

自動車を利用した少数主桁橋の減衰付加方法

近畿大学理工学部 フェロー ○米田昌弘
近畿大学理工学部 南 花苗

1.はじめに 近年では、橋梁の製作費用や維持管理費用の削減を図るべく、2主桁橋をはじめとする少数主桁橋の建設が増加している。少数主桁橋では渦励振が発現する可能性が指摘されているが、一方で、自動車が橋梁上を走行した場合、一種のTMDとして機能する可能性がある。そこで、本研究では、まず、自動車を主桁上の各節点に停止させた場合について複素固有値解析を実施し、橋梁の構造減衰特性に及ぼす影響を把握することとした。ところで、風洞実験で渦励振の発現が予想されても、実際に発現するのは構造減衰や風向風速などの条件がすべて満足された場合のみに限られ、今までのところ、実橋での発現事例は報告されていない。しかしながら、従来の設計では、たとえ少しで渦励振の発現が予想されれば、事前に空力的対策やTMDなどの構造的対策を実施するケースも多い。そこで、万が一、渦励振が発現した場合の緊急対策として、市販のトラックを利用した減衰付加方法を考案し、その有効性を検討することとした。

2.解析モデル 本研究では、支間長75mの2主桁橋（単純桁橋）¹⁾を検討の対象とした。対象橋梁の一般図を図-1に、構造諸元を表-1に示す。なお、対象橋梁の鉛直たわみとねじれの基本固有振動数はそれぞれ1.191Hz、1.513Hzである。

自動車の諸元は一般に公表されていないことから、ここでは、クォーターカーモデル（国際ラフネス指数IRIを算出するための1/4車両モデル）の諸元を参考にして自動車の諸元を決定した。1自由度系にモデル化した自動車諸元を表-2に示す。ここに、表中に示した減衰固有振動数と減衰定数は、複素固有値解析を実施して算出した値である。表-2からわかるように、本章で対象とした自動車の固有振動数（厳密には減衰固有振動数） f_U は $f_U = 1.173\text{Hz}$ となっているが、この値は一般的な乗用車のばね上部振動数と考えられてきた1.2Hz～1.5Hzのほぼ下限値に対応している。

3.橋梁の構造減衰特性に及ぼす自動車の影響 自動車が主桁上の各節点で静止した場合について複素固有値解析を実施すれば、2主桁橋のたわみ振動とねじれ振動の構造対数減衰率を把握することができる。解析結果を図-2にまとめるが、図中には、少数主桁橋で実測された構造対数減衰率 δ の最小値 $\delta = 0.02$ および耐風設計便覧²⁾の桁橋に対する最小規定値 $\delta = 0.04$ も併記している。図-2からわかるように、自動車が中央点（モード振幅が最大となる位置）に近づくにしたがって減衰付加効果は増大している。また、自動車位置 x と支間長 L との比 x/L が $x/L = 0.5$ の場合には、たわみ振動で $\delta = 0.0064$ 、ねじれ振動で $\delta = 0.0056$ もの増加が認められることもわかる。なお、参考までに、 $x/L = 0.5$ での一般化質量比を計算すれば、たわみ振動で0.166%、ねじれ振動で0.129%である。

ところで、少数主桁橋で実測された構造対数減衰率 δ の最小値は $\delta = 0.02$ 程度である。したがって、自動車1台によって付加される構造減衰は、高々 $\delta = 0.005$ 程度であるとは言え、耐風性を検討する上で有意な減衰付加量であると考えられる。ただし、この減衰付加量は自動車が中央点を通過する瞬間に付加されるものであり、自動車1台の通行では渦励振が十分に制振される可能性は少ないと考えられる。一方、少数主桁橋で渦励振が発現した場合、構造諸元が全く同一の自動車4台を中央点の主桁上に駐車できれば、たわみ振動で $\delta = 0.0064 \times 4 = 0.0256$ 、ねじれ振動で $\delta = 0.0056 \times 4 = 0.0224$ もの減衰増加を期待でき、渦励振を十分に制振できる可能性も期待されるが、少数主桁橋の橋長によっては、橋の固有振動数とほぼ一致する自動車を準備するのは困難な場合が多い。そこで、本章では、市販のトラックを利用し、荷台にマスを積載することによって固有振動数のチューニングを行う方法とその有用性を検討する。

4.市販トラックを用いる緊急用減衰付加方法 本研究では車両重量が19.6kN（2tonf）のトラックを対象とするものとし、車両諸元は文献1)で計測した軽トラックの固有振動数1.651Hzと一致するように設定することとした。な

キーワード：少数主桁橋，渦振励，自動車，TMD

連絡先：〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1 TEL 06-6721-2332 FAX 0729-95-5192

お、このトラックの荷台に 9.81kN(1.0tonf)のマス載せた場合の（非減衰）固有振動数は 1.355Hz（鉛直たわみとねじれの基本固有振動数の平均値）となる．

