

断層変位を受ける PC ラーメン橋の動的応答解析

東海大学大学院 学生会員 ○宮崎 涼太

東海大学工学部 正会員 中野 友裕

日本物理探鉱（株）企画本部 正会員 太田 良巳

1. はじめに

近年、断層運動により構造物の被災する事例が多く発生している。断層運動による被災は、地震加速度による作用と支持点の移動による変形が複合的に作用するものであるが、現状の研究では断層による永久変位を静的に作用させる方法が主流である。

本稿では、地震加速度による慣性力作用時に支持点が移動する場合の運動方程式を定式化し、PC ラーメン橋の非線形動的解析を実施したので報告する。

2. 加速度・変位同時作用を考慮した運動方程式¹⁾

加速度と変位が同時に作用する場合の方程式を増分形で表すと、以下ようになる。

$$M_s \ddot{\Delta u}_{s1} + C_c \dot{\Delta u}_{s1} + K_{ss}^t \Delta u_{s1} = -M_s \ddot{\Delta u}_{s0} \quad (1)$$

ここで、 u_{s0} は強制変位による変位制御自由度以外

の変位、 u_{s1} は動的作用により生じる変位、 M_s は縮約された質量マトリックス、 C_s は減衰マトリックス、 K_{ss}^t は縮約された接線剛性マトリックスである。

この方程式を解けば、強制変位を伴う加速度入力時の応答が得られる。

3. EPS法による変位波形の算出¹⁾

加速度を二階積分すると定義上、変位が求められる。しかし加速度を直接積分すると、電子記録に存在するバックグラウンドノイズによって速度・変位のグラフが発散する傾向が見られる。数値積分する際、加速度記録のある一定の値(EPS)以下のものを計算から省く計算過程を追加することで、バックグラウンドノイズの影響による変位波形の発散を抑えることができる。

台湾・収集地震での観測波形を EPS 法により積分した結果を図-1 に示す。

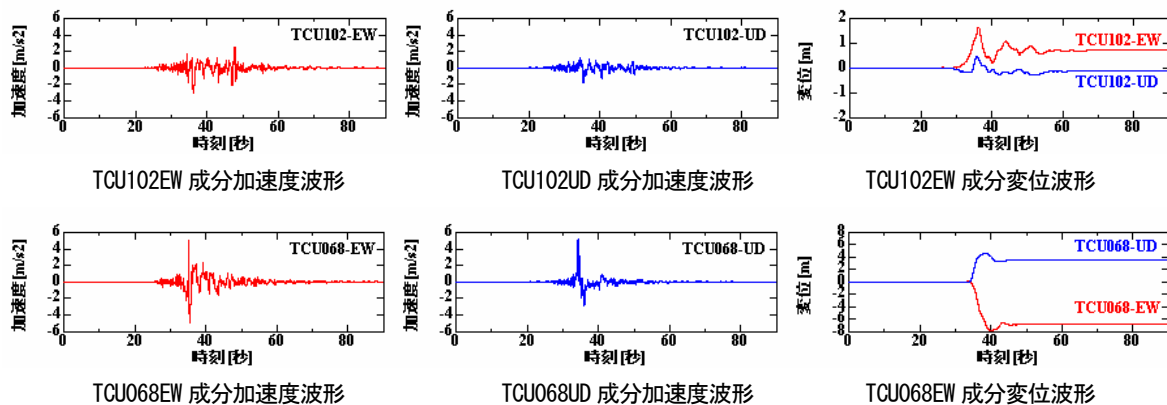


図-1 観測加速度波形とEPS法により作成した変位波形

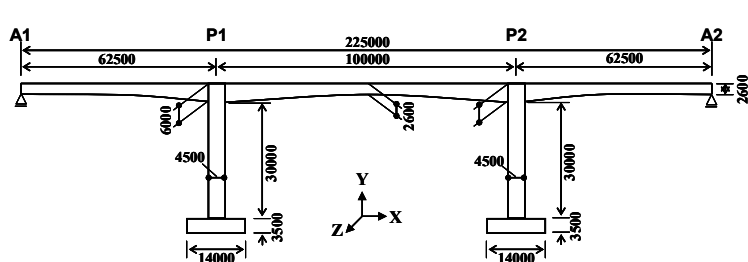


図-2 解析対象とした3径間連続ラーメン橋（単位 mm）

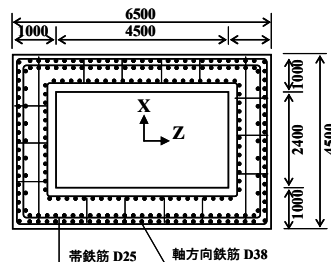
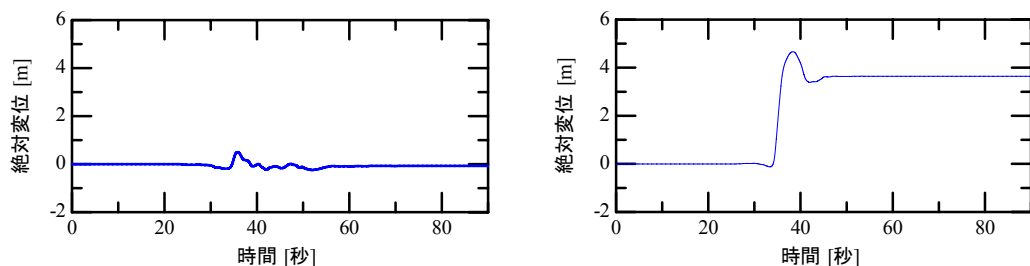


