

中路式RCアーチ橋の耐震性に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○浜崎大輔
 九州大学 フェロー 大塚久哲
 銭高組 正員 水取和幸

1. まえがき

中路式RCアーチ橋は、我が国の道路橋としては現在架設中の橋が一橋あるのみである。しかし、このタイプの橋は景観に優れていることから、今後、架設実績が増加するものと思われる。一般にアーチ橋は、橋軸方向と橋軸直角方向で異なる振動特性を有するが、各地震波成分の影響を動的解析により検討した例は少ない。ここでは、観測波を用いた3次元弾塑性時刻歴応答解析を行い、各地震波成分に対する中路式RCアーチ橋の耐震性能を検討した。

2. 解析手法

現在架設中の支間長92mの実橋を対象として、図-1に示すような立体骨組によりモデル化した。主桁は床組構成梁に床版の剛性を考慮した梁要素、アーチリブは各断面ごとに算出された梁要素、吊りケーブルは棒要素で要素分割したものである。対象としている橋梁では、アーチリブ間の横梁と主桁の間にアンカーが設置されているが、本モデルでは梁要素として模擬した。減衰定数は補剛桁で0.03、アーチ部材および吊りケーブルでは0.05とした。

動的解析では、アーチリブ部の曲げによる非線形性を2軸回りについて考慮した。アーチリブ部の非線形特性値は、自重解析により求めた軸力分布と断面形状を基に算定したものである。なお、骨格曲線にはトリリニア型、復元力特性は武田型モデルとした。主桁端部の橋軸方向はバネ支持、橋軸直角方向は固定としている。また、アーチ下端部は全固定とした。

解析は、観測波の各成分が中路式アーチ橋の振動特性に与える影響を把握するため、3成分同時入力および各成分を個々に入力した場合について解析を行った。なお、入力地震動には神戸海洋気象台において観測された兵庫県南部地震の地震波を使用し、橋軸方向にE-W成分、橋軸直角方向にN-S成分、上下方向にU-D成分を入力した。

3. 解析結果および考察

(1) 3成分同時入力

3成分同時入力における応答最大断面力を表-1に示す。3成分入力の場合、アーチリブの曲げモーメントはほとんどの部材で非線形領域に至った。また、アーチリブ下端部および横繋ぎ梁部では、降伏断面

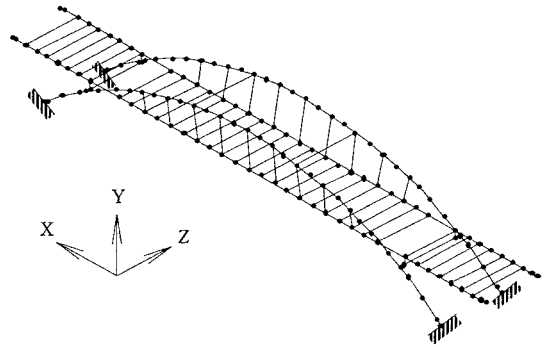


図-1 解析モデル

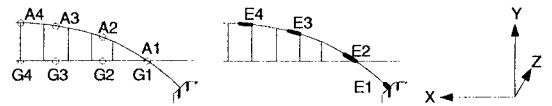


図-2 出力位置図

表-1 応答最大断面力

要素	Mz(tf・m)	My(tf・m)	N(tf)
E1	2298.3	2334.7	2463.8
E2	1054.4	1980.4	1054.4
E3	-1033.3	-1610.2	2084.7
E4	724.1	-985.0	2076.0

表-2 応答最大変位

節点	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)
G1	-6.86	8.62	2.84
G2	-6.26	21.94	5.10
G3	-6.12	16.71	6.07
G4	-6.24	-6.63	6.31
A1	-5.75	8.43	3.18
A2	-10.51	18.58	26.89
A3	-9.33	11.36	40.23
A4	-8.85	5.39	42.25

力に達した部材も見られた。アーチ頂部において、2軸回りのモーメント (M_y , M_z) が小さくなっているが、アーチリブは偏断面となっており、端部から頂部にかけて断面が変化しているため、頂部においても、ひび割れあるいは降伏が生じている。Y軸回りモーメント (M_y) とZ軸回りモーメント (M_z) を比較すると、アーチリブ全域で M_y の方が大きく、 M_y 成分によって降伏した部材が多いことを示している。3成分を同時に作用させた場合の最大変位を表-2に示す。主桁は橋軸方向には全域でほぼ一定の変位であるが、橋軸直角方向の変位は中央部に至る程大きくなる傾向が見られる。これは、アーチリブによる拘束によるものと考えられる。また、アーチリブ中央部は、橋軸直角方向に40cm以上の大きな変位を示している。

