

連続合成桁の非弾性挙動に関する一考察

立命館大学理工学研究科 学生員 ○中村 太一
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 正会員 野阪 克義

1. はじめに

限界状態設計法の方がより明確に取り入れられた現在の道路橋示方書においては、断面の降伏を許容する、すなわち全塑性曲げモーメント (M_p) を終局曲げ耐力とし、さらにはウェブに低強度鋼を用いたハイブリッド桁の適用も可能であると考えられるが、このような桁の設計の際には、ウェブ降伏が曲げ挙動にもたらす影響を適切に考慮する必要がある。

従来の研究¹⁾では1主桁のみを対象とし、ハイブリッド桁における、ウェブの先行降伏による連続桁の曲げ挙動への影響は検討されてきたが、複数主桁に対する影響までは検討されていない。そこで本研究では、2主桁橋を対象に、ホモジニアス桁およびハイブリッド桁において、局所的な降伏が桁全体の曲げ挙動に与える影響について解析的に検討した。

2. 検討対象モデル

本研究で対象とした橋梁は、先行研究¹⁾と同じであり、支間長 $L=50\text{m}$ で一定の、3径間連続合成桁2主桁橋であり、中間支点部から支間長 L の0.15倍の範囲を負曲げ域とし、断面を変化させた。本研究では、汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用いて解析的検討を行った。

解析モデルは、SBHS500を用いたホモジニアス桁(hm_h)の1主桁および2主桁モデル、ウェブ鋼材にSM490Yを用いたハイブリッド桁(hy_h)の、1主桁および2主桁モデルの計4モデルである。各モデルのウェブ厚さを、水平補剛材を用いたときの最小厚さ程度(ウェブ幅厚比パラメータ $R_w=1.6$)とし、水平補剛材を1段用いた。1主桁モデルのコンクリート床版の有効幅は5155mm、厚さは250mmであり、2主桁モデルの主桁間隔は5500mmである。

また、降伏曲げモーメント(M_y)は、合成前死荷重により鋼桁に生じる応力度と、活荷重により合成断面に生

じる応力度を合計して降伏強度に達する状態を考えたとき、死荷重モーメントと活荷重モーメントを合計した値を降伏曲げモーメントとした。各モデルの M_y 、 M_p を表1に示す。

表1 各モデルの M_y 、 M_p

	hm		hy	
	正曲げ	負曲げ	正曲げ	負曲げ
$M_y(\text{kN}\cdot\text{m})$	47620	-47725	40248	-49146
$M_p(\text{kN}\cdot\text{m})$	70020	-56393	49458	-55707

コンクリート床版については、圧縮設計基準強度を 40N/mm^2 とし、応力-ひずみ関係はコンクリート標準示方書を参考に設定した。引張側に関しては、MARC で使用できるダメージ効果を使用しひび割れ挙動を再現した。引張強度は 2N/mm^2 とし、臨界応力、軟化係数、圧壊ひずみに関しては、それぞれ 2N/mm^2 、 $5,000\text{N/mm}^2$ 、 0.0035 とした。

荷重に関してはすべてのモデルで同じ荷重とし、合成前死荷重と活荷重のみ再現した。合成前死荷重に関してはウェブ直上に鉛直下向きに載荷した。合成前死荷重による応力状態は、鋼桁のみのモデルに合成前死荷重を載荷した状態の応力分布を保存、合成断面に活荷重を載荷する際に鋼桁の初期応力として入力することで再現した。活荷重の P1 荷重および P2 荷重の載荷位置については、影響線を考慮し、第一径間の正曲げモーメントが最大となる載荷位置(図1参照)のケースで検討した。図1に示すように左端から $0.4L$ の位置を P_{pos} とし、中間支点部をそれぞれ $N1_{\text{pos}}$ 、 $N2_{\text{pos}}$ とした。

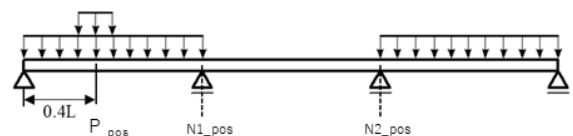


図1 正曲げ最大載荷位置

2主桁モデルではG1に1主桁モデルと同じ荷重をかけ、G2には桁に与える影響が最も不利になるように荷重をかけた。解析においては活荷重のみを増加させ、 P_{pos} が

キーワード 連続合成桁 曲げ挙動 ハイブリッド桁 終局曲げ耐力

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1 立命館大学理工学部 環境都市工学科 TEL:077-561-3007

M_p に達する程度までの、 P_{pos} , $N_{1_{pos}}$, および $N_{2_{pos}}$ の曲げ挙動を比較した。また、以前に検討を行った水平補剛なしのモデルの結果とも比較を行った。

