

ケーブルトラス橋の交通振動応答特性

神戸製鋼所 正会員 濱崎 義弘 正会員 岡田 徹
 神戸製鋼所 正会員 本家 浩一 正会員 森山 佳樹
 日本道路公団 正会員 山田 稔 正会員 花田 克彦

1. まえがき 徳島自動車道のかっさこ橋および竹花橋では、国内の道路橋では初めて鋼桁とケーブルでトラス構造を形成したケーブルトラス橋梁形式を採用している。ケーブルトラス橋の特徴は、支間中央付近に配置した支柱をケーブルにより弾性支持し、鋼桁に作用する断面力の低減、活荷重たわみの改善などを図る点にある。本橋はケーブルを用いた新形式構造であり、一般の橋梁とは異なった挙動を示すことが予想される。そこで、振動特性や動的挙動の把握を目的として、かっさこ橋（支間長 87.0m、1 箱桁構造）を対象に、走行実験および動的応答解析を行った。また、ケーブルの振動に着目し、速度、路面凹凸などのパラメタの及ぼす影響について検討した。

2. 解析モデル 梁の解析モデルおよび基本諸元を図 1、表 1 に示す。解析モデルは 3 次元立体モデルとし、橋桁を梁要素で、ケーブルをトラス要素でモデル化した。ケーブルは張力による幾何学的非線形を考慮して横振動も表現する。橋梁全体の減衰特性は、橋桁およびケーブルにそれぞれ 1%、0.1%の構造減衰を与えた。

車両モデルについては、自重 26.5 トンのラフテレーンクレーンを対象に、図 2 のようにモデル化する。サスペンション構造としてハイドロマチックサスペンションが使用されているとともに、重量および慣性モーメントの大きいブームが搭載されており、これらも考慮している。

路面凹凸モデルは、文献(1)に示されているパワースペクトルの中で最も平坦性の高いモデルを適用している。また、伸縮継手部の路面段差特性は、伸縮継手の端部から前後 8m の区間に高さ 2cm の凸型の緩やかな段差を有するモデル化とした²⁾。

3. 実験方法 自重 26.5 トンのラフテレーンクレーンを利用して、速度 37km/h、42km/h で走行実験を実施した。橋梁の振動評価点は、図 1 の橋桁上 5 箇所、ケーブル 1 箇所とした。また、クレーンは前輪のばね上部を計測した。

4. 実験および解析結果

4.1 固有振動数 表 2 に対象橋梁の固有振動数を示す。解析と実験は比較的良い一致を示している。また、走行車両の上下およびピッチングの固有振動数は、それぞれ 0.89Hz、1.38Hz である。

4.2 走行振動応答 図 3 に走行速度 37km/h の解析結果および実験結果を示す。時系列データに対し、0.5 秒間隔で 5 秒間のデータを抜き出し、FFT 処理をした結果を図示したものである。表 2 に示した固有振動数を付記している。励起されるモードの大小関係に実験と解析でやや異なるところがあるが、比較的良く一致している。また、ケーブル振動に着目すると、クレーンが橋梁上を走行中は桁の固有振動数が卓越しているが、桁とケーブルの固有振動数が近いためにケーブルの振動モードが励起され、通過後はケーブルの固有振動数

