

地震時断層変位がRC橋梁の耐震安全性に及ぼす影響について

九州大学大学院 学生員 高原達男
九州大学大学院 正会員 矢暮 亘
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

台湾921集集地震(1999年)では、断層上に位置する橋梁をはじめとする各種構造物に甚大な被害が生じた。しかしながら、従来の地盤振動への対策と比して、この種の断層変位に対する橋梁の被害の耐震検討はほとんどなされていない。そのため、既存橋梁の断層変位に対する耐震安全性に関する解析例を蓄積しておくことは、今後のこの種被害の軽減に向けた定量的な評価、検討を行う上で非常に重要である。著者らは既に文献1)において、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋のRC橋梁3種を対象に、中央支間内に断層変位が発生したものと想定して強制変位解析を行い、断層の進展に伴う橋脚、桁部材の応答について一部発表している。本稿では新たに幾何学的非線形の考慮の有無による影響について検討したので、その結果もあわせて報告する。

2. 対象橋梁

(1)斜張橋：中央径間170mの3径間連続PC斜張橋である。構造諸元を表1に示す。主桁と主塔間は支承を設けないフローティング構造である。主塔高はP1主塔が64.5m、P2主塔が64.0m、基礎構造はP1主塔が杭径3.0mの深礎杭形式、P2主塔が直接基礎である。また、側径間側は地形上の制約条件から、中央径間より短くなっている。主塔は逆Y字形で、橋脚は門型構造となっている。

(2)ラーメン橋：本橋は55年道示により設計された高さの異なる橋脚を有する3径間連続コンクリートラーメン橋である。構造諸元を表2に示す。上部構造は普通鉄筋を含んだPC箱桁、橋脚はRC部材で構成されている。また、主桁、橋脚両方で中空断面を採用しており、橋軸方向の橋脚幅は上部から下部に向かって広がる変断面となっている。

(3)アーチ橋：支間長92.0mを有するコンクリート中路式アーチ橋である。構造諸元を表3に示す。図1に示すように、2本の鉄筋コンクリートアーチリブが横繫ぎ梁および下横梁によって接合され、補剛桁(PRC床版)がPCケーブルでアーチリブから吊られた構造で、アーチリブはスプリング部において岩定着された橋台に固定されている。また、主桁はアーチリブ間の下横梁上でアンカーバーを有する滑り支承によって支持され、主桁両端部は反力分散ゴム沓が設置されている。

3. 解析モデル、解析手法

解析モデルを図-1に示す。上部構造は、ラーメン橋および斜張橋においては、非線形梁要素で、アーチ橋においては線形梁要素で、また、橋脚、アーチリブは非線形梁要素によりモデル化を行った。基礎はいずれのモデルにおいて固定とした。斜張橋モデルの斜材は、トラス要素でモデル化を行い、圧縮には抵抗しないものとした。

本解析では、対象橋梁の中央支間内に鉛直または横ずれによる水平変位が発生したものと仮定し、図3に示すように橋梁片側の橋脚、桁端にそれぞれ1mおきに1~6mの強制変位解析を

キーワード：断層変位、RC橋梁、幾何学的非線形、道路橋

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院工学研究科建設システム工学専攻 TEL 092-641-3131(内線)8653

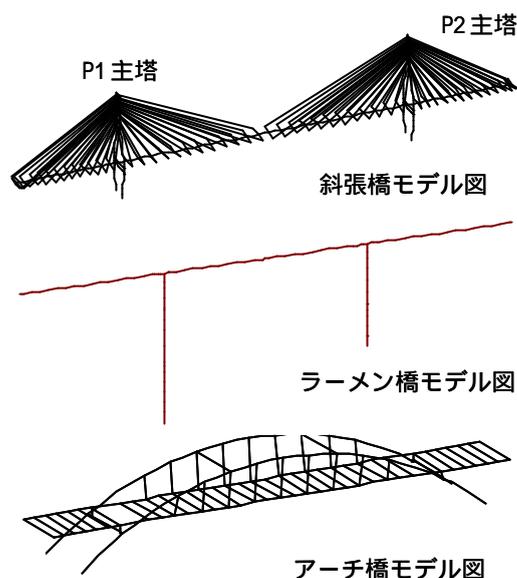


図-1 解析モデル

表 1 斜張橋橋梁諸元

橋長	291.10m	桁長	291.70m
道路規格	3種3級	規格	1等級
支間割	60.00m + 170.00m + 60.00m		
平面曲線	直橋 (R=)		
地震係数	kh = 0.15		
適用示方書	平成2年道示準拠		