3. 結果および考察

hm, hy の解析結果より、表 1 に示した M_y で無次元化した曲げモーメントを横軸に、活荷重倍率を縦軸にしたグラフとコンクリート床版の圧壊地点をプロットしたものを図 2, 3 に示し、表 2 に主な解析結果をまとめた。図 3 の凡例は図 2 と同様である。以前の検討で得た水平補剛なしのモデルの結果を hm および hy, 今回行った水平補剛ありのモデルを hm_h, hy_h としている。

hm_h1 主桁モデルでは 6.1 倍で P_{pos} のコンクリート床版が圧壊し、活荷重倍率 6.4 倍で P_{pos} のモーメントが M_p に到達した。2 主桁モデルでは G1 桁が活荷重倍率 7.5 倍で M_p に到達した。G2 桁では M_p に到達せず、コンクリート床版の圧壊は全体で見られなかった。hy_h1 主桁モデルでは活荷重倍率 5.2 倍でコンクリート床版が圧壊した。 M_p に到達する直前にモーメントが増加しなくなっているが、ひずみ硬化を考慮していないため、引張ひずみが増加し、不安定になったと考えられる。ひずみ硬化を考慮するのであれば M_p に到達すると思われるが、引張破断の懸念があり、今後の検討が必要である。2 主桁モデルでは G1 桁は 6.2 倍で M_p に到達し、6.5 倍で床版の圧壊が見られた。G2 桁では M_p に到達しなかったが 6.5 倍で床版の圧壊が見られた。

1 主桁モデル, 2 主桁モデル共に負曲げモーメントの増分が増加するとともに正曲げモーメントの増加量が減少する傾向がみられた。

2 主桁モデルでは、G1 桁に 1 主桁と同様の荷重をかけているが G2 桁には約 55%の荷重をかけている。横桁によって G1 桁に載荷した荷重が G2 桁に分配されたため M_p に到達する活荷重倍率が増加した。

これらの傾向は水平補剛材なしのモデルと比較して同様であることが確認できた。今回設定した載荷状態は設計の際に考慮される影響線載荷を再現したつもりであったが、1 主桁として設計される場合にはかなり安

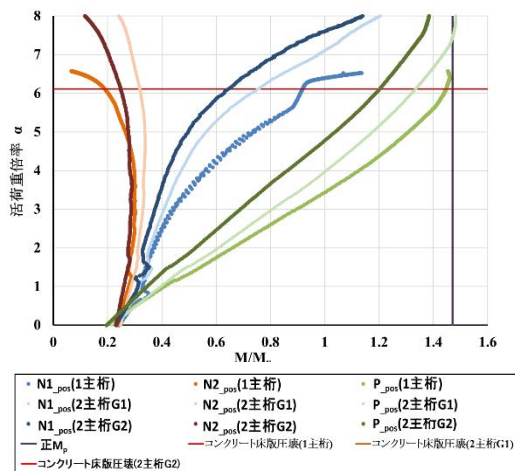


図 2 ホモジニアス桁(水平補剛材あり)の曲げ挙動

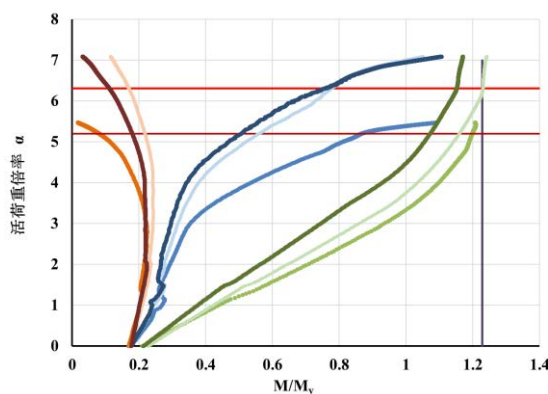


図 3 ハイブリッド桁(水平補剛材あり)の曲げ挙動

全側の設定となっていると推測される。

4. おわりに

本研究では水平補剛材を用いた hm および hy の, 1 主桁, 2 主桁モデルでの鋼断面の降伏が、桁全体の曲げ挙動に与える影響について解析的検討を行った。hm, hy いずれにおいても、2 主桁モデルでは横桁によって G1 桁に載荷された荷重が G2 桁にも分配されたため 1 主桁よりも M_p に到達する活荷重倍率が大きくなることが確認できた。今後は水平補剛材なし, ありモデル共に主桁を増やして検討を行う予定である。

参考文献

1) 藤丸拓, 野阪克義: 連続合成ハイブリッド I 形桁の曲げ・たわみ挙動に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.697-709, 2021.

表 2 解析結果まとめ

	hm	hm	hm	hy	hy	hy	hm_h	hm_h	hm_h	hy_h	hy_h	hy_h
	1主桁	2主桁(G1)	2主桁(G2)	1主桁	2主桁(G1)	2主桁(G2)	1主桁	2主桁(G1)	2主桁(G2)	1主桁	2主桁(G1)	2主桁(G2)
M_p 到達時荷重倍率	5.8倍	7.0倍	7.7倍	4.8倍	6.4倍	6.4倍	6.4倍	7.5倍			6.2倍	
コンクリート床版圧壊	5.9倍	7.6倍	7.7倍	4.8倍	6.3倍	6.3倍	6.1倍			5.2倍	6.5倍	6.5倍
M_p 到達時負曲げ M/M_y	1.11	1.04	1.19	1.13	1.19	1.20	1.02	1.08		1.03	1.19	