

第 I 部門

連続合成桁における非弾性挙動が橋梁の限界状態に与える影響に関する検討

立命館大学理工学研究科 学生員 ○角 勇仁
 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

全塑性曲げモーメントを活用する設計を行うには、鋼部材の降伏による曲げ挙動への影響、すなわちモーメントの再分配を考慮する必要がある、ウェブが先行降伏を起こすハイブリッド桁においてはその影響は大きいと考えられる。

これまでの研究¹⁾では、ハイブリッド桁のウェブの先行降伏が、連続桁全体の曲げ挙動に与える影響について検討されてきたが、移動荷重を受ける桁については検討がなされていない。そこで本研究では、ホモジニアス桁、およびハイブリッド桁を用いた移動荷重を受ける 3 径間連続合成桁を対象に、降伏後の曲げ挙動について解析的検討を行った。また、正曲げ断面降伏後の挙動を適切に把握するため、将来的に荷重試験を行う予定であり、実験供試体は正曲げ荷重時の負曲げ部への影響を繰り返し移動荷重により確認することがおもな目的となるため、製作性、試験の簡略化の観点から 2 径間連続の鋼桁のみで構成する予定である。

本研究では、その準備段階として 2 径間連続合成桁を対象として分布荷重によるモーメント再分配を集中荷重で置き換えることが可能であるか検討した。

2. 研究概要

本研究では汎用性有限要素解析ソフト MARC を用いて解析的検討を行った。

支間長 $L=50\text{m}$ の 3 径間連続合成桁、2 径間連続合成桁に SBHS500 を用いたホモジニアス桁と、同じ断面でウェブに SM490Y を用いたハイブリッド桁を解析モデルとした¹⁾。断面の変化は正曲げ断面と負曲げ断面とし、中間支点を中心に両側に $0.15L$ を負曲げ域とした。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荷重した状態の応力分布を

保存、合成断面に活荷重を荷重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。

活荷重は B 活荷重とし、3 径間連続合成桁では第 1 径間正曲げ最大、第 1 中間支点負曲げ最大、中央径間正曲げ最大、第 2 中間支点負曲げ最大、第 3 径間正曲げ最大、となるように順に p_1 , p_2 荷重を設計荷重の 4 倍を目安に荷重させた。

2 径間連続合成桁では第 1 径間正曲げ最大、第 2 径間正曲げ最大と順に p_1 , p_2 荷重を移動荷重させたモデルと、集中荷重を第 1 径間、第 2 径間と順に荷重させたモデルの比較を行った。集中荷重の荷重位置は分布荷重と同等の負曲げモーメント再分配を与えることを目標として、中間支点から $0.4L$ 離れた位置とした (図-1)。

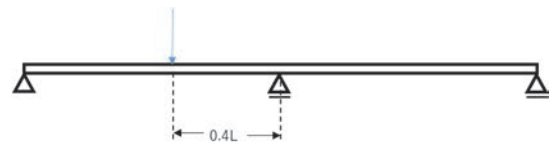


図-1 集中荷重荷重点

3 解析結果及び考察

3.1 3 径間連続合成桁モデル

紙面の都合上、ハイブリッド桁に設計活荷重の 4 倍を荷重した際の曲げモーメント挙動を図-2 に示す。グラフ中の A, B, C, D, E は図-3 の着目点を示している。

グラフより、B 点は第 1 径間正曲げ最大荷重時 (荷重ステップ 0.1) に正曲げ部 (A 点) が降伏したため除荷後も曲げモーメントが元に戻らず、その影響を受け第 1 中間支点負曲げ最大荷重時に負曲げ断面が降伏に至っていることが分かる。D 点では中央径間正曲げ荷重時 (荷重ステップ 0.5) でも正曲げ断面 (C 点) は降伏に至らず、モーメント再分配が起こらないため、第 2 中間支点負曲げ最大荷重時に前のステッ

プの影響をほとんど受けることなく降伏に至らない。このことから正曲げ断面が最も不利になるような荷重を受け、全塑性曲げモーメントに達していなかったとしても、その後に隣接する中間支点負曲げ断面に不利となるような荷重が載荷された場合、橋梁として不安定な状態となり得ることがわかる。

