

金沢大学工学部 正会員 梶 川 康 男

1. まえがき 金沢の犀川下流に自動車歩行者専用橋として、斜張橋形式の歩道橋「雪吊橋」が建設された。計画当初、積雪地帯における小規模斜張橋の耐風安定性や歩行者による振動などの問題が考えられた。そこで、完成後、種々の振動実験が行われた。今回、その加振入力を把握した衝撃実験により振動特性を求めたので、その概要を報告する。

2. 入力による衝撃加振実験 本橋の実験が開通日直前であったため種々の制約があり、入力による加振方法を採用した。測定計器の配置を図-1のようにした。衝撃入力は荷重測定装置（ロードセル4台とH形鋼・鋼板で組み立てたもの）にて測定した。この装置の横に机を置き、さらにその上にイスを置き（鋼板からの高さ69cm）、4名の人（体重の合計333kgf）が同時に飛び降りることによって、衝撃を1回加えたときの動的応答を測定した。図-2に測点9に加わった衝撃波形と応答波形を示し、図-3にそのフーリエスペクトルと測点3・9・11での伝達関数を示した。衝撃力は体重の約5倍の1600kgfに達し、その結果、振動加速度振幅は約30cm/s²に達した。波形は衝撃後、約1秒程度で高い周波数成分は減衰し、その後最低次の振動波形がゆっくりと減衰しながら続いている。なお、図-4には、各測点間の周波数別の位相角を示した。

3. 衝撃加振装置による振動実験 入力による衝撃加振は手軽で機動性に富む方法ではあるが、大きな衝撃力が得られないことやその大きさ・衝撃作用時間が一定ではなく、ばらつきが大きくなる欠点をもつ。そこで、安定した大きな衝撃を得るために、写真-1に示すような衝撃加振装置を開発・製作した。一回のインパルスが得られるように重錘には2度打ち防止機構を有している。また、この装置は組立式であるので20数個の部品に解体ができ、小さな車で運ぶことができる。この衝撃装置を用いて衝撃を与えたときの動的応答を測定した。図-5にその衝撃波形と応答波形を示し、図-6に衝撃力のフーリエスペクトルと測点3・9・11での伝達関数を、図-7に各測点間の周波数別の位相角を示した。大きな衝撃力（30kgfの重錘、落下高さ約60cm、1cm厚のゴム2枚の条件で、8tf）や安定した平坦なスペクトルが得られ、応答加速度として約180cm/s²が得られた。

4. 測定結果 図-2～7や固有値解析結果から以下のような振動モードについての情報を得ることができる。1次の振動（1.17Hz）が基本の曲げ1次モードであり、2次の振動（2.52Hz）では桁が全体に下方に動くとき、搭が短径側側に倒れる傾向にある曲げの2次モードである。つぎに、3次の振動（3.52Hz）は図-2～7においては顕著ではないが、搭での加速度に顕著であることから搭の面外モードであろう。4次の振動（4.30Hz）では、測点1と3の位相が、また測点9と11の位相が逆であり、しかも、測点1と9とが同位相であることから径間に節の1つある曲げの3次振動モードである。同様の考察により、5次（6.2Hz）が曲げの4次モード、6次（7.28Hz）は搭の面内モード、7次（8.6Hz）は曲げの5次モードであり、また、8次（9.18Hz）は9と9'の位相が逆であることからねじれの1次振動である。以上のように、モードに関する考察ができるが、重錘落下加振ではスペクトルが平坦であり真のピークのみが現れるため、判断が容易となる。

5. あとがき 衝撃入力を把握し、スペクトル解析を応用すれば、伝達関数が求められることを確認することができた。また、モード解析法により伝達関数から減衰定数をも求めることが可能である。

表-1 固有振動数と振動モード

	実測固有振動数	計算固有振動数	振動モード
1次	1.17Hz	1.05Hz	
2次	2.54Hz	2.34Hz	
3次	3.52Hz	3.71Hz	
4次	4.30Hz	3.99Hz	
5次	6.20Hz	5.71Hz	
6次	7.28Hz	7.10Hz	
7次	8.60Hz	6.22Hz	
8次	9.18Hz	5.84Hz	

