

青森県開運橋における合理的な耐震補強法

工藤一彦* 中野正則** 安波博道*** 中島和俊****

1. はじめに

開運橋は、青森県の奥入瀬川河口から約700m上流に建設された橋梁である。本橋は下部工を共有する上流側上部工と下流側上部工に分けられ、下流側は1979年建設の鋼単純合成鉄桁橋9連、上流側は1996年建設の5径間+4径間連続非合成鉄桁橋（橋長304m、代表支間長34.8m）と異なる構造形式が採用されている。図-1に構造一般図を示す。下流側上部工では、建設時から塗替え塗装が行われなかったことに起因する異常腐食が見られた。このため、平成21年度には、腐食調査およびトラック載荷試験を基に構造安全性の照査を行った¹⁾。トラック載荷試験の結果、下流側上部工は単純桁として建設されたが、実際には連続桁としての挙動を示していることが明らかとなった。

本稿では、上記の調査検討により得られた橋梁の実挙動を基に、予定されていた単純桁各個を落橋防止装置により相互連結する耐震補強を見直し、主桁の連続化を前提としてより合理的な耐震補強を行うべく調査・設計を行った事例を報告する。

2. 橋梁の実挙動

2.1 トラック載荷試験による挙動

既報¹⁾の通り、下流側C2橋を代表して行ったトラック載荷試験の結果、本橋は連続桁としての

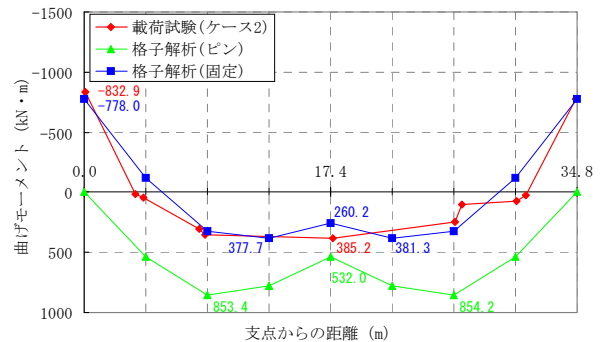


図-2 G3桁曲げモーメント図（ケース2）

挙動を示している。図-2に示したトラック載荷試験の結果（赤線）と両端の支承を固定とした格子解析（青線）は良く一致している。

また、支承付近で計測された上下フランジのひずみは、主桁を完全合成と見なした場合のひずみ分布に概ね合致し、負の曲げモーメントが生じる範囲においても合成桁として挙動していることが確認された。

2.2 温度変化に対する挙動

平成22年度には、前項の代表径間で得られた連続桁性状について、橋梁全体ではどのような挙動を示すのかを把握すべく、夏季と冬季の2回にわたり伸縮装置の遊間および橋長を測定し、温度変化による橋梁の変形挙動を調査した。測定時の主桁表面温度は、夏期25.5度、冬期0.0度である。

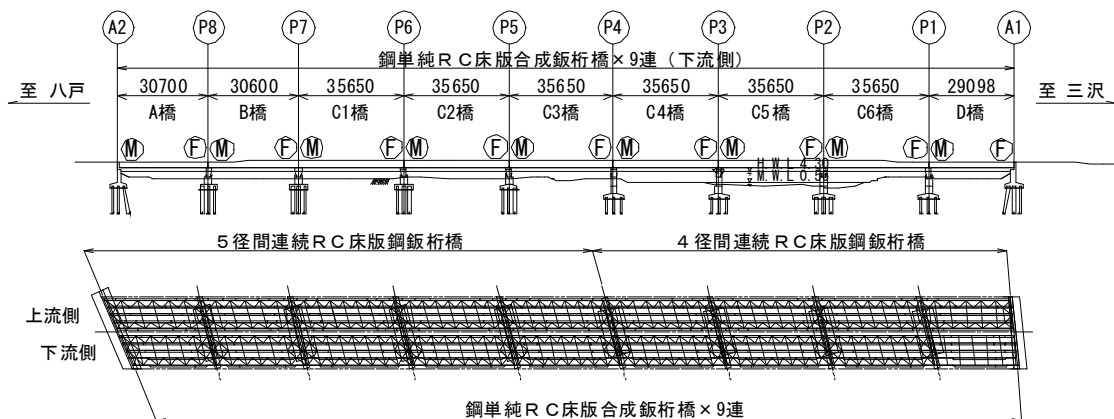


図-1 橋梁一般図

遊間測定結果(表-1)によると、中間橋脚上では温度変化による伸縮は少なく、両橋台上のみ伸縮が見られた。両橋台上の伸縮量は、橋梁全長の温度変化による計算伸縮量41.1mmに対して約半分に相当

