

1. はじめに

実在の人道吊橋を対象として、5 人が電子メトロノームのアラーム音（鉛直歩調）に合わせて中央径間を約 1m 間隔で縦列歩行する歩行実験を行った。また、歩行者の水平歩行外力を提案するとともに、対象とした人道吊橋について神経振動子を組み込んだ動的応答解析を実施し、実測値との対比を行った。

2. 水平歩行外力

著者は、インペリアルカレッジの計測データに最小二乗法を適用するとともに、工学的な見地から数値をまるめるなどの処置を施して、水平歩行外力 F （単位は N）と桁速度 v （単位は m/s）について、

$$F = -200v^2 + 300v + W \times 0.4 \times 0.1 \quad (1)$$

なる関係式をすでに提示している¹⁾。しかしながら、式(1)において、 v および v^2 の係数は、歩行者の体重 W によっても変化すると考えられることから、ここではあらたに、衝撃力比である DLF (Dynamic Load Factor) を算出するための、

$$DLF = -0.25v^2 + 0.4v + DLF_{v=0} \quad (2)$$

なる関係式を提案する。ここに、 $DLF_{v=0}$ は桁速度が $v=0$ の DLF (Dynamic Load Factor) であり、従来の研究によれば、0.05~0.10 程度の値 ($v=0$ のインペリアルカレッジの計測データでは 0.04) となる。ちなみに、歩行者の水平歩行外力 F は、歩行者の体重 W に DLF を乗ずれば算出できる。

3. 対象とした人道吊橋と実橋歩行実験

(1) 対象とした人道吊橋

対象とした橋梁は、大阪府内の遊園地内に架設された人道吊橋（中央支間長は 62.4m で幅員は 150cm）である。事前に実施した予備実験で、この橋の中央径間における水平方向基本振動モードは対称 1 次で、その固有振動数は 0.8545Hz であることがわかった。また、**図-1** の減衰自由振動波形を用いて対数減衰率 δ を算出した。その結果、振幅依存性は比較的小さく、水平対称 1 次の構造対数減衰率は $\delta=0.1242$ であることがわかった。なお、減衰自由振動実験時はほぼ無風状態であり、空力減衰の影響はきわめて小さいと考え

て差し支えない。

(2) 歩行実験

まず、電子メトロノームのアラーム音を水平対称 1 次振動数である 0.8545Hz のほぼ 2 倍に対応する 1.70Hz に設定し、そのアラーム音に合わせて 5 人が中央径間の端部から端部までの 62.4m を約 1m 間隔で縦列歩行する歩行実験を行った。ここに、電子メトロノームのアラーム音を水平対称 1 次振動数である 0.8545Hz のほぼ 2 倍である 1.70Hz に設定したのは、人は歩行にもなって鉛直歩調の 1/2 に相当する周波数で水平方向に加振することが知られているからである。ちなみに、歩行実験に参加した 5 人の体重は歩行者順に、637N（男）、598N（男）、470N（女）、745N（男）、568N（男）であり、ここではこの実験ケースを CASE-W170P5 と記すこととする。なお、CASE-W170P5 に加え、電子メトロノームのアラーム音（鉛直歩調）をそれぞれ 1.65Hz（水平歩調は 0.825Hz で水平対称 1 次である 0.8545Hz よりも小さい）と 1.75Hz（水平歩調は 0.875Hz で水平対称 1 次である 0.8545Hz よりも大きい）に設定した CASE-W165P5、CASE-W175P5 の実験もそれぞれ実施した。

4. 解析値と実測値の対比

神経振動子を組み込んだ動的応答解析では、 $\beta=1.5$ 、 $\gamma=1.5$ 、 $c=1.5$ (CASE-151515) とし、時定数の比 τ_1/τ_2 は $\tau_1/\tau_2=0.0454/0.454=0.1$ に設定するものとした。また、 $DLF_{v=0}$ は、すべての歩行者について同一の $DLF_{v=0}=0.05$ を採用した。CASE-W170P5 の解析値と実測値 (0.5-1.2Hz のバンドパスフィルター処理した波形) の対比結果 (中央点における加速度波形) を **図-2** に示す。この図より、 $DLF_{v=0}=0.05$ とした解析値は、実測値と比べて、振動の発達がやや穏やかであるが、両者の最大応答加速度はほぼ等しく 1.0m/s^2 (最大応答変位は約 3.5cm) となっていることがわかる。また、**図-2** において実測値がうなり状の応答波形を呈しているが、これは **図-3** からわかるように、歩行者の歩調が揺らいでうなりの谷付近で 0.80Hz 付近まで低下しているためである。

次に、CASE-W165P5 についても、実測値 (0.5-1.2Hz

のバンドパスフィルター処理した波形) と解析値を対比した。その結果を図-4に示す。図-4より、最大応答加速度を比較すると、実測値が 1.23m/s^2 で解析値が 1.20m/s^2 となっており、両者は非常に良く一致していることがわかる。それゆえ、提案した水平歩行外力式ならびに神経振動子に組み込んだ動的応答解析手法は、ともに有用であると考えられる。

