

第 I 部門

連続桁中間支点付近の断面剛性変化が曲げモーメントに与える影響に関する考察

立命館大学理工学研究科 学生員 ○藤丸 拓

立命館大学理工学部環境都市工学科 正会員 野阪 克義

1. はじめに

鉄筋コンクリート床版を有する連続桁を設計する際、断面力（曲げモーメントやせん断力）の算出時には全長にわたり鉄筋コンクリート床版が有効であると仮定するが、断面の作用応力度を算出する際には、負曲げ領域においてはコンクリート床版を無視するのが一般的である。一方、床版のひび割れによる剛性低下を考慮して、断面力算出時にも床版を無視する設計法が検討され<sup>1)</sup>、NEXCO 西日本の設計では負曲げ域とする範囲を中間支点部から 0.15 程度としている例もある。本研究では、負曲げ領域範囲の仮定が曲げモーメント分布へ与える影響を理論的に考察し、負曲げモーメントの低減がどの程度なのかを確認することを目的としている。

2. 検討対象モデル

本研究で対象とした橋梁には、「新しい鋼橋の設計」<sup>2)</sup>の 3 径間連続 2 主桁橋を用いた。すべての支間長が 50m である。

載荷条件は、図 1 に示すように活荷重のみを想定しており、従載荷荷重は全体に、主載荷荷重は支間中央に載荷した。活荷重は B 活荷重を用いた。最終的に無次元化値を用いるため、従載荷荷重=3.5KN/m, 主載荷荷重=10 KN/m と設定している。A 点のみがヒンジ支点であり、その他はローラー支点とした。

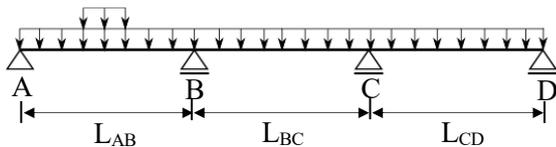


図 1 検討対象モデル

負曲げ域の剛性が曲げモーメント分布に与える影響を確認するために、2 種類の状態を想定した。全域で床版を有効としたモデル（図 2）、および負曲げ域で床版を無視したモデルである（図 3）。図中、 $\alpha$  は負曲げ域と仮定し、床版を無視した断面とする範囲を表す支間長に対する比率である。

文献<sup>1)</sup>を参考に、正曲げ域の断面二次モーメントを  $I_p=3.413 \times 10^{11} \text{mm}^4$ 、負曲げ域の床版を含む断面二次モーメントを  $I_n=4.344 \times 10^{11} \text{mm}^4$ 、負曲げ域の床版を含まない断面二次モーメントを  $I_n'=2.410 \times 10^{11} \text{mm}^4$  とした。これらの値は鋼材（ヤング係数  $E=200,000 \text{N/mm}^2$ ）換算の値である。

両方のモデルにおける B 点のモーメントの比  $M_B'/M_B$  を求めることで、負曲げ域の仮定( $\alpha$ )との関係を考察した。

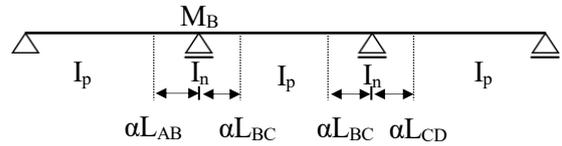


図 2 負曲げ域で床版を無視しない梁モデル

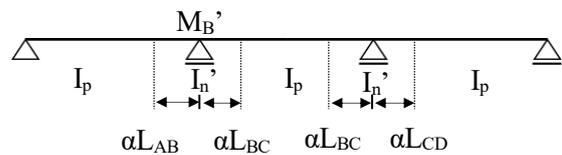


図 3 負曲げ域で床版を無視する梁モデル

3. 有限要素解析および理論計算概要

数値解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用い、連続梁をはり要素を用いて再現し、骨組み弾性解析を行った。材料特性は前述の鋼材のヤング係数を、形状特性として前述の断面二次モーメントを用いた。