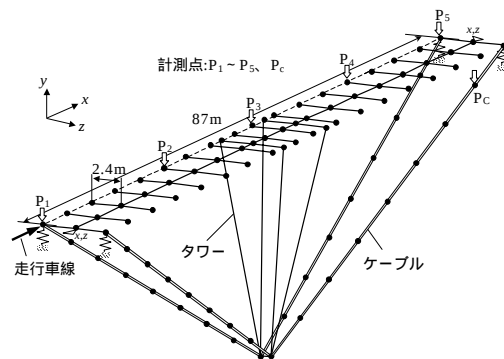


図 1 解析モデル

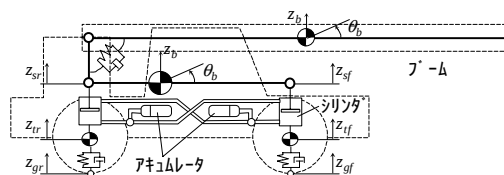


図 2 車両モデル

表 2 かっさこ橋の固有振動数

振動モード		解析結果 Hz	実験結果 Hz
鉛直1次	V1	1.327	1.318
鉛直2次	V2	3.036	2.856
鉛直3次	V3	5.052	5.176
ねじれ1次	T1	2.784	2.710
ねじれ2次	T2	5.981	6.543
水平1次	H1	1.880	1.978
ケーブル1次	C1	2.3	2.3
ケーブル2次	C2	4.6	4.6
ケーブル3次	C3	7.2	7.0

キーワード：ケーブルトラス橋，振動特性，走行荷重，動的応答解析，固有振動数

〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4-2-15 (株)神戸製鋼所 TEL 078-261-7285 FAX 078-261-7807

で振動することが分かる．

4.3 走行速度の影響 図4に、走行速度を変化させた時の応答の周波数分析結果を示す．車両応答は、速度37km/h実験時の最大応答加速度を基準に正規化している．その応答は、実験、解析ともに走行速度が37km/hから42km/hに上昇すると約1.4Hzのピーチングモードが増加している．これは伸縮装置周辺の緩やかな段差の加振周波数特性に対応する結果である²⁾．

この影響により、振動数の近接している橋梁の鉛直1次モードの応答も若干増加している．また、ケーブルの応答は、速度が42km/hに増加すると約10Hz成分の応答が増加する傾向が実験、解析ともに表れている．これは、クレーン走行速度の増加につれて、振動数の高い加振力成分が増えるためと考えられる．

4.4 路面凹凸スペクトルの影響 供用に伴う路面凹凸の変化の影響を検討するために、種々の短支間橋梁の実測平均スペクトル¹⁾を適用した場合の応答解析を行った．解析結果を図5に示す．路面凹凸スペクトルの増加に伴い、車両のピーチング振動および鉛直1次振動はあまり変わらないものの、2Hz以上の振動数において応答が増大することが分かる．車両のピーチング振動は、伸縮装置前後の形状の影響を受けやすいものと考えられる．

4.5 ケーブル張力の影響 ケーブルの張力を変化させることにより、ケーブルと桁の固有振動数が近接した場合の影響を検討した．張力を10%増加させた場合の解析結果を図6に示す．振幅はそれほど大きくないものの、約5Hzのケーブル2次モードの応答が初期状態に比べ増加することが分かる．桁の固有振動数はほとんど変化せず、ケーブル2次モードが桁の鉛直3次モードに近接するためである．

5. まとめ ケーブルトラス橋の車両走行振動について、実験および解析により動的応答特性を検討した．その結果、振動現象をほぼ把握することができた．また、走行速度、路面凹凸スペクトルおよびケーブル張力が走行振動特性に与える影響について考察した．今後、交通振動応答に対する定量的評価やケーブル振動に対する疲労評価などの検討を行う予定である．

【参考文献】

- 1)川谷他：曲げとねじりを考慮した単純桁橋の走行荷重による連成不規則振動解析，土木学会論文集，No570/I-40,pp231-238,1997
- 2)米田他：路面上の緩やかな段差によって誘起される橋梁交通振動に対する解析的考察，鋼構造論文集，7-25,pp79-87，2000