表 2 ラーメン橋橋梁諸元

橋長	230.00m		
支間割	67.40m + 94.00m + 67.40m		
アーチ支間長	長橋脚:68.00m 短橋脚:45.00m		
橋脚断面	矩形RC中空断面6.0m×4.0m (橋脚基部)		
設計震度	橋軸方向 kh=0.12		
(55年道示準拠)	橋軸直角方向 kh=0.10 (長橋脚は施工時)		
地域/地盤種別	B地域/ 種地盤		

表 3 アーチ橋橋梁諸元

橋長	105.00m		
支間割	15.20m + 73.20m + 15.20m		
アーチ支間長	92.00m		
幅員構成	7.25m+2.50m		
縦断勾配	2.50%		
横断勾配	2.00%		

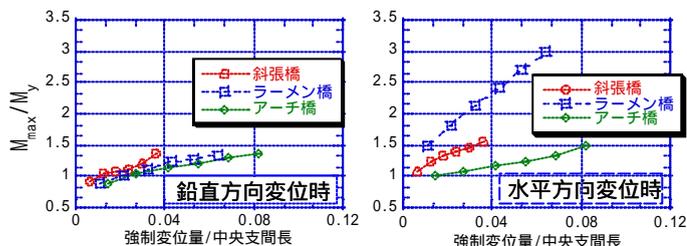


図-2 橋種の違いによる損傷進展度

行った。今回入力した変位量は、台湾921集集地震(1999年)で6~7mの断層変位が確認されていることから決定した。また、幾何学的非線形性考慮の有無による影響について検討するため、材料非線形性のみを考慮したモデルと、加えて幾何学的非線形性をも考慮したモデルの解析を行い比較検討した。

4. 解析結果

図 2は、どの形式の橋梁が断層変位に対して優れた抵抗性を有しているかを確認するために、強制変位量を中央支間長で除して無次元化したものを横軸に、曲げモーメントの最大値を降伏モーメントで除して無次元化したものを縦軸にとったものである。グラフより、同一橋梁においても変位した方向が異なれば、損傷の進展度が異なることが判る。今回対象としたラーメン橋では、鉛直方向変位時は他の2橋と同程度の損傷を受けているが、水平方向へ変位した場合は他の2橋に比して損傷が大きく、耐変形性という点においては、他の2橋に比して劣ることが明らかとなった。