理論計算では図 2、図 3 の 2 つのモデルにおいて三連モーメントの定理を用いて  $M_B'/M_B$  を求めた。

荷重による回転角は共役梁法を用いて計算した。AB 区間については、図 4 のような載荷状態となる。L<sub>2</sub> は主載荷荷重載荷長であり、今回は B 活荷重を考えるため 10m である。また、p<sub>1</sub> 荷重は AB の中央に載荷するので L<sub>1</sub>=L<sub>3</sub>=20m である。

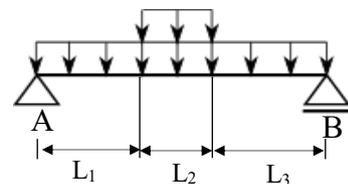


図 4 単純梁 AB の荷重載荷図

図 4 を用いて曲げモーメント分布を算出し、曲げ剛性を考慮した共役ばりが図 5 である。この共役ばりを用いて B 点の左側の回転角が求められる。

同様に BC 区間、CD 区間についても解き、B 点右側の回転角、C 点左側、右側の回転角を求めた。

Taku FUJIMARU and Katsuyoshi NOZAKA

k-nozaka@se.ritsumei.ac.jp

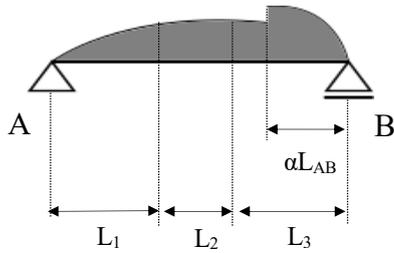


図5 AB区間の共役ばり

以上の方法で求めた回転角を三連モーメントの定理に代入し連立方程式を解くことにより B 点の曲げモーメントが求められる。この計算を図2, 図3の2ケースについて行い, B 点の曲げモーメントの比をとり, 以下の関係式を導くことができる。

$$\frac{M'_B}{M_B} = \frac{\frac{1}{m} \frac{n^2}{o'} \{-\theta'_{BPR} - \theta'_{BPL} \frac{n'}{o'} (-\theta'_{CPR} - \theta'_{CPL})\}}{\frac{1}{m} \frac{n^2}{o} \{-\theta_{BPR} - \theta_{BPL} \frac{n}{o} (-\theta_{CPR} - \theta_{CPL})\}} \quad (1)$$

ここで

$$m = \frac{1}{EI_p} \left\{ \left( -\frac{\alpha^3}{3} + \alpha^2 - \alpha + \frac{1}{3} \right) L_{AB} + \left( -\frac{2\alpha^3}{3} + \alpha^2 - \alpha + \frac{1}{3} \right) L_{BC} \right\} + \frac{1}{EI_n} \left\{ \left( \frac{\alpha^3}{3} - \alpha^2 + \alpha \right) L_{AB} + \left( \frac{2\alpha^3}{3} - \alpha^2 + \alpha \right) L_{BC} \right\} \quad (2)$$

$$n = \frac{1}{EI_p} \left\{ \left( \frac{2\alpha^3}{3} - \alpha^2 + \frac{1}{6} \right) L_{BC} \right\} + \frac{1}{EI_n} \left\{ \left( -\frac{2\alpha^3}{3} + \alpha^2 \right) L_{BC} \right\} \quad (3)$$

$$o = \frac{1}{EI_p} \left\{ \left( -\frac{\alpha^3}{3} + \alpha^2 - \alpha + \frac{1}{3} \right) L_{CD} + \left( -\frac{2\alpha^3}{3} + \alpha^2 - \alpha + \frac{1}{3} \right) L_{BC} \right\} + \frac{1}{EI_n} \left\{ \left( \frac{\alpha^3}{3} - \alpha^2 + \alpha \right) L_{CD} + \left( \frac{2\alpha^3}{3} - \alpha^2 + \alpha \right) L_{BC} \right\} \quad (4)$$

