

近畿大学理工学部 学生員 ○平尾美佳
 近畿大学理工学部 フェロー 米田昌弘
 近畿大学理工学部 伊達敬子

1. はじめに

周知のごとく、歩行者によって誘起される歩道橋の振動は、歩行者の歩調と歩道橋の固有振動数が一致した場合に大きくなる。しかしながら、歩行者が歩道橋に進入してから渡り終えるまで、一定の共振歩調で歩行し続けるのは困難であると考えられる。そこで、本研究では歩調が変化した場合の動的応答解析を実施し、歩道橋の振動応答特性に及ぼす歩調変化の影響を検討した。

2. 対象とした歩道橋と検討ケース

(1) 対象とした歩道橋

本研究で対象とした橋梁は、支間長 43.5m の単純桁形式歩道橋である。その構造諸元を表-1 に示す。

表-1 対象とした単純桁形式歩道橋の構造諸元

支間長 ℓ	重 量 w	断面 2 次モーメント I	固有振動数 f_1	対数減衰率 δ_1
43.50m	7.26 k N/m (0.740tf/m)	0.0209m ⁴	2.000Hz	0.0188

(2) 検討ケース

本研究では、まず、体重 686N(70kg) の一人の歩行者が、以下に示すような歩調変化で歩道橋を通行する場合について動的応答解析を実施した。

① CASE-1920(2) : 1.900 歩/秒, 2.000 歩/秒

② CASE-1921(2) : 1.900 歩/秒, 2.100 歩/秒

ここに、CASE- の後に記した数値は小数点を省略した二つの歩調を、カッコ内の数値は歩調変化数を表している。次に、歩行者が歩道橋を渡り終えるまでの 62 個の歩調を 1.900 歩/秒～2.100 歩/秒の範囲で一様乱数を発生させて抽出し、歩行者が 62 個の歩調で歩行した場合について動的応答解析を実施した。参考までに、一様乱数を発生させて抽出した歩調変化を図-1 に示す。

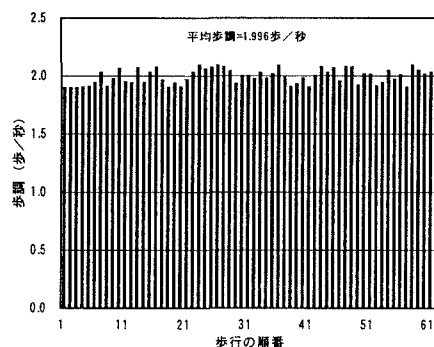
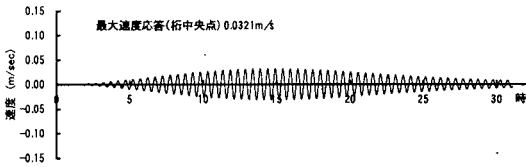


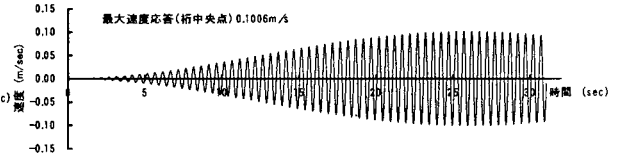
図-1 一様乱数にもとづく 62 個の歩調変化

3. 解析結果と考察

対象とした歩道橋の固有振動数は 2.000Hz である。それゆえ、事前の予想では、CASE-1920(2)と CASE-1921(2)を比較した場合、共振歩調を含む CASE-1920(2)の方がより大きな最大速度応答が得られるものと推察された。しかしながら、図-2 に示した動的応答解析結果から CASE-1920(2)の最大速度応答は 0.0321m/s であるのに対し、CASE-1921(2)の最大速度応答は 0.1006m/s にも達していることがわかる。なお、CASE-1921(2)の最大速度応答 0.1006m/s は 2.000 歩/秒の共振歩調で歩行した場合の最大速度応答 0.1064m/s と概ね一致するものとなっていた。すなわち、1 周期ごとに歩調を変化させた場合の動的応答はそれぞれの歩調にほとんど依存せず、平均歩調に強く影響される可能性があると考えられる。また、実際、CASE-1920(2)の平均歩調である 1.950 歩/秒で歩行した場合の最大速度応答は 0.03374m/s であり、この値は CASE-1920(2)の最大速度応答である 0.03212m/s と概ね等しくなっている。



