

連続合成桁の負曲げに対する非線形解析

名古屋大学大学院 学生 ○能登 晋也

名城大学大学院 学生会員 天野 博之

名城大学 フェロー 久保 全弘

1. まえがき

プレストレスしない連続合成桁橋の限界状態は、中間支点付近の負曲げ挙動に支配され、鉄筋コンクリート床版のひび割れ発生後における、曲げとせん断の組合せ荷重を受ける鋼断面の耐荷力と変形能を的確に評価することが重要となる。近年コンクリート床版のひび割れ進展を考慮した、合成断面の一体解析も試みられているが相当複雑となる。本研究では、床版ひび割れ後における鋼断面への換算法を提案し、汎用有限要素法プログラム MSC/NASTRAN を用い非線形解析を行い既存の実験的研究との比較検討を行う。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

解析モデルには、まず本解析の有用性を検証するために Schilling の実験^[1]による、床版を有しない鋼 I 形桁 (US, UL, SL) の供試体を用いた。US と UL はスパン長を変えた上下対称断面で、SL は腹板の幅厚比とスパン長を大きくした対称断面である。また、換算法の適用性を検証するために、久保らの実験^[2]による鉄筋コンクリート床版と鋼 I 形桁の合成桁 (CG-1~5) を用いた。CG-1, 2, 3 は腹板の幅厚比をほぼ一定とし、圧縮フランジの幅厚比を変えた断面、CG-4, 5 は圧縮フランジの幅厚比を一定にし、腹板の幅厚比を変えた断面である。供試体のパラメータは表.1 に示す。また、両実験とも連続桁の中間支点付近における負曲げを想定して、上下逆にした断面の単純支持桁のスパン中央に集中荷重を載荷して行われた。床版ひび割れ後の負曲げ挙動は、従来の研究と同様に図.1 に示すように、引張を受ける床版のコンクリート断面を無視し、橋軸方向鉄筋と鋼桁との鋼断面で抵抗すると仮定した。さらに、鋼断面を一体解析するために弾性曲げに対する圧縮側からの中立軸の位置を変えずに、鉄筋断面を床版側引張フランジの幅に換算する場合と、厚さに換算する場合の 2 種類を考えた。

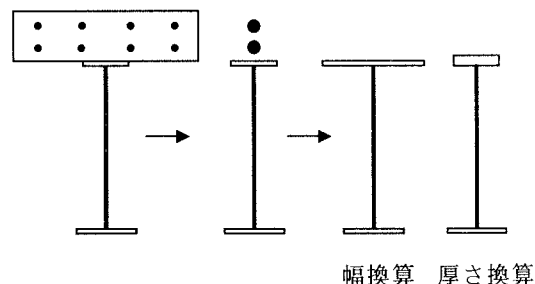
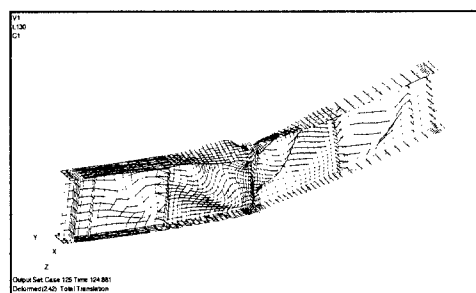
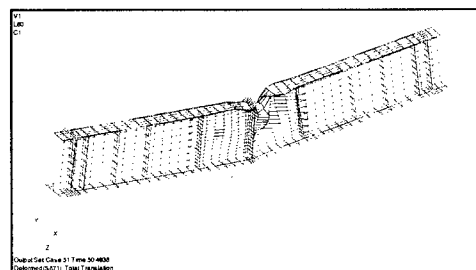


図.1 合成断面の換算法



SL : $L/D=6.3$

$$b_{fc}/2t_{fc}=9.88, D/t_w=171.6$$



CG-1 : $L/D=6.9$

$$b_{fc}/2t_{fc}=8.38, D/t_w=129.6$$

図.2 崩壊モード

2.2 解析方法

材料特性として、鋼材の降伏応力は実験の実測値 F_y 、鋼材のヤング係数 $E=206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、せん断弾性係数 $G=79\text{GPa}$ を仮定した。初期不整は中央パネルの腹板面外たわ

