

川田工業株式会社 正会員 米田昌弘
川田工業株式会社 正会員 梅澤宣雄
建設省富山工務事務所 難波政行

1. まえがき 合掌大橋(旧名新滝橋)は富山・岐阜両県境で蛇行した庄川を一般国道156号が横断する位置に架橋された山間部には珍らしい斜張橋を主体とする橋梁で昭和54年10月に竣工した。本橋は図-1に示すようにH型立体ラーメン構造の主塔を有し、主塔はほぼ対称の2径間で合掌造りに擬したデザインを採用している。特異な地形や施工性等を考慮して、主塔は半島部のRC地中梁を介した2径間非連続鋼床版2箱桁で、他に橋のない構造を有する。本橋の竣工直前に振動試験を実施中、10月19日に台風20号の直撃を受けたために急遽強風観測も行ない、強風時の振動特性に関する資料を得たので概略報告すると共に、振動試験(起振機を用いた加振試験および荷重車をを用いた走行試験)の測定結果との比較を行なう。また、本橋の設計時に用いられた動的性状に関する諸量の仮定値の妥当性を確認した。

2. 測定方法 当日は富山側径間の起振機による加振試験を実施する予定で、測定計器は図-1に示す各位置に加速度計が設置してあった。ところが、早朝より次第に風雨が強くなり、9時過ぎには一時弱くなったが、14時頃から15時半頃まで最も強く吹き荒れ、その後は少し弱まり、風雨は夜半まで続いた。特に、岐阜側に設置された風向風速計には14時15分に瞬間最大風速31.0m/secが記録された。第1回目の測定は最も風雨の強かった14時30分前後に約10分間、第2回目の測定は多少風雨が弱くなった15時過ぎに約25分間実施した。この記録を時間間隔0.025sec、データ個数4096個でデジタル化してスペクトル解析を行ない、パワースペクトルから共振振動数(これを固有振動数とみなす)を求め、ハーフパワー法で対数減衰率を計算した。

3. 測定結果 図-2にスペクトル解析の一例を示す。測定された加速度記録及びスペクトル解析の結果、本橋は最低次振動である鉛直たわみ逆対称1次振動が卓越しており、高次振動は小さいことがわかった。

(1) 固有振動数と固有振動モード 強風観測から得られた固有振動数と振動試験から得られた固有振動数を併せて表-1に示す。この結果からわかるように、両者は高次振動の一部で多少差が見られるが、その他の振動特に低次振動では非常に良い一致を示している。本橋の特長として、ケーブルの振動が卓越して、それに伴い橋も振動するモード(以下ケーブル卓越振動と呼ぶ)が見られる。ケーブルの固有振動数は初期軸力によって左右されるが、今回の測定値は完成時のケーブル張力測定時の固有振動数と完全に一致する。また、固有振動モードは振動試験と良い一致を示した。

(2) 桁の対数減衰率 強風観測から得られた対数減衰率と振動試験から得られた対数減衰率を併せて表-1に示す。この結果によらず、最低次振動である鉛直たわみ逆対称1次振動は強風観測と振動試験の結果が同程度

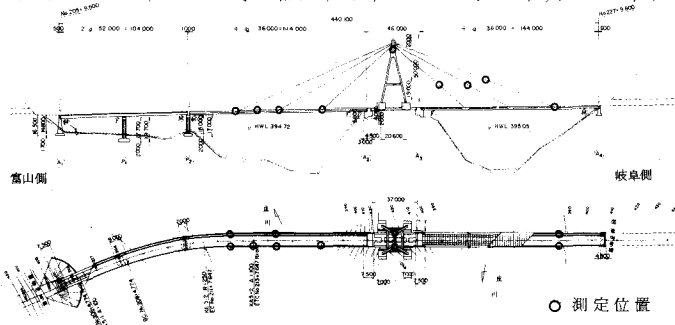


図-1 合掌大橋一般図および測定位置

表-1 合掌大橋の固有振動数および対数減衰率

振動モード		固有振動数(Hz)		対数減衰率	
		振動試験	強風観測	振動試験	強風観測
鉛直 たわみ 振動	逆対称1次	0.64	0.658	0.084	0.085
	対称1次	0.93	0.925	0.066	0.054
	逆対称2次	1.51	1.557	0.066	0.051
	対称2次	1.42	1.407	0.072	0.041
	5次	2.25	2.246	0.023	0.019
おしれ 振動	逆対称1次	1.69	1.680	0.054	0.026
	対称1次	1.97	2.019	0.024	0.021
	逆対称2次	2.97	2.985	0.019	0.016
	対称2次	3.03		0.026	
ケーブル 卓越 振動	上段	0.66	0.654	0.075	0.048
	中段	0.74	0.742	0.065	0.067
	下段	0.99	0.991	0.046	0.059

であるが、その他の高次振動では強風観測の測定値は振動試験より小さい傾向にある。振幅と対数減衰率の関係を調べるために、スペクトル解析の結果のフーリエスペクトルから見かけ上の振幅と対数減衰率の関係を図示したものが図-3である。この図によれば、鉛直たわみ逆対称1次振動の振幅が非常に大きく、高次振動になるにつれて振幅も小さくなっており、振幅が大きいと対数減衰率も大きい傾向を示している。