図-3 橋脚躯体断面図（単位 mm）

キーワード 運動方程式、非線形動的応答解析、EPS法、断層変位

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学湘南校舎 E-mail: 7acdm009@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp



a) P1 橋脚上部 上下方向絶対変位応答

b) P2 橋脚上部 上下方向絶対変位応答

図-4 上下方向絶対変位応答

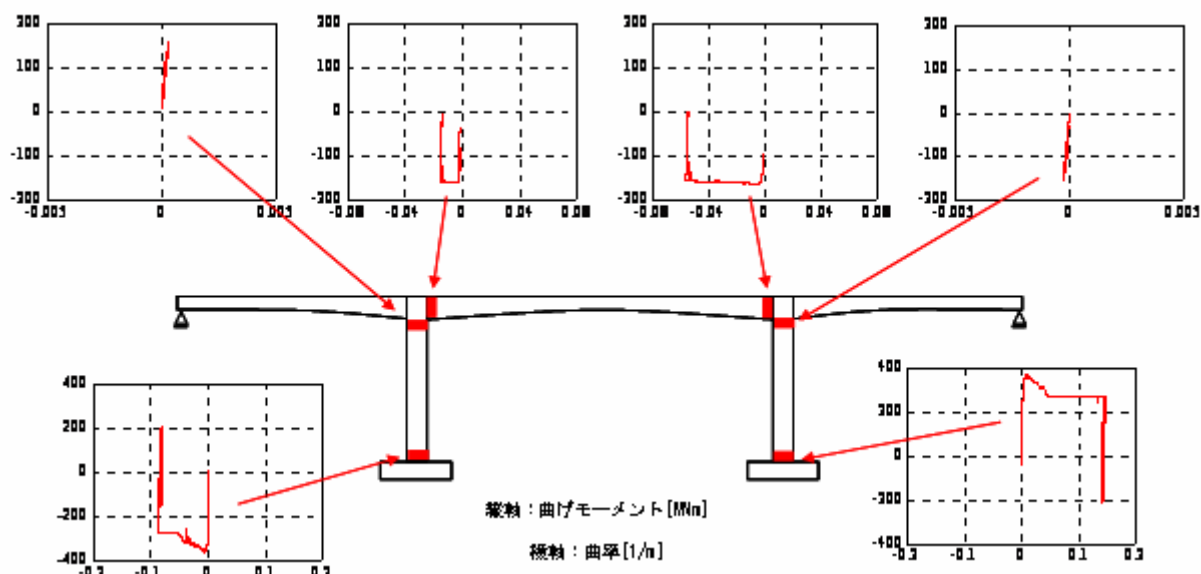


図-5 塑性ヒンジ位置の曲げモーメントー曲率関係

4 解析対象構造物・解析結果および考察

今回解析対象としたのは全長 225m の PC ラーメン橋である。(図-2, 図-3) このラーメン橋の左側支持点に図-1 の TCU102 成分を, 右側に TCU068 成分を入力して解析を行った。図-4 に, P1, P2 の上下方向の絶対変位応答を示す。断層変位運動の作用が直上に現れていると考えることが出来るので, 妥当な結果であるといえる。しかし, ラーメンの場合には, 変位応答による評価では, 部材の損傷程度を把握するのが困難である。そこで, 塑性ヒンジ位置での応答を見る。図-5 に塑性ヒンジ断面における曲げモーメントー曲率関係を示す。柱の基部では大きな塑性化生じているが, 柱上部では大きな塑性化は見られない。これは柱の強度が桁よりも強いので, 橋脚上部ではなく上部構造で顕著な塑性化が現れたと判断できる。

5. まとめ

本稿では, 支持点の変位差を伴う運動方程式を定式化し, その方程式を非線形領域で解くためのアルゴリ

ズムを開発した。また, 断層変位を想定した PC ラーメン橋の解析を実施し, その有効性を明らかにした。その結果, 台湾・集集地震の地震波の規模が兵庫県南部地震クラスであること, また, それを受けて改訂された耐震設計基準を満足する橋梁であっても, 断層変位を考慮すると終局に至り, 断層変位が損傷に及ぼす影響は極めて大きいことが示された。

参考文献

- 1) 中野友裕, 太田良巳: 支持点の変位差を伴う運動方程式の定式化と動的応答解析, 東海大学紀要工学部, 第 47 号 1 巻.73-78, 2007
- 2) 太田良巳, アイダン・オメル: 加速度記録から地盤の変位応答を求める手法について, 第 29 回土木学会地震工学研究発表会報告集, pp.1046-1051, 2007
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説/□耐震設計編, 日本道路協会, 2002