

1. はじめに

著者はすでに歩道橋の構造減衰特性に及ぼす静止者の TMD 効果について報告している¹⁾が、この効果は海外でも報告されており、静止者の TMD 効果は間違いなく存在する事実であると断言できる。ただし、静止者が TMD 効果を呈する理由について、その効果割合も含め、今までのところ明確な説明はなされていないのが実情である。

そこで、本研究では、基本振動数が約 7.9Hz の実在歩道橋に着目し、静止者数に応じて変化する振動数の変化割合について、実測結果と新たに実施した複素固有値解析結果との対比を行い、ISO5982 : 1981 にもとづく 2 自由度系モデルの妥当性とその改良について検討を加えることとした。

2. 対象とした歩道橋と実験概要

対象とした歩道橋は大阪府東大阪市に架設されており、実験で対象とした区間の支間長は約 12m、有効幅員は 1.5m である。また、実測したところ、この歩道橋のフランジ幅は 20cm で桁高は 60cm であり、単位長さあたりの重量は、幅員が同じで桁高の異なる他の歩道橋データとの比較から、7.05kN/m/Br.と推定された。

実験では、桁中央点に加速度計を設置し、中央点で静止者を一人ずつ増加させていながら、加振者一人がジャンプして橋面に衝撃を加える実験を 3 回実施した。得られた減衰自由振動波形（計測時間は約 10 秒間、サンプリングタイム Δt は $\Delta t = 0.005\text{sec}$ 、30Hz アナログローパスフィルター）に 10Hz ローパスフィルター処理（逆フーリエ変換法）を施した波形から構造対数減衰率 δ を、FFT で算出したパワースペクトルのピークから卓越振動数（1 次振動数）を算出するものとした。

3. 測定結果と複素固有値解析結果の対比

歩道橋と静止者（立位状態）を図-1 に示すようにモデル化（歩道橋は 1 自由度系、静止者は 2 自由度系にモデル化）し、複素固有値解析を実施した。なお、静止者の振動特性は個人差があると考えられるが、複素固有値解析にあたってはすべて同じ特性（表-1 に示し

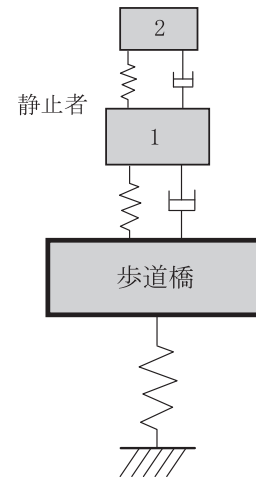


図-1 歩道橋と静止者（2 自由度系）のモデル化

表-1 静止者の諸元(ISO5982 : 1981 の立位モデル)

要素	重量 (N)	剛性 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)	振動数 (Hz)
1	607.6	62.0	1.46	5.03
2	127.4	80.0	0.93	12.49

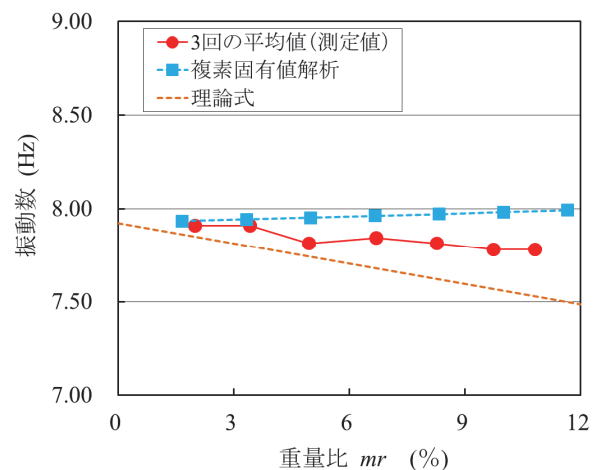


図-2 基本振動数が約 7.9Hz の実在歩道橋に対する実験結果

た ISO5982 : 1981 にもとづく 2 自由度系モデルの諸元) を有するものと仮定した。振動数の実測値（3 回の実験値を平均した値）と複素固有値解析結果を比較して図-2 に示す。図-2 中に示した複素固有値解析結果からわかるように、基本振動数が約 7.9Hz の本歩道橋で

は、重量比（中央点における静止者の総重量/歩道橋のモード重量）が増加すれば振動数も大きくなると推察されたが、振動数の測定値は重量比が増加するとともに低下するという予想に反する結果が得られた。

