

単径間 PC 吊床版歩道橋の振動特性と振動使用性

金沢大学大学院 正会員 ○梶川 康男
金沢大学大学院 正会員 深田 宰史
金沢大学大学院 学生員 山田 智之

1. まえがき

PC 吊床版橋は吊橋の塔を省略し吊ケーブルと補剛桁が一体となってアンカーされた形式であり、現在までに国内で 70 橋程度が架設され、さらに増えつつある。特に、そのうち 9 橋の最大支間長は 100～150m に達している。また、多径間連続形式や上路形式もあり、用途の多様化の傾向にある。しかし、吊床版歩道橋は写真 - 1 のように非常にフレキシブルな構造であるために、歩行者による揺れや風による動的安定性が設計上の大きなポイントとなる。そこで、全国に建設されている多くの吊床版歩道橋のうち、これまでに 30 数橋に対して、統一した試験方法によって振動試験を行ってきた。本文では、同じ試験条件下における 18 橋分の公道や公園に架設されている単径間の吊床版歩道橋(表 - 1 参照)の振動特性(卓越振動数, 減衰定数, 振動振幅など)をまとめた。

2. 吊床版橋の振動測定

振動特性を把握するため、PC 吊床版橋において、測定計器・加振方法・データ処理など統一した振動試験を行った。試験では、サーボ型の速度計(東京測振(株)製・VSE-15, 計測周波数 0.1～70Hz, 最大測点数 10 点)を各径間の測点に配置し、増幅アンプに接続し、データレコーダに振動波形を記録した。試験では、まず吊床版橋の振動モードを測定するために、一般の歩行者がいない時に適当な加振点において 2 人が椅子より同時に飛び降りることによって人力による衝撃加振試験を行った。その振動波形に対して、その場で即座に FFT によるスペクトル解析を行い、卓越する振動数と振動モードを求めた。次に、吊床版橋の各振動モードの減衰定数を求めるために自由減衰試験を行った。各振動モードの腹の位置において、その卓越振動数のピッチ音に合わせて 2 人が屈伸やジャンプを行い、その振動モードだけが卓越してから加振を止め、自由振動させ、減衰定数を求めた。そして、歩行・走行による振動使用性を検討するために共振歩行・走行試験を行った。吊床版橋は、低い振動数に多くの卓越振動数が存在し、それらの幾つかが歩行者の歩調範囲に含まれる。試験では、求まった卓越振動数前後のピッチ音を聞きながら 2 人ができるだけ歩調を合わせて歩行した。

表 - 1 対象とした PC 吊床版歩道橋(単径間)

橋名	所在地	完成年	支間長(m)	支間サゲ比	有効幅員(m)	版厚(m)
夢吊橋	広島甲山町・ダム	1996	147.6	1/42.2	2.5	0.25
陣屋の森吊橋	大分挾間町・公園	1993	123.0	1/30.0	1.5	0.20
アグリカルチャー橋(*)	大分山香町・ダム	1997	120.0	1/50.0	2.0	0.20
うさぎ橋	宮崎北方町・河川	1992	115.0	1/32.9	2.0	0.17
梅の木轟公園吊橋	熊本泉村・溪谷	1989	105.0	1/33.9	1.3	0.20
であい橋	岐阜白川村・河川	1993	97.0	1/38.8	1.5	0.20
グリーンパーク橋	長野生坂村・公園	1998	94.2	1/34.9	1.5	0.20
音海橋	京都美山町側道橋	1995	91.0	1/41.4	3.3	0.22
滝波ふれあい橋	福井清水町・ダム	1995	79.0	1/31.0	2.5	0.21
哀伝橋	奈良天川村・溪谷	1993	78.0	1/34.7	1.5	0.19
縄文橋	熊本菊水遺跡・公園	1994	76.5	1/34.8	1.5	0.17
くずはのつり橋	奈良秦野市・河川	1995	60.0	1/33.3	2.0	0.19
石川動物園夢吊橋(**)	石川辰口町・公園	1999	55.0	1/25.0	2.0	0.19
片倉ダム林道5号橋	千葉君津市・ダム	1996	51.0	1/36.4	2.0	0.19
あじさい橋	佐賀相知町・溪谷	1993	45.0	1/40.7	2.0	0.17
山中温泉かじか橋	石川山中町・河川	1999	39.0	1/35.5	2.0	0.20
ふれあいのかけはし	福岡宮田町・河川	1993	33.0	1/36.7	2.0	0.20
金原の滝つり橋	熊本鹿北町・河川	1992	23.0	1/38.3	1.5	0.20

(*)景観用外部吊りケーブルあり (**)上路式吊床版歩道橋



写真 - 1 農村公園グリーンパーク橋(長野県生坂村)

キーワード: PC 吊床版歩道橋, 振動特性, 振動使用性

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 TEL 076-234-4601 FAX 076-234-4632

3. 振動特性の実態

吊床版橋の支間長とたわみ振動の振動数の関係を図 - 1 に示す．一般的に，たわみ振動の場合，桁橋形式ではまず対称モードが現れ，次に逆対称モードとなるが，吊床版橋ではサグの影響などからほとんどの吊床版橋においては，それが逆転し，逆対称モードの後に対称モードとなっている．しかも，それらの振動数は非常に近接しているのが特徴である．また，低次の振動モードにおいては卓越振動数と支間長の関係は比較的ばらつきが小さく，図 - 1 に示した双曲線がよく近似できる．建設されている吊床版橋は歩行者の使用性や張力における経済面などから支間サグ比のほとんどが $1/25 \sim 1/50$ 程度であるためにこの近似式で十分近似できる．また，支間長が大きくなるほど全体質量が大きくなるために，歩調範囲（2Hz 前後）と共振する振動モードは節の多い高次モードが卓越する．

