

# 橋梁下部工の静的・動的解析の比較に関する一考察

東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 正会員 ○牛木 隆匡  
 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 正会員 高橋 紗希子  
 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 正会員 田附 伸一

## 1. はじめに

現在、鉄道高架橋や橋りょうの耐震設計は、静的非線形解析に代表される静的解析と時刻歴非線形動的解析法に代表される動的解析の 2 つがある。動的解析は地盤のモデル化や運動方程式の解法などを適切に定める必要があるとともに、必要となる計算量が增大するため、実際の設計においては、設計の簡略化、ミスの低減のため静的解析が多く用いられる。一方、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計<sup>1)</sup>においては、基本的に設計地震動に対する構造物の応答値の算定には動的解析を採用することが求められている。動的解析の導入に当たっては、解析の特徴や静的解析との違いを把握しておく必要があるが、既往研究では各解析方法を比較検討した例は少ない。そこで、本研究は、各解析手法による構造物の挙動を確認し、耐震設計における解析手法の選択の判断基準の参考に資することを目的として、構造物の静的解析及び動的解析の比較を行った結果を報告するものである。

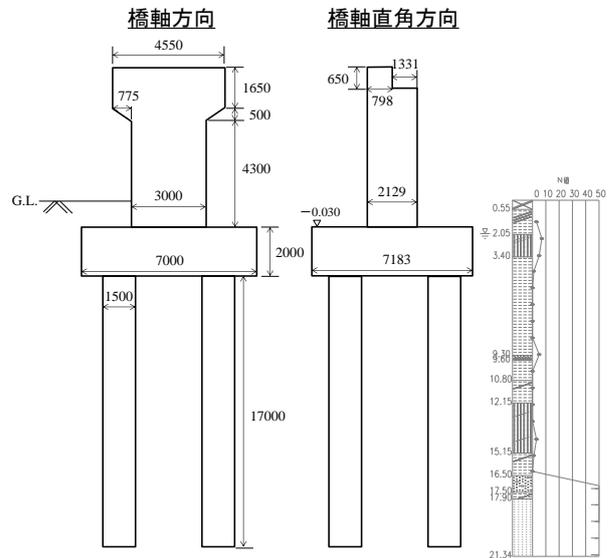


図 1 構造物の概要

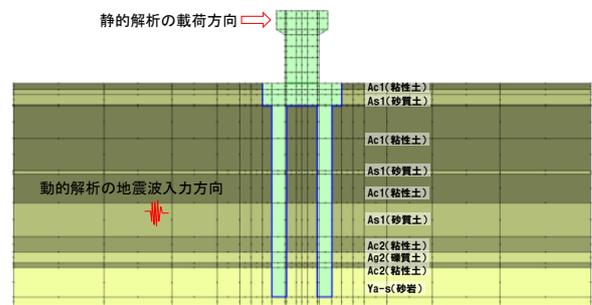


図 2 モデル化した構造物

## 2. 解析方法

### 2.1 解析ソフト

静的解析、動的解析ともに解析ソフトは、鉄筋コンクリート構造物の 2 次元非線形動的解析ソフト<sup>2)</sup>を用いた。内部で任意に静的荷重及び地震波を入力することができ、静的解析、動的解析の両方に適用可能である。

### 2.2 解析モデル

図 1 に本研究の解析に用いる構造物の概要と土質の N 値を示す。対象とする構造物は場所打ち杭を有する鉄筋コンクリート橋脚である。杭は橋軸直角方向に 2 列、杭径  $\phi 1500\text{mm}$  である、解析方向は橋軸直角方向である。地盤は G.L.+16.0m 付近まで N=10 以下の軟弱な粘性土および砂質土が堆積している状況である。

### 2.3 解析概要

上記に示した解析ソフトを用い、対象となる構造物をモデル化した。図 2 にモデル化した構造物を示す。

本モデルに対し、静的解析と動的解析を行い、両者を比較して違いを検証した。なお、入力する荷重のみを変化させ、その他は変化させていない。静的解析では、構造物自重による慣性力に相当する荷重（水平震度  $K_h=1.0$ ）を 100step で漸増させながら最大 5197kN までく体の慣性力作用位置に载荷した（载荷方向は図 2 に記載の通りである）。動的解析に用いる地震波形は L2

キーワード 非線形静的解析, 動的解析

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目 1 番 1 号 TEL022-266-3713

地震である兵庫県南部地震（平成 7 年）JR 鷹取駅構内  
地盤上 EW 成分の実測値を用いた。図 3 に用いた地震  
波を示す。

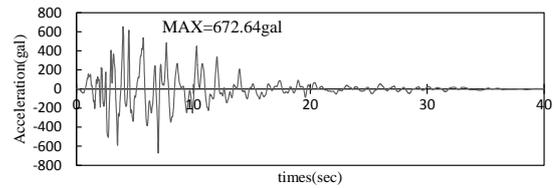


図 3 動的解析に用いた地震波形

### 3. 結果と考察

#### 3.1 損傷結果

計算の結果、静的解析、動的解析ともに上述の通りの  
の载荷では終局状態に至ることはなかった。図 4 上段  
に計算の最終ステップにおける損傷結果の比較を示す。  
RC 構造物で■に塗られた要素が降伏の箇所となっている。  
また、その時のひび割れ箇所を表した図を図 4 下  
段に示す。ここから、静的解析は、く体基部及び左側  
の杭全体に損傷が及んでいるのに対し、動的解析では、  
両側の杭先端、杭頭に損傷が集中する結果となった。

