

トラス橋の構造と耐震性の関係についての考察

3533 深津健太郎 3508 奥山翔乃祐 3538 森井健登 3539 安田啓人

要旨

橋の構造と耐震性の関係について研究をしてきた。耐震性の高い橋構造を、震動を与えたときの歪みの小さいものであると定義した。橋構造の典型例であるトラス橋について検証することとして、特に代表的なプラットトラス橋とワーレントラス橋について実験することとした。また、対照実験として、特別な構造を持たない桁橋についても実験を行うこととした。

1 仮説

耐震性の高い橋構造は、震動を与えられた時の歪みが小さい。

2 目的

様々な橋構造について検証し、各構造と耐震性の関係から、耐震性に優れた橋のモデルを提案する。今回は典型的な構造であるトラス橋に着目した。トラス構造とは、三角形を単位として組まれた部材の構造形式をいい、構造部にかかる力を圧縮または引張することで負担する構造である。

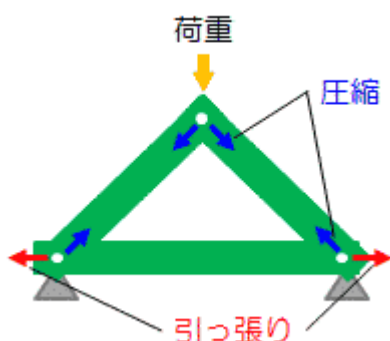


図1 トラス構造の免震の仕組み

画像元 <http://d-engineer.com/Mechanics/truss.html>

3 使用器具

- ・竹串 ・ビー玉 ・アクリル板 ・木箱 ・配線カバー ・フック ・スマートフォン
 - ・※1 引きばね (0.98N/mm) ×2 本 (0.25N/mm) ×2 本
 - ・※2 押しばね (1.96N/mm) ×1 本 (0.25N・mm) ×3 本
 - ・木板 ・両面テープ ・木の棒 ・ソケット ・滑り止めシート ・釘 ・ネジ
- ※1 引きばね・・・引っ張ると戻る動作を利用したばね
 ※2 押しばね・・・圧縮すると戻る動作を利用したばね

4 実験方法

本来3成分の運動で表される地震動を平面上の単振動として解釈し、地震動を再現した。

① 模型図の作図及び、模型の製作

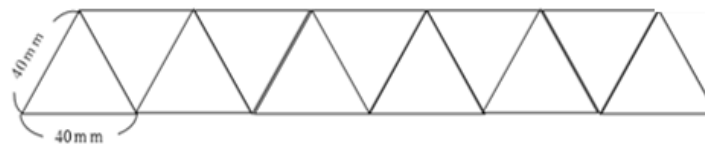


図 2 ワーレントラスの模型図

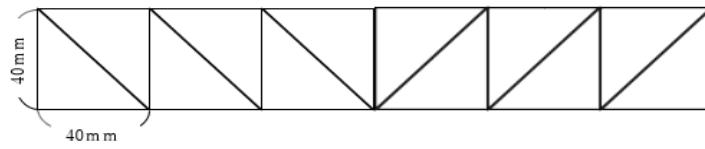


図 3 プラットラスの模型図

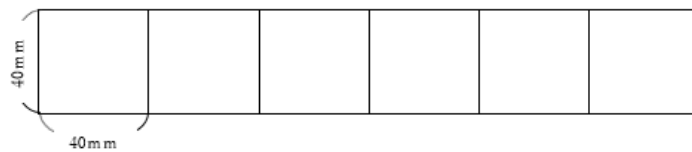


図 4 桁橋の模型図

プラットラス (図 2)、ワーレントラス (図 3)、桁橋 (図 4)、それぞれの模型図を作図した。
なお模型の高さ、長さ、奥行きは統一し、奥行きは 60mm とした。

② 実験装置の製作

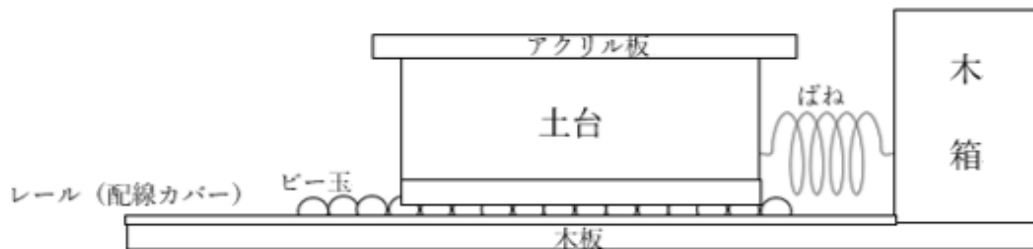


図 5 実験装置の模式図



図 6 実験装置の完成図

【実験1】

木の板にレールを敷きその上に土台となる木箱を設置した。土台上にアクリル板を敷きその上に橋の模型を設置した。また土台には押しばね (0.25N/mm) 3本、引きばね (0.25N/mm) 2本を接続した。この土台を引っ張り、力を加えたときの引きばねの弾性力と押しばねの弾性力を交互に利用して振動を発生させた。発生させた振動によって、土台をビー玉の上で動かすことで橋の模型に横揺れを与えた。また、実験装置に力を加えていない状態で、引きばねは 13mm 伸びており、押しばねは自然長であった。本来は実際の地震同様 P 波の揺れを再現したかったが、再現するには至らなかった。

