

I-179

木造アーチ形式人道橋の振動および静的載荷実験について

榑 松 尾 橋 梁 正 員 鍵和田 功 北海道大学工学部 正 員 小 幡 卓 司
 榑 三 英 正 員 三 品 吉 彦 北海道大学工学部 正 員 平 沢 秀 之
 札幌市環境局 北原 良 紀 北海道大学工学部 正 員 林 川 俊 郎
 秋田大学鉱山学部 正 員 薄 木 征 三 北海道大学工学部 正 員 佐 藤 浩 一
 北海道大学工学部 学生員 窪 田 公 二 北海道大学工学部 学生員 関 康 一 郎

1. ま え が き

近年、公園内の遊歩道等で木橋がしばしば建設されている。木橋は、その材料に天然素材を用いているため、鋼橋等に比較して自然と調和しやすく、優れた景観を呈する場合が多い。また、木材は鋼などの材料に比べ、その生産エネルギーが格段に小さく、無限の再生産が可能であるため、まさに時代の要求に一致した材料であると考えられる。しかしながら我が国においては、木橋の設計基準は現在十分に整備されておらず、今後ますます増加するであろう木橋の設計および架設方法を確立することは、非常に重要な課題になりつつある。

以上より、著者らは、札幌市豊平区の平岡公園内に平成5年9月に竣工した木造アーチ橋について、その動的特性および変形性能を把握するために、実橋において振動実験ならびに静的載荷実験を行った。したがって、本報告はこれらの実験結果の概要について述べるものである。

2. 木造アーチ人道橋

前述のとおり、実験対象は札幌市平岡公園内に建設された木造アーチ人道橋である。本橋は、三径間ゲルバー桁を補剛桁に用いた3ヒンジアーチ橋で、橋長70m、アーチスパン45mと、木造アーチ橋としては最大級のものである。図-1にその一般図を示す。

使用木材は、エッキ材(別称ボンゴシ)を採用した。このエッキ材は、西アフリカの熱帯雨林に産し、枝分かれしないため節がなく、また珪素を含むため、非常に硬くて比重も1.0を超え、耐腐朽性、耐磨耗性、耐火性に極めて優れた木材である。このため、DINおよびBSでは、海中、湿地中でも25年以上の耐久力を持つとされる耐久性1級に認定されている。

アーチ主桁と補剛桁は、ドリフトピンによって合成された、それぞれ8層および3層からなる断面が採用されており、これらの有効断面の算定には、DINの規定を用いている。また、添接に関しても桁の集成方法と同様にドリフトピンを使用して締め込む手法を採用し、添接部断面中央に亜鉛メッキ鋼板を挿入して強度を高めている。なお、設計に関しては、オランダのグルート社に依頼した。すなわち、荷重等の基本条件は我が国の基準を用い、断面決定等の具体的な設計法はDINおよびBSに準拠して計算を行ったのち、再度我が国において、「木構造計算基準」(日本建築学会)等を用いて応力度、添接部その他の照査を行い、設計の妥当性を検討した。

3. 実験およびその結果

3-1. 振 動 実 験

振動実験は、減衰自由振動実験と強制振動実験について行い、前者に関しては13ケース、後者については、10ケースの合計23ケースの測定を実施した。センサーは、鉛直方向にはサーボ型変位計をそれぞれアーチ支間1/4, 1/2, 3/4点に3基設置し、水平方向には2g用加速度計をアーチ支間1/2点に1基設置した。加振方法については、主に人力加振法を用い、強制振動に関しては、車両走行法も合わせて行った。表-1に実験ケースを、表-2に減衰自由振動実験結果を、また図-2には本実験で得られた波形の一例を示す。

