

# 固定支承を用いた多径間連続橋の地震時挙動に及ぼす不静定力の影響評価

熊本大学 学生会員 ○篠田 隆作  
熊本大学 正会員 松田 泰治

オイレス工業株式会社  
日本技術開発株式会社  
JIP テクノサイエンス株式会社

正会員 宇野 裕恵  
正会員 宮本 宏一  
正会員 柚木 浩一

## 1. はじめに

固定支承を用いた多径間連続橋はクリープ・乾燥収縮・プレストレス(以下、クリープ等と表記)と温度変化に起因する桁の収縮による不静定力を生じる。地震時にはこの不静定力が作用した状態に更に地震時慣性力が作用する。本研究では、不静定力を対象橋梁に考慮した状態で動的応答解析を行い、不静定力による橋脚塑性化の進行度合いの把握を行った。

## 2. 対象橋梁と解析条件

### 2.1 対象橋梁

図-1に示す固定支承を用いた多径間連続橋(橋長199mの5径間連続PC箱桁橋)を検討対象橋梁とした。道路橋示方書で規定される地域区分AのⅡ種地盤に設計された道路橋である。橋台の支承は可動支承、橋脚の支承は固定支承である。桁と橋脚の間はピン結合とする。

橋脚はRC橋脚とし、上部構造のクリープ等を考慮しない状態で非線形動的解析を実施し、橋脚応答塑性率が $\mu = 3.0 \sim 3.5$ 程度となる断面諸元を決定した。ただしレベル1地震時までの設計では不静定力の影響を考慮している。

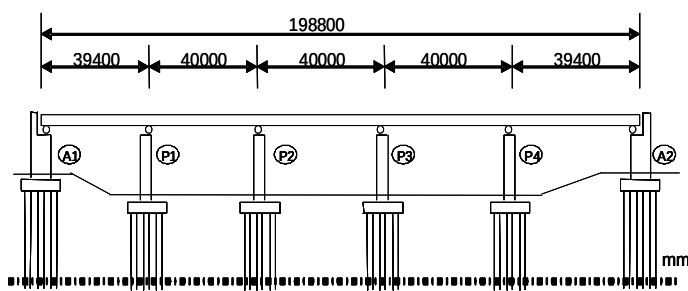


図-1 5径間連続PC箱桁橋

### 2.2 解析モデル

解析モデルは、上述の5径間連続PC箱桁橋をモデル化した骨組解析モデルを設定した。図-2に骨組解析モデルを示す。桁と橋脚の間はピン結合とし、水平と鉛直は剛とした。橋脚、橋台は非線形の2次元はり要素とし、橋脚基部に弾塑性回転ばねを設けた。これらの復元力特性として武田モデルを用いた。桁は線形の2次元はり要素、基礎

は道路橋示方書に基づき、水平、鉛直、回転および水平と回転の連成ばねでモデル化した。部材の減衰定数は桁を3%とし、橋脚を2%、橋台を5%、基礎を10%とした。動的解析では、ひずみエネルギー比例型減衰から作成した等価減衰行列により粘性減衰を評価した。等価減衰行列の係数は固有値解析により求めた固有振動数と減衰定数から算出した。減衰タイプをRayleigh減衰とし、第一基準振動数と第二基準振動数の組み合わせは、橋脚基部において過大の粘性減衰を示さないように1次の固有振動数と50Hzの組み合わせを採用した。固有値解析より、1次の固有振動数が1.702Hz、ひずみエネルギー比例型で求めた1次のモード減衰定数が0.088という結果が得られた。50Hzの基準振動数に対する減衰定数は0.05とした。

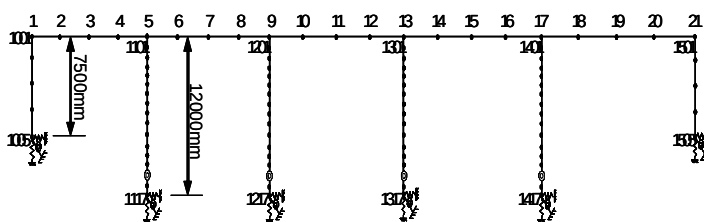


図-2 骨組解析モデル

### 2.3 解析方法

解析方法は直接積分法による時刻歴応答解析とし、Newmark  $\beta$  法 ( $\beta 1/4$ )を用いた。入力地震動は道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に示された6波を用いた。

### 2.4 不静定力と温度荷重の設定

不静定力は上部構造に内部応力として加わる。しかし、今回の検討では図-3に示すように桁端部に力を与えることで考慮する。つまり桁端部に、不静定力により生じる桁の支点移動量と等価な桁の支点移動量を生じさせる節点力を与える。また、節点力による変位と変形状態をそのまま動的応答解析に引き継ぐものとする。今回のモデルで考慮した不静定力は乾燥収縮、クリープ、プレストレス、温度変化による内部応力の4つである。CASE1はクリープ等の不静定に加え温度変化を平均気温から-40度まで考慮した場合、CASE2はクリープ等の不静定力は無視して温度変化のみ

キーワード 温度, 不静定力, 静解析, 動的応答解析, 固定支承

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号

の不静定力を考慮した場合である。温度変化は 10 度刻みとし、-30 度、-40 度は参考値として示す。



図-3 節点力载荷のイメージ

### 3.解析結果と考察

対象橋梁に静解析で圧縮の節点力を与え、その結果を引き継ぎ直接積分法による時刻歴応答解析を行った。全ての地震波において、P1 橋脚、P4 橋脚それぞれの最大応答塑性率とクリープ等・温度変化による不静定力の関係 (CASE1) を図-4,5 に、最大応答塑性率と温度変化による不静定力の関係 (CASE2) を図-6,7 に示す。

