

I-39 コンクリート充填効果による上路式アーチ橋の振動特性改善に関する研究

東北学院大学工学部 学生員 ○菊地俊夫
東北学院大学工学部 正会員 中沢正利

1 まえがき

大深沢橋は、上路式アーチ橋である。このアーチ橋は、国道47号線の溪谷を跨ぐ橋梁として昭和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)から成る橋梁である。35年間供用された現在までに数々の補修・補強工法が施されているが、現橋での長期供用は困難であると判断され、全面床板打替及び鉛直材の亀裂補修などが計画されてきた。さらに、今後高い確率で発生が予想されている三陸沖地震に対しても、特にアーチ橋として耐震対策を講じる必要性が提言されている。

本研究では、橋梁の耐震性を向上させるための対策として、まずアーチリブには手を加えず、各支柱にコンクリートを流し込むことにより、各支柱の剛性を向上させ、構造物の塑性域での変形能や動的耐力の増加を期待して、橋の地震時の挙動を動的解析により照査する。

本研究では、ファイバー要素により一軸の応力-ひずみ関係を考慮した有限要素によって簡易モデル化した上路式アーチ橋の動的解析を行う。耐震性から最も考慮すべき最大応答変位と、降伏によって発生する残留変位を通常アーチ橋と支柱へのコンクリート充填した3種類のモデル(支柱全てにコンクリートを充填したモデル2、外側3本の支柱にコンクリートを充填したモデル3、内側3本の支柱にコンクリートを充填したモデル4)を考え、比較、検討した結果について報告する。

2 解析方法

本研究で用いた上路式アーチ橋と各種コンクリート充填モデルを図-1、2までに示す。さらに、図-1に示すように、アーチ橋の上部構造の質量とその死荷重による影響を考慮するために、アーチ橋の13箇所の節点に外力を荷重として与える。また、動的解析を行う際に各要素において慣性力を考慮するために、アーチ橋の自重に相当する鋼重(7850kgf/m^3)を、各要素の体積の分だけ集中質量として各節点に与えた。

アーチ橋の断面は、梁部材、主桁および側径間、アーチリブはI形断面である。また、柱部材については箱形の中空断面である。軸方向の応力-ひずみ関係はパイリニア型の構成関係を用い、ひずみ硬化係数 $\mu = 0.01$ としている。各要素における断面分割は振動方向にのみ行い、10分割とした。解析に用いた鋼材はSS400であり、降伏応力を253MPaとしている。また、動的解析を行う際の粘性減衰は、減衰定数5%の質量比例型の減衰マトリックスを仮定した。動的解析を行う際に用いるNewmarkの β 法の β の値を1/4としている。

3 結果および考察

3.1 応答変位時刻歴について

内陸直下型地震(JR 鷹取記録 E-W 方向 モデル1,2)を受けた場合の応答変位時刻歴である図-3、プレート型地震(釧路地方気象台記録 063 方向 モデル1,2)を受けた場合の応答変位時刻歴である図-4(補剛桁L/4)では、縦軸を応答変位(鉛直方向)、横軸を時間としている。

内陸直下型地震とプレート型地震共に、水平方向より鉛直方向の変位の方が大きい値を示している。これは、1次固有振動モードが逆対称形であることによる。また、プレート型地震では残留変位が生じるのに対して、内陸直下型地震ではモデルによって残留変位が生じなくなるものもある。

3.2 最大応答変位について

表-1は内陸直下型地震(JR 鷹取記録)、プレート型地震(釧路地方気象台記録)の最大応答変位(鉛直方向)を示している。最大応答変位では、全てのモデルに対してコンクリート充填の効果が表れるほどの変化はなかった。

3.3 残留応答変位について

表-2は内陸直下型地震(JR 鷹取記録)、プレート型地震(釧路地方気象台記録)の残留応答変位(水平方向)を示している。

モデル2では降伏する部材がないため、残留変位は生じていない。よって、内陸直下型地震を受ける場合にはコンクリート充填は効果があると思われる。

3.4 応力-ひずみ履歴曲線について

図-5は内陸直下型地震(JR 鷹取記録 E-W 方向 モデル1,2)を受けた場合、図-6はプレート型地震(釧路地方気象台記録 063 方向 モデル1,2)を受けた場合の応力-ひずみ履歴曲線である。縦軸を応力、横軸をひずみとしている。内陸直下型地震では、モデル2、モデル4の場合には、断面内に降伏の生じない場合がある。また、プレート型地震では全てのモデルで降伏が生じているが、モデル2ではループ面積が小さくなるのでエネルギー吸収性能低下するものと考えられる。

