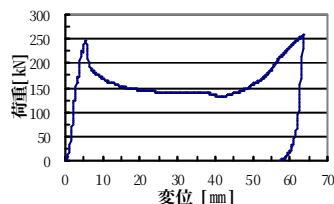


図-4 フランジ局部載荷試験における荷重-変位関係

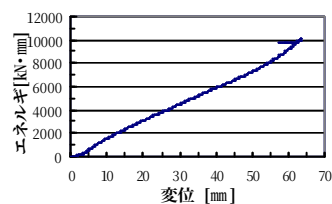


図-5 フランジ局部載荷試験におけるエネルギー-変位関係

#### (2) 3点曲げ試験

フランジ部を除く下弦材本体の変位特性を調査するため、前節で述べた局部載荷点において、曲げスパン 5,200mm の静的 3 点曲げ試験を行った。計測は載荷点の荷重および純たわみ(部材のたわみ-支点沈下量)とした。試験機の概要を図-6 に示す。

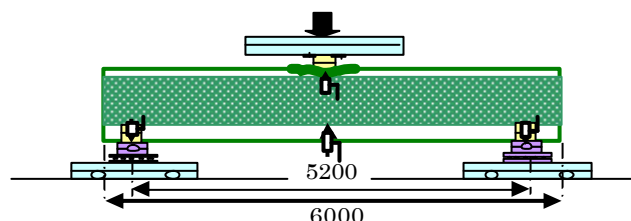


図-6 3点曲げ載荷試験機概要

実験の結果を図-7、8 に示す。図-7 では 300~350kN で傾きが変わり、変位 40mm で最大荷重 450kN に達した後、徐々に荷重が低下している。

キーワード : 空頭支障, 衝撃荷重, 載荷試験, 静動比

連絡先 : 〒260-0031 千葉県千葉市中央区新千葉1丁目3番24号 千葉土木技術センター tel (043)221-7582, fax (043)221-7582

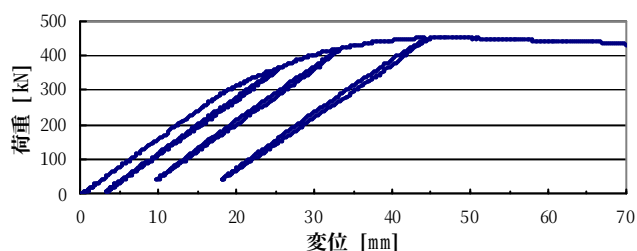


図-7 3点曲げ試験における荷重 - 変位関係

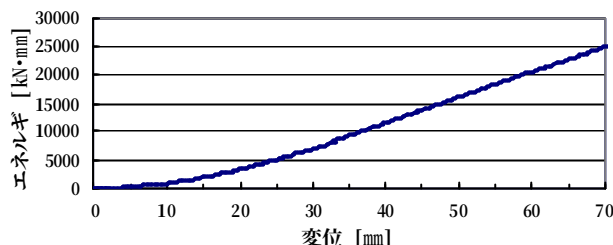


図-8 3点曲げ試験におけるエネルギー - 変位関係

図-8のようにエネルギーは変形初期を除きほぼ直線的に増加する。残留変位8mmを示す変位33mmにおけるエネルギーは8,000[kN・mm]である。

#### 4. 衝撃エネルギーの推定

3点曲げ試験の結果を受け、下弦材(フランジ損傷部を除く)の荷重 - 変位関係を計算機上で再現し、材料の非線形性を考慮した実橋レベルでの衝撃エネルギーの推定を行った。

##### (1) 荷重 - 変位関係のモデル化

3点曲げ試験における残留たわみ8mmまでを目安として、下弦材の材料・形状に対する物性諸値を仮定し、実験データとのフィッティングを行った結果は次のとおりである。

- ・降伏応力  $325[\text{kN}/\text{m}^2]$  : SM490 における一般的な物性値。
- ・断面2次モーメント  $2.23\text{E}-4[\text{m}^4]$  : 損傷した片側フランジ部を無視した場合の値とほぼ一致。
- ・ $M - \phi$ 関係  $\Rightarrow$  バイリニア : 全塑性モーメントを剛性変化点とした。
- ・全塑性域のたわみ角 : 部材軸方向の距離に対する2次関数とした。

