

60年余供用された小規模吊橋の強度調査

アルス・コンサルタンツ(株) 正会員 ○大深伸尚

金沢工業大学 正会員 本田秀行

金沢大学 正会員 梶川康男

1. まえがき 調査の対象とした巡視用橋梁(木滑り吊橋)は、石川県の国道157号線沿いにある吉野谷発電所内の手取川に小規模吊橋として昭和5年に架設され、すでに60年以上供用されてきた。主要部材は、部材のBSやKDYの刻印から英国のBritish Steel社およびKing Dam. Yalta社製の鋼材が、また過去の補強工事等から八幡製鉄所製の鋼材も一部使用されている。本橋は60年以上供用されており、外観上の劣化等に加え、構造上の強度など安全性を検討する時期にきている。そこで、外観上の劣化調査、静的・動的試験、部材の強度試験、理論解析などを実施し、本橋に対する総合的な強度評価を検討したので以下に報告する。

2. 調査 本橋に対する調査は表-1に示すように8項目を実施した。本橋の一般図を図-1に示す。支間長54.4m、幅員2.1m、制限荷重3tで荷物運搬用のトロッキールが敷設されている。

(1) 上下部構造寸法と部材調査 本橋の設計に関する資料がなかった為、部材長や寸法を各部材ごとにノギスや巻尺で測定した。上部構の主要部材は英国製の鋼材が使用されており、JIS規格と若干異なる断面寸法となっている。下部構の左岸橋台は、地質が断層破砕性粘土の上下流で不連続な箇所、崖の洗掘や地震などの影響から現況のようなコンクリート壁を作り、架設時の橋台をその中に閉じこめたものと判断される。

(2) 変状外観調査 ケーブルの素線切れは見当たらないが、錆の進行が見られ劣化の度合いが大きい。ケーブル止めアンカーの抜け出しやゆるみはなく変状の様子はない。補剛トラスの支間中央付近では、継手部の過大な変形により、リベット、ボルト、添接板にゆるみやずれが見られた。タワーは、落石による座屈変形が一部見られたが、外観上の変状はない。右岸側橋台のコンクリートは、風化による表面劣化から豆枝状や剝離も一部見られた。左岸側橋台は前あてコンクリートで覆われているため不明であるが、前あてコンクリートはクラックも見当たらず健全な状態と考えられる。なお、表-1の(7)項目でのコンクリートの非破壊試験をパンジットによって圧縮強度を測定した結果、右岸側が 220 ± 20 、左岸側が $250 \pm 30 \text{ kg/cm}^2$ であった。特に、右岸側は強度がほとんどないところもあり、左岸側に比べて劣化が進んでいることを示している。

(3) 静的試験 本試験として、等分布荷重、集中荷重載荷、ケーブル張力測定を行った。実験内容等を表-2に、また測定器の配置を図-1に示す。なお、ケーブル張力測定は、ケーブルの応答加速度の固有振動数から張力を推定している。載荷用の荷重は、トロッキ(550 kg)と25kgの土嚢72個を用いた。図-2はたわみの測定例を示している。なお、解析値は弾性理論で計算した。測定結果として、補剛トラスの鉛直曲げ剛性はほとんどなく、横構上の3本の木製縦桁の寄与が大きい、4点

表-1 調査項目

- | |
|------------------|
| (1) 上部構造の寸法と部材調査 |
| (2) 下部構造の寸法と部材調査 |
| (3) 変状外観調査 |
| (4) 静的試験 |
| (5) 動的試験 |
| (6) 鋼材の引張試験 |
| (7) コンクリートの非破壊試験 |
| (8) 主ケーブルの定着調査 |

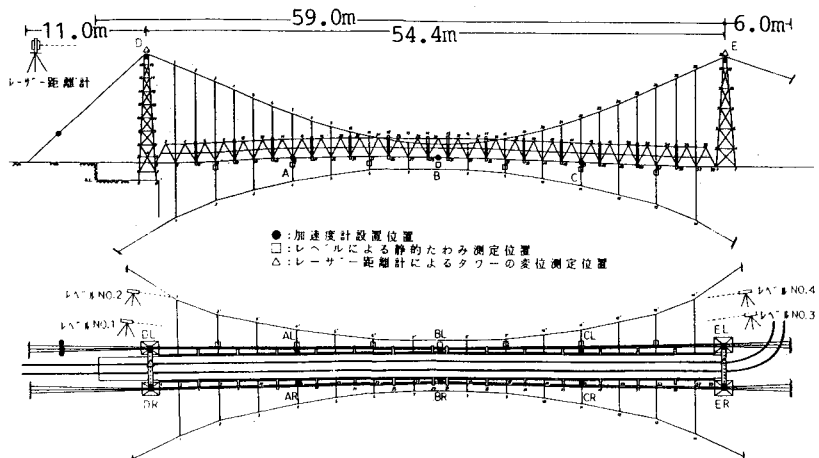


図-1 本橋の一般図および測定器の配置と測定点

載荷時での負のたわみを縦桁とストームケーブルが拘束するなどが認められた。縦桁が木製である以上、今後の腐食等によって曲げ剛性に期待できない懸念がある。表-3は積雪時のケーブル張力試算を示している。冬期間の積雪により過大なケーブル張力が負荷されるものと考えられる。

