

断層変位を受ける中路式鋼アーチ橋の耐震挙動と損傷特性について

熊本大学大学院 学生員 辻野 慶恵 熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝
戸田建設 正会員 村上 慎一 熊本大学大学院 Faizal Chandra

1. はじめに

地震時に発生した断層変位による橋梁の被害は、1999年に発生したトルコのコジャエリ地震や台湾の集集地震で報告されている¹⁾。断層による永久変位が原因となって道路橋を含む多くの構造物の被災が発生しており、これらの事例からも橋の耐震設計上、断層変位の影響を考慮する必要性が指摘された。しかしながら、断層変位に対する照査法の規定はなく、断層変位の影響を耐震設計に取り入れている事例はほとんどないのが現状である。本研究では、加速度波形を時間積分して得られる変位波形を用いて、断層変位を考慮した動的解析を行い、その耐震挙動と耐震性能照査を行なった。また、静的な強制変位を与えることで、それを断層変位とみなした解析結果や一様加速度入力による解析結果との比較、検討を行ったものである。

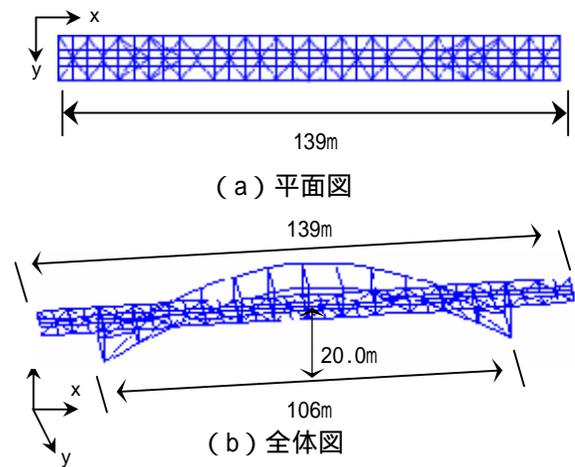


図1 解析モデル

2. 解析モデル及び解析手法

解析対象橋梁は、昭和55年道路橋示方書により設計された、橋長139m、支間割り16.5m+106m+16.5m、有効幅員7.00mの中路式鋼アーチ橋であり、図1に示すようにモデル化した。アーチリブ、補剛桁及び支柱は箱型断面で、縦桁、横桁、補剛桁横構及びアーチリブ横構はI型断面である。すべてファイバー要素でモデル化した。解析に用いた入力地震波形は、地震時に断層変位を伴った台湾集集地震で観測されたEW成分の加速度波形とそれを時間で積分して得られる速度波形と変位波形を用いる事とした。

図2(a)に示す加速度波形を時間で積分して得られる速度波形と変位波形とし、波形1と波形2のデータはそれぞれ残留変位が368cm, 633cmである。解析パターンは静的強制変位入力、一様加速度入力、強制変位入力(変位のみ入力)、強制変位入力(変位+速度+加速度入力)を橋軸方向にそれぞれ入力して比較し、断層変位を考慮した動的解析が行われているかどうかの妥当性については、解析パターン、に比較検証した。なお、強制変位をかけた点は図1のアーチリブ基部の右側である赤で囲った部分とした。解析ツールは汎用解析プログラムT-DAP²⁾、数値計算法は直接積分法としてNewmark β 法($\beta=0.25$)を用いた。質量は集中質量とし、床版に関してのみ回転慣性質量を考慮している。また、減衰はRayleigh減衰とした。軸力変動及び2軸曲げを考慮でき、各ファイバー要素に一軸の応力-ひずみ関係が適用できる3次元ファイバーモデルとした。応力-ひずみ関係はバイリニアを用い降伏後の剛性低下率は0.01とした。

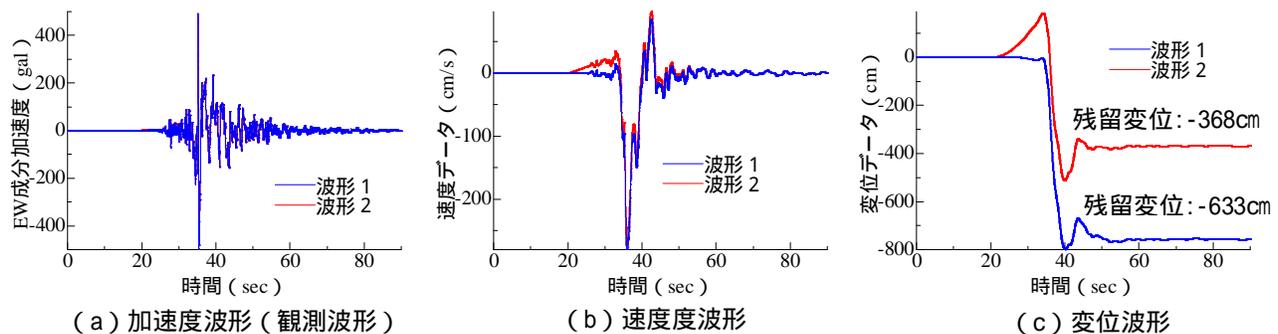


図2 入力地震動(台湾集集地震 EW成分)

キーワード：断層変位、非線形動的解析、耐震性能、鋼アーチ橋、地震動

連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科、TEL: 096-342-3533 FAX: 096-342-3507

