

非合成連続多主桁橋の冗長性におよぼす主桁数の影響に関する数値的検討

東北大学工学部 学生会員 ○加藤 慶一
 東北大学大学院工学研究科 正会員 斉木 功
 熊本高等専門学校専攻科 正会員 岩坪 要

1. はじめに

多主桁橋は、少数主桁橋に比べて冗長性が高いと考えられる。しかし、主桁数が冗長性に及ぼす影響は自明ではない。例えば、竹田ら¹⁾は非合成5主桁橋を対象に、岩坪ら²⁾³⁾は合成3主桁橋を対象に冗長性評価を行っているが、径間数やモデル化方法などが異なるため、これらの結果を直接的に比較することはできない。そこで本研究では、健全時には同程度の耐荷性能を保持するが主桁数の異なる多主桁橋を対象に非線形有限要素解析を行い、多主桁橋の主桁数が冗長性に与える影響を定量的に明らかにした。

2. 解析対象とそのモデル化

(1) 解析対象

供用されている4径間連続5主桁橋（橋長183.2m）を基本に、橋長、径間数および全幅員は同じとし、着目する応力もしくは耐力について各部材の制限値に対する作用値の割合が5主桁橋のそれに対して3%以内に収まるよう4主桁橋と3主桁橋を設計した。これにより、健全時にはどちらも5主桁橋と同程度の耐荷性能を保持するものと考えた。5、4および3主桁橋の断面図をそれぞれ図-1、図-2、図-3に示す。なお各部材の使用材料は5主桁橋と同じで、断面寸法のみを変更した。

主桁は橋軸方向に13の断面があり、各断面の死荷重と活荷重に対する曲げ圧縮応力もしくはせん断力のうち制限値に対する作用値の割合が大きき方に着目して設計した。床版は、死荷重と活荷重に対する終局曲げ耐力に着目して設計した。端横桁と中間横桁は、死荷重と活荷重に対する曲げ圧縮応力に着目して設計した。対傾構は、活荷重、温度差の影響、風荷重および地震の影響を考慮した荷重に対する軸方向圧縮力に着目して二次部材として設計した。横桁および対傾構の配置間隔は同じである。横構は、風荷重および地震の影響を考慮した荷重に対する軸方向圧縮力に着目して二次部材として設計した。

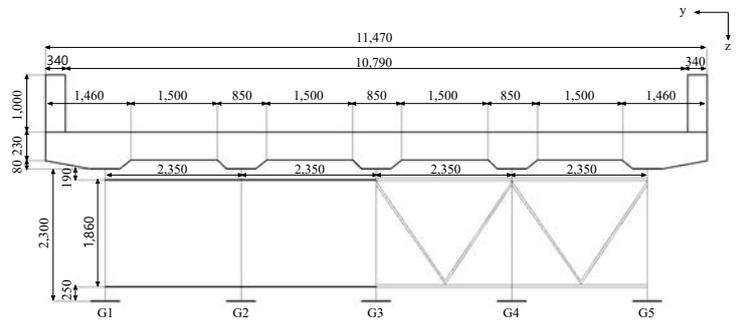


図-1 5主桁橋の断面図

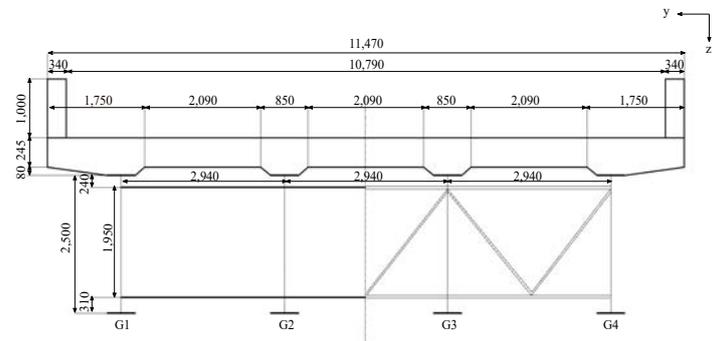


図-2 4主桁橋の断面図

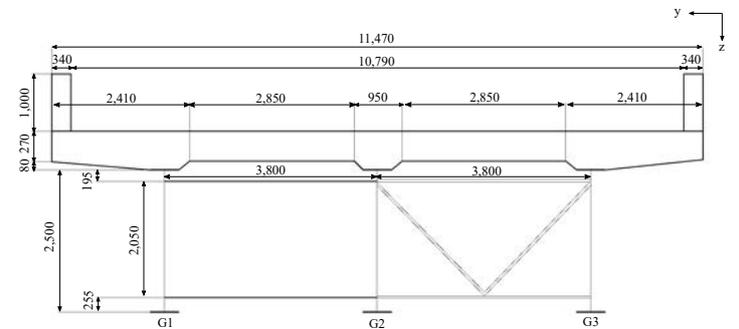


図-3 3主桁橋の断面図

(2) 有限要素モデル

竹田ら¹⁾と同様に、主桁、横桁、床版のモデル化には平面シェル要素を、対傾構、横構には骨組要素を用いており、いずれの部材も弾塑性体としてモデル化した。数値解析では材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した。

