

I-47

上路式鋼アーチ橋の耐震性能改善に関する検討

東北学院大学工学部 学生員 ○渡辺義大
東北学院大学工学部 正会員 中沢正利

1 はじめに

本研究で解析対象としている宮城県鳴子町の大深沢橋は、昭和36年に架橋された鋼上路式2ヒンジアーチ+鋼単純鉄桁(2連)からなる橋梁である。約42年間供用された現在、橋梁各所でのかなりの老朽化が進んでおり、根本的な補修・補強が必要となってきた。旧建設省では「大深沢橋検討委員会」を設置し、平成10年度に「大深沢橋補強・補修事業」により補強したが、近い将来に発生が確実視されている宮城県沖震に備えて、耐震性能を向上させる方策も講じる必要がある。

そこで本研究では、上路式アーチ橋である大深沢橋の各部材にコンクリートを充填することにより、本橋の振動特性がどの程度改善されるのか比較・検討するものである。

2 解析モデル

解析モデルは、図-1に示す通りである。節点数53、要素数64の二次元梁要素とした。補剛桁およびアーチリブ部はI形断面、鉛直材は箱形の中空断面である。

本研究では、コンクリートの充填の仕方により、以下に示す6つのモデルを用意した。

	コンクリート充填箇所
モデル1	コンクリート充填なし
モデル2	支柱すべて
モデル3	外側3本の支柱
モデル4	内側3本の支柱
モデル5	支柱1本おき(端支柱の充填なし)
モデル6	アーチリブのみ

3 解析条件

本研究ではファイバーモデルによる二次元非線形動的解析を行った。死荷重の影響を考慮するために、上部工の質量を梁の質量に換算した。また、各要素の体積分の質量を集中質量として各節点に与えた。解析に用いた鋼材はSS400とし、鋼材の単位体積重量は $77[kN/m^3]$ 、ヤング係数は $200[kN/mm^2]$ 、降伏応力度は $235[N/mm^2]$ とした。充填コンクリートのヤング係数は $24[kN/mm^2]$ とし、単位体積重量が $23[kN/m^3]$ の普通コンクリートと $16.5[kN/m^3]$ の軽量コンクリートの両者を規定して考慮した。一軸の応力-ひずみの履歴モデルはバイリニア型とし、ひずみ硬化係数は $\mu = 0.01$ としている。Newmarkの β 法による数値積分を行い、 β の値は $1/4$ とした。減衰マトリクスは質量比例型を仮定し、質量マトリクスに乗じる比例定数の決定には、弾性固有値解析より得られる一次の固有値 $\omega(1)$ と減衰定数 $\eta = 0.05$ を用いた。入力地震震は内陸直下型地震である兵庫県南部地震JR鷹取駅記録(方角:EW/NS)と、プレート型地震である釧路沖地震釧路地方気象台記録(方角:063/153)を用い、水平方向より加振した。

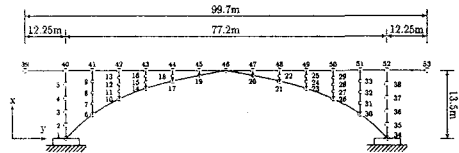


図-1 解析モデル

表-1 1次の固有周期[sec]

モデル1	0.4532 (コンクリート充填なし)
	普通 concrete 軽量 concrete
モデル2	0.4519 0.4503
モデル3	0.4538 0.4529
モデル4	0.4513 0.4506
モデル5	0.4523 0.4515
モデル6	0.5521 0.5145

4 解析結果

まず、固有周期の検討を行う。また、耐震上最も考慮すべき最大応答変位と降伏によって生じる残留応答変位の比較、および応力-ひずみ履歴曲線よりエネルギーの吸収性能についての検討を行った。なお、本研究では最大応答変位と残留応答変位の着目節点を $14(L/4)$ 地点、応力-ひずみ履歴曲線の着目節点を $45(L/4)$ 地点近傍とした。

4.1 固有周期の検討

固有値解析より得られた結果の表-1を見ると、普通・軽量コンクリートどちらを充填しても、固有周期に大きな違いはなかった。ただし、アーチリブに充填したモデル6では、重量の増加に伴い、若干の変化が見られた。

4.2 最大応答変位および残留応答変位の検討

図-2は、軽量コンクリートを充填したモデル2にJR鷹取で観測された地震波を入力した場合の鉛直方向変位の応答曲線を示したものである。上部床版死荷重の影響を受けて、沈下した状態で振動している。これに対して、アーチリブに充填したモデル6(図-3)では、アーチリブの剛性が増加した分、死荷重による沈下量は少ないが、応答変位は逆に大きくなっており、質量の増加が応答に大きな影響を及ぼしていることが分かる。