表-2から、鉛直曲げ振動については約2.7Hzおよび3.4Hz、水平曲げ振動については約1.5Hzの卓越振動数が認められた。減衰に関しては、減衰定数で1.8%

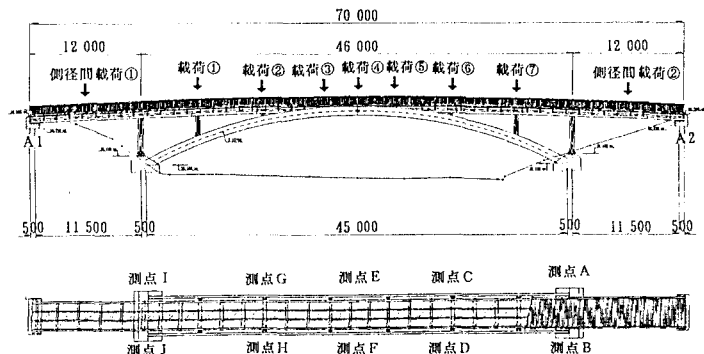


図-1 木造アーチ橋一般図

～3.7%と、鋼・コンクリート橋に比較してかなり大きい値が得られた。

また、強制振動波形からは次のような傾向が認められる。まず、人間の歩、走行では、2Hz、2.5Hz時に過渡振動で、歩調と同じ振動数が確認された。2.5Hzと3.5Hz時の人道橋通過後の自由振動では、それぞれ2.7Hzと3.4Hzの減衰自由振動波形が得られている。車両走行の場合は、アーチ支間1/2点通過時に3.4Hz、1/4、3/4点通過時に2.7Hzの波形が認められた。なお、強制振動実験では、全ケースで水平振動が発生している。これは、本橋がアーチ主構部に対傾構を用いておらず、橋軸直角方向の剛性が比較的小さいためと推定される。

3-2. 静的載荷実験

静的載荷実験は、車重1860kgの乗用車を橋梁上の所定の位置に停止させ、その際の各測定点のたわみを計測することにより行った。測定点および載荷位置は図-1に併記したとおりである。実験回数は、中央径間に関しては4回、側径間については1回のみ測定を実施した。

実験結果は、4回の測定ともほぼ一致し、データの対象性等も特に問題なく、ほぼ良好な測定結果であると思われる。図-3～5にアーチ支間1/4点(測点C, D)、1/2点(測点E, F) 3/4点(測点G, H)のたわみ影響線を示す。

4. あとがき

以上のように、本報告は木造アーチ橋の振動および静的載荷実験について述べたものである。振動実験からは、木橋の特性として考えられる高減衰が確認された。

また、橋軸直角方向に関しては、強制振動実験において全ケースで水平振動が発生し、横剛性が比較的小さいことが判明したが、これは本橋の構造的な特性であると思われる。鉛直振動については、その卓越振動数が2.7Hzおよび3.4Hzであり、歩道橋でしばしば問題になる振動使用性についても特に問題ないと推定できる。

静的載荷実験からは、約2tの集中荷重を載荷した場合でも、最大たわみは3.5mm程度であり、特異な変形等も発生せず、本橋の構造安定性は十分であると考えられる。

最後に、実験に参加していただいた北海道大学工学部土木工学科橋梁学講座大学院生の諸氏に対し、ここに記して深い謝意を表す次第である。

<参考文献>

- 1) 三品吉彦・北原良紀：木造歩道アーチ橋(支間長45m)の設計照査と木橋の可能性について、土木学会第48回年次学術講演会概要集第6部 pp312～313, 1993.
- 2) 北原良紀：札幌市平岡公園の木造アーチ橋(人道橋)、橋梁、Vol.29, No.6, 1993, 6.
- 3) 藤野陽三・加藤雅史他：木製斜張橋(用倉大橋)の振動実験、土木学会第48回年次学術講演会概要集第1部 pp752～753, 1993.

