

歩行踏力と歩道橋の振動

日本大学理工学部土木工学科 正会員 塩 尻 弘 雄
 (株)三宅設計 三 宅 博 雄
 オイレス工業(株) 横 川 英 彰

1. まえがき

1979年に設定された立体横断施設技術基準以前の歩道橋には、歩行者を活荷重としてではなく静的重力として考え、それによる応力度、たわみが所定の値以下になるように設計されているものがある。そのような歩道橋の中には歩行踏力によって桁の振動が励起され、歩行者に不安感や不快感を与えるものがある。そこで1972年に完成したY歩道橋を対象とし、人間の歩行踏力と歩道橋の振動の関係を調べる為に歩道橋上に歩行踏力測定装置を置き実験を行った。

2. 実験内容

2-1. 実験概要 実際に歩道橋に加わる外力を測定するために、歩行踏力測定装置(図1)を製作した。1枚の鉄板とその4つの角にある支持部でできており、支持部に添付されたひずみから支持部に生じる力を求める。

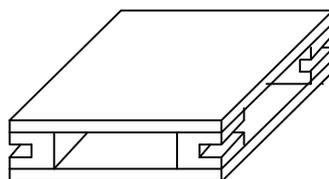


図1 歩行踏力測定装置

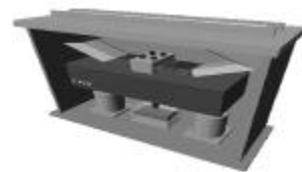
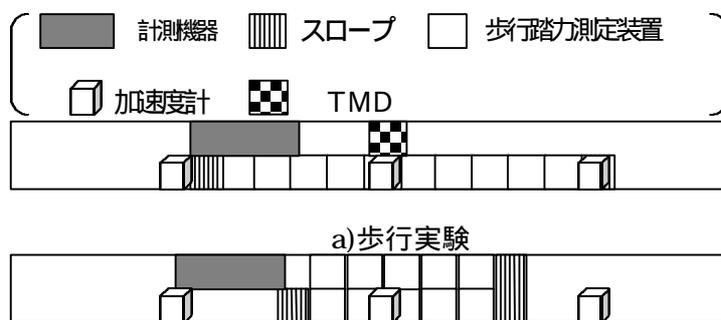


図2 TMD

また、加速度計を歩道橋のスパンの1/4・1/2・3/4のところに設置して歩道橋の振動を計測した。またTMD(調整質量ダンパ、図2)による振動低減効果の確認を行った。

2-2. 歩行実験 歩道橋に踏力計を一列に10枚並べた配置(図3-a)で、被験者が、自然な歩行、60, 90, 110, 132歩/分で歩いた時の歩行踏力と歩道橋の振動を計測した。歩道橋の振動を低減させるためのTMDを設置した場合としない場合についてそれぞれ計測した。



b)一般歩行者

図3 踏力計配置図

2-3. 一般歩行者通行測定 歩行者に違和感を与えないため踏力計を2列に5枚ずつ並べて踏力測定部の幅を歩道橋の幅とほぼ同じにした配置(図3-b)で一般歩行者の歩行踏力を計測した。

3. 実験結果

図4に示した踏力波形から常に板に力がかかり続けている、つまり歩行時に左右どちらかかの足が常に板に着いている状態であること

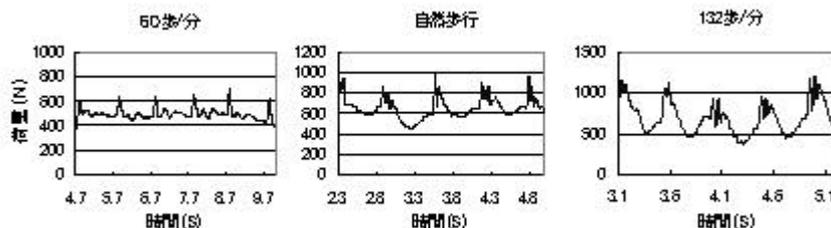


図4 踏力

歩道橋、歩行踏力、踏力計、調整質量ダンパー

日本大学理工学部(〒101-8308 千代田区神田駿河台1-8, Tel & Fax03-3259-0876)

が確認できる。また踏力波形のピークとなる力は被験者の重量を超える大きな力となる。板にかかる重量は被験者の体重の他に被験者の足が着地して、重心が上方に向かうまでの被験者の慣性力を加えた値であると考えることができる。

