

橋の耐震性

筑後 聡一郎 青木 亮憲 佐々木 咲佳

【概要】

私たちは物理の授業で、アメリカのワシントン州にあるタコマナローズ橋が風による共振が原因で崩落した動画を見て橋に興味をもち、南海トラフ大地震が近年起きると予想されているので橋の耐震性について、研究を行うことにした。その結果、桁橋の最も崩れにくい条件は桁の長さが短いときであるということがわかった。

There are many bridges in Tokushima, but they may fall down in an earthquake. So, we examined the time it take for bridges to fall down. We looked for the strongest type of girder bridge that can withstand an earthquake. We made a vibration device. Next, we shook it and measured the time of the falling model bridges. We made a graph of their falling time. We found that the shorter the length of the girder, the longer the bridges could withstand the earthquake. Especially when frequency is lower than one hertz ,the time difference is large. We hope people will refer to this result when building new girder bridges. Next, we hope to study the effect of perpendicular vibrations.

【研究動機・目的】

徳島には吉野川・那賀川を代表に多くの川が存在し、川を渡るための橋も多く存在する。その橋は普段、とても交通量が多く物資の輸送や通勤・通学などに使われている。一方で、南海トラフによる大地震が近年起きると予想されており、その地震によって橋が崩れ、道が寸断され、陸からの支援物資が供給できなくなる可能性もある。さらに、橋の老朽化という深刻な問題もある。

この研究では桁橋・連続単純桁橋の模型を作り、作った橋の模型に振動を与えて橋が崩れるまでの時間を計りグラフを作ることにより最も崩れにくい橋の条件を見つけることを目的とする。このとき様々な橋のデータをとるため桁の長さを変え、橋脚間の距離を変える。

【仮説】

物体が自由振動を行うときの特有の振動数である固有振動数は、さまざまな要素により決定されるが、そのうちのひとつに物体の長さの要素がある。式(※)より、一般に物体の長さが増加すると固有振動数は小さくなる。今回の実験で使用している橋の振動数は、実験の範囲の上限よりも大きい1.5Hz以上だと推測される。そのため、固有振動数が小さくなるということ

は、その実験の範囲内に近づくと考えられる。また、物体の長さはここでは桁の長さと考えられる。だから、全長がそろっている場合どのような長さの橋であっても、単純桁橋よりも桁が分かれ、一つ一つの桁の長さが短くなる連続単純桁橋のほうがより崩れにくいのではないかと考えた。

$$(*) \omega = (1.875/L)^2 \times \sqrt{\rho A/EI}$$

L:梁の長さ、 ρ :密度、A:断面積、E:ヤング率、I:断面二次モーメント

ω :片持ち梁の1次モードの固有振動数

【実験器具】

木材(MDF)、のこぎり、木工用ボンド、やすり、ゴム板

※MDF:中密度繊維板と呼ばれる木質繊維を原料とする成型板の一種。

【実験準備】

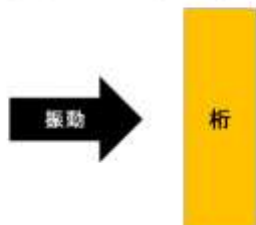
私たちは実験には橋の模型を揺らす物が必要だと考えたので振動発生装置を作った。



↑振動発生装置

振動発生装置は手前のハンドルを回すことにより装置を揺らすことができる作りになっている。振動発生装置を使うことで図のような振動を与えることができる。

振動方向(上から見た図)



【実験方法】

①振動発生装置に橋を設置し、装置を揺らす。
 ※このときメトロノームの音にあわせてハンドルを手動で回転させることによって振動の周期を一定にした。

②橋が崩れた時の時間を測定する。

※「崩れる」の定義は、桁が橋から落ちたり、橋脚が倒れたりすることを指す。

現実性を持たせるため、一部の実験は土を入れて実験を行った。

③②を元にグラフを製作する。

1つの振動数につき10回実験を行い、その平均を取り、グラフを作った。

振動数は、0.50Hz、0.55Hz、0.60Hz、0.67Hz、0.73Hz、0.80Hz、0.87Hz、0.93Hz、1.00Hz、1.10Hz、1.20Hz、1.33Hzの10種類で実験を行った。

【結果と考察】

↓実験3・4比較結果(近似曲線)

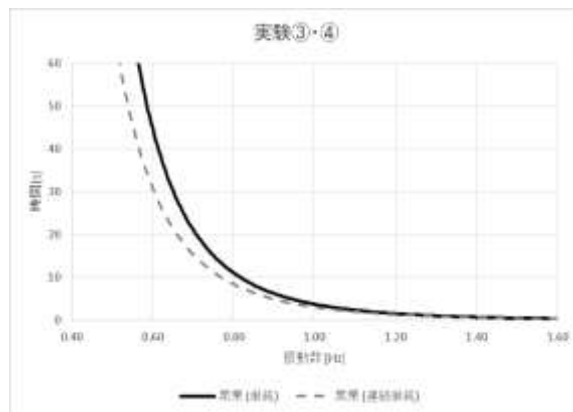
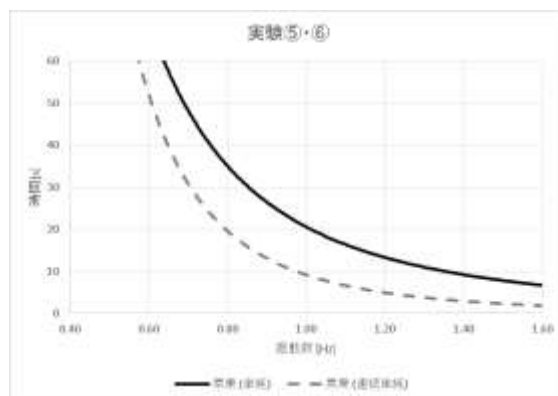