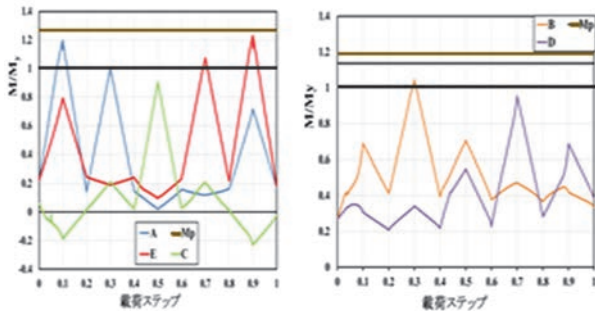


図-2 各点の曲げモーメント挙動

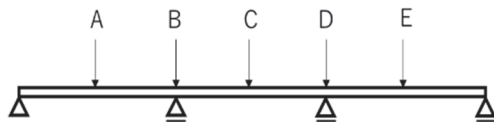


図-3 グラフの着目点

3.2 2 径間連続合成桁モデル比較

正曲げ断面が降伏曲げモーメント (M_y) を超えて、全塑性曲げモーメント (M_p) に達するまでの程度の曲げモーメントに到達しているかを示すために、正曲げ降伏後の割合として式(1)を定義し、この値が 75%程度の荷重を移動載荷させた。ただし、ハイブリッド桁では今回設定した分布荷重において負曲げ断面が降伏に至ってしまい、桁に塑性ヒンジのような現象が見られたため、75%より小さい荷重を載荷した結果を示している。

$$\frac{(M - M_y)}{(M_p - M_y)} \times 100 \quad \dots (1)$$

分布荷重と集中荷重による曲げモーメントのグラフを図-4、図-5 に示す。また、正曲げ降伏後の割合と負曲げの増加率の比較表を表-1 に示す。負曲げ増加率は、正曲げ断面が降伏したときの負曲げモーメントの値を基準として、最大荷重時の負曲げモーメントまでの増加率を表している。分布荷重で生じている曲げモーメントの再分配の挙動を集中荷重時の挙動と比較するためにこのような値に着目して評価した。

ホモジニアス桁では集中荷重で第 1 径間載荷時より第 2 径間載荷時において正曲げモーメントの増加

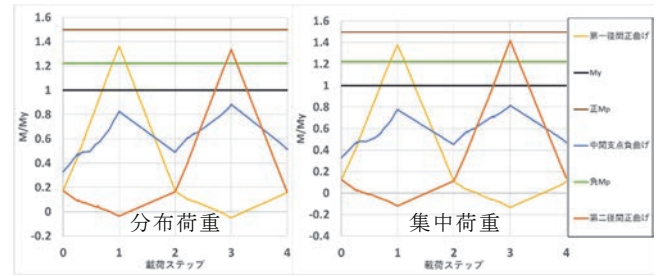


図-4 ホモジニアス桁の曲げモーメント変化

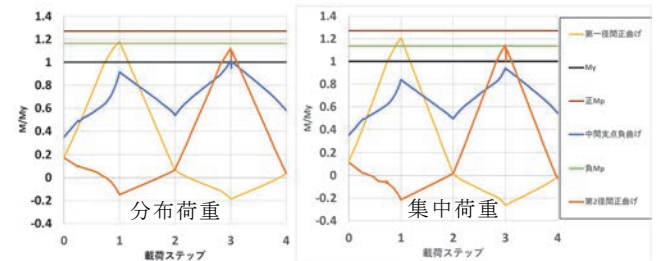


図-5 ハイブリッド桁の曲げモーメント変化

表-1 分布荷重と集中荷重比較表

ホモジニアス桁	分布荷重		集中荷重	
	第1径間	第2径間	第1径間	第2径間
正曲げ降伏後	72.9%	67.5%	75.8%	84.1%
負曲げ増加率	26.7%	14.0%	28.6%	13.2%
ハイブリッド桁	分布荷重		集中荷重	
	第1径間	第2径間	第1径間	第2径間
正曲げ降伏後	66.2%	45.1%	76.2%	53.2%
負曲げ増加率	29.9%	10.8%	26.1%	12.8%

率が大きくなる。ただし、曲げモーメントの推移、負曲げ増加率に大差 (1.9~0.8 ポイント) はなく、同様な挙動が得られたと考えられる。分布荷重と集中荷重を比較すると、両者とも第 1 径間よりも第 2 径間の方が正曲げ降伏後の割合、負曲げ増加率ともに大きくなっており、同様の挙動が得られたと判断した。

よって正曲げ部降伏後の負曲げ部への影響という観点ではホモジニアス桁、ハイブリッド桁どちらも分布荷重を集中荷重に置き換えることが可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、3 径間連続合成桁、および 2 径間連続合成桁を対象に、移動載荷を行った際の曲げモーメント挙動について解析的に検討した。解析結果より、モーメント再分配の影響については 2 径間連続桁でもある程度再現できることが分かった。

参考文献

- 1) 藤丸拓, 野坂克義: 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, pp697-709, 2021.