3. 解析結果及び考察

図3は、波形2の地震動を橋軸方向に入力した場合のアーチクラウン部の応答加速度を比較したものである。この結果より、一様加速度入力と強制変位入力(変位+速度+加速度)は完全には一致しないものの、よい対応を示した。図4は波形2を用い、アーチが閉じる方向の場合の最終状態における補剛桁とアーチリブの最大ひずみの変化を示したものである。図より、アーチリブは補剛桁との交差部で、補剛桁は端支柱部とアーチリブとの交差部でひずみの値が大きくなる事がわかった。また、強制変位(加速度+速度+変位)の結果と静的強制変位の結果を比べると、同じようにアーチリブでも補剛桁でも損傷が進んでいるのがわかる。生じるひずみの値も両者の結果がかなり近い値となっていることから、静的解析でもひずみに関しては損傷解析が可能なのことがわかった。また、図7は強制変位(静的変位)と波形2を使用した場合の強制変位(変位入力)におけるアーチリブの最終状態の損傷状況をひずみの変化により示したものである。これより、アーチリブは補剛桁との交差部で値が大きくなる事がわかった。また、静的変位入力、強制変位入力の結果を比べると同じように損傷が進んでいることが分かる。

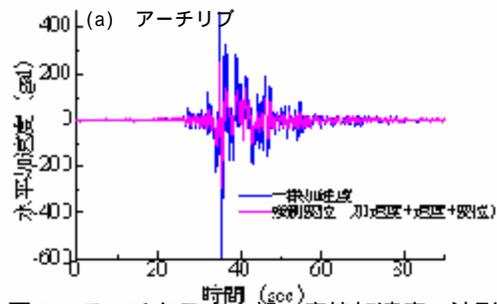


図3 アーチクラウン部の応答加速度(波形2)

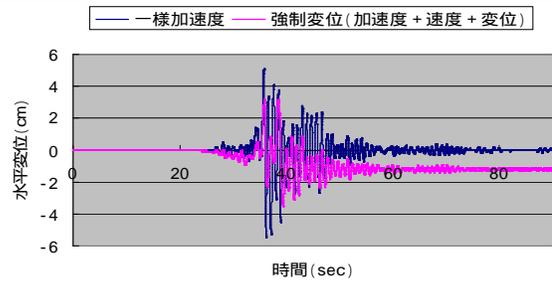


図4 アーチクラウン部の相対変位(波形2)

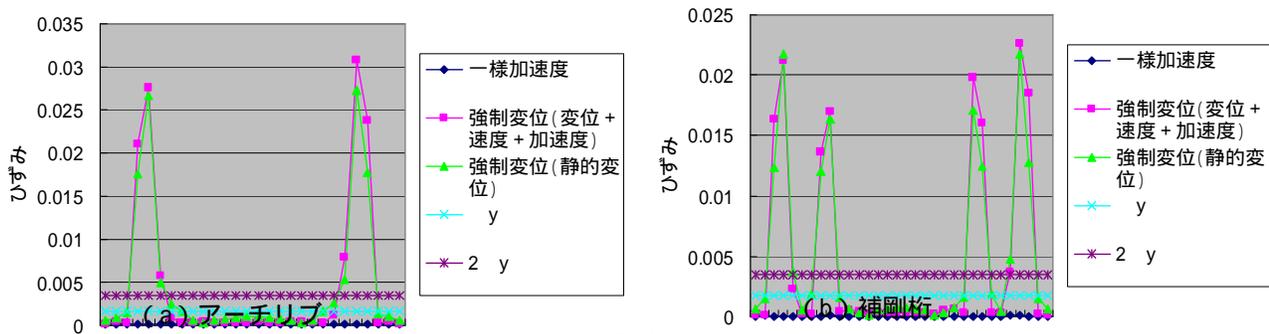


図5 アーチリブと補剛桁の損傷状況

4. 耐震性能照査結果

図6にひずみによる照査結果の一例を示す。図より許容ひずみを2yとして設定した場合、この値を大幅に超えており、また、他の多くの部材でも耐力が大幅に不足し、崩壊に至るか、崩壊に至らなくても撤去・再構築しなければならない状態に至る可能性があることがわかった。よって、耐力増加に加えて、強制変位がかかる場合はかからない場合に比べて大きな損傷を伴うことから、支承条件変更やダンパーを用いたエネルギー吸収、及び長周期化による応答低減など、振動特性の改善も含めた耐震補強対策が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，下部工編，耐震設計編，2002
- 2) 山尾敏孝：断層変位を受ける中露式鋼アーチ橋の耐震挙動と耐震性能評価の検討 土木学会地震工学論文集，2007

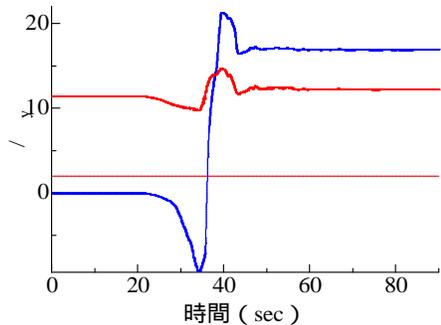


図6 アーチリブにおける耐震性能照査結果