

アーチ部コンクリート充填による上路式鋼アーチ橋の耐震補強効果の検討

高松工業高等専門学校 学生会員 ○大前 貴紀
高松工業高等専門学校 正会員 太田 貞次

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、神戸市などで高架橋が落橋するなどの甚大な被害が発生した。これを機に耐震設計法が見直され、この基準を満たさない橋梁は耐震補強を余儀なくされた。一般国道8号線の新潟県柏崎市上輪地先に架かる上輪橋は、1965年に竣工したアプローチ桁を有する中央径間120mの2ヒンジ逆ローゼ橋であり、2000年秋～2001年夏にかけてアーチ部にコンクリートを充填する耐震補強工事が行われた。

2. 補強内容及び目的

上輪橋で実施された耐震補強工事の内容とその目的を以下に示す。また補強箇所を上輪橋一般図とともに図-1に示す。

【補強内容】

- ① アーチリブに軽量コンクリートを充填
- ② 端支柱下側 1/3 部分に軽量コンクリートを充填
- ③ 端支柱にブレースを設置
- ④ 端部斜材を追加
- ⑤ アーチ基部を固定化

【補強目的】

- ① アーチリブの局部座屈防止ならびにアーチリブ全体の耐力上昇
- ② 端支柱基部の局部座屈防止
- ③ 端支柱の面内剛性の増加
- ④ 耐震性能及び耐荷力の向上
- ⑤ 橋軸直角方向への転倒防止

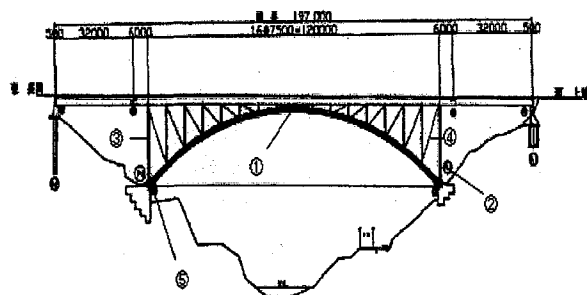


図-1 上輪橋と補強箇所

3. 補強効果の確認

(1) 解析概要

本研究では、補強前後の構造系に対して3次元骨組動的解析ソフト TDAPⅢを用いて固有値解析を行い、解析結果を現場振動計測結果と比較することにより解析モデルの妥当性を確認した。また、補強前後の構造系に対して地震応答解析を行い、補強効果を検証した。解析モデルを図-2に示す。

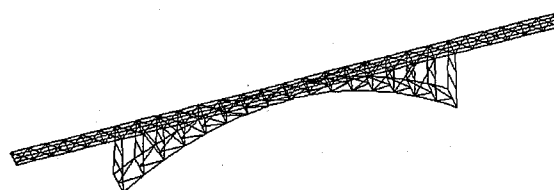


図-2 解析モデル

(2) 固有値解析

補強前後を対象とした固有値解析結果を現場振動実験の計測値とともにそれぞれ表-1、2に示す。

実験値と現場計測値の比較では、補強後の鉛直方向2次振動を除いて約10%程度以内の誤差となっている。また、1次の固有振動数ではほぼ一致した。この結果から、解析結果は妥当なものと判断できる。またコンクリートを充填したことに伴い、アーチ橋全体の剛性が明らかに大きくなっていることがわかる。

表-1 固有振動数の比較（補強前）

次数 (次)	固有振動数(Hz)		振動モード	現場計測値 /解析値
	現場計測値	解析値		
1	0.82	0.82	面外方向1次	1.00
2	計測せず	1.16	鉛直方向2次	-
3	1.45	1.28	ねじり2次	1.13
4	計測せず	1.91	端支柱面内1次	-
5	2.63	2.43	鉛直方向3次	1.08
6	2.84	2.77	面外方向2次	1.03

表-2 固有振動数の比較（補強後）

次数 (次)	固有振動数(Hz)		振動モード	現場計測値 /解析値
	現場計測値	解析値		
1	1.09	1.12	面外方向1次	0.97
2	1.79	1.47	鉛直方向2次	1.22
3	1.94	1.74	ねじり2次	1.12
4	2.69	2.49	端支柱面内1次	1.08
5	3.03	3.44	面外方向2次	0.88
6	3.38	3.46	鉛直方向3次	0.98

(3) 地震応答解析

ここでは補強前後の構造系を対象に行った地震応答解析結果を使用して補強効果を検証した。解析ではプレート境界型地震として北海道東方沖地震波（マグニチュード 8.2）を、また内陸直下型地震として兵庫県南部地震波（マグニチュード 7.3）をそれぞれ橋軸方向と橋軸直角方向に入力波として作用させた。表中の正值は引張、負値は圧縮を意味している。