また、表-2および表-3は各モデルにおける鉛直方向の最大応答変位である。解析結果より、モデル2からモデル5までは支柱部に普通コンクリートまたは軽量コンクリートを充填しても、最大応答変位にあまり変化がないことが分かる。これは、コンクリート充填により剛性は増加するが橋梁自体の自重も増加するため、結果として固有周期などの基本的振動特性が改善されないためであると考えられる。また、モデル6の

表-2 鉛直方向の最大応答変位 [単位: m]

兵庫県南部地震 JR 鷹取駅記録				
	EW		NS	
モデル1	0.03587		0.04021	
	普通コンクリート		軽量コンクリート	
	EW	NS	EW	NS
モデル2	0.03630	0.04038	0.03591	0.03975
モデル3	0.03600	0.04101	0.03545	0.04063
モデル4	0.03633	0.03961	0.03641	0.03941
モデル5	0.03620	0.04019	0.03620	0.03997
モデル6	0.04190	0.06999	0.03716	0.06278

表-3 鉛直方向の最大応答変位 [単位: m]

釧路沖地震 釧路地方気象台記録				
	063		153	
モデル1	0.03641		0.03446	
	普通コンクリート		軽量コンクリート	
	063	153	063	153
モデル2	0.03718	0.03503	0.03678	0.03463
モデル3	0.03716	0.03527	0.03684	0.03485
モデル4	0.03637	0.03435	0.03627	0.03421
モデル5	0.03655	0.03463	0.03628	0.03429
モデル6	0.05197	0.04463	0.05376	0.04179

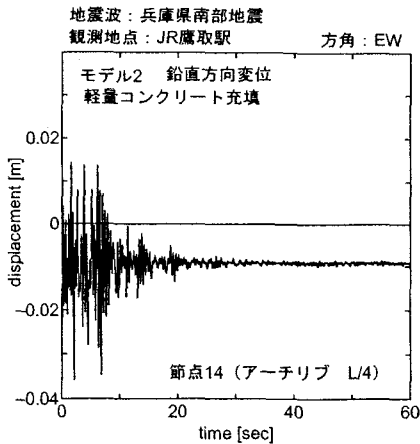


図-2 モデル2の鉛直変位応答曲線

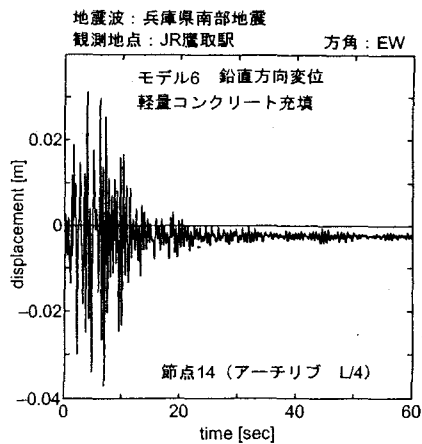


図-3 モデル6の鉛直変位応答曲線

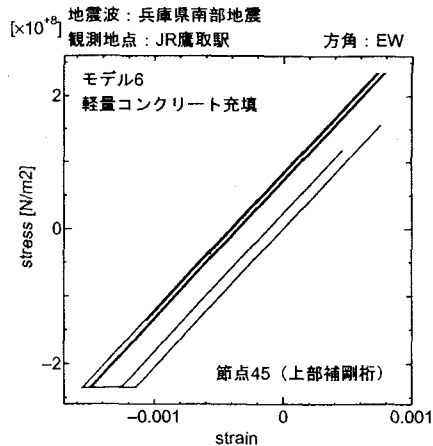


図-4 直下型地震に対するヒステリシス曲線

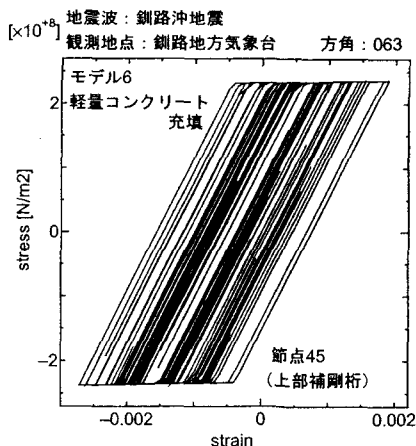


図-5 プレート型地震に対するヒステリシス曲線

ようにアーチリブにコンクリートを充填すると、最大応答変位が大きくなり、効果が見られない。

4.3 応力-ひずみ履歴曲線の性状

異なる地震波による特性を示す一例として、図-4, 5にそれぞれモデル6の補剛桁上の節点45の応力-ひ

ずみ履歴曲線を示す。全体的な傾向として、プレート型地震である釧路沖地震のほうが、直下型地震である兵庫県南部地震よりもループを形成する場合が多く、またループが描く吸収エネルギーも大きい傾向があった。