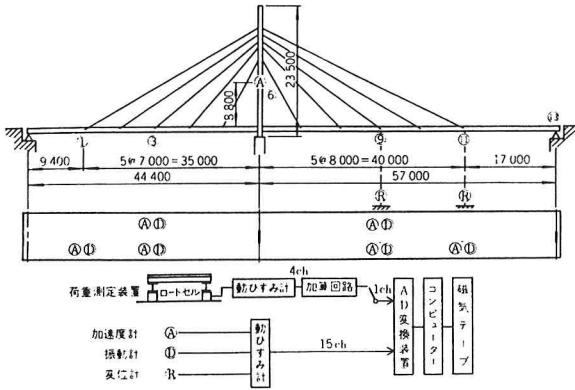


図-1 測定計器の配置図

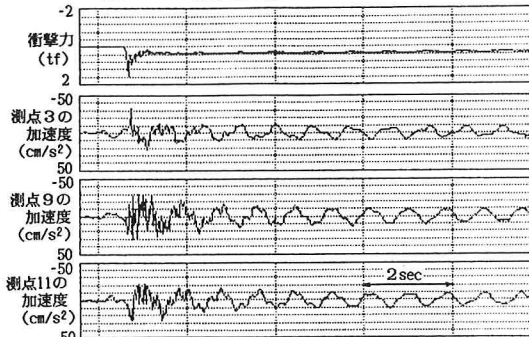


図-2 衝撃力と加速度波形（人力加振時）

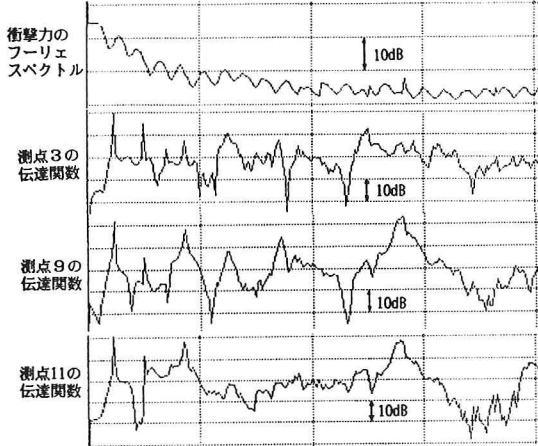


図-3 衝撃力のスペクトルと伝達関数

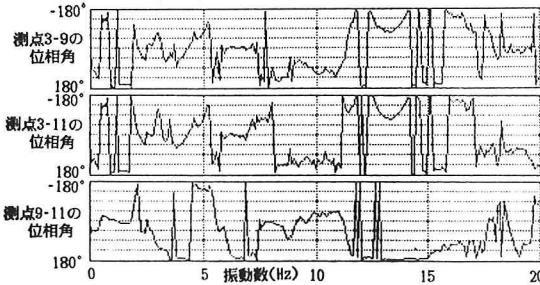


図-4 各測点間の位相角（人力加振時）

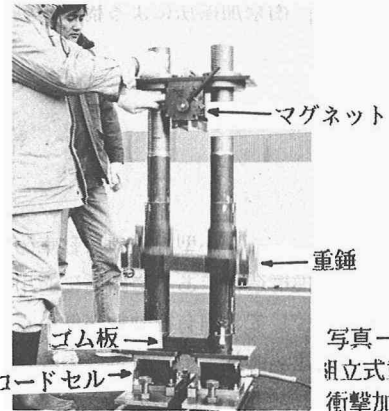


写真-1
組立式重錘落下
衝撃加振装置

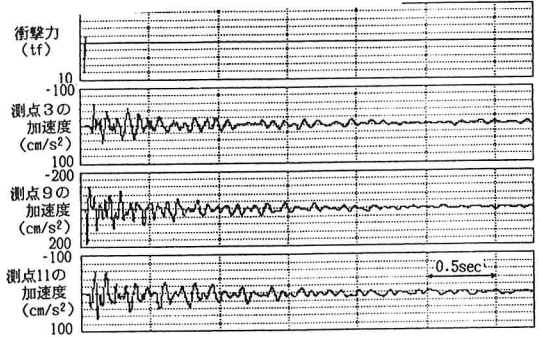


図-5 衝撃力と加速度波形（重錘加振時）

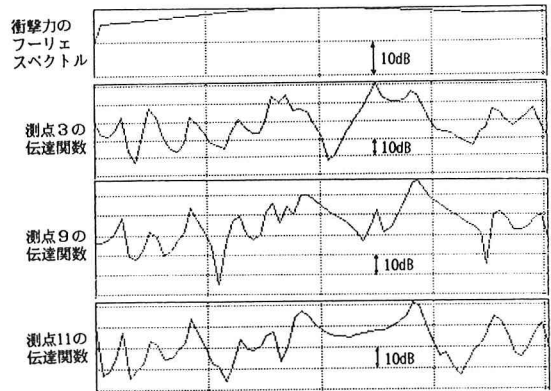


図-6 衝撃力のスペクトルと伝達関数

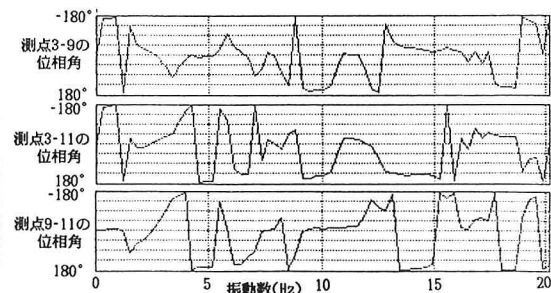


図-7 各測点間の位相角（重錘加振時）