トラックを TMD として利用する場合、粘性減衰係数によって減衰付加効果は変化すると予想される．そこで、ここでは、 $C=2.94\text{kN}\cdot\text{s/m}\sim17.64\text{kN}\cdot\text{s/m}$ の範囲で変化させるものとした．9.81kN(1.0tonf)のマスを積載したトラック 1 台を $x/L=0.5$ の主桁上に駐車させた場合の複素固有値解析を実施した．解析結果に $\delta=0.02$ （少数主桁橋で実測された構造対数減衰率の最小値）を加えた結果を図 - 3 にまとめる．図 - 3 から、減衰付加効果はトラックの粘性減衰係数によって変化しているが、 $C=3\text{kN}\cdot\text{s/m}\sim15\text{kN}\cdot\text{s/m}$ の粘性減衰係数では、鉛直たわみ振動とねじれ振動のいずれもが $\delta=0.04$ を上回る構造減衰を有していることがわかる．したがって、上り線側橋梁と下り線橋梁が別々に架設され、それぞれが 2 車線以上を有する場合、市販トラックを利用する渦励振の緊急対策は有用な一手段になり得ると考えられる．

5.まとめ 本研究より、上り線側橋梁と下り線橋梁が別々に架設され、それぞれが 2 車線以上を有する場合、トラックを利用する緊急対策は渦励振を制御する有用な手段になり得るとの結果が得られた．

【参考文献】1) 米田昌弘：渦励振が発現した少数主桁橋上を走行する自動車の動的応答特性，土木学会論文集，第 721 号 / -57，pp.139～151，2002 年 12 月． 2) 日本道路協会編：道路橋耐風設計便覧，1991 年 7 月．

表 - 1 対象とした 2 主桁橋の構造諸元

支間長 ℓ	重 量 w	重量慣性 モーメント I_0	断面 2 次 モーメント I	ねじれ定数 J
75 m	154.0 kN/m/Br.	1500.9 kN・m ² /m/Br.	1.388 m ⁴ /Br.	0.048 m ⁴ /Br.

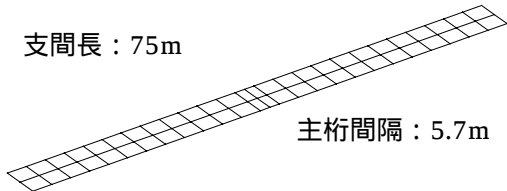


図 - 1 対象とした 2 主桁橋モデル

表 - 2 自動車の構造諸元

重 量	9.612 kN
ばね定数	62.036 kN/m
減衰係数	5.880 kN・s/m
減衰固有振動	1.173 Hz
減衰定数	0.377

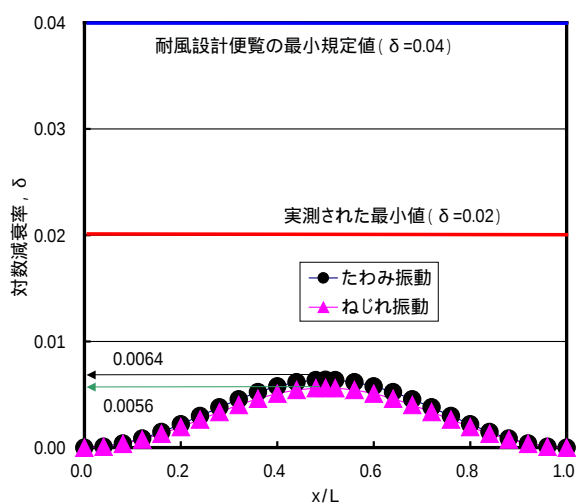


図 - 2 構造減衰特性に及ぼす自動車の影響

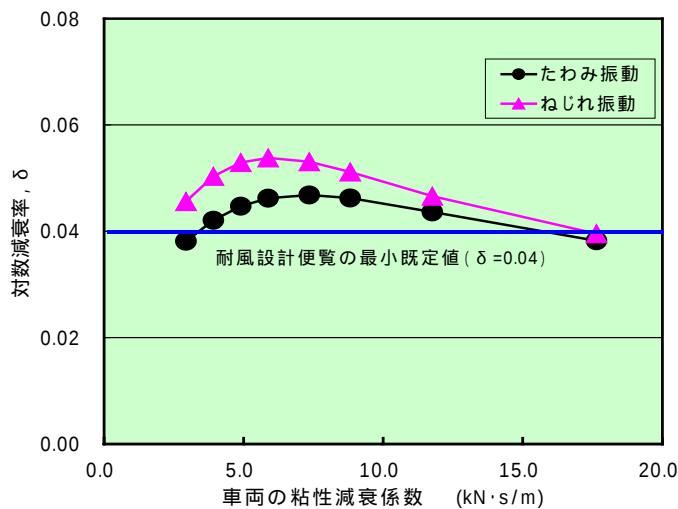


図 - 3 トラックを用いた場合の減衰付加効果