表-1 振動実験ケース一覧表

No	加振内容	No	加振内容
1	1/2点で人間1人が歩	14	2.0Hzで人間1人が歩
2	1/2点で人間1人が歩	15	2.0Hzで人間1人が歩
3	1/4点で人間1人が歩	16	2.0Hzで人間1人が歩
4	1/4点で人間1人が歩	17	2.5Hzで人間1人が歩
5	3/4点で人間1人が歩	18	3.0Hzで人間1人が歩
6	3/4点で人間1人が歩	19	3.5Hzで人間1人が歩
7	1/2点で人間1人が3Hzで加振	20	車1台(1860kg)がA ₂ からA ₁ に走行
8	1/4点で人間1人が3Hzで加振	21	車1台(1860kg)がA ₂ からA ₁ に走行
9	1/4点で人間1人が3Hzで加振	22	車1台(1860kg)がA ₂ からA ₁ に走行
10	3/4点で人間1人が3Hzで加振	23	車1台(1860kg)がA ₂ からA ₁ に走行
11	3/4点で人間1人が3Hzで加振		
12	1/2点でロープによる強制変位		
13	1/2点で1.5Hzの水平加振		

表-2 減衰自由振動測定結果

No	固有振動数 f (Hz)	固有周期 T (sec)	対数減衰率 δ	減衰定数 n	対称曲げ振動
1	3.38	0.295	0.189	0.030	対称曲げ振動
2	3.40	0.294	0.170	0.027	対称曲げ振動
3	2.66	0.376	—	—	反対称曲げ振動
4	2.68	0.373	0.235	0.037	反対称曲げ振動
5	2.66	0.376	—	—	反対称曲げ振動
6	2.68	0.373	—	—	反対称曲げ振動
7	3.40	0.294	0.115	0.018	対称曲げ振動
8	2.66	0.376	—	—	反対称曲げ振動
9	2.66	0.376	0.155	0.025	反対称曲げ振動
10	2.70	0.370	—	—	反対称曲げ振動
11	2.66	0.376	0.203	0.032	反対称曲げ振動
12	1.53	0.654	—	—	水平対称曲げ振動
13	1.50	0.667	0.072	0.011	水平対称曲げ振動

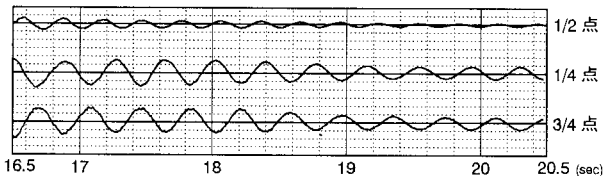


図-2 振動波形(実験 No. 8)

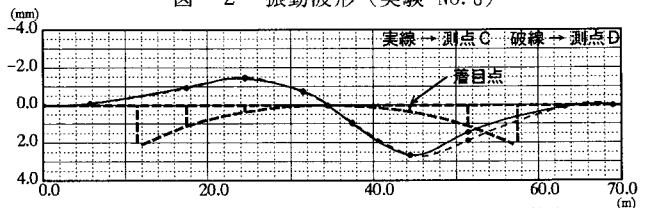


図-3 着目点7-支間 1/4点(測点C, D)の影響線

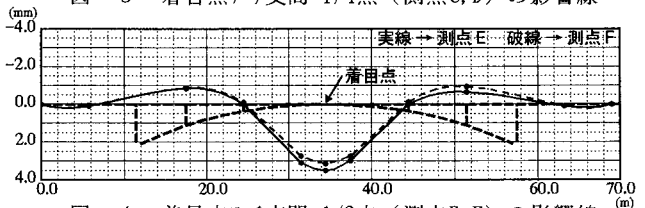


図-4 着目点7-支間 1/2点(測点E, F)の影響線

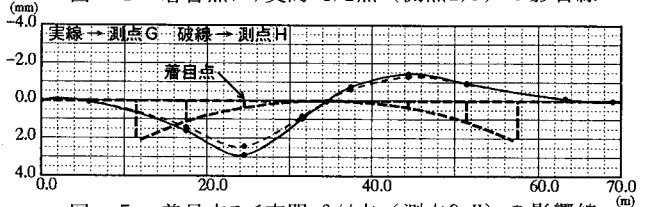


図-5 着目点7-支間 3/4点(測点G, H)の影響線