3-2. TMDによる振動低減 図5は自然歩行、132歩/分の時についてそれぞれTMD有り、無しの橋桁中点の加速度応答時刻歴と加速度のパワースペクトルである。加速度の標準偏差はそれぞれ、TMD無し自然歩行、TMD有り自然歩行、TMD有り132歩/分、TMD無し132歩/分が0.234、0.187、1.040、0.191 m/s^2 である。

TMDがあった場合となかった場合とを比べると、自然歩行では加速度の最大はほとんど変わらないが、揺れがおさまるのが早い。132歩/分では加速度の最大が3分の1にまで減少し揺れのおさまりも早い。歩道橋の固有振動数におけるTMDの振動低減ははっきりと確認できた。

3-3. 一般歩行者と歩道橋の振動 図6は朝(9時14分)、昼(12時52分)、夜(18時13分)とそれぞれ300秒間、一般歩行者の踏力を計ったものと、その時の歩道橋の加速度応答時刻歴と加速度のパワースペクトルである。通行測定を見ると、朝10人、昼43人、夜33人と昼、夜、朝の順に通行量が多かった。

別途に300秒間の平均通行量を調べた結果、

9~10時は13人、12~13時は45人、18~19時は18人と、昼、夜、朝の順であることが確認できた。

加速度の標準偏差は、それぞれ朝、昼、夜が0.335、0.531、0.556 m/s^2 で、加速度の最高値は2.06、2.62、2.60 m/s^2 である。昼と夜の差は約5%でほとんど違いはない。最高値は朝がやや少ないものの、平均値ほどの違いはない。朝の平均的な揺れが特に少なかったのは通行者が途切れる時があり、平均値が下がったものと考えられる。パワースペクトルを見ると固有振動数成分が卓越しており、また、振幅も個人で132歩/分の時と同程度であるので容量を越えることもないと思われTMDは効果的であると考えられる。

4. まとめ

踏力計により、歩行踏力の計測を行い、踏力を連続的に良好に計測できた。今回計測した歩道橋では、歩行率が橋の固有振動数に近くなれば振動振幅が大きくなりがちであるが、TMDを載せると加速度応答を、大幅に減少することができる。一般歩行者測定では通行者が多くなれば歩道橋は揺れるが、固有振動成分が卓越しておりTMDによる振動低減は有効であると考えられる。

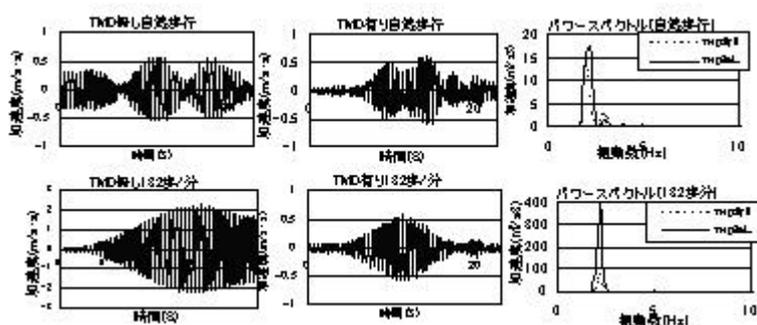


図5 単一歩行者に対する応答 (TMD の効果)

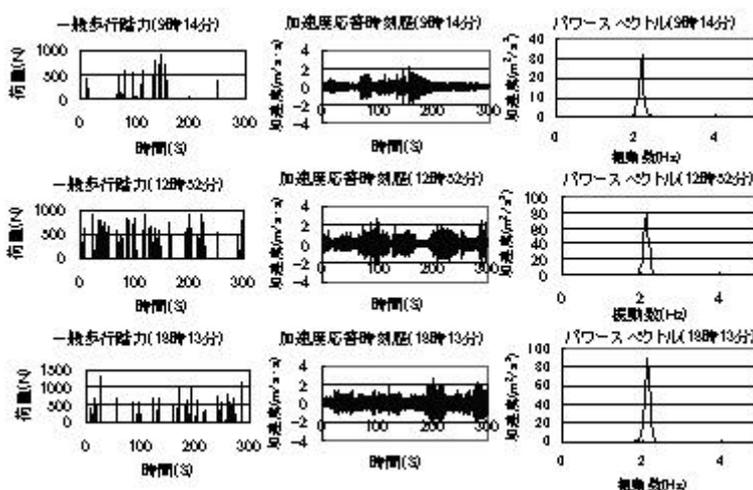


図6 一般の歩行者に対する応答