

疲労設計応力算出に用いる構造解析係数と有限要素法モデル

東京工業大学 学生会員 菅沼 久忠
 独立行政法人 土木研究所 正会員 高橋 実

1. はじめに

鉄桁橋において、自動車の通行にともなう発生応力は、骨組み解析に基づく通常の構造計算によって求まる応力に比べて、かなり低いことは今までに指摘されてきたことである。疲労設計指針では、この設計計算応力と実際に生じる応力の差を考慮する目的で構造解析係数を導入している。これは従来から実応力係数(実応力比)と呼ばれていたものと同じ補正係数といえる。すなわち、常に過大評価される計算応力を適正に補正することにより、現実的な疲労照査とすることを目的としており、言い換えればこの係数を導入することにより、過剰な疲労設計を避けることができる。

骨組み解析ベースの応力が過大となる理由としては、その過程で用いられているさまざまな仮定にある。たとえば床版と桁との合成効果、対傾構、横桁、横構などの部材による荷重分配効果、支持点の回転や移動の拘束効果などを考慮していないことが挙げられる。これに対して、3次元有限要素法を用いることで、これらの仮定を全て考慮することができることから、より現実的な疲労照査をすることが可能となる。しかしながら、3次元有限要素モデルの作成の煩雑さ手間から現在はあまり行われていない。鋼橋の大部分を占める鉄桁においては、2次部材のモデル化に時間を割かれることが大半である。そこで、本研究では、実橋載荷試験を行った橋梁に対し、詳細な3次元有限要素モデルを作成し、その補剛部材の有無をパラメータとして疲労設計応力の変化を考察することで、鉄桁有限要素モデルの簡略化を検討する。なお本解析には汎用 FEM 解析ソフト ABAQUS を用いた。

2. 対象橋梁

対象とした橋梁は、東名自動車道広野橋下り車線(図1)である。本橋は RC 床版非合成 3 径間連続 3 主桁橋である。この橋は非合成桁として設計されているが、過去の研究に基づき解析は全て合成桁として行った。共用後の床版改良工事により、縦桁と対傾構が追加されている。

使用した車両は 5 軸の大型トレーラー 4 台である。荷重車の総重量は 200t となり、設計時の T20 荷重をはるかに超えている。車両配置は P1P2 間のスパン中央に着目した Load Case A と、P2 支点上に着目した Load Case B である。それぞれのトレーラー配置を図2に示す。

3. 3次元有限要素モデル

モデル化は図3のとおりである。図4は、Load Case A および Load Case B について、実測応力と FEM からの算出応力を比較したものである。支間中央の実応力比は、骨組み解析では 0.68、有限要素解析では 0.99 であった。