支間長と減衰定数の関係について示したものが図 - 2 である．以前に測定した鋼構造の歩道橋の減衰定数と比較すると桁橋形式の側道橋では減衰定数が $0.5 \sim 1.5\%$ であるのに対して，支間長の大きい吊床版橋では減衰定数が $0.1 \sim 1.0\%$ 程度になっている．吊床版橋は，ケーブル構造ゆえに同程度の支間長を有する他の形式の歩道橋に比べて減衰定数が低いことがわかる．また，吊床版橋の減衰定数は，各モードのエネルギー比（床版のひずみエネルギー/全振動エネルギー）を用いると，比較的良好な精度で減衰定数を推定することが可能になってきている¹⁾．

吊床版橋はサグの影響などから，現在ではほとんど歩道橋として架設されている．また，吊床版橋は桁橋の歩道橋などに比べて，比較的橋全体の質量が小さく，フレキシブルな構造であるため振動使用性の検討をする必要がある．そこで，実測した吊床版橋の共振歩行・走行時の最大速度値と歩行者の振動に対する心理的な影響から見た振動じょ限度の提案値との関係を図 - 3 に示す．これらの振動速度値は十分に共振させた場合の最大値である．

吊床版橋においては，支間長が大きいものでは最大速度値が比較的小さくなっている．その理由は，支間長が大きくなると全体の質量が大きくなり，しかも歩調に共振する振動モードは節が多い高次モードが卓越するようになるためと考えられる．吊床版橋は比較的山間部や公園内などに多く建設されており提案されているじょ限度をそのまま適用することはできないが，それぞれの用途に応じて考える必要がある．今後さらに長支間化，多径間化され，耐風安定性，振動使用性および緊急車両の通行など様々な解決すべき問題が多い．

参考文献 1) 角本周，梶川康男：P C 吊床版橋の減衰定数の評価と振動使用性照査における影響，土木学会論文集，No.612/I - 46，pp.337 - 348，1999.1.

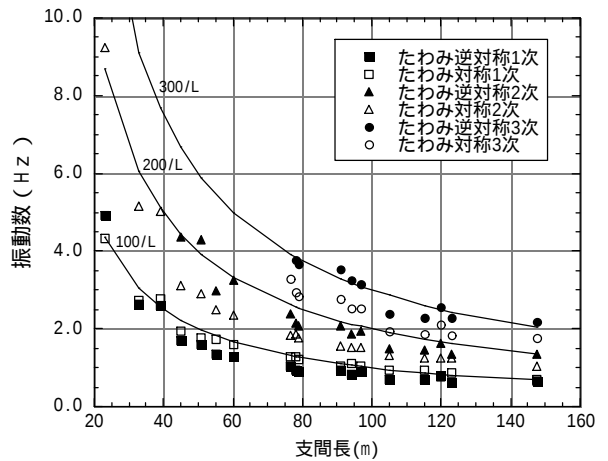


図 - 1 支間長と卓越振動数の関係

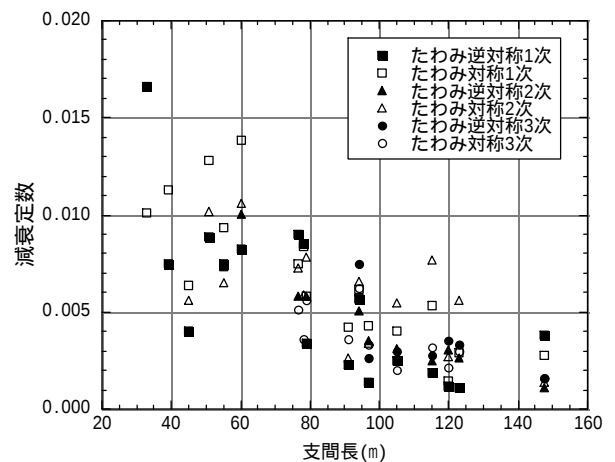


図 - 2 支間長と減衰定数の関係

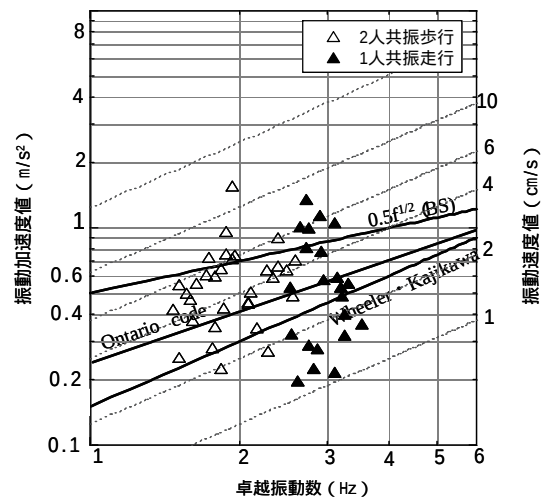


図 - 3 最大振幅と各提案値