

幾何学的非線形を考慮した少数主桁連続橋の冗長性に関する検討

熊本高等専門学校 正会員 岩坪 要

熊本大学 非会員 伊津野 省吾

東北大学 正会員 斉木 功

1. はじめに

インフラの老朽化が社会問題となってきた中で、損傷を受けた構造物の残存耐荷性能の評価方法や、構造システムとしての終局挙動を調べる事は重要である。平成26年6月に土木学会鋼構造委員会「鋼構造物のリダンダンシーに関する検討小委員会」から報告書と「リダンダンシー評価ガイドライン(案)」¹⁾が公開された。ここでリダンダンシーとは直訳すると冗長性となり、冗長性がある構造物は急激な崩壊に至らないと考えられるため、構造システムとしてはある程度の冗長性を保有していることが望ましい。ガイドラインではリダンダンシーを「ある部材もしくは部材の一部が破断等した後の耐荷性能」と定義しており設計活荷重の0.5倍で評価する方法が提案されているが、これは通常使用時の評価としては用いることが出来るが終局状態の評価ではないことになる。そこで本研究では、構造システムとしての終局状態に至るプロセスを非線形構造解析で調べ、構造システムの冗長性について検討を行った結果を報告する。

2. 解析条件

2.1. 対象モデル

解析対象モデルは3径間連続少数主桁橋の高速道路橋であり、諸元を表1と図1に示している¹⁾。汎用有限要素解析プログラムである Marc2012 を用い、シェル要素(要素番号 75)を基本要素として設計図面に従い主桁の補剛材も含めてモデリングを行った。主桁と床版は剛体の棒要素で結合させた。鋼材の材料特性は降伏後のヤング係数を $E/100$ とした Bi-Linear 型とし幾何学的非線形も考慮した。文献2)において著者は床版のモデル化について触れているが、PC 床版は配筋やプレストレス力の考慮など、より詳細なモデル化による検討が必要であることと、本研究では鋼桁の挙動に着目するため、本研究では壁高欄や中央分離帯は除外した解析モデルでの検討結果を示している。

表 1 橋梁形式

形 式	3 径間連続桁 (PC + 3 本鋼桁)
橋 長	140m (42m+54m+42m)
荷 重	B 活荷重
幅 員	12.66m
鋼 種	SMA490, SMA570

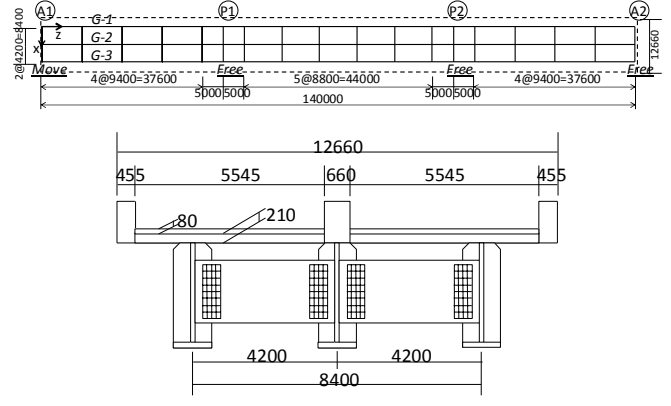


図 1 橋梁諸元図

2.2. 荷重

荷重は死荷重の他、漸増荷重として道路橋示方書の B 活荷重を採用し、L 荷重である p_1 荷重 (10kN/m^2) と p_2 荷重 (3.5kN/m^2) を図2に示すように2パターン (Load1 と Load2) で載荷させ、いずれも G-3 桁に負荷がかかるように載荷した。荷重状態は死荷重 (D) を載荷したのち活荷重 (L) を式 (1) に示すように漸増載荷させた。式中の f が活荷重倍率であり、ガイドラインでは $f=0.5$ で部材評価を行うことが提案されている。

$$D + f \cdot L \quad (1)$$

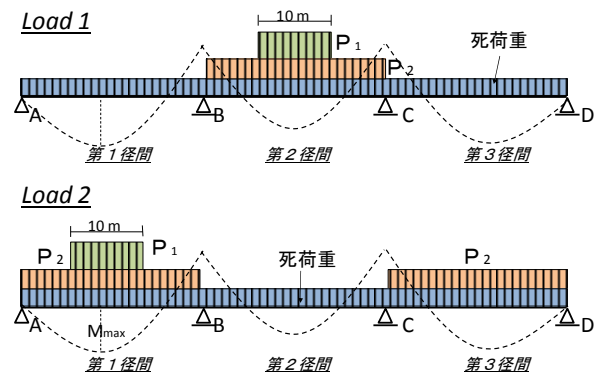


図 2 荷重状態図

キーワード：連続橋、冗長性、活荷重倍率、幾何学的非線形
国立熊本高等専門学校 Tel : 0965-53-1339

連絡先：〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Fax : 0965-53-1349 E-Mail : iwatsubo@kumamoto-nct.ac.jp

2.3. 設定した損傷状態

損傷部材は図3に示すように文献2)と同様 G-3 桁として、損傷箇所(3カ所)と損傷状態(5パターン)を組み合わせることで全部で 15 パターンのモデルを設定した。損傷状態のモデル化では、想定した部分の要素を減ずる方法で設定した。