図29 実験3・4結果組み合わせ(近似曲線)

実験3・4の結果の近似曲線を同じグラフにとったもの、つまり振幅2.0cm、土がない状況での単純桁橋と連続単純桁橋の比較である。

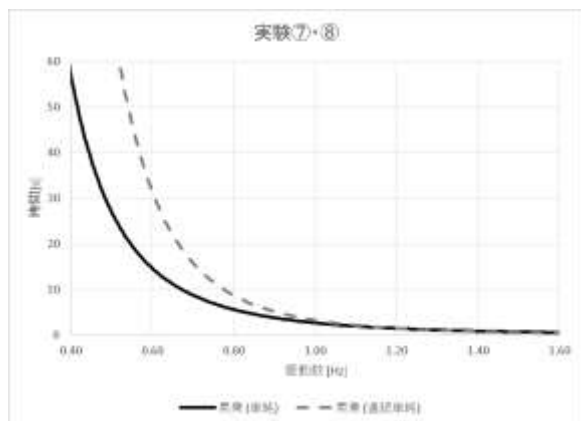
実線が単純桁橋・破線が連続単純桁橋を示す。ここでは、1.20Hzまでは連続単純桁橋のほうが早く崩れる結果になった。

↓図29実験5・6比較結果(近似曲線)



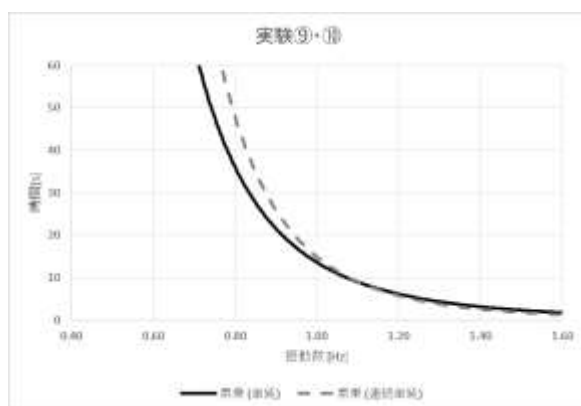
実験5・6の結果の近似曲線を同じグラフにとったもの、つまり振幅2.0cm、土がある状況での単純桁橋と連続単純桁橋の比較である。実線が単純桁橋・破線が連続単純桁橋を示す。ここでは、連続単純桁橋のほうが早く崩れる結果になった。

↓実験 7・8 比較結果 (近似曲線)



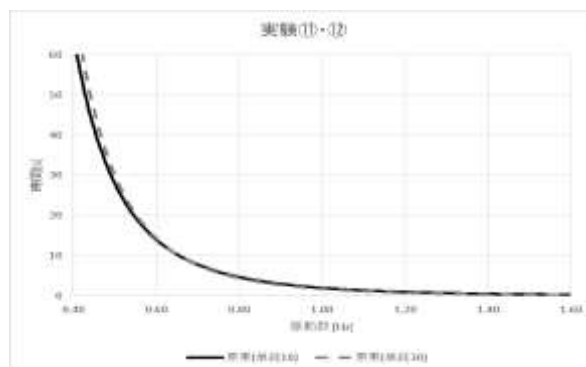
実験 7・8 の結果の近似曲線を同じグラフにとったもの、つまり振幅 2.0cm、土がない状況での単純桁橋と連続単純桁橋の比較である。実線が単純桁橋・破線が連続単純桁橋を示す。ここでは、1.20Hz までは単純桁橋のほうが早く崩れる結果になった。

↓実験 9・10 比較結果 (近似曲線)



実験 9・10 の結果の近似曲線を同じグラフにとったもの、つまり振幅 2.0cm、土がある状況での単純桁橋と連続単純桁橋の比較である。実線が単純桁橋・破線が連続単純桁橋を示す。ここでは、1.10Hz までは単純桁橋のほうが早く崩れる結果になった。

↓実験 11・12 結果比較 (近似曲線)



実験 11・12 の結果の近似曲線を同じグラフにとったもの、つまり振幅 2.0cm、土がない状況での桁の長さが 18cm と 30cm の単純桁橋の比較である。

実線が 18cm の単純桁橋・破線が 30cm の単純桁橋を示す。

ここでは、0.60Hz までは 18cm の単純桁橋のほうが早く崩れる結果になった。しかし、この実験では双方に大きな違いは見られなかった。

7 まとめ

実験 3・4 と実験 5・6 の結果より、桁の長さが同じときは連続単純桁橋のほうが崩れやすい。これは、同じ桁が落ちるので、桁の数が多いほうが確率上落ちやすいからであると推測できる。

一方、全長が同じときは実験 7.8 と実験 9.10 の結果より単純桁橋のほうが崩れやすい。このことから、橋脚間の距離が長いほど崩れやすく、短くなれば耐震性が強くなると推測できる。

よって私たちが行った実験の中での最も崩れにくい橋の条件は桁の長さが同じときは単純桁橋の土ありで、橋の全長が同じときは連続単純桁橋の土ありで、橋脚間の距離が短いものという結果になった。

【参考文献】

藤野陽三 (2013) 『プロが教える橋の構造と建設がわかる本』 ナツメ社