である。

また,  $\theta_{BPR}$  は荷重による B 点右側の回転角,  $\theta_{BPL}$  は荷重による B 点左側の回転角,  $\theta_{CPR}$  は荷重による C 点右側の回転角,  $\theta_{CPL}$  は荷重による C 点左側の回転角を表している。m', n', o' および,  $\theta'_{BPR}$ ,  $\theta'_{BPL}$ ,  $\theta'_{CPR}$ ,  $\theta'_{CPL}$  は, それぞれ  $I_n$  を  $I_n'$  に置き換えて求めた値を意味する。

#### 4. 結果および考察

数値解析から得られた値と, 式(1)を用いて得られた理論計算値を比較したものを図6に示す。図6では  $\alpha$  を 0.05~0.35 まで変化させてある。図6より, 理論計算値は数値解析結果と良好一致を見せており, 理論計算値の妥当性が示された。

低減されるモーメントの値は,  $\alpha=0.25$  の時に最大で 17% 程度となることが分かる。また,  $\alpha \geq 0.15$  の範囲では  $M'_B/M_B$  の値にほとんど差が無いことから NEXCO 西日本の設計とも一致する。また, 文献<sup>2)</sup>では等分布荷重載荷時のモーメント分布にもとづいて曲げ領域を 0.15L~0.25L としても大差ないとし

ているが, 今回, 主載荷荷重を考慮しても顕著な差がないことが分かった。

次に,  $\alpha=0.15$  とし, 中央径間  $L_{BC}$  を 50m と 60m で固定して, それに対し側径間  $L_{AB}$  と  $L_{CD}$  を 0.5~1.0 の割合で変化させた場合の結果を図7に示す。図7より, 支間長比の  $M'_B/M_B$  の値への影響はほとんどないことが分かる。

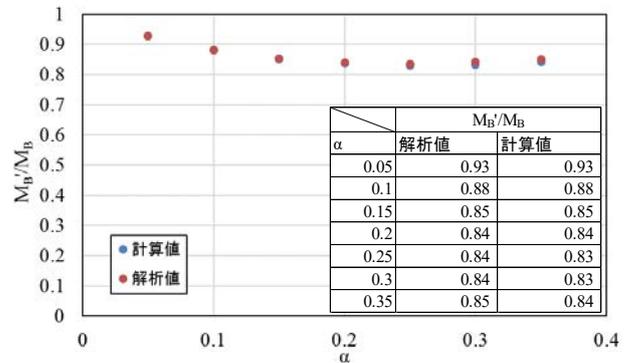


図6 解析値と計算値の比較

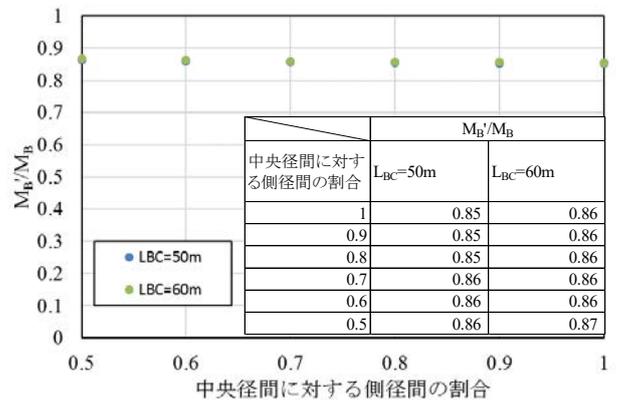


図7 支間長を変化させた際の計算値

#### 5. おわりに

本研究では連続合成桁において, 負曲げ域で床版を有効とするモデルと, 無視するモデルの中間支点上断面の断面力の比を理論値計算式(1)として導き, 断面力の変化の傾向について考察した。提案式により, 再度骨組み解析を実行せずとも値を得ることが可能であり, 今後はより多くのパラメータで検討を続ける予定である。

#### 参考文献

- 1) 中菌明広ほか: PC 床版を有する鋼連続合成 2 主桁橋の設計, 株式会社建設図書, 橋梁と基礎, pp.27-35, 2002.
- 2) 「新しい鋼橋の設計」編集委員会: 新しい鋼橋の設計, 山海堂, 2002.