(3) 損傷および荷重の設定

竹田ら¹⁾と同様に、端支点部の主桁が疲労損傷することを想定した。外桁の支承付近の上下フランジおよびウェブ、水平補剛材を橋軸方向に一要素分除去すること

Key Words: 多主桁橋, 疲労損傷, 冗長性, 有限要素法

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 構造強度学研究室

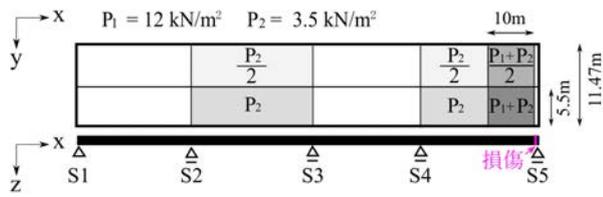


図-4 損傷と荷重载荷パターン

で、損傷を再現した。荷重は損傷を与えた主桁端部に最も大きなせん断力が生じるように、図-4に示すようにB活荷重を载荷した。非線形解析を行うにあたり、初めに死荷重(D)を与え、次に活荷重(L)を漸増させて解析を行った。このとき、活荷重に対する倍率として荷重パラメータ f を定義し、作用させる荷重は $D+f \cdot L$ とした。

3. 解析結果

損傷桁は張り出し梁のような変形となり、損傷部先端と端支点部で段差が生じる。竹田ら¹⁾と同様に、常田ら⁴⁾の走行試験結果をふまえて、本研究では損傷部先端のたわみ 100 mm を使用限界とする。損傷部先端における荷重-たわみ関係を図-5に示す。使用限界に達する荷重パラメータを f_f とすると、5主桁橋で $f_f = 1.19$ 、4主桁橋で $f_f = 0.82$ 、3主桁橋で $f_f = 0.24$ であった。5主桁橋に対して4および3主桁橋の f_f はそれぞれ31%、80%小さい。

主桁に生じる橋軸方向応力は主桁数によらず、損傷桁に隣接する主桁の横桁取付部（S5から10.0mの位置）の下フランジでモデル内最大となった。隣接桁の初期降伏時の荷重パラメータを f_y とすると、5主桁橋で $f_y = 1.86$ 、4主桁橋で $f_y = 1.41$ 、3主桁橋で $f_y = 1.07$ であった。5主桁橋に対して4および3主桁橋の f_y はそれぞれ24%、42%小さい。

図-6、図-7はそれぞれ5および3主桁橋の損傷部に最も近い横桁の相当塑性ひずみ分布であり、どちらもウェブの最大相当塑性ひずみは1%である。5主桁橋の横桁ウェブの広い範囲に比較的大きな相当塑性ひずみが生じ、3主桁橋の横桁上フランジに比較的大きな相当塑性ひずみが生じている。

以上より、冗長性を部材損傷後の耐荷性能と定義すると、多主桁橋において、主桁数が少ないほど冗長性が低いことを定量的に示した。また、主桁数が少ないと横桁のスペンが大きくなり、変形に対して曲げの影響が大きくなる。

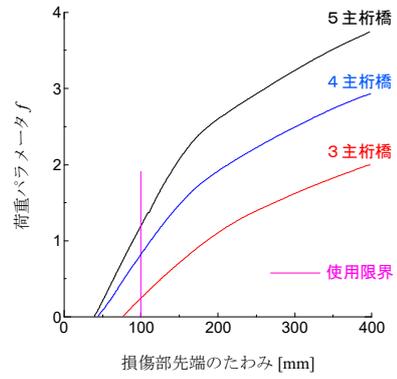


図-5 損傷部先端における荷重-たわみ関係

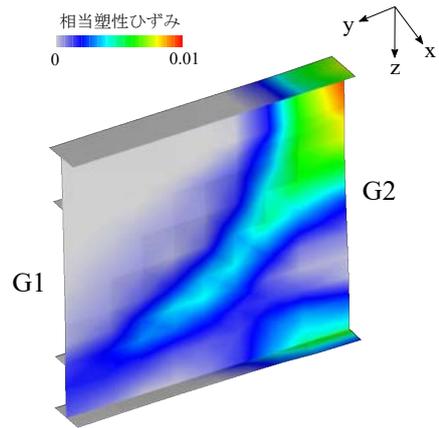


図-6 5主桁橋の横桁の相当塑性ひずみ分布

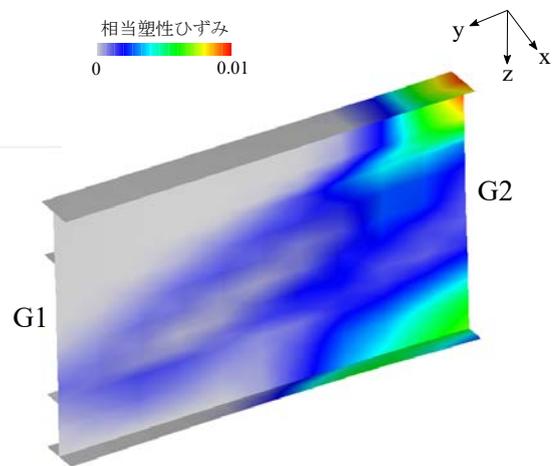


図-7 3主桁橋の横桁の相当塑性ひずみ分布

参考文献

- 1) 竹田 翼, 斉木 功, 山本剛大, 岩坪 要: 非合成連続多主桁橋の冗長性評価に及ぼすスラブアンカーの合成効果の影響, 土木学会論文集 A2, Vol.74, No.2, I.579-I.590, 2018.
- 2) 岩坪 要, 斉木 功, 橋本昇憲: 少数主桁鋼連続桁橋の冗長性と損傷程度との関係について, 鋼構造年次論文報告集, 第26巻, pp.357-364, 2018.
- 3) 岩坪 要, 斉木 功, 寺本有優美: 少数主桁連続橋でのリダンダンシー解析の試み, 鋼構造年次論文報告集, 第23巻, pp.378-385, 2015.
- 4) 常田賢一, 小田和広, 中平明憲, 林 健二, 依藤光代: 段差走行実験に基づく地震時の道路の性能評価および交通運用, 地震工学論文集, pp.596-604, 2007.