

劣化した RC 床版を有する合成 2 主桁橋の構造特性 ー 解析的検討 ー

瀧上工業（研究当時：長岡技術科学大学）
長岡技術科学大学
駒井ハルテック
早稲田大学
京都大学
立命館大学
国土技術政策総合研究所

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○高橋誠汰
宮下 剛, Pham Ngoc Vinh
佐藤悠樹, 橋 肇
小野 潔
北根安雄
野阪克義
白戸真大

1. はじめに

平成 29 年 7 月に改定された道路橋示方書（以下、道示）りでは、従来の許容応力度設計法から部分係数設計法及び限界状態設計法へと移行した。ここでは橋梁を構成する各部材の限界状態のみならず橋梁の構造システムとしての限界状態の定義も与えられている。これは、構造システムとしての冗長性を期待するものであるが、部材の限界状態と同様に、限界状態の明確化とその定量評価が課題である。

2. 研究目的

構造システムとしての限界状態の把握に資する研究として実施した 1/2 スケールの合成 2 主桁試験体の 3 点曲げ載荷試験を対象に、解析的検討を行う。

3. 解析概要

図 1 に対象とする試験体を示す。試験体は 2 体あり、3 点曲げ載荷試験を行うが、これに先立って、RC 床版の定点移動疲労載荷試験を行い、床版の損傷程度を実験パラメータとした。1 体は比較的交通量が多い既設橋で多く見られる床版下面の亀甲状のひび割れを再現し（試験体 A1）、もう 1 体は定点移動疲労載荷試験のあと、さらに押し抜きせん断載荷を実施する（試験体 A2）。疲労試験ならびに 3 点曲げ載荷試験の詳細は別途報告する。

ここでは、RC 床版が健全であるとして再現解析を含めた解析的検討を実施する。図 2 に作成した FEA モデルを示す。使用したソフトウェアは、DIANA 10.3 である。図 2(a) が試験体と同様に 2 主桁としたモデル、図 2(b) が 2 主桁モデルを床版幅方向の中央で半分にした 1 主桁のモデルである。表 1 に使用した要素や物性値、メッシュサイズ等の FEA モデルの概要を示す。幾何学的非線形性ならびに材料非線形性を考慮した複合非線形 FEA を実施する。

外力として、載荷試験にもとづいて載荷面に強制

変位を与える。載荷面には、載荷板として鋼材の物性値を有する弾性体要素を設置した。載荷板以外の鋼材の材料モデルは、バイリニアモデルとし、降伏点までは応力・ひずみ関係が弾性係数を 200 GPa としたフックの法則に従い、降伏点以降は応力・ひずみ関係が弾性係数の 1/100 の勾配を有する直線関係とした。RC 床版については、コンクリートについては表 2 に示すモデル化を行い、鉄筋に関しては埋め込み鉄筋要素を使用している。メッシュサイズは、鉄筋以外については 40 mm を標準とし、総節点数は 738,514、総要素数は 174,194 となった。また、スタッドを鋼材プレートに換算して、シェル要素でモデル化している。具体的にはスタッド群の総面積をスタッド群の幅で除して鋼材プレートの板厚を求めた。

4. 解析結果と考察

図 3 に、載荷荷重と支間中央鉛直変位について、実験結果と解析結果の比較を示す。解析の終了は、RC 床版コンクリートの圧縮強度に達するときのひずみとなるようにした。同図より、2 主桁モデルについて、RC 床版の損傷は考慮していないものの、実験結果と解析結果の傾向はおおむね一致しており、実施した FEA の妥当性が検証されたと言える。実験の