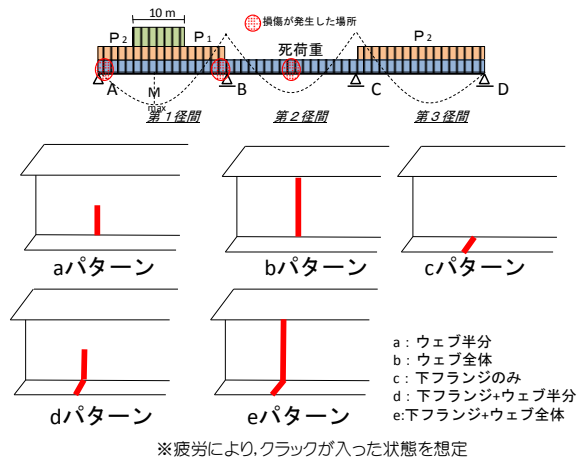


図3 設定した損傷パターン

3. 解析結果

本稿では Load2 の荷重状態について、第1径間の中間支点 B 横に図3の各損傷を与えた時の結果を示す。

(1) たわみ曲線

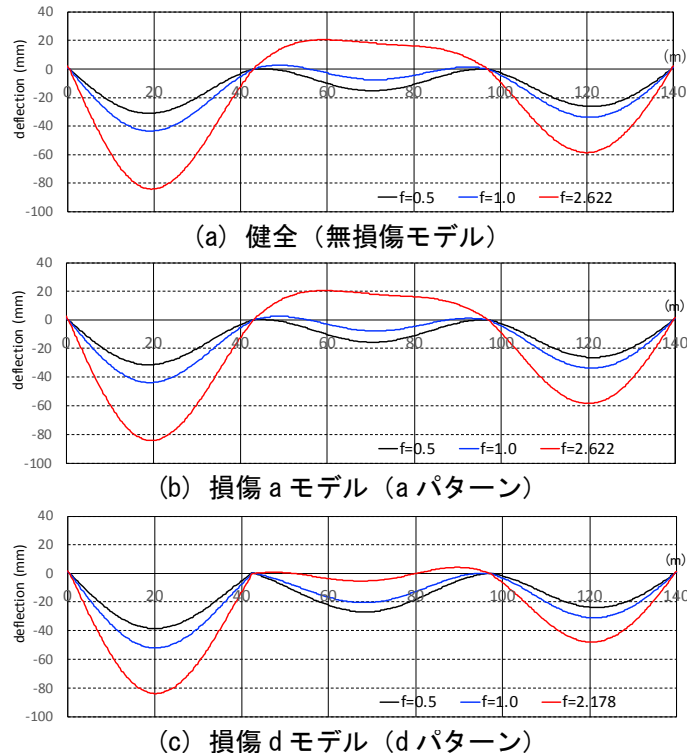


図4 G-3 桁下フランジのたわみ曲線

各損傷状態でのたわみ曲線より、損傷 a と損傷 d では全体たわみが変わっていることが確認出来る。これらの違いは下フランジの有無であり、下フランジが引張部分の挙動に影響を与えていることが分かる。

(2) 荷重-たわみ曲線

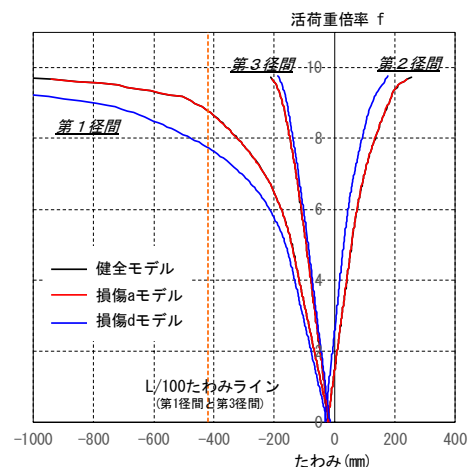


図5 各径間中央点の荷重-たわみ曲線

図5に各径間中央点の荷重-たわみ曲線を示すが、健全モデルと損傷 a モデルのたわみ挙動は変わらないことが分かる。しかし損傷 d モデルについては、第1径間のたわみが大きく出ており、連続桁の構造形式の関係で第2径間の影響を与えていることが分かる。

(3) 終局挙動

今回の解析結果から、終局状態に至る幾つかの評価ポイントを設定し、その時の活荷重倍率 f を調べた。その結果、本橋梁はある程度の冗長性を有しており、下フランジの有無の影響が大きいことが分かる。

表1 評価ポイントでの活荷重倍率 (損傷場所は中間支点横)

評価ポイント	健全	損傷 a	損傷 d
L/500 (たわみ制限)	2.622	2.622	2.178
L/100 ³⁾	8.633	8.622	7.678
降伏要素が出現	5.011	5.000	4.656
塑性ひずみ 2%	9.233	9.233	8.611

4. まとめ

本稿では幾何学的非線形も考慮した解析結果の一例を示した。今回設定した損傷パターンでは、下フランジの有無が挙動に大きく影響を与えることが分かった。また、損傷した桁ではなく隣の G-2 桁の下フランジが最初に降伏するケースも見られた。構造システムとしての冗長性の評価方法は、今後も引き続き検討を行っていく予定としている。

【参考文献】1) 土木学会鋼構造委員会：鋼構造物のリダンダンシーに関する検討小委員会・報告書、並びにリダンダンシー評価ガイドライン(案)，2014。2) 岩坪ほか：少数主桁連続橋でのリダンダンシー解析の試み，鋼構造協会，鋼構造年次論文報告集，第23巻，pp.378-385，2015。3) NCHRP Report 406：Redundancy in Highway Bridge Superstructures, 1998。