【実験方法1】

図 5,6 の実験装置の土台を左向きに 70mm 引いて離し、模型に振動を加えた。この時、設置した模型の変位を測定した。この実験をワーレントラス、プラットラス、桁橋それぞれについて 40 回ずつ行った。

【実験2】

【実験1】では、押しばねが土台から離れているタイミングがあったことから、常に土台に接続されているように押しばね (1.96N/mm) 1本、引きばね (0.98N/mm) 2本を並列に接続した。また、実験装置に力を加えていない状態で、引きばねは 30.6mm 伸びており、押しばねは 30.6mm 縮んでいた。

【実験方法2】

図 5,6 の実験装置の土台を 30mm 引いて離し、模型に振動を加えた。この時、スマートフォンで動画を定点撮影し、設置した模型の歪みを目視で比較した。

5 結果

【実験1】

結果からワーレントラスが最も変位の平均が小さいことが分かる。これはワーレントラスが、与えられた振動を受け流していることになり、振動を分散すると考えた。

表1 実験結果

橋の種類	変位・平均 (mm)
ワーレントラス橋	64.1
プラットラス橋	73.9
桁橋	74.4

【実験2】

ワーレントラスが最も歪みが最も小さかった。

6 考察

これらの実験から、特殊な構造を持たない桁橋と比較してトラス構造は耐震性が優れていると考えた。また、ワーレントラスとプラットラスの比較より、直角三角形の組み合わせの構造と比べ、正三角形の組み合わせの構造が横向きの振動に対する耐震性に優れていると言える。

7 今後の展望

【実験1】では理論上、土台に図7（70mm 引っ張る実験に関して）で示される単振動を与えることを想定していたが、実際には周期の中に押しばねが土台から離れているタイミングがあるほか、引きばねが自然長以上には縮まず、押しばねが縮みきる前に反発してしまっているために想定した振動は得られておらず、土台が変位する際の摩擦等のために誤差も大きかった。

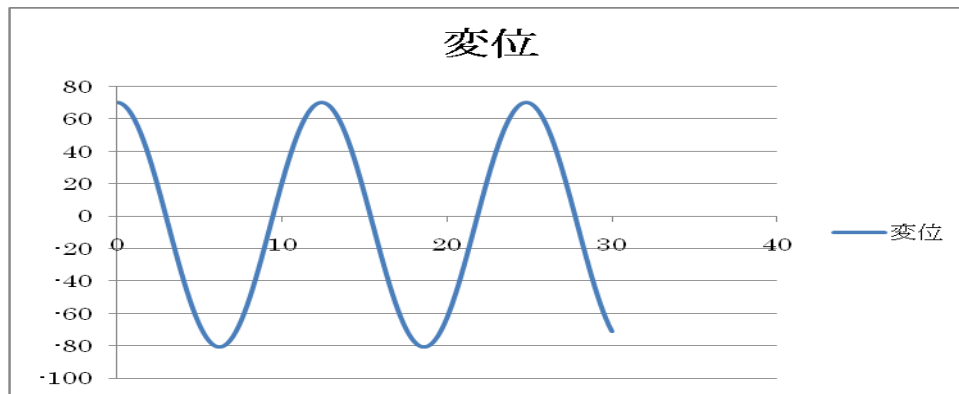


図7（横軸の単位は秒、縦軸の単位は mm。運動方程式に土台の質量、各ばねのばね定数、引っ張りの長さを代入して加速度を計算し、速度を求めて変位を算出した。）

【実験2】では、加速度を記録上の最大値である2008年6月14日の岩手・宮城内陸地震、一関市における観測値に一致させており、橋の大きさと与える振動の大きさの比率などを考慮して設定していない。よって、この差が現実においてどれだけの影響を及ぼすものであるかが分からない。今後は実際の地震の揺れの大きさと実際の橋の大きさの比率と統一した実験を行う必要がある。また、模型を複数作り、実験の回数を増やすことで、模型作成段階や実験操作によって生じる誤差を軽減していく必要がある。

8 参考文献

- 『最新 橋構造』 倉西茂、中村俊一共著 森北出版株式会社
- 『世界の橋』 加藤久人、綿引透訳 丸善株式会社
- 『日本の名橋』 一般社団法人 日本橋梁建設協会監修
- 『図解 橋の科学』 田中輝彦 渡邊英一共著 株式会社講談社
- 『大学課程 橋梁工学』 福田武雄 安宅勝 友永和夫共著 オーム社
- 『橋梁工学別巻 大学課程 橋梁設計例』 福田武雄 安宅勝 友永和夫共著 オーム社