これらの損傷形態の違いは、静的解析で载荷する慣  
性力と動的解析で生じる振動モードの違いにあると考  
えられる。静的解析ではく体に同一方向から直接荷重  
を与えているため、片側の杭に対して広範囲に損傷が  
広がった。また、構造物の断面が大きく変化するく体  
基部に対する応力が特に大きくなる。一方、動的解析  
では地盤を介して地震力が構造物の両方向から作用さ  
れるため、両側の杭に損傷が集中すると考えられる。  
また、特に支持層の直上に位置する部材の発生断面力  
が大きく、損傷が卓越した。

#### 3.2 杭の引抜力

杭と土構造物の周面摩擦によって生じる抵抗力に対  
して、地震動によって生じる杭が引抜かれようとする  
力が上回った場合、引抜降伏が発生し、構造物の安定  
上、問題を生じる。そこで杭の引抜降伏の発生状況を  
比較するため、各解析方法における杭の軸力の変動結  
果を図 5 に示す。なお、対象の構造物の杭の引抜抵抗  
力は 3486.9kN である。静的解析は同方向に载荷してい  
くため荷重に比例して軸力が増加し、 $K_h=0.7$  程度で引  
張降伏が発生している。また、動的解析では地震波が  
両方向から構造物に作用するため、杭に押し込み力及び  
引抜き力が発生している。引張降伏は最大加速度の作  
用時であり、静的解析と同様に  $K_h=0.7$  程度で発生した。

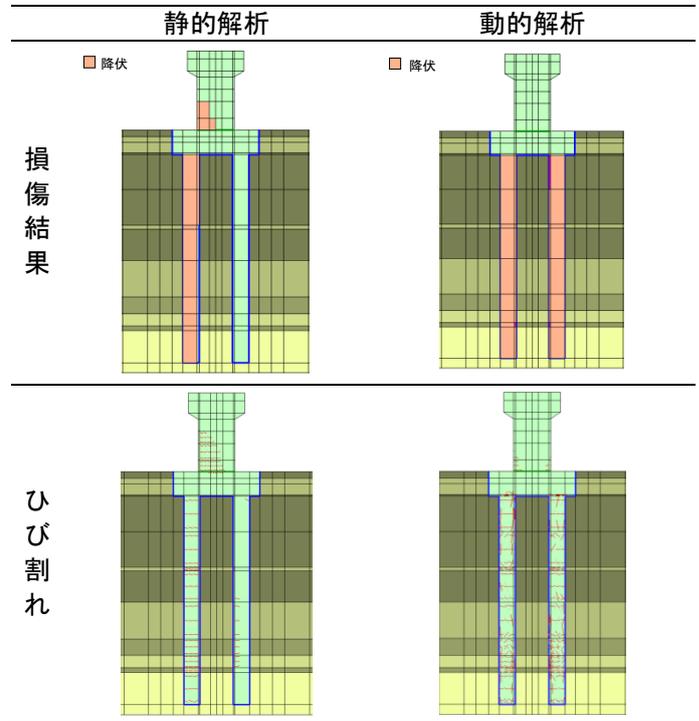


図 4 損傷結果及びひび割れの比較

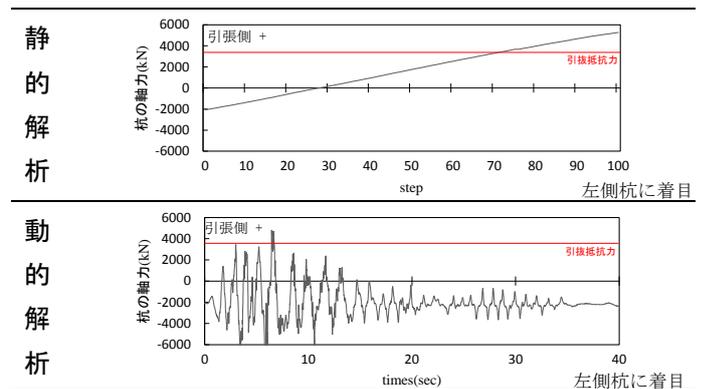


図 5 杭の軸力

また引抜降伏に至る過程は各解析方法で違いがあるも  
のの、引抜降伏発生時の震度に差は見られなかった。

#### 参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計：鉄道総  
合技術研究所，2012.9.
- 2) UC-win/WCOMD：FORUM8

#### 4. まとめ

本研究では杭基礎構造を持つ橋台のモデルに静的解  
析及び動的解析の比較を行った。その結果、静的解析  
と動的解析とでは構造物の損傷箇所に見られた。