

鋼床版の疲労問題と比較的低い周波数の騒音との関連についての一考察

○中央大学 学生員 大西諒 中央大学 正会員 佐藤尚次
中央大学 正会員 平野廣和

1. はじめに

都市部における高架橋から生じる騒音問題，特に 20～200Hz の比較的低い周波数の騒音が最近注目されるに至っている．騒音が生じる高架橋には，一般に遮音壁が設置されており，横方向に放射される騒音を防いでいるが，車両通過時の走行音が床版を透過して下面方向に放射され，同時に車両がジョイント部を通過する度に「ドン，ドーン」という低い音が発生している所がある．この高架橋下の桁や床版に手を触れると，面外方向に振動しているのがわかる．また，高架橋に付属の照明柱が肉眼でも振動しているのが確認できる．これら騒音と桁，照明柱の揺れから，高架橋全体的に揺れていると予想される．この揺れにより比較的低い周波数の騒音が放出されていると考えられ，実際に近隣住民が苦情を訴えている場所もある．

一方，1970 年代初めごろから施工性の向上や軽量化を計る目的で，高架橋に鋼床版構造が採用されてきた．当初，十分な耐用年数を有していると考えられていたが，実際は予想の半分程度の年数で鋼床版と補強材としての U リブの溶接部に疲労損傷から亀裂が生じ、その亀裂がデッキプレート貫通することなどが報告されている．この原因としては，過積載車をはじめとした車両の輪荷重などで床版が複雑な挙動を示し，溶接部などに局所的に高い応力が発生することによると言われている²⁾．

ところでこれら二つの問題は，静的な設計・検討においては全く別次元の問題であると考えられるのが一般的である．しかし，二つの問題を動的な見地から捕らえた場合，床版の面外方向の振動という共通点を見出すことができる．

以上のことから，本研究では，鋼床版が面外方向へ振動することによって引き起こされる比較的低い周波数の騒音問題と U リブ溶接部の疲労問題とを同時に発生する動的な問題であるとの仮説の上に立脚して検討していくこととする．ただし本研究では，疲労問題を発生させる主たる原因は，過積載車などの輪荷重による繰り返し応力によるものであるが，さらなる原因の一つとしての可能性を考えて検討していくものである．

具体的検討としては，低周波音の発生機構の特定，鋼床版と U リブ溶接部の疲労原因としての推定，この二つを目的とした簡易モデルを作成する．そして解析を行い，鋼床版の挙動を掴むことである．そして，モードの変化と固有値を算出して現象との関連を見出していくことを行っていく．

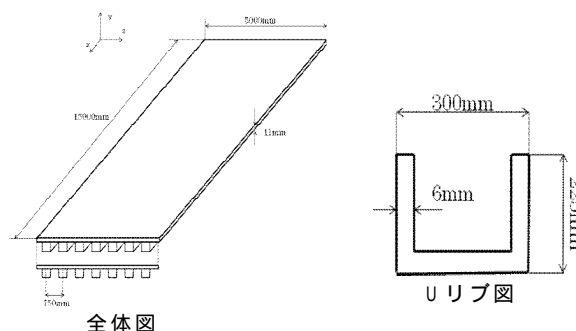


図 -1 簡易モデル

表 -1 材料特性

steel 材料特性	単位質量	7.96×10^{-10}
	弾性率	2.1×10^4
	ポアソン比	0.3

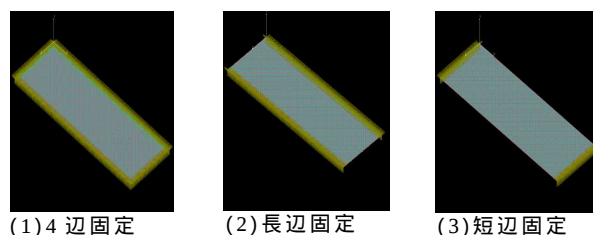


図 -2 境界条件

2. 簡易モデル解析

解析は汎用構造解析ソフト COSMOS/M を用いて行う．解析モデルは，都市高速の標準的な大きさで，補剛材で囲まれた 1 パネル分の鋼床版と U リブを抜き出す．鋼床版は長辺 15000mm，短辺 5000mm，厚さ 11mm，U リブに関しては横断面から本数を 750mm 間隔に計 7 本とする．それらを図 -1 に示す．また材料特性を表 -1 に示す．境界条件を図 -2 に示す．境界条件は，(1) 4 辺固定，(2) 長辺固定，(3) 短辺固定の 3 つである．境界条件の固定というのは全自由度拘束を意味する．3 つの条件それぞれにおいて 1 次から 20 次モードまでのモード形状図，固有振動数を算出する．また，要素は全て鋼床版，U リブ共に 50mm × 50mm の正方形になるように設定する．