図より、初期状態において P1 橋脚、P4 橋脚ともに応答塑性率の最大値および最大値が生じた向きが同じであった。これは解析モデルの対称性によるためと考えられる。また、不静定力を考慮した際に初期状態と最大応答塑性率が生じる向きに異なる場合がある。P1 橋脚の Type I 地震波において、初期状態の場合は負の向き、不静定力を考慮した場合は正の向きに最大値が生じている。これは P1 橋脚において、不静定力を正の向きに節点力として考慮しているためと考えられる。つまり、P1 橋脚は不静定力により正の向きにせん断力と曲げモーメントが静的に作用した状態で地震波の影響を受ける。同様に P4 橋脚も負の向きにせん断力と曲げモーメントが静的に作用した状態で地震波の影響を受ける。よって、不静定力を考慮した場合は初期状態と最大応答塑性率が生じる向きが異なる場合がある。不静定力を考慮した場合に P1 橋脚は正の向き、P4 橋脚は負の向きに最大応答塑性率が生じる傾向となっている。

図-4 より、P1 橋脚において地震波 Type II-II-3 の初期状態の最大応答塑性率は 3.729、-20 度状態の最大応答塑性率は 5.364 である。つまり、最大応答塑性率はクリープ等・温度変化を考慮すると 43%増加する。-40 度状態のとき最大応答塑性率は 5.724 になる。ただし、許容塑性率 7.476 以内である。図-6,7 より、P1 橋脚において地震波 Type II-II-3 の初期状態の最大応答塑性率は 3.729、温度荷重のみ-20 度状態の最大応答塑性率は 4.097 である。つまり、最大応答塑性率は温度変化を考慮すると 10%増加する。温度荷重のみ-40 度状態の際、最大応答塑性率は 4.412 であり、これは図-4 の地震波 Type II-II-3 のクリープ等を考慮した際の最大応答塑性率 5.031 より小さい。

図より、P1 橋脚の地震波 Type II において初期状態から

温度変化-20 度に変化した時、CASE1 では約+40~70%、CASE2 では約-10%~10%、応答塑性率に影響がある。

P1 橋脚、P4 橋脚ともにクリープ等と温度変化に起因する桁の収縮による不静定力の増加に伴い最大応答塑性率が増加する。また、本研究モデルのすべての地震波においてクリープ等による応答塑性率の影響と比較すると、温度変化による影響は相対的に小さい。

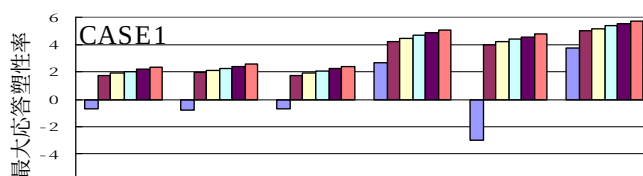
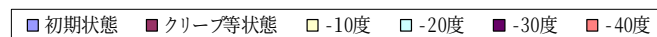


図-4 最大応答塑性率と不静定力の関係 (P1 橋脚)

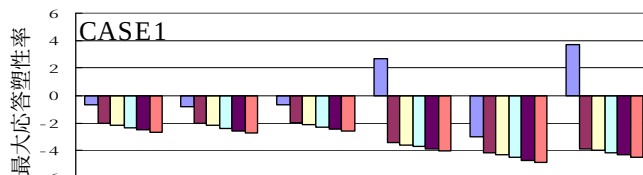


図-5 最大応答塑性率と不静定力の関係 (P4 橋脚)

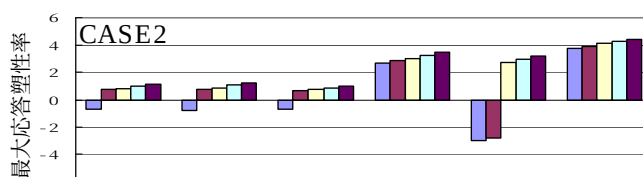
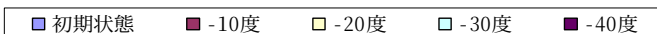


図-6 最大応答塑性率と不静定力の関係 (P1 橋脚)

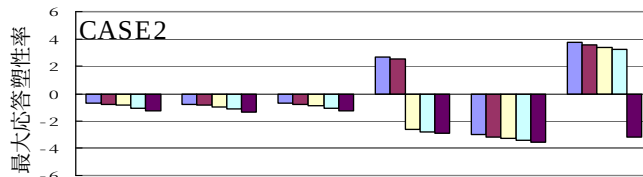


図-7 最大応答塑性率と不静定力の関係 (P4 橋脚)

### 4.おわりに

本研究では、固定支承を用いた多径間連続橋を対象にクリープ等と温度変化に起因する桁の収縮が橋の耐震性に与える影響の把握を行った。不静定力を節点力で考慮し静解析および時刻歴応答解析を行った。

本研究結果より、固定支承を用いた多径間連続橋は不静定力の増加に伴い最大応答塑性率は増加する。動的応答解析を行った結果、クリープ等による不静定力と比較すると、温度変化が対象橋梁の地震時挙動に及ぼす影響は小さい。しかし、クリープ等との重ね合わせを考慮すると、温度変化による影響に注意する必要があると考えられる。