

I-181 実働荷重による鋼 I 桁橋の疲労解析と 2 次部材の効果に関する 2, 3 の考察

清水建設(株) 正員 中原俊之 京都大学工学部 正員 古田 均
京都大学工学部 正員 杉浦邦征 京都大学工学部 正員 渡邊英一

1. はじめに

近年、供用開始後かなりの年数を経た都市高速道路の鋼橋に疲労損傷事例が目立っており、苛酷な実働荷重下での構造詳細部の疲労強度に着目する必要があるが生じている。そこで、本研究では梅田ランプ橋を対象として、実測データに基づく活荷重シミュレーションおよび現実に近い立体 F E M モデルを用いて全体解析およびズームングによる 2 段階有限要素解析を行い、主桁・対傾構取合い部における応力集中部の挙動を明らかにし疲労損傷解析を試みるものである。この一連の流れが完成した後、モデルの 2 次部材を除去した構造等について同様の解析を行い、2 次部材が疲労強度に与える影響について考察する。

2. 活荷重モデル

シミュレーションに用いた活荷重モデルは次の 3 種類である。第一は都市高速道路型として阪神高速道路・芦屋集約料金所での測定値、第二は一般国道型として建設省による測定値、第三は一般道路型として大阪大学による比良川橋での測定値を基にしたモデルである。疲労解析においては、大型車混入率の影響が非常に大きく、その値は阪公データで 17% (最大重量 60 (tf))、建設省データで 20% (最大重量 70 (tf))、大阪大学データで 8% (最大重量 80 (tf)) となっている。解析モデルがランプ橋であることを踏まえて、走行台数は各データとも 1 日に 1 車線あたり 1200 台とし、衝撃係数は無視することとした。

3. 梅田ランプ橋全体解析

本研究の解析対象である阪神高速道路・梅田入路の一部である鋼単純合成 I 桁橋については、先に実橋での載荷実験が行われており、実測値と解析値の比較が可能であるという利点からモデルとして選定した。この実験報告では載荷実験による実測値と薄肉シェル要素を用いた F E M 解析結果が示されており、本研究においては、このモデルをさらに現実に近づけた立体 F E M モデルを構築することとした。このモデルは、Fig. 1 に示すように、実橋における R C 床版及び R C 壁高欄の剛性、それらの有する厚みの影響を考慮して、3 次元ソリッド要素を有する総節点数 1742、総要素数 1602、6681 自由度のモデルとなっている。ここには示さなかったが、本モデルによる解析値は前述の実験値と薄肉シェル要素による F E M 解析値との間に収まり、良好な精度を得ている。

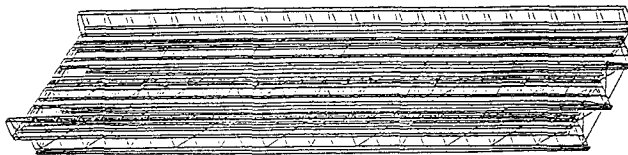


Fig. 1 全体解析立体 F E M モデル図

4. 疲労解析

本研究では、局部解析モデルとして、最近数多くの疲労損傷例が報告されている主桁スティフナと対傾構取合い部を含む部分を取り上げることとした。このモデル図を Fig. 2 に示す。これは、梅田ランプ橋の左主桁中央部の対傾構取付け位置をズームングアップしたものであり、境界条件は次のように設定する。まず、局部解析モデルを図に示すように、上フランジの両端 a, b 点で単純支持された梁と考え、桁両端

の上下フランジ、ウェブの各節点には面内方向強制変位を与える。対傾構取り付け部には、全体解析結果の軸力をそのまま載荷する。最後に、床版の変形にともなう上フランジの首振り、上フランジの各節点に鉛直方向変位を与えることによって考慮する。局所応力解析の結果、梅田ランプ橋ではスティフナの対傾構取付部に従来の橋とは異なってウェブギャップが存在しないため、やや特異ではあるが上フランジとスティフナの接合部近辺の上フランジ要素に応力集中が見られた。ここでは、この着目要素に関する疲労解析を行なった。

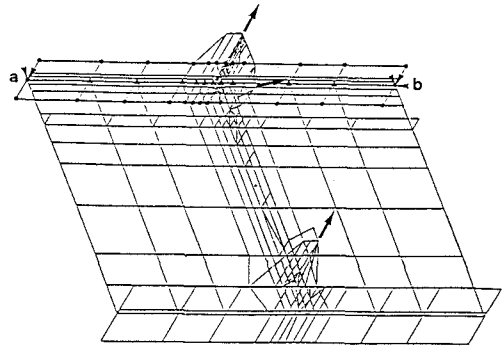


Fig. 2 局所解析モデル

疲労解析において疲労設計曲線は日本鋼構造協会・疲労設計指針（案）による強度等級Dの式を用いて線形被害則により疲労寿命の計算を行った。なお、応力範囲の頻度解析にはレインフロー法を用いた。本研究では、この一連の計算を2次部材が疲労強度に与える影響について2，3の考察を試みようとの考えから、以下に示す4つのモデルに対して行った。

モデル1：梅田ランプ橋原型のままの基本構造モデル

モデル2：局所解析モデルに含まれる対傾構斜材断面を半減させたモデル（腐食を想定）

モデル3：モデル2において着目点の腐食を考慮し、疲労限をなくしたモデル

モデル4：中間対傾構4組を撤去したモデル（中央・端対傾構、横構はそのまま）

5. 解析結果及び考察

それぞれのモデルに対する疲労寿命計算結果を以下のTable 1に示す。

Table 1 疲労寿命計算結果（年）

阪公、建設省、阪大データによる解析結果の比較から、大型車の混入率がそのまま疲労寿命に影響することが確認された。モデル2では、対傾構斜材が腐食を起こした場合を想定して、斜材断面を半減させた場合の計算を行った。このケースでは斜

	阪公データ	建設省データ	阪大データ
モデル1	47.474	28.372	74.163
モデル2	45.644	27.711	71.504
モデル3	44.770	27.382	70.997
モデル4	8.774	5.811	14.753

材軸力が減少する分、応力集中部の疲労損傷には好影響が出るかと思われたが、斜材軸力分が上弦材、下弦材へと荷重分配されることになり結局疲労寿命自体は変化しなかったようである。また、モデル3の解析結果から、疲労限の設定値が妥当でありこれ以下の応力範囲は疲労寿命にはあまり影響しないことが証明された。モデル1，4の対傾構設置間隔はそれぞれ4.8(m)、14.3(m)である。応力集中部での応力は対傾構撤去に伴ってかなり大きくなり、疲労寿命も極端に短くなる。しかし、ここには示さなかったがディテール以外での部材力は最大値付近で16%程度の違いしか見られず設計許容値内に入っていると思われる。対傾構や横構のような2次部材はできるだけ減らすことが望ましいので、この結果から、応力集中部さえ何らかの方法で補強できれば、対傾構設置間隔は現行設計法の6(m)からいくらかは広げることが可能であると考えられる。