【内陸直下型地震時】

表-3 にそれぞれ橋軸方向と橋軸直角方向に内陸直下型地震波を入力したときの応力度を示す。補強前には橋軸方向の地震時に表の部材の約半数、橋軸直角方向の地震時にはほぼ全ての部材が許容応力度を超えていたが、補強後は多くの部材が安全となった。特に、端支柱下端部の発生応力度は許容応力度に対して 4.63 倍→0.64 倍と大幅に低下した。これは、アーチ部のコンクリート充填により、局部座屈が防止されるとともにコンクリート断面の付加に伴って抵抗断面が大きく増加したためである。また、アーチ基部を除くすべてのアーチ部分と主桁においても、補強により発生応力度が許容応力度以下となった。これはアーチ部の剛性が大きくなったことと、アーチ基部を固定化することにより力の流れが大きく変わったためである。一方、アーチ基部には固定化に伴って大きなモーメント反力が発生し、補強後においても許容応力度の 1.06 倍の応力度を生じた。しかし、この値は降伏点以下であり、地震力の作用が一時的なものであることから直ちに破壊に至るものではないと考えられる。

【プレート境界型地震時】

表-4 にプレート境界型地震波をそれぞれ橋軸方向と橋軸直角方向に入力したときの応力度を示す。プレート境界型地震時においても補強前にはアーチ部や端支柱下端部で許容応力度を大きく超過する応力度が発生していたが、補強後は全ての部材が許容応力度以内に収まった。

4. まとめ

- ・ 固有値解析結果と実橋を使用した振動実験結果の比較から、10%程度の誤差の範囲で適用できることがわかった。
- ・ 本橋ではプレート境界型地震動よりも内陸直下型地震地震動の方がより大きな断面力を発生させる。
- ・ 補強前には多くの部材で許容応力度を超過してい

表-3 内陸直下型地震の応力度照査

橋軸方向地震波（単位：Mpa）

補強	位置	応力度		許容応力度		判定	
		最大	最小	引張	圧縮	最大	最小
補強前	アーチ基部	-162	-361	278		○	×
	端支柱下端部	-110	-309	278	275	○	×
	アーチクラウン	12	-191	278	202	○	○
	主桁中央	303	-355	278		×	×
	アーチL/4	-148	-398	278	271	○	×
	主桁L/4	183	-221	278		○	○
補強後	アーチ基部	126	-267	278		○	○
	端支柱下端部	-22	-131	278		○	○
	アーチクラウン	20	-99	278		○	○
	主桁中央	262	-125	278		○	○
	アーチL/4	-34	-127	278		○	○
	主桁L/4	145	-124	278		○	○

橋軸直角方向地震波（単位：Mpa）

補強	位置	応力度(Mpa)		許容応力度		判定	
		最大	最小	引張	圧縮	最大	最小
補強前	アーチ基部	243	-808	278	199	○	×
	端支柱下端部	459	-716	278	155	×	×
	アーチクラウン	204	-285	278	199	○	×
	主桁中央	342	-291	278		×	×
	アーチL/4	-67	-476	278	199	○	×
	主桁L/4	365	-404	278		×	×
補強後	アーチ基部	124	-295	278		○	×
	端支柱下端部	91	-176	278		○	○
	アーチクラウン	64	-127	278		○	○
	主桁中央	271	-84	278		○	○
	アーチL/4	-10	-154	278		○	○
	主桁L/4	248	-243	278		○	○

表-4 プレート境界型地震の応力度照査

橋軸方向地震波（単位：Mpa）

補強	位置	応力度(Mpa)		許容応力度		判定	
		最大	最小	引張	圧縮	最大	最小
補強前	アーチ基部	-206	-264	278		○	○
	端支柱下端部	-101	-263	278	275	○	○
	アーチクラウン	10	-213	278	202	○	×
	主桁中央	151	-224	278		○	○
	アーチL/4	-224	-338	278	271	○	×
	主桁L/4	147	-180	278		○	○
補強後	アーチ基部	5	-176	278		○	○
	端支柱下端部	-20	-63	278		○	○
	アーチクラウン	-11	-90	278		○	○
	主桁中央	163	-42	278		○	○
	アーチL/4	53	-101	278		○	○
	主桁L/4	89	-86	278		○	○

橋軸直角方向地震波（単位：Mpa）

補強	位置	応力度(Mpa)		許容応力度		判定	
		最大	最小	引張	圧縮	最大	最小
補強前	アーチ基部	7	-545	278	199	○	×
	端支柱下端部	168	-497	278	155	○	×
	アーチクラウン	84	-169	278	199	○	○
	主桁中央	188	-280	278		○	×
	アーチL/4	-169	-209	278	199	○	×
	主桁L/4	209	-246	278		○	○
補強後	アーチ基部	16	-185	278		○	○
	端支柱下端部	17	-144	278		○	○
	アーチクラウン	3	-112	278		○	○
	主桁中央	158	-50	278		○	○
	アーチL/4	-41	-111	278		○	○
	主桁L/4	129	-129	278		○	○

たが、補強後はアーチ基部以外では許容応力度以内に収まった。

- ・ アーチ基部の応力度も降伏点以下となった。

参考文献

上輪橋 補強効果確認のための計測及び試験 補強前後比較検討結果、財団法人先端建設技術センター、2001年11月8日。