

初期損傷を有する合成 2 主桁橋のリダンダンシーに関する基礎的研究

早稲田大学大学院 学生会員 ○片山 裕道
早稲田大学大学院 学生会員 遠藤 宙弥
早稲田大学 フェロー 依田 照彦

1. 目的

近年, 合成 2 主桁橋は, 経済的で合理的な橋梁として位置づけられており, 多くの現場で建設されている. その一方で, 主桁が 2 本であることからリダンダンシーが不足しているのではないかと指摘がある. そこで, 本研究では有限要素汎用コード DIANA を用いて 2 主桁橋をモデル化し, 3 つの損傷させたモデルをもとに構造解析を行い, 合成 2 主桁橋のリダンダンシーに関する検討を行う.

2. 解析条件および解析モデル

解析に用いたモデルを図 2. 1、図 2. 2 に示す.
また解析は以下の条件で行った.

- (1) 解析モデルの自重を考慮する.
- (2) 床版はソリッド要素, 床版以外はすべてシェル要素とする.
- (4) 有限要素法においてシェル要素は, すべて曲面シェル要素を用いる.
- (5) 境界条件は, 支点 A を固定支承, 支点 B は可動支承とする.
- (6) 解析では材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮する.
- (7) 床版をコンクリート, 床版以外はすべて鋼材 (SM490) とした. 材料特性を表 2. 1 に示す.

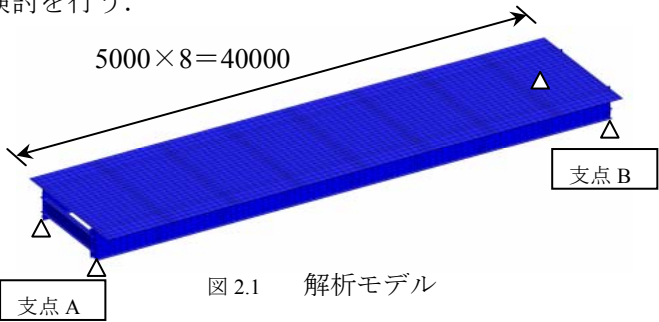


図 2.1 解析モデル

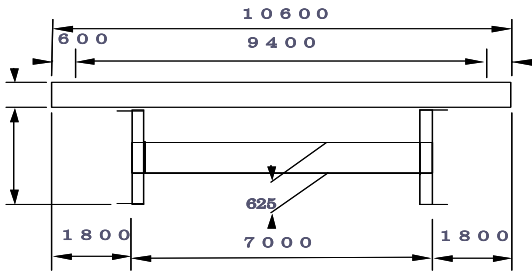


図 2.2 断面図

[単位:mm]

表 2.1 材料特性

	ヤング係数 (N/m ²)	ポアソン比	密度 (kg/m ³)	引張強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ	終局ひずみ
コンクリート	3.6×10 ¹⁰	0.224	2.4×10 ³	3.72	1.0×10 ⁻⁴	1.0×10 ⁻³
SM490	2.1×10 ¹¹	0.300	7.85×10 ³	355	2.0×10 ⁻³	0.2

3. 損傷箇所

Case 1 から Case 3 までの 3 つの損傷モデルを考え, それぞれの損傷箇所を図 3. 1 に示す.
黒の部分がモデルの損傷箇所である.

[Case1] 中央部の主桁を損傷させたモデル
(下フランジとウェブ下部)

[Case2] 支点 A に近い主桁を損傷させたモデル
(下フランジとウェブ下部)

[Case3] 支点 B の片側を外したモデル

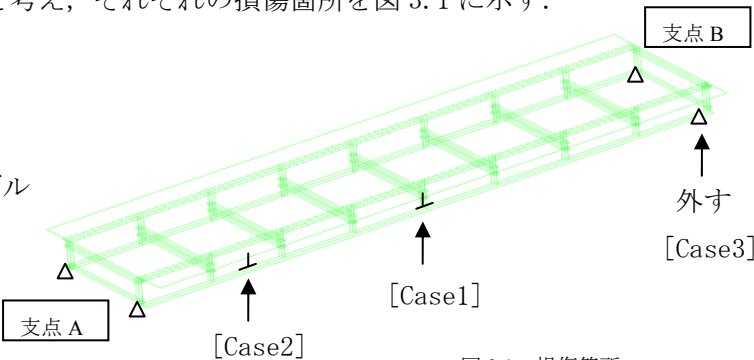


図 3.1 損傷箇所

4. 解析結果

[Case1] 主桁ウェブには損傷させた箇所の真上に最大引張応力 549N/mm^2 が見られる(図 4.1 参照)．その結果、さらにそこから損傷が進んでいき、最終的に上フランジとウェブの接合部まで損傷が進む．床版には主桁損傷箇所の真上端部に最大引張応力 2.95N/mm^2 ，最大圧縮応力 16.6N/mm^2 が観察された(図 4.2 参照)．コンクリートの最大引張応力は引張強度以下であるので、活荷重が大きくない限り、損傷は進展しないと考えられる．