表-1 伸縮装置の遊間

	下流側上部工(mm)		
	夏期	冬期	差
A2	31.10	57.40	26.30
P8	61.70	60.70	-1.00
P7	54.30	54.60	0.30
P6	58.60	59.35	0.75
P5	55.40	56.50	1.10
P4	42.45	44.00	1.55
P3	37.70	38.15	0.45
P2	64.20	64.15	-0.05
P1	40.50	40.00	-0.50
A1	28.30	53.30	25.00

する26.3mおよび25mmであり、また端径間単体の計算伸縮量8.3mmに対して約3倍となっている。

光波測距儀を用いた橋長測定結果(図-3)では、温度変化に対してP5橋脚付近を不動点とした一体挙動を示していることが判明した。図-4に橋長中心を基点とした各支点の移動量を示す。移動量は距離比例による推定(赤点線)に等しく、全9径間一体となって挙動し、特定の橋台・橋脚が特異な挙動を示しているものではないことがわかる。

これらの結果から、下流側上部工は建設時に想定した可動支承-固定支承からなる単純桁の変形挙動を示さず、全9径間が一体として挙動する連続桁性状を示しているものと考えられる。

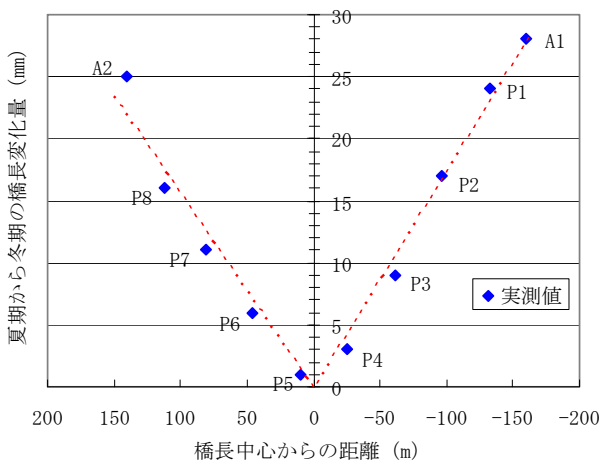


図-4 各橋脚上の橋長変化量

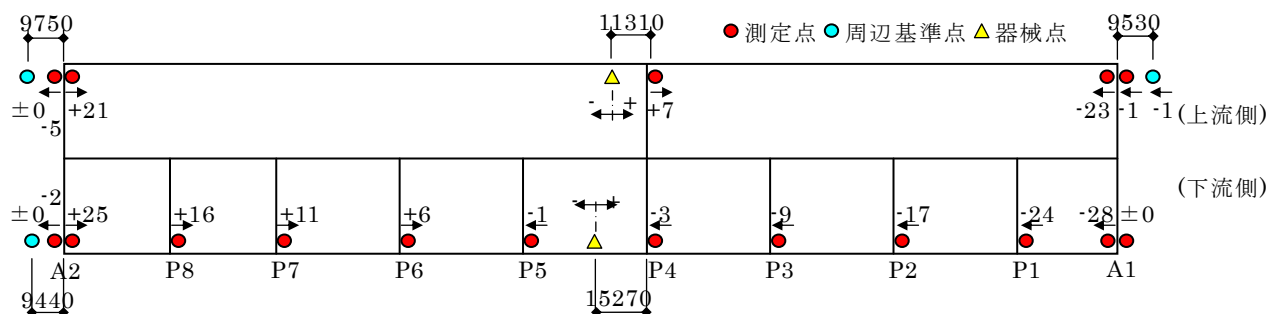


図-3 橋長測定結果

2.3 連続桁性状の原因

単純桁で有りながら連続桁性状を示す原因として、写真-1に示す耐震

連結板の存在が挙げられる。桁高さのほぼ半分に達する高さの連結板を用い、可動側を長孔とすることにより、温度変化等の常時移動を吸収する構造である。この連結板を観察したところ、どの支点部においても移動の痕跡が

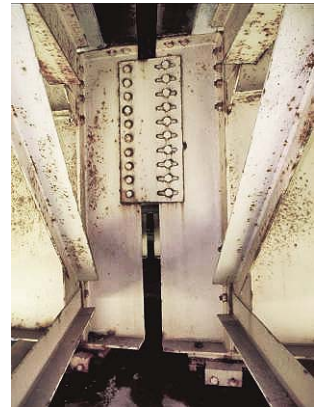


写真-1 耐震連結板構造

見られず、固着した状態であった。耐震連結板にボルトを多列配置したために、桁端の回転を拘束し、連続桁性状を示すことになったと推察される。

また、A1橋台上の支承は、本来固定支承であり、温度変化によって移動する構造ではない。しかしながら、写真-2に示すように過去の大地震により支承の移動拘束部材(上沓ストッパー)が破断・変形し、可動状態となった。