キーワード：鋼床版 振動 疲労 騒音

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816

解析結果について、鋼床版の変位とUリブの関係性に関して以下に論ずる。解析より、変位量が小さくても繰り返し振動し続ければ一つの疲労の原因となりうるとの前提に立っている。鋼床版の変位とUリブの位置関係を示すため、一例として図-3に境界条件(1)の4次モードの断面図を示す。断面図黄色点線内のように変位が正と負が変化する箇所がUリブの中から縁に重なった時、または白点線内のように変位量が大きい部分とがUリブに重なった時に大きな影響を及ぼすと考えられる。次に図-4に境界条件(1)の5次、19次モードそれぞれの全体図と断面図を示す。これは図-4の全体図と断面図の点線の箇所が重なる領域は構造がねじれを生じるものと思われ、次数の変化による比較をするためである。5次と19次モードを比較すると、次数が高い19次の方がねじれを起こす領域が増えている。よって次数が上がり、モード形状の変化が複雑になっていくにつれ、ねじれを起こす領域が増えている。その結果、Uリブと床版の溶接部が疲労して亀裂が入る部分が多くなっていくと推定される。さらにモード変形パターンを把握するために、図-5に3つの境界条件それぞれの1, 10, 20次のモード形状コンター図を示す。次数が上がるにつれてUリブに平行にモードが変化していくのがわかる。モードの決定にはUリブが大きな影響を与えることがうかがえる。一方、固有振動数は1次で約4Hz、10次では20Hzを超え、20次モード時に約44Hzとなり幅広く、比較的高いものとなっている。

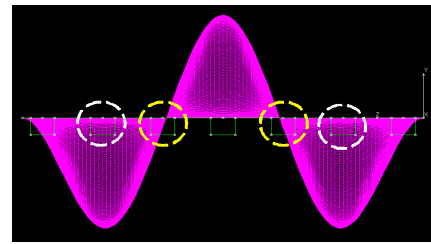
3. おわりに

本研究は鋼床版の振動による疲労・騒音問題の関連に関する原因の一考察として行った。簡易モデルの解析から、モード形状の変化と固有振動数を算出した。その結果より、構造がねじれてしまうモード形状が存在すること、幅広く比較的高い固有振動数まで算出されることが分かった。そのねじれが頻繁に起こるのであれば、輪荷重の繰り返しと複合的に関連し、Uリブと鋼床版の溶接部が疲労して亀裂が生じる原因となると共に、低周波音も発生する可能性があると思われる。ただし、振幅量が小さいことも考慮しなくてはならない。これらの仮説に関して、実験も含めて実施し、現象の把握をしていく必要があると考えている。

謝辞：本研究の一部は、(独)日本学術振興科学研究費・基盤研究(A) (研究代表者：北田俊行)の給付を受けたことを付記する。

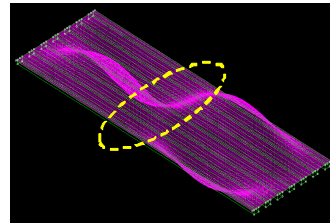
参考文献

- 1)町田信夫：低周波音の影響，騒音制御 Vol.23, No5, pp302-305, 1999
- 2)三木千寿他：鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因，土木学会論文集 No.780 I-70 pp57-69, 2005.1.

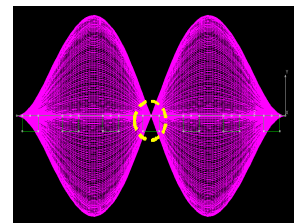


境界条件(1)/4次モード/11.47Hz

図-3 断面図

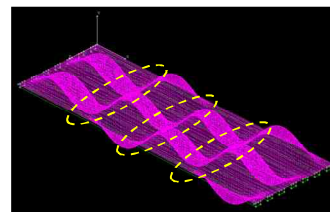


全体図

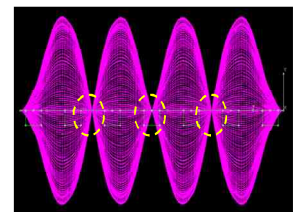


断面図

境界条件(1)/5次モード/11.89Hz



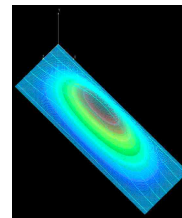
全体図



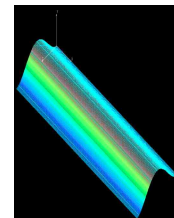
断面図

境界条件(1)/19次モード/41.25Hz

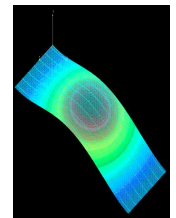
図-4 モード形状図



4.15Hz

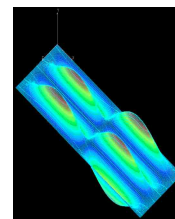


1.96Hz

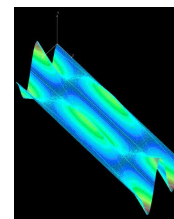


3.59Hz

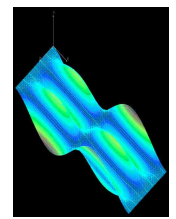
1次モード



21.57Hz

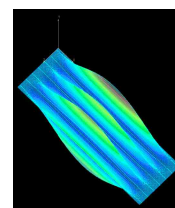


11.77Hz

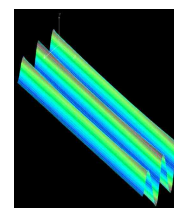


16.66Hz

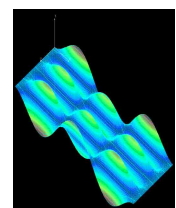
10次モード



43.79Hz



25.88Hz



31.23Hz

20次モード

境界条件(1)

境界条件(2)

境界条件(3)

図-5 モード形状コンター図