みのみを考慮し、道路橋示方書の許容製作誤差 $w_0=D/250$ を最大値とし、正弦波で仮定した。解析はミーゼスの降伏条件を用いて非線形材料特性を考慮し、ニュートンラプソン法により荷重増分の収束計算を行った。荷重は実験同様 CG 解析モデル 9cm, US,UL,SL 桁 7.5cm の幅で圧縮フランジに鉛直載荷を行った。

3. 解析結果と考察

3.1 崩壊モード

解析ではシェアースパン比 L/D や腹板の幅厚比 D/t_w によって異なる崩壊形を示した。その崩壊モードの例を図.2 に示す。CG-1 はスパン中央のパネルで斜張力場を生じたせん断座屈で崩壊している。また、SL は桁が長く腹板が薄いため 2 枚目のハネルにもせん断の影響が及んでいる。

3.2 実験耐荷力との比較

表.1 に実験耐荷力と解析値の比較を示す。床版のない桁 (US,UL,SL) では解析値と実験値の差が 5%以内に入っている。しかし、これら 3 本の桁ではすべて大きめの値を推定している。これは残留応力を考慮しなかったことが 1 つの要因であると思われる。床版付の CG 桁の結果は CG-1 を除いて鉄筋を引張フランジ厚に換算した方が、フランジ幅に換算したモデルよりも多少精度よい。しかし、どちらもほぼ近い値を示し、解析値は実験値に比べ約 6~18%小さめの値を与えている。これに対し、図.3 に示すように縦軸に荷重 P 、横軸にスパン中央の鉛直変位 V_c をとり、実験と解析結果を比較すると、ひび割れ発生後の変形挙動は類似していることがわかる。

4. あとがき

床版付鋼 I 形桁の負曲げに対する換算法として鉄筋断面を引張フランジの幅、厚さに換算する方法を比較したが、どちらも大差なく、しかも安全側の結果を得ることができた。今後は変形性能の検討を行うために、最大荷重後の挙動まで解析を行うことが必要であると思われる。

参考文献

- [1] Schilling, C.G.: Moment-rotation tests of steel bridge girders, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.1, pp.134-149, 1988.
- [2] 久保, 鎌田, 石川: 合成桁の負の曲げ挙動に関する実験的研究, 第 2 回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.335-340, 1989.

表.1 パラメータと結果

供試体	幅厚比		スパン長 L (mm)	実験値 P _{max} (kN)	非線形耐荷力 P	
	$\frac{D}{t_w}$	$\frac{b_f}{2t_{fr}}$			解析値 (kN)	実験値
CG-1	129.6	8.38	4135	528.3	495.1 477.3	0.937 0.903
CG-2	129.4	10.89	3495	558.1	461.6 474.8	0.827 0.851
CG-3	137.0	13.50	3835	612.2	501.0 504.7	0.818 0.824
CG-4	100.9	8.38	4080	419.5	389.5 396.8	0.928 0.946
CG-5	79.4	8.42	4000	359.6	310.9 315.7	0.865 0.878
US	112.0	9.02	2134	707.6	739.1	1.045
UL	112.0	9.14	3962	836.6	877.9	1.049
SL	171.6	9.88	5791	1192.6	1224.6	1.027

* 上段が幅換算, 下段が厚さ換算の結果。

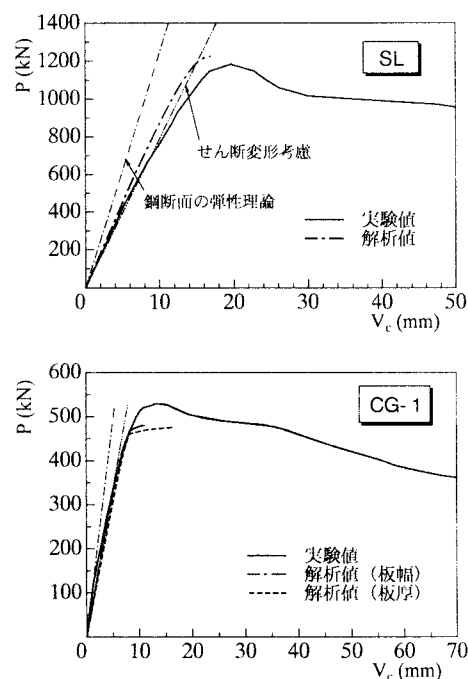


図.3 荷重—鉛直たわみ