4. 立位静止者用モデルの改良

そこで、表-1 に示した体重の 25%と 40%ならびに 50%が付加マスとして機能すると考えた複素固有値解析結果をそれぞれ CASE-am25, CASE-am40, CASE-am50 と記し、実在歩道橋の測定値（振動数）と対比することとした。ちなみに付加マスを考慮していない複素固有値解析結果は CASE-am00 と記すこととする。ここに、CASE-am40 の複素固有値解析で用いた改良モデルの基本諸元（一人の諸元）を表-2 に示すが、重量だけでなく、剛性や粘性係数も 40%だけ低減させて（表-1 に示した数値に 0.6 を乗じて）振動特性が変化しないように配慮している。ただし、歩道橋の重量は、静止者の付加マスに相当する分だけ増加すると考えて、重量比を計算するものとした。したがって、静止者数が同じであっても、重量比は CASE-am50 < CASE-am40 < CASE-am25 < CASE-am00 となることに留意を要する。

なお、2 自由度系モデルでは、人体を構成するすべての部位と構造物における動的相互作用は評価できないことから、構造物に及ぼす人体の影響を検討する場合、主共振に関与しない部位を付加マスとして考慮しても大きな矛盾は生じないと著者は考えている。

実験結果（振動数）と複素固有値解析結果を対比して図-3 に示す。この図より、振動数の実測結果は CASE-am25 と CASE-am40 の複素固有値解析結果が比較的良く一致していることがわかる。また、図-4 は、構造対数減衰率の測定値と複素固有値解析結果（解析値に静止者数 0 人での測定値 0.05²⁾ を加えた値）を対比したものである。この図から付加マスとして機能する割合を増加させると、構造対数減衰率の複素解析値は少しずつ実測値に近づく傾向を示しているものの、すべての解析値は実測値よりも幾分小さな結果を与えていることがわかる。ただいづれにしろ、本実験では、付加マスの割合を 25~40%と仮定すれば、実測値（振動数と構造減衰）と複素固有値解析結果は概ね対応すると言える。

5. まとめ

歩道橋の振動特性に及ぼす静止者の TMD 効果について、付加マスとして機能する人体（体重）の割合を概ね把握できたと考えている。今後は振動数が異なるその他の実在歩道橋を対象とした実験と解析を同様に

表-2 静止者(CASE-am40)の諸元

要素	重量 (N)	剛性 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)	振動数 (Hz)
1	364.6	37.2	0.88	5.03
2	76.4	48.0	0.56	12.49

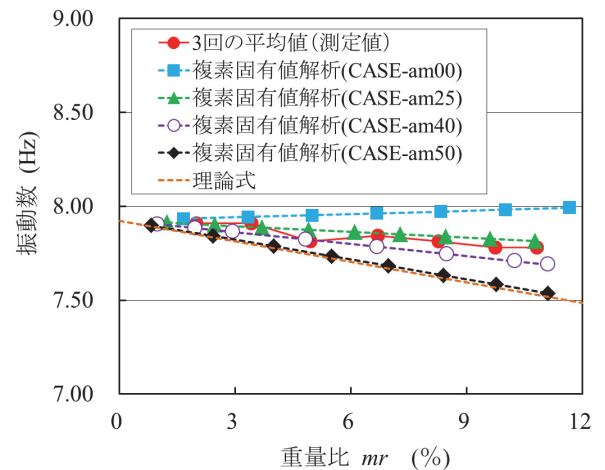


図-3 基本振動数が約 7.9Hz の実在歩道橋に対する解析値と実験値の対比（振動数）

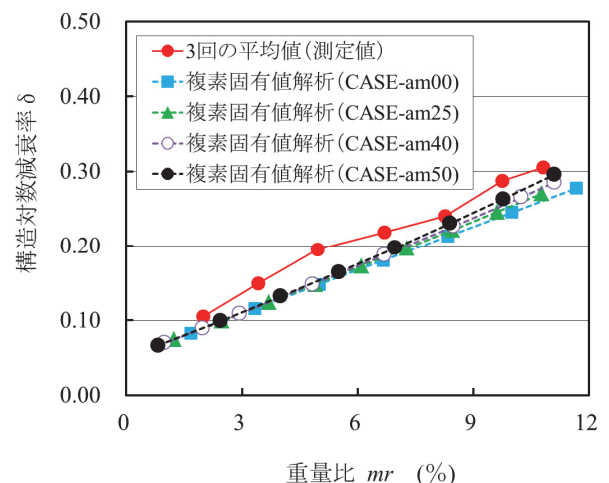


図-4 基本振動数が約 7.9Hz の実在歩道橋に対する解析値と実験値の対比（対数減衰率）

実施し、立位用静止者モデルのさらなる精緻化を図っていく所存である。

参考文献

- 1) 米田昌弘：歩道橋の構造減衰特性に及ぼす静止者の TMD 効果，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.70, No.3, pp.435~443, 2014.
- 2) 米田昌弘：静止者の TMD 効果を考慮した歩道橋モデルの複素固有値解析結果と実測値の対比，構造工学論文集，Vol.62A, pp.193-203, 2016.3.