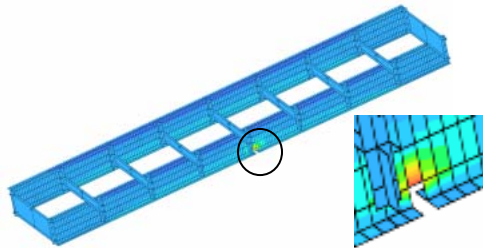


図 4.1 [Case1]床版以外の応力図

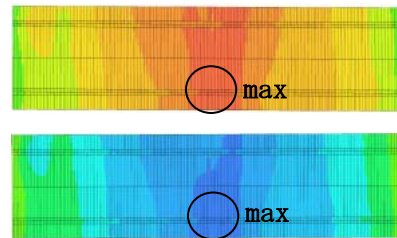


図 4.2 [Case1]床版の応力図

最大変位 17 cm

[Case2] Case1 と同様に、損傷箇所の真上に最大引張応力の 523N/mm^2 が見られる、最終的には上フランジとウェブの接合部まで損傷が進む(図 4.3 参照)．このとき床版には図 4.4 に示した箇所に最大引張応力 3.36N/mm^2 ，最大圧縮応力 18.7N/mm^2 が発生するものの、それぞれ引張強度、圧縮強度以下なので、活荷重が大きくない限り、損傷の進展はないと考えられる(図 4.4 参照)．

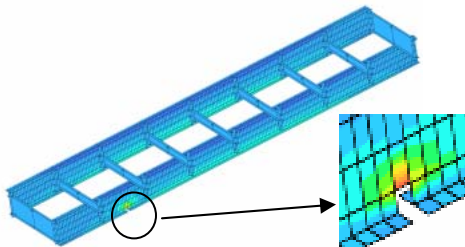


図 4.3 [Case2]床版以外の応力図

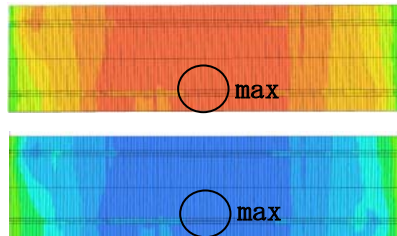


図 4.4 [Case1]床版の応力図

最大変位 15.4 cm

[Case3] 可動支点 B の片側を外した場合、支点 A 付近の主桁ウェブに座屈現象が見られる(図 4.5 参照)．支点 A 付近が損傷するとその付近から損傷が進み、最終的に全体の最大変位が 1.5m となった．また、この時の床版の最大引張応力は 3.17N/mm^2 ，最大圧縮応力 31.8N/mm^2 であった(図 4.6 参照)．

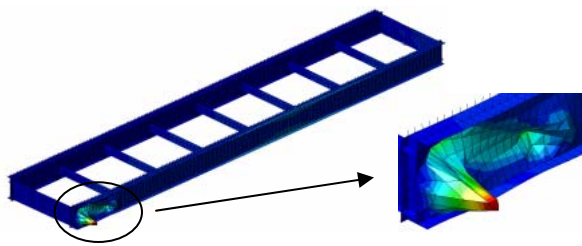


図 4.5 [Case3]床版以外の応力図

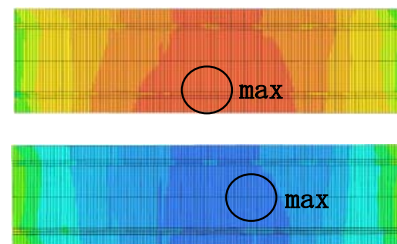


図 4.6 [Case3]床版の応力図

最大変位 1.5 m

5. 考察

主桁の下フランジとウェブ下部に損傷を与えた場合、損傷を与える場所に拘わらず同じような挙動を見せることが分かった．主桁部分では損傷箇所上部のウェブに応力が集中し、上フランジとウェブの接合部まで損傷が進み、床版にはウェブ損傷部の直上のコンクリート端部に強い引張応力が発生する．もしこの値が引張強度を超えると、そこからひび割れが進展していくと思われる．また、片側の可動支承を外した場合には、固定支承近傍の主桁ウェブが座屈して、崩壊モードを示した．このように一部の主桁が静的に破損したときには、ある程度機能は保持するが、動的効果を考えた場合には、必ずしもリダンダンシーがあるとはいえないので、合成 2 主桁橋では動的挙動を生じさせない配慮が必要である．

参考文献： 1) 日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編，II 鋼橋編，平成 14 年 3 月
2) JIP テクノサイエンス：DIANA 9 ユーザーマニュアル，2005. 9