4 結論

(1) 最大応答変位について

支柱にコンクリートを充填した場合でも、L/4点での最大応答変位には若干の改善しか現われず、コンクリートを充填しただけでは大きな効果はない。これは、充填する場所が支柱だけで、鉛直方向の変位に大きく関係するアーチリブおよび主桁を補剛していないためと考えられる。

(2) 残留応答変位について

内陸直下型地震波を受けた場合では、剛性を増加させたモデル2では塑性域が発生せず、剛性向上の効果が確認された。また、内陸直下型地震のような短い時間で強い地震波が作用する場合より、プレート型地震のように長い時間をかけて強い地震波が作用する場合には全てのケースで降伏が生じ、残留変位は発生しやすいと言える。

(3) 応答変位時刻歴について

コンクリート充填の有無によらず、変位自体に大きな変化はなく、アーチ橋では支柱へのコンクリート充填はさほど効果がない。

(4) 応力-ひずみ履歴曲線について

モデル2では全ての支柱にコンクリートを充填しているため、その剛性増加によって、内陸直下型地震を受ける場合には断面降伏は生じない。プレート型地震では、長い揺れが続くのでほとんど

のモデルでループを形成するが、モデル2の場合のループ面積は小さくなるので、剛性は向上するがエネルギー吸収性能は小さくなるというトレードオフの関係がある。

表-1 最大応答変位 (m)

各種モデル	JR 鷹取記録		釧路地方気象台	
	E-W	N-S	063	153
モデル1	0.226	0.397	0.371	0.277
モデル2	0.231	0.396	0.363	0.280
モデル3	0.225	0.396	0.374	0.248
モデル4	0.227	0.392	0.366	0.279

表-2 残留応答変位について (m)

各種モデル	JR 鷹取記録	
	E-W	N-S
モデル1	0.198E-3	0.191E-3
モデル2	0.000	0.000
モデル3	0.186E-3	0.184E-3
モデル4	0.187E-3	0.000
各種モデル	釧路地方気象台	
	063	153
モデル1	0.135E-3	0.181E-3
モデル2	0.189E-3	0.170E-3
モデル3	0.145E-3	0.155E-3
モデル4	0.161E-3	0.162E-3

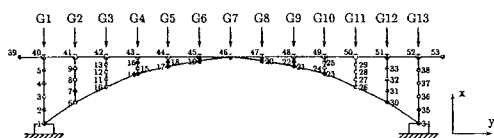


図-1 上路式アーチ橋解析モデル (モデル1 通常)

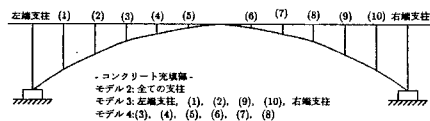


図-2 上路式アーチ橋各種コンクリート充填モデル

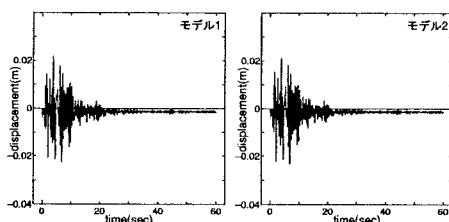


図-3 内陸直下型地震 JR 鷹取 (鉛直方向)

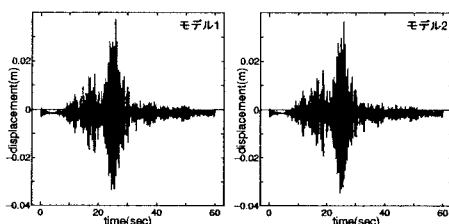


図-4 プレート型地震 釧路地方気象台 (鉛直方向)

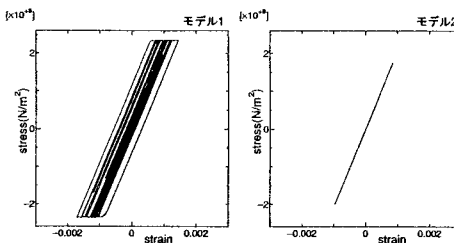


図-5 応力-ひずみ履歴曲線 (JR 鷹取記録 E-W 方向)

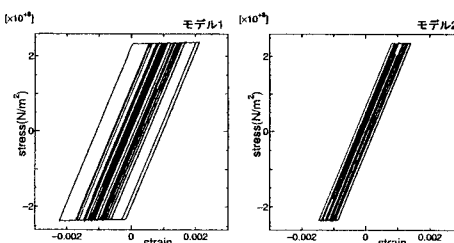


図-6 応力-ひずみ履歴曲線 (釧路地方気象台記録 063 方向)