なお、表-2に示す過去の大地震時、および東日本大震災にも支承の損傷以外に補修を要する損傷を受けた記録はない。



写真-2 支承の損傷

表-2 強震履歴(八戸湊町)

日付	震度	規模	震源地
1993年 1月15日	5	M7.5	釧路沖
1994年 12月28日	6	M7.6	三陸沖
1995年 1月7日	5	M7.2	岩手県沖
2008年 7月24日	5強	M6.8	岩手県沿岸北部
2011年 3月11日	5強*	M9.0	三陸沖

※おいらせ町中下田(自治体震度計)

3. 耐震補強の検討

3.1 検討方針

前項までの調査で明らかとなったように、本橋は現時点で連続桁性状を示し、それによる悪影響（負曲げ部の床版コンクリート損傷や隣接する支承の損傷）が見られていない。本橋のような複数の単純桁では、この場合、単純桁同士をPCケーブルによって相互連結するよりも、主桁を連続化するほうが有利だと考えられる。連続化による主なメリットとして、次の点が挙げられる（図-5）。

①地震被害に対する絶対的安心感

[単純桁+落橋防止システム] ≪ [連続桁]

②腐食環境の改善（漏水防止）による維持管理の負担軽減化を達成

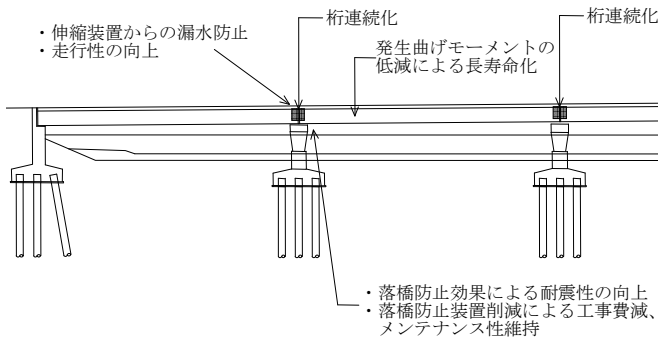


図-5 連続化によるメリット

3.2 負反力に対する検討

一般に、中間支点上に既存の2つの支承を残したまま連続化すると、支承間のごく短い支間によりてこ作用が生じ、過大な負反力の発生が懸念される（図-6）。

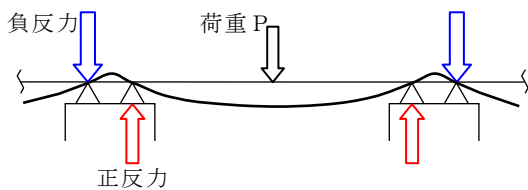


図-6 支承に生じる負反力イメージ

一方、本橋では連続桁性状を示している現時点において、現状の支承に負反力による損傷も見られず、機能上問題となっていない。使用された線支承の浮上り防止装置に設けられた僅かな隙間（実測5mm）により浮上り変形が吸収されたことが主な要因だと考えられる。図-7に一般的な線支承の浮上り防止装置構造図を、写真-3に本橋の支承での実測状況を示す。

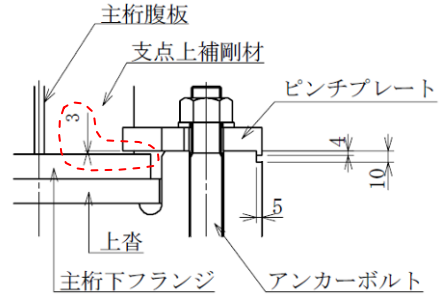


図-7 浮上り防止装置；（一社）支承協会HPより



写真-3 実測状況

ここでは、主桁を連続化させることにより隣接支承に生じる浮上り変形が、上図のギャップ範囲内に収まるものかを平面格子解析により確認した。平面格子解析では、隣接する支承のうち片方を解析上存在しないものとして扱い、同部位に生じる活荷重による変位量を算定した（図-8、表-3）。