図-9に実験結果の荷重 - 変位関係とフィッティングしたモデルでの計算結果を示す。

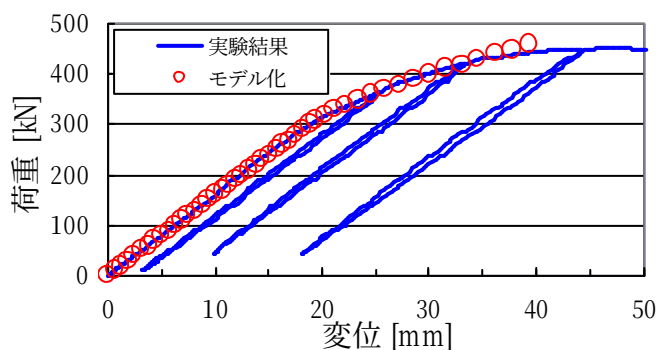


図-9 実験結果とモデルの比較

##### (2) 実橋モデルの解析

前節のモデルを用いて実橋での格点間距離(8m)を対象に損傷位置(左側格点から4.2m)を載荷点として解析を行った。結果を図-10, 11に示す。

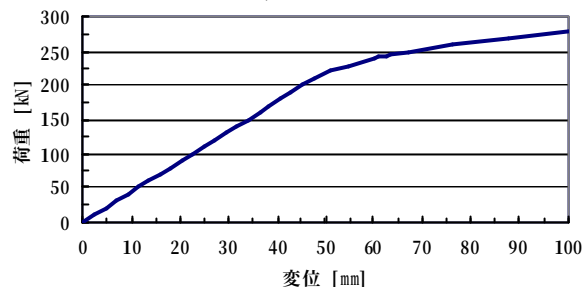


図-10 解析結果(荷重 - 変位関係)

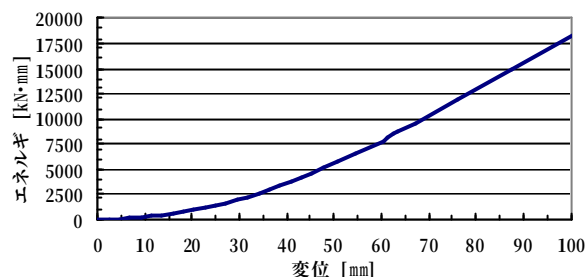


図-11 解析結果(エネルギー - 変位関係)

荷重 - 変位関係において、残留たわみ8mmを生じる値は  $P=241.5\text{kN}$ ,  $\delta=61.25\text{mm}$  となった。この結果3点曲げ試験結果から推定される実橋での衝撃エネルギーは8,100[kN・mm]となり、フランジ局部載荷時の値を加えると18,100[kN・mm]程度と考えられる。

##### (3) 動的問題に対する考察

S.Takagi, Y.Tokita らの実験によれば、金属材料の衝撃荷重に対する荷重 - 変位関係はひずみ速度に依存し、軟鋼の場合  $10^{-3}$  sec オーダーのひずみ速度では圧壊強度は静的載荷に比べ、おおむね1.7倍(静動比)になるとの報告がある。この値を参考にすれば本件における空頭支障時の衝撃荷重は410[kN]となる。

##### 5. おわりに

空頭支障によって損傷した橋りょう下弦材の載荷試験結果から衝撃荷重およびエネルギーを推定した。今回のケースではスパン8mのSM490部材に対する残留たわみ8mm相当の衝撃エネルギーは18,100[kN・mm]、静的荷重は241.5[kN]、静動比を考慮した動的荷重は410[kN]となった。この結果、空頭支障時の衝撃エネルギーはフランジ部における吸収が大半を占め、これによって、桁本体の損傷が軽減されていることを確認した。

##### 参考文献

- 1) 応用塑性力学 : 小坂田宏造 2004, 培風館
- 2) 構造力学公式集 : 土木学会編
- 3) Stress-strain curves of mild steel sheets obtained by various methods of the high strain rate tensile test : S.Takagi and Y.Tokita et al., CAMP-ISIJ Vol.17(2004)