(2) 各成分入力

各成分を個々に入力した場合の応答最大断面力を表-3に示す。モーメントについては、橋軸方向入力の場合に M_z が卓越し非線形領域に至っている。一方、橋軸直角方向入力の場合、 M_y のみならず M_z も大きくなっており、アーチ下端部では、 M_y , M_z ともに非線形領域に至っている。また、上下方向入力の場合には、2軸回りのモーメントは線形領域での挙動のみとなっており、大地震時のアーチリブの塑性化には、橋軸直角方向成分の影響が大きいと考えられる。軸力については、橋軸方向入力の場合にアーチリブ中央部が若干小さな値を示している以外には大きな差は見られない。

次に、最大応答変位を表-4に示す。橋軸方向入力の場合、主桁およびアーチリブの変位量は中央部付近を除いて、橋軸、上下方向において主桁の3成分入力時とほぼ同じ値であり、橋軸方向成分が3成分入力時の橋軸、上下方向変位のほとんどを生じさせているといえる。しかし、中央部は上下方向にほとんど変位しておらず、また、アーチリブ中央部に至るほどモーメントが小さくなる分布より、主桁の橋軸、上下方向変位に伴ってアーチリブの変位が大きくなっていることがわかる。橋軸直角方向入力の場合には、アーチリブ上部の大変位を初め、全域で橋軸直角方向変位が3成分入力時に近い値であり、主桁中央付近の上下方向変位も同様な傾向にある。このことは、アーチリブ上部の大変位により、主桁中央部の上下方向変位が生じていることを示唆している。一方、上下方向入力では主桁中央部およびアーチリブ中央部において上下方向変位が生じているが、比較的小さな値となっている。

5. まとめ

中路式RCアーチ橋では、大地震時にアーチリブ下端部および各横繫ぎ部において降伏に至る断面力が発生することが明らかになった。また、各成分を個々に入力した解析を行った結果、橋軸方向成分が主桁の橋軸方向変位、橋軸直角方向成分がアーチリブ上部の大変位および大変位に伴う主桁の上下方向変位を与えていると判断でき、特に橋軸直角方向成分の影響が大きいことが判明した。

表-3 応答最大断面力

要素	橋軸方向(E-W)入力			橋軸直角方向(N-S)入力			上下方向(U-D)入力		
	Mz(tf・m)	My(tf・m)	N(tf)	Mz(tf・m)	My(tf・m)	N(tf)	Mz(tf・m)	My(tf・m)	N(tf)
E1	2238.2	181.7	2161.1	-1419.9	2309.4	2308.6	-527.6	192.9	2091.7
E2	1129.0	-104.2	1554.4	-697.2	1982.7	2098.5	230.7	-86.5	1793.9
E3	-1130.7	-57.2	1360.5	137.1	-1611.2	1963.4	185.2	-66.9	1671.5
E4	485.3	-39.0	1284.7	519.4	-980.9	1898.3	410.5	-44.7	1639.0

表-4 応答最大変位

節点	橋軸方向(E-W)入力			橋軸直角方向(N-S)入力			上下方向(U-D)入力		
	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)
G1	-6.05	7.13	-0.01	-0.89	1.17	2.72	-0.08	0.39	0.04
G2	-5.75	19.05	-0.01	0.59	3.51	4.89	-0.06	1.60	0.08
G3	-5.91	12.90	-0.02	0.30	4.82	5.82	0.08	2.30	0.10
G4	-6.24	-0.57	-0.02	0.14	5.54	6.04	0.08	3.19	0.10
A1	-4.79	7.10	-0.01	-0.77	0.98	2.97	-0.23	0.38	0.04
A2	-10.30	19.30	-0.07	0.53	0.37	26.19	-0.31	0.73	0.09
A3	-9.27	12.57	-0.08	-0.12	3.18	39.31	-0.08	1.54	0.07
A4	-8.81	-0.41	-0.05	-0.08	4.14	41.22	0.03	2.17	0.08

参考文献：1)水取他：中路式RCアーチ橋の地震応答と耐震性評価，構造工学論文集，Vol.44A，1998.3

2)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編)，1996。