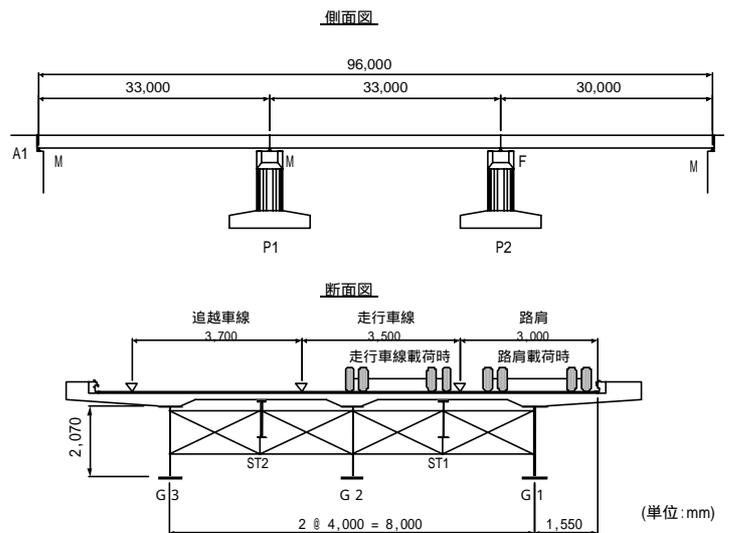


図1: 対象橋梁概略

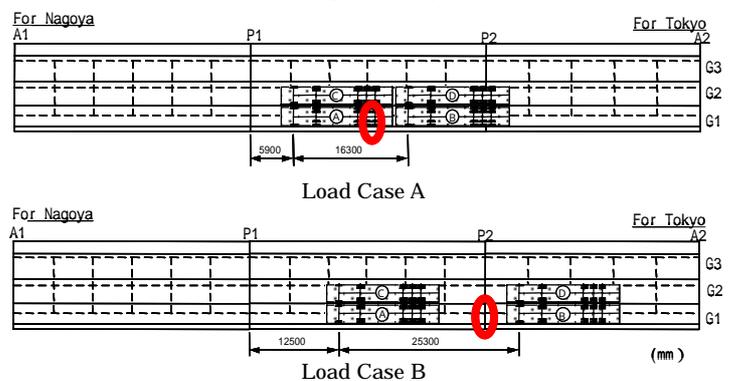


図2: 荷重車配置

キーワード 疲労, 設計, 有限要素法, 構造解析係数, 実応力比

連絡先 〒152-8522 東京都目黒区大岡山 2-12-1 Tel:03-5734-2596 FAX:03-5734-3578

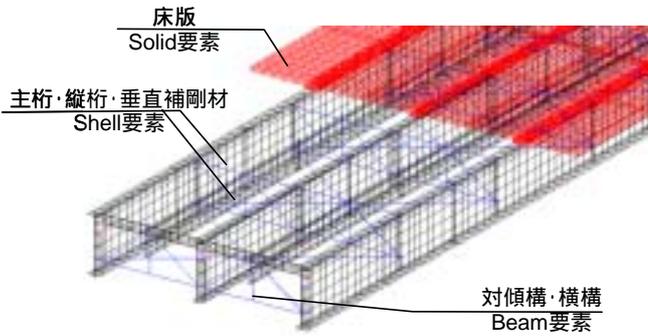


図 3: モデル詳細

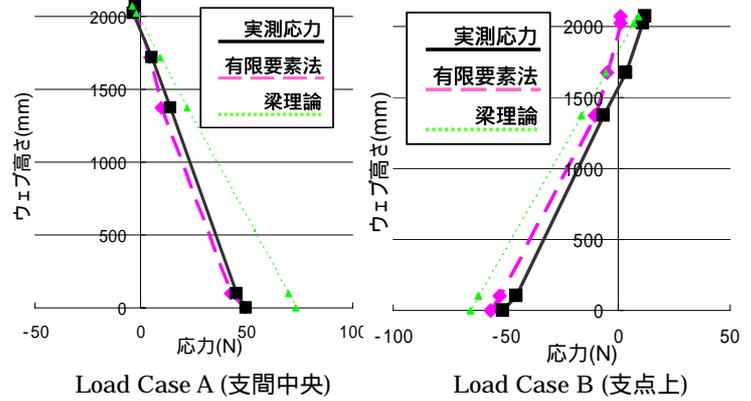


図 4: 各手法の算出応力と実測値

4. 部材の有無によるパラメータ解析

先のモデルから縦桁・対傾構・下横構・垂直補剛材・支点上垂直補剛材の有無をパラメータとして、表 1 に示す A~K の 11 モデルの作成・解析を行った。解析結果を図 5,6 に示す。縦軸は橋軸方向応力の実応力比を、中間支点上については更に主応力の実応力比を示す。

4.1 支間中央部

縦桁と支点上補剛材の影響が比較的大きいが、概して各補剛材を除いた影響は少ない。これは有限要素法を用いることにより考慮された床版の合成が、全体挙動に対して支配的であるためである。支点上補剛材は梁理論ではその有無は全体挙動に影響を及ぼさないが、実際は全体挙動に影響を及ぼす部材であることがわかる。

4.2 中間支点部

橋軸方向応力ベースでは補剛材の影響が見られないが、主応力ベースで結果を見ると支点上補剛材の影響が顕著となる結果を得た。つまり支点上補剛材が、支点上の応力状態に対して重要な要素であることが分かる。同時に、支点上では応力状態が複雑なため、公称応力に基づく疲労設計では対応できない可能性も示された。

表 1: 解析モデルの構成

モデル名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
横構	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
対傾構	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
縦桁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
垂直補剛材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
支点上補剛材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

○:モデルに含む - :モデルに含まず

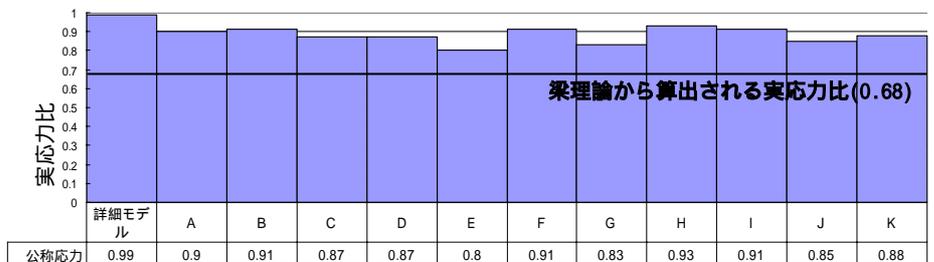


図 5: 各モデルと実応力比の関係（支間中央）

5. まとめ

補剛材を除いて簡略化した有限要素法解析モデルにより、精度の高い実応力の把握が可能である。また縦桁と支点上補剛材が全体挙動に特に影響のある部材であることを確認した。

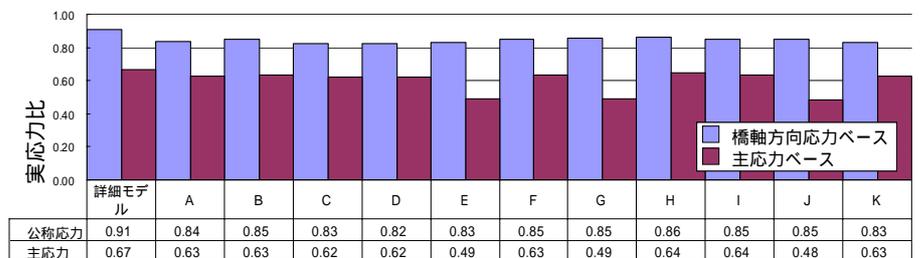


図 6: 各モデルと実応力比の関係（支点上）

参考文献

- ・ 村田洋平他:鋼 I 桁橋の変形挙動に関する解析的研究,土木学会第 57 回年次学術講演会 I-657
- ・ 三木千壽他:既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価,土木学会論文集 No.647 PP281-294