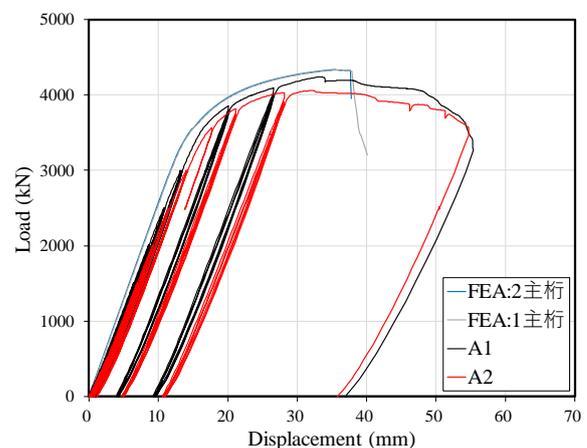


図 3 荷重ー支間中央鉛直変位関係

キーワード 限界状態, 合成桁, RC 床版, 載荷試験, FEA

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL: 0258-47-9641

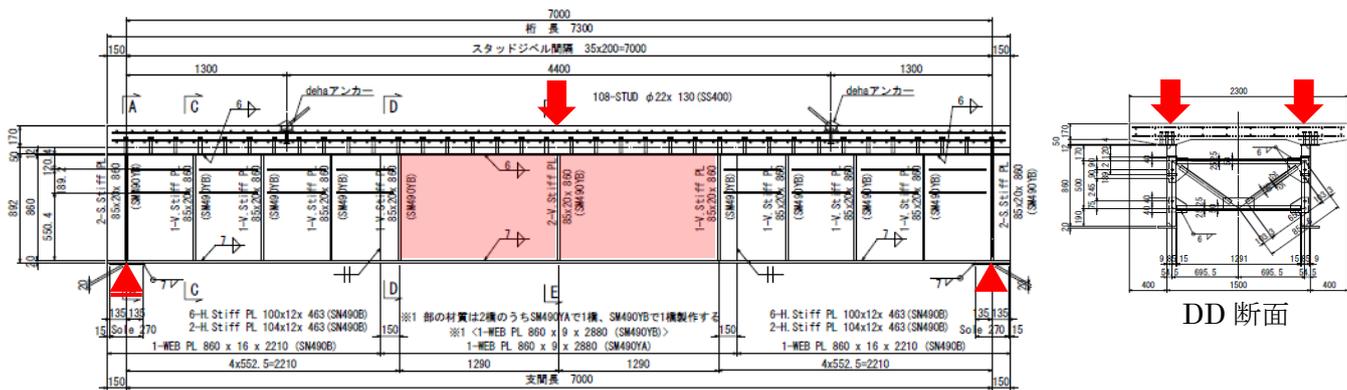
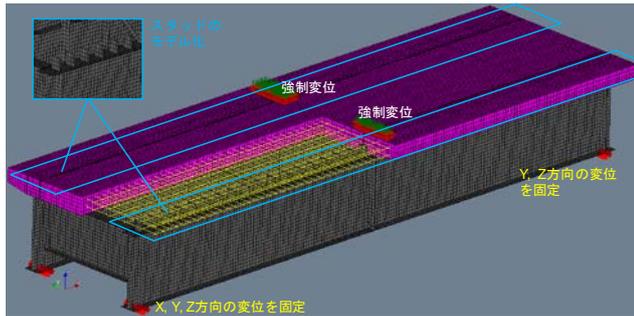
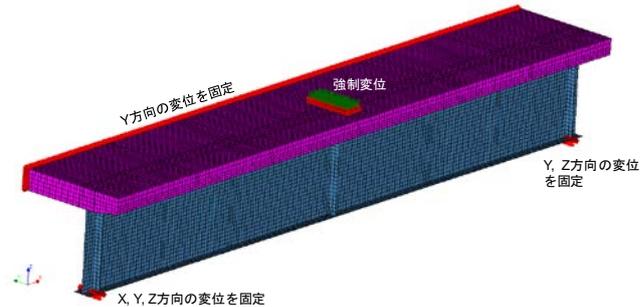


図1 試験体



(a) 2主桁モデル



(b) 1主桁モデル

図2 FEAモデル

表1 FEAモデルの概要

部材	要素	材料モデル	降伏点 σ_y (MPa)	板厚 (mm)	メッシュサイズ
上フランジ	曲面シェル要素 (CQ40S & CT30S)	バイリニア	423	12	40 mm
ウェブ			393	9, 16	
下フランジ			394	20	
スタッド			393	9.5 (換算)	
支点上横桁			393	9, 12	
対傾構				6, 9	
鉄筋	Bar要素		384	D13, D16	1分割
RC床版	20節点ソリッド要素	表2		220	40 mm
載荷板	(CHX60)	弾性体		32	

表2 コンクリートの材料モデル

圧縮強度 f_c (MPa)	34.5
引張強度 f_t (MPa)	2.437
ヤング係数 E_c (MPa)	2.8×10^4
単位体積重量 (ton/m ³)	2.45
圧縮破壊エネルギー G_{fc} (N/mm)	48.04
引張破壊エネルギー G_{ft} (N/mm)	0.0884

※ただし、圧縮軟化曲線には Parabolic 式、引張軟化曲線には Hordijk 式を用いた。

最大荷重が A1 が 4241 kN, A2 が 4060 kN であるのに対して、FEA の最大荷重は 4335 kN である。

また、1主桁モデルについても載荷荷重と支間中央鉛直変位を図3に示す。ここで、荷重は2主桁の場合に合わせて2倍にしている。同図より、主桁本数によらず、FEAの荷重-変位関係は同様になることがわかる。これは、載荷位置が、T荷重を模した各鋼桁直上であり、実験結果からも、横桁や対傾構にほとんどひずみが発生しておらず、荷重分配がみられなかったことから、各鋼桁が独立して挙動したためと考えられる。

ただし、現状ではRC床版が健全であるとして再現解析を実施している点には注意が必要である。実験結果と解析結果の差異は、床版のモデル化のみならず、床版以外の解析モデルの作成方法や解析方法に起因して生じる可能性があり、引き続き検討を進めたい。

謝辞

疲労試験に協力頂いた早稲田大学佐藤教授、竹田氏に感謝します。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017。