(4) 動的試験 本試験の実験方法や内容等を表-4に示す。ハンガー振動影響試験とは、加振時のハンガー振動が大きい為、ハンガー自体の固有振動数を検討するために行ったものである。本試験での測定器配置を図-1に示す。測定データの収録は、現場でテクニカルコンピュータ(TEAC社製PS-9000-332MMA)で行った。図-3は加速度応答波形例と卓越スペクトルを示している。1.8 Hzと5.8 Hzはハンガー自体の振動数と思われる。図-4に振動数と振動モードを示す。解析値は弾性理論を用いた。2次振動モードは両者とも合致しているが、1次振動に差異が見られる。なお、固有値解析はNASTRANでも試みている。動的試験の結果として、固有振動数は同規模の吊橋より若干大きい値を示している。これは、木製縦桁の剛性寄与が大きいと思われる。対数減衰率は、供用年数の長い橋梁での一般的傾向として、また同規模の吊橋よりその値が大きく減衰性能が高い。ストームケーブルの配置も影響しているようだ。

(5) 鋼材の引張試験 DKYの刻印のある補剛トラス斜材から供試体を6本作成して引張試験を行った結果、若干鉄分が多いようであるが、降伏応力、最大応力、弾性係数のばらつきはほとんどなくて品質が均一であり、SS41に相当する材料であることが認められた。

3. あとがき 本橋は60年以上の供用期間中、維持管理がよく行われてきた橋梁で、調査結果から構造上の強度問題はないと思われる。しかし、本橋は豪雪地域に架設されており、曲げ剛性を支配している木製縦桁の腐食やケーブルの劣化などは、今後の維持管理上、懸念される問題点になるものと思われる。

最後に、本橋の調査に御協力を賜りました関係各位および金沢工業大学や金沢大学の学生諸君に(注)支間長=54.4m、幅員=2.1m、雪の比重=0.5t/m³、無載荷時の引張力=5.0t、ケーブル1本の切断荷重 $P_0=17.63t$ 。

表-2 静的試験内容

実験法	内容	実験ケース名
等分布荷重載荷試験		SD
等分布荷重載荷試験	全スパン等分布荷重	SD1
部分的等分布荷重載荷試験	1/4 点中心の部分等分布荷重	SD2
部分的等分布荷重載荷試験	1/2 点中心の部分等分布荷重	SD3
部分的等分布荷重載荷試験	3/4 点中心の部分等分布荷重	SD4
集中荷重載荷試験		SP
集中荷重載荷試験	各7点に集中荷重	SP7, SP15, SP23, SP30, SP37, SP45, SP53
ケーブル張力測定試験		CV
無載荷時試験	無載荷状態	SCVINI
等分布荷重載荷試験	全スパン等分布荷重	SDCV1
部分的等分布荷重載荷試験	1/4 点中心の部分等分布荷重	SDCV2
部分的等分布荷重載荷試験	1/2 点中心の部分等分布荷重	SDCV3
部分的等分布荷重載荷試験	3/4 点中心の部分等分布荷重	SDCV4
集中荷重載荷試験	各点に集中荷重	SP7CV, SP15CV, SP23CV, SP30CV, SP37CV, SP45CV, SP53CV

表-4 動的試験内容

実験法	内容	実験ケース名
土嚢落下衝撃試験	各点で土嚢を落下	DD15, DD30, DD45
ジャンプ衝撃試験	各点で2人がジャンプ	DJ15, DJ30, DJ45
屈伸加振試験	2.1 Hzで2人屈伸加振	DK15, DK30, DK45
屈伸加振試験	2.4 Hzで2人屈伸加振	DK15, DK30, DK45
歩行加振試験	2.1 Hzで4人歩行加振	DR1, DR2
ジョギング加振試験	2.4 Hzで4人ジョギング加振	DR3, DR4
走行加振試験	3.2 Hzで2人走行加振	DR5, DR6
ハンガー振動影響試験	ハンガーを振動	HV1~HV14

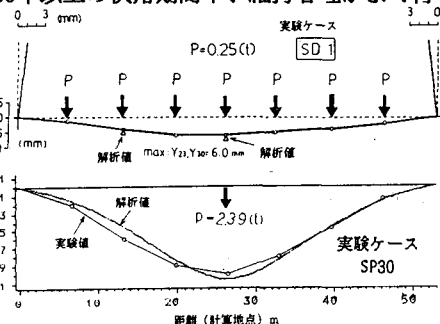


図-2 たわみ測定の一例

表-3 積雪時のケーブル張力試算

No.	積雪深	荷重P	引張力T	0.35T	ΣT
1	0.6(m)	34.3(t)	17.2(t)	6.0(t)	11.0(t)
2	1.0	57.1	28.6	10.0	15.0
3	1.5	85.7	42.9	15.0	20.0
4	2.0	114.2	57.1	20.0	25.0

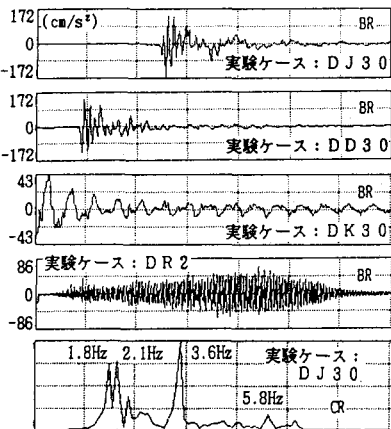


図-3 応答波形例とスペクトル

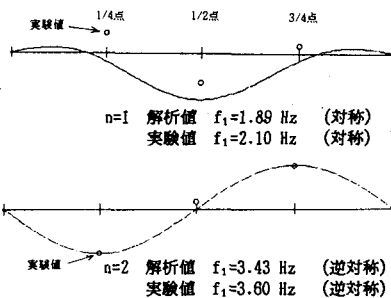


図-4 固有振動数と振動モード