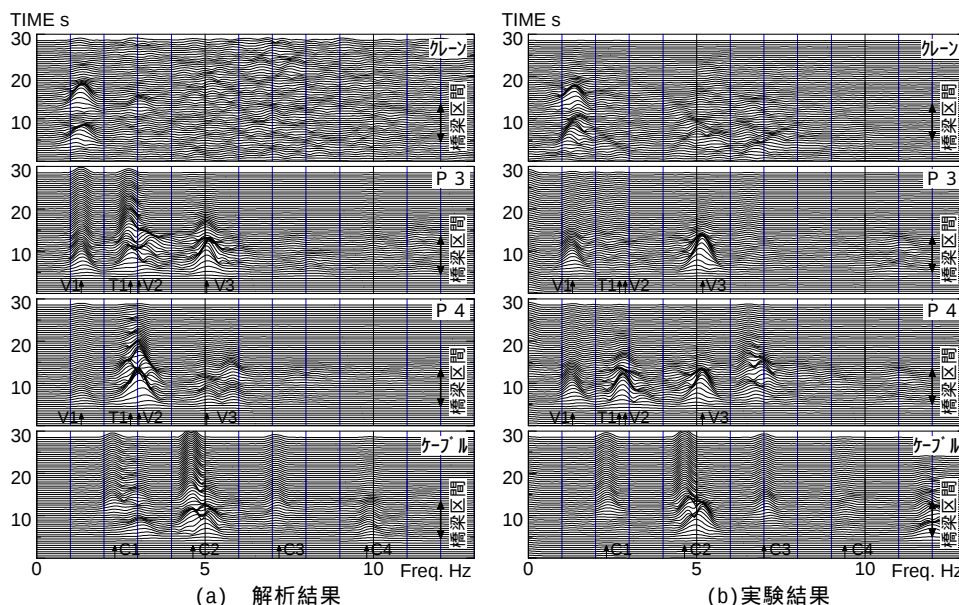


図3 クレーン走行時の各振動評価点の振動加速度【時速37km/h】

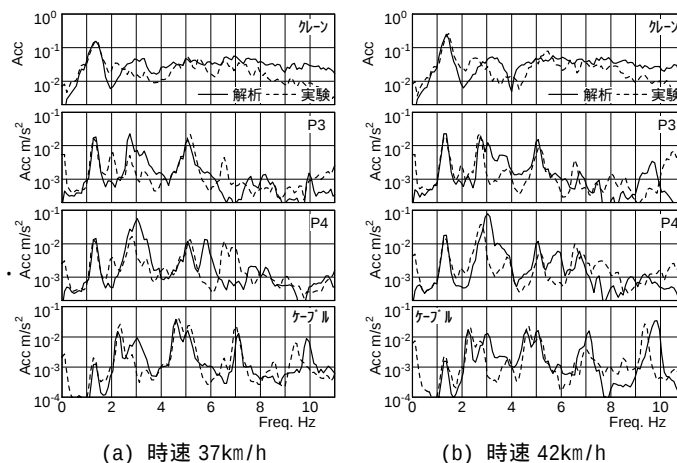


図4 走行速度の影響

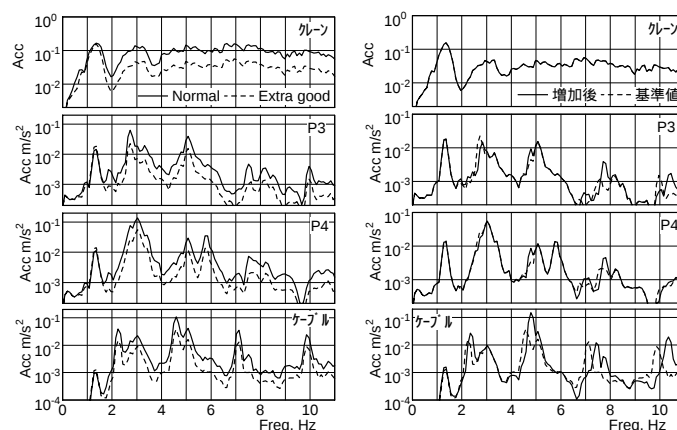


図5 路面凹凸の影響

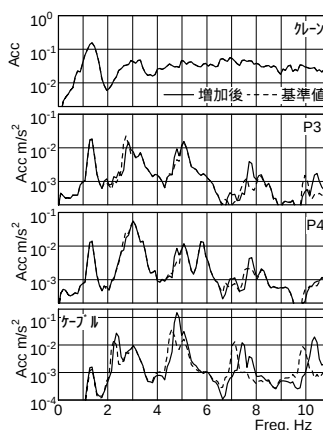


図6 ケーブル振動数の影響