表-3のように、活荷重による隣接支承位置の変位量は最大0.8mm程度であり、5mmのギャップに対して十分小さいことがわかった。

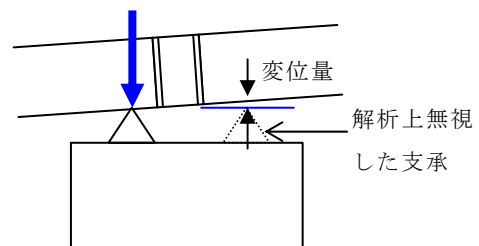


図-8 隣接支承位置の活荷重変位量

表-3 隣接支承位置の変位量（単位：mm）

	G1	G2	G3	G4	G5
P8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
P7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7
P6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
P5	0.8	0.6	0.6	0.6	0.7
P4	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7
P3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
P2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.7
P1	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6

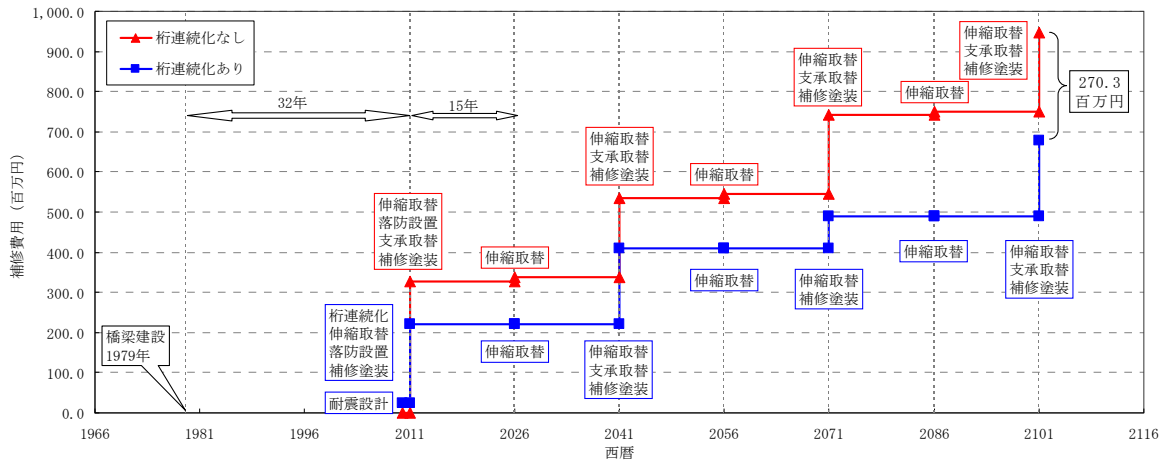


図-9 維持管理コストの試算結果

このことから、現橋において連続桁性状を示す状態でも負反力により支承が損傷していない現象が説明可能であり、現支承を利用した連続化構造に問題が無いことが確認された。

3.3 維持管理コストの比較

連続桁化による耐震補強の結果、予定されていた単純桁のままの耐震補強に比べ、耐震性能のみならず経済性、維持管理性も向上することが見込まれる。これらを集計し、現時点から100年後までの維持管理コストを試算した(図-9)。この結果、初期コストにおいて単純桁構造で3.3億円要するところ、連続桁化により2.2億円まで削減し約1.1億円の削減を果たした。100年後においてはこの差が更に開き、約2.7億円の削減効果を見込んでいる。

4. まとめ

本報では連続桁性状を示した橋梁に対して、一般に機能不全と捉えられる同挙動を肯定的に評価し、耐震補強の一部とすべく積極的な桁連続化を行った事例を報告した。

本橋では多段配列の耐震連結板により建設初期

から連続桁性状を示したと考えられながらも、東日本大震災を含む過去の大地震において大きな損傷を生じていないことから、積極的な連続化が有効な耐震補強手段であると評価している。

平成24年度には連続桁化および耐震補強が行われた(写真-4)。供用後約1年を経過した平成25年5月時点で異常は見られない。



写真-4 連続桁化の施工

参考文献

- 1) 工藤一彦、河原木英貴、中野正則、安波博道、中島和俊：腐食損傷を受けた開運橋の構造安全性に関する調査検討、土木技術資料、第52巻、第7号、pp.56～59、2010

工藤一彦*



青森県東青地域圏民局地域整備部都市施設課 主査
(前 上北地域圏民局地域整備部道路施設課)
Kazuhiko KUDO

中野正則**



一般財団法人土木研究センター 審議役
Masanori NAKANO

安波博道***



一般財団法人土木研究センター材料・構造研究部長、工博
Dr.Hiromichi YASUNAMI

中島和俊****



一般財団法人土木研究センター材料・構造研究部 主任研究員
Kazutoshi NAKASHIMA