(1) 1.900 歩/秒と 2.000 歩/秒で歩行した場合



(2) 1.900 歩/秒と 2.000 歩/秒で歩行した場合

図-2 単純桁形式歩道橋の時刻歴応答

図-3は、CASE-1920(2)について、歩行外力の時刻歴波形を示したものである。この図には比較のため、2.000 歩/秒の一定歩調に対応する歩行外力も併記している。CASE-1920(2)の歩行外力は、図中に示したように、第 1 周期目が 0.526 秒(1.900Hz)、第 2 周期目が 0.500 秒(2.000Hz)で変化している。しかしながら、歩調変化に起因して、歩行外力のピークが生じる時間は、2.000 歩/秒の一定歩調で歩行した場合と明らかに相違している。そこで、CASE-1920(2)の歩行外力が最大値を呈する時刻(図中の①、②、③、④の時刻 T①、T②、T③、T④)を計算すれば、

$$T① = (0.526 \text{ 秒}/4) = 0.132 \text{ 秒}$$

$$T② = 0.526 \text{ 秒} + (0.500 \text{ 秒}/4) = 0.651$$

$$T③ = 0.526 \text{ 秒} + 0.500 \text{ 秒} + (0.526 \text{ 秒}/4) = 1.158 \text{ 秒}$$

$$T④ = 0.526 \text{ 秒} + 0.500 \text{ 秒} + 0.526 \text{ 秒} + (0.500 \text{ 秒}/4) = 1.677 \text{ 秒}$$

となる。したがって、

$$T② - T① = 0.519 \text{ 秒} \quad (1.927\text{Hz})$$

$$T③ - T② = 0.507 \text{ 秒} \quad (1.972\text{Hz})$$

$$T④ - T③ = 0.519 \text{ 秒} \quad (1.927\text{Hz})$$

となり、歩行外力は 1.927Hz と 1.972Hz(基準線を移動して考えれば、平均値の 1.950Hz)で変化することになる。それゆえ、CASE-1920(2)(1.900 歩/秒と 2.000 歩/秒で歩調が変化した場合)は 1.950 歩/秒の一定歩調で歩行した場合とほぼ等しい結果が、また、同様の理由から、CASE-1921(2)(1.900 歩/秒と 2.100 歩/秒で歩調が変化した場合)では 2.000 歩/秒の一定歩調で歩行した場合とほぼ等しい結果が得られたものと言える。なお、一様乱数を発生させて 62 個の歩調(平均歩調は 1.966 歩/秒)を抽出した場合の動的応答解析結果は 0.09961m/s であり、2.000 歩/秒の一定歩調で歩行した場合の最大速度応答である 0.1064m/s と概ね等しい結果が得られたことも付記しておく。

4. まとめ

従来の動的応答解析では、歩道橋に進入してから渡り終えるまで、歩行者は全く変動しない一定の共振歩調で移動するのを前提としていた。それゆえ、解析値は共振歩行実験で得られた測定値よりも大きく算出される傾向にあったり。これに対し、本論文の知見にもとづけば、今後は歩行者が歩道橋に進入してから渡り終えるまでの平均歩調に着目した動的応答解析を実施すれば良いことになる。当然のことながら、その平均歩調が基本固有振動数と若干でも相違すれば、従来の共振歩調を前提とした解析結果よりも小さく算定される。このように、本文で提示した、歩行者の平均歩調に着目した歩道橋の動的応答特性は、歩道橋の振動使用性を検討する上できわめて有用な情報を与えていると思われる。

参考文献

- 1) 鈴木森晶, 加藤雅史: 歩道橋の減衰特性と歩行時振動振幅の検討, 構造工学論文集, Vol.39A, pp.811~818, 1993 年 3 月。