図 3には、水平方向に2m, 4m, 6m変位させた場合の各橋梁の曲げモーメント最大値分布を示している。以下、橋種別に考察を加える。

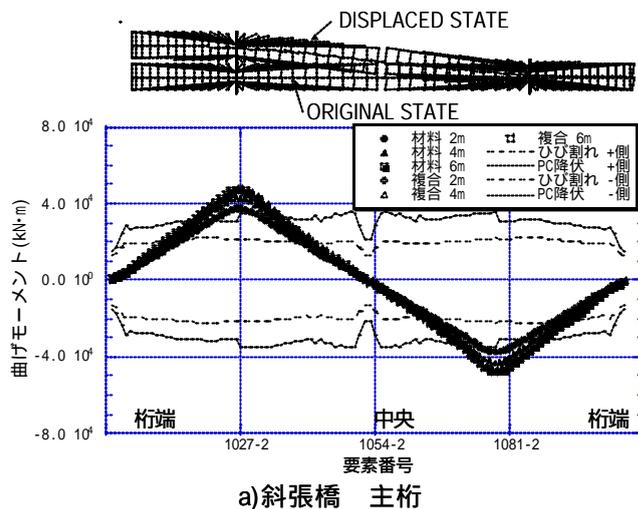
- (1) 斜張橋： 図 3 a)より、主塔、橋脚付近の主桁において損傷が激しく、PC降伏に至る変位量は、水平方向で1m、鉛直方向では2mである。また、幾何学的非線形性考慮の有無による差異は見られなかった。
- (2) ラーメン橋： 図 3 b)より、橋脚付近部での損傷が進展している。水平1mでPC降伏、鉛直方向では2mでPC降伏に至っている。幾何学的非線形性の考慮の有無による差は、斜張橋の場合と同じくほとんど見られなかった。
- (3) アーチ橋： 図 3 c)より、アーチスプリング部付近、アーチ中間部において損傷が特に進展しており、水平1m変位で鉄筋降伏、鉛直方向では2mで鉄筋降伏に至る。幾何学的非線形性考慮の有無による影響は、特にスプリング部付近において顕著に見られた。

5. おわりに

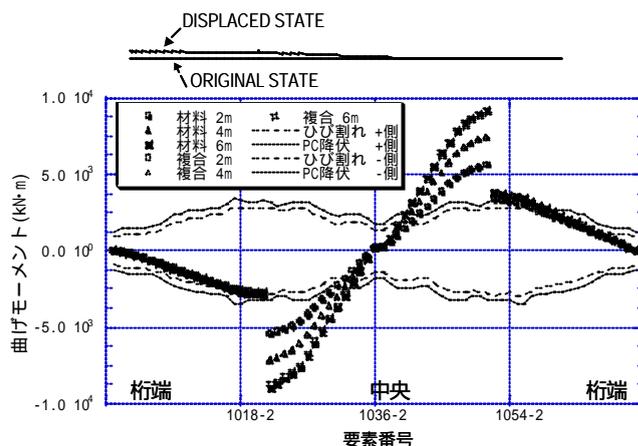
断層変位によって橋梁が受ける損傷の進展度は、断層変位方向によって変化することが判った。また、橋梁の構造形式によっては、幾何学的非線形性の考慮の有無による差が大きくなることが明らかとなった。

参考文献・資料

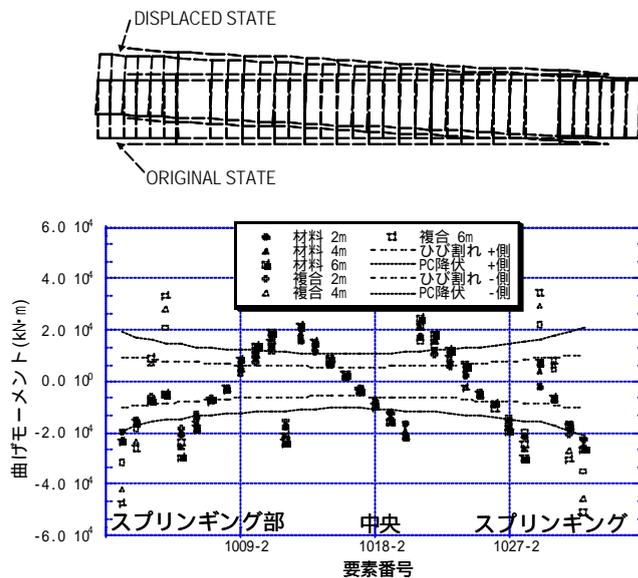
1) 矢葺, 大塚, 夏: 地震時断層変位を受けるPC橋梁の耐震安全性に関する考察, 第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.59-64, 2000.10
 2) 九州大学建設振動工学研究室: 921集集地震(台湾)被害調査報告書, 2000.2



a) 斜張橋 主桁



a) 斜張橋 主桁



c) アーチ橋 アーチ部

図-3 水平方向にそれぞれ2, 4, 6m変位させた場合における曲げモーメントの最大値分布