(3) ケーブルの対数減衰率 ケーブル別の振幅と対数減衰率の関係を図-4に示す。この図はフーリエスペクトルから見かけ上の振幅を計算したものである。この結果、全体的に見れば振幅が大きくなるにつれて対数減衰率も大きくなっていく。そこで、ケーブルの減衰を構造減衰 δ_s と空気抵抗による減衰 δ_A に分けて、 $\delta = \delta_s + \delta_A$ と考える。このうち、空気抵抗による減衰は空気の流体としての粘性や圧力に起因し、振幅と共に増大するものと考えられ、構造物の寸法、振動数、振動形にも関係する。本橋のケーブルについてみると、振動次数が高くなるにつれて対数減衰率も小さくなり、0.012程度に漸近している。これがケーブルの構造減衰に近い値と考えることができる。また、本橋のケーブルは図-5に示すように、振動次数が高くなるにつれ減衰は小さくなり、下段・中段・上段ケーブルの順に減衰は小さくなっていく。そこで、比較的減衰の小さい1~2次振動について、ロックドコイルの径と対数減衰率の関係を図-6に示す。この結果ケーブルの径が大きくなると空気抵抗による減衰も大きくなり、この両者はほぼ直線的な相関があることがわかる。

4. まとめ 本橋の設計にあたっては、たわみ風琴振動に対する耐風性の検討も風洞模型実験により実施した。この時の推定振動数が0.537 Hzであり、風琴発生風速が37.9 m/secが予想された。一方、実験については振動数が0.64 Hzで風速が45.2 m/secが予想され、更に対数減衰率が0.025から0.084になったことから耐風安定性が増したものと判断できる。強風観測にあたり適切な御指導を頂いた土木研究所成田室長をはじめ構造研究室の皆様に謝意を表します。

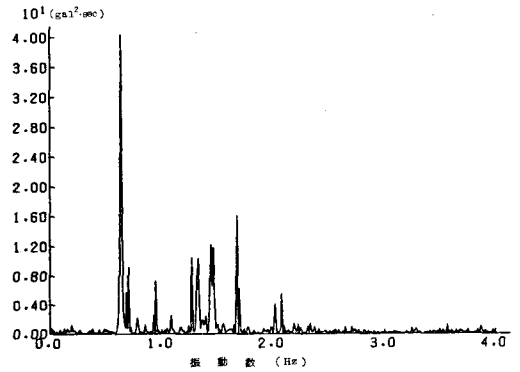


図-2 パワースペクトル(中段ケーブル定着点・歩道側)

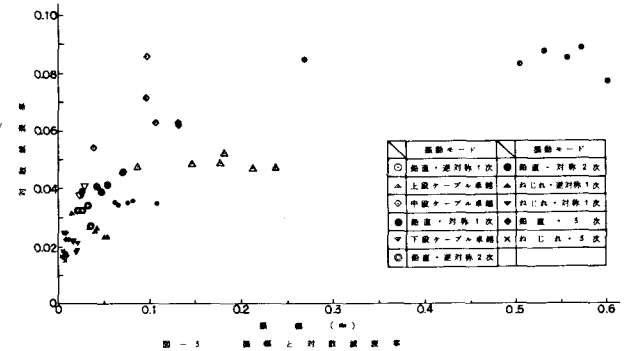


図-3 振幅と対数減衰率

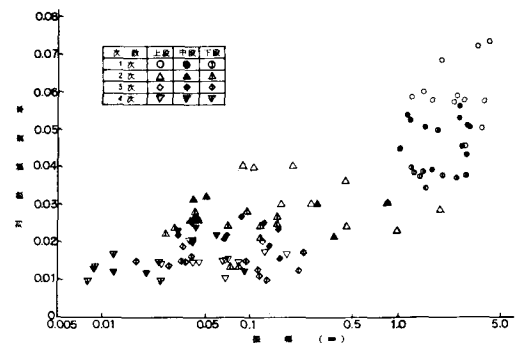


図-4 ケーブルの振幅と対数減衰率

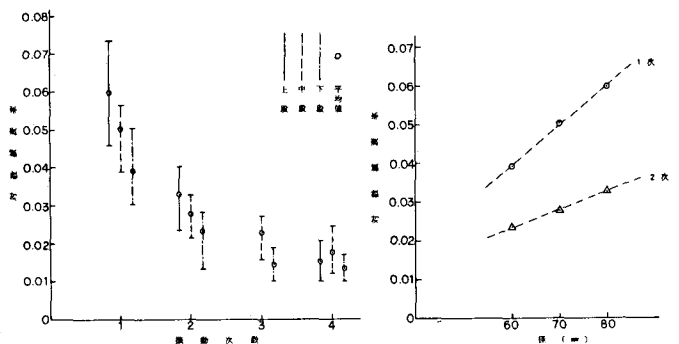


図-5 ケーブルの対数減衰率

図-6 ケーブルの径と対数減衰率