最後に、CASE-W175P5 についても、実測値 (0.5-1.2Hz のバンドパスフィルター処理した波形) と解析値を対比した。その結果を図-5に示す。図-5より、最大応答加速度を比較すると、実測値が 1.12m/s^2 で解析値が 0.68m/s^2 となっており、両者に大きな相違が認められる結果が得られた。これは図-6から推察されるように、解析で得られた神経振動子の歩調が約 0.88Hz でほぼ一定の値である (引き込みを生じていない) のに対して、測定値では完全ではないが歩行者の歩調にやや引き込みが認められ、水平歩調が 0.85Hz 付近 (水平対称1次振動数である 0.8545Hz 付近) の値になる時間帯があるためである。

4. あとがき

本研究により、提案した水平歩行外力式 (DLF で表示する方法) は妥当であり、神経振動子に組み込んだ動的応答解析は、歩行者の引き込み特性を考慮できる有用な手法になり得る可能性があることがわかった。ただし、神経振動子の初期周波数 > 歩道橋の水平固有振動数とした場合、実験では引き込み現象が生じるのに対して、解析では明確な引き込みが生じず、両者の結果に差異が認められたことから、今後はさらに実験結果と解析結果の比較を行い、その原因解明と解析手法の改善を図っていきたいと考えている。

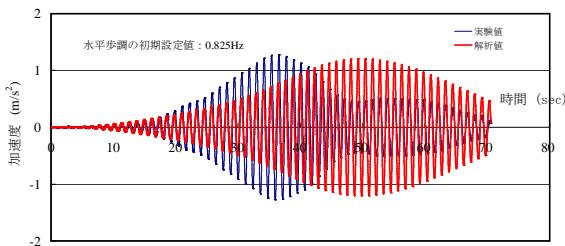


図-4 CASE-W165P5 の実測値と解析値の比較 (加速度)

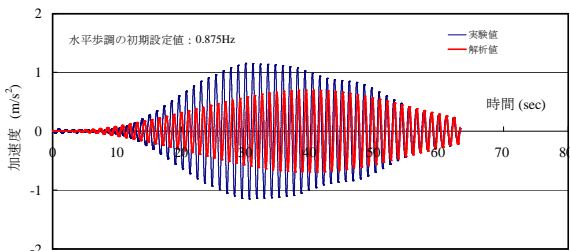


図-5 CASE-W175P5 の実測値と解析値の比較 (加速度)

参考文献

- 1) 米田昌弘：水平歩行外力の提案式と神経振動子に組み込んだ歩道橋の動的応答解析，構造工学論文集，Vol.57A，2011年3月。

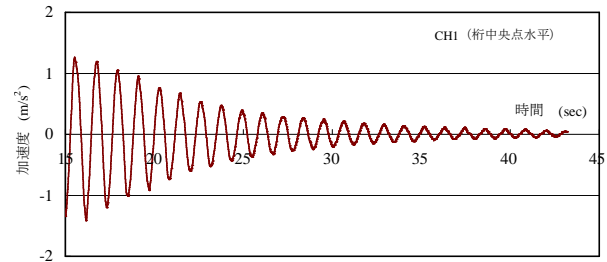


図-1 減衰自由振動波形

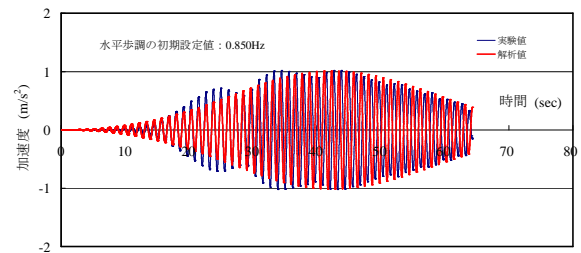


図-2 CASE-W170P5 の実測値と解析値の比較 (加速度)

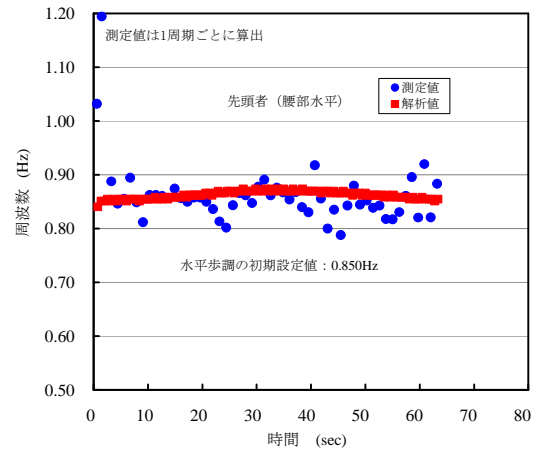


図-3 CASE-W170P5 の実測値と解析値の比較 (周波数)

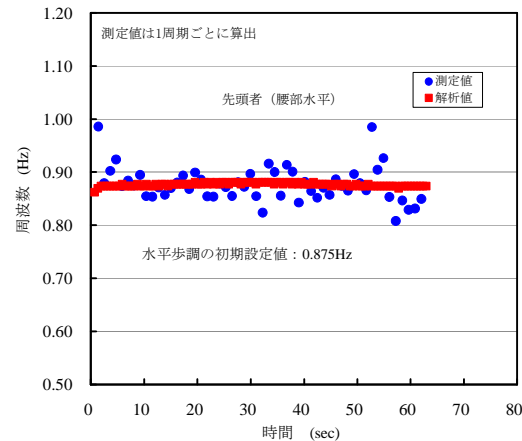


図-6 CASE-W175P5 の実測値と解析値の比較 (周波数)