

免震支承を用いた多径間連続橋における温度変化等を

考慮した地震応答解析

熊本大学大学院 学生会員 ○田中 翔
オイレス工業株式会社 正会員 宇野 裕恵

熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
株式会社エイト日本技術開発 正会員 宮本 宏一
JIP テクノサイエンス株式会社 正会員 柚木 浩一

1. はじめに

地震時における温度変化に起因する桁の伸縮による道路橋の耐震性の影響評価は、平成2年の道路橋示方書改訂時に設計で考慮すべき項目から削除された。最近ではゴム支承の適用の一般化により、多径間化が進んでいる。多径間連続橋では、温度変化に起因する桁の伸縮によりゴム支承が大きくせん断変形し、それに起因して橋脚に大きな応力が生じる場合がある。本研究では、免震支承を用いた多径間連続橋において温度変化等による桁の伸縮が橋脚躯体に与える影響を把握することを目的として検討を行った。

2. 検討対象橋梁と解析条件

2.1 解析モデルと解析条件

図-1に示す橋長480mの免震支承を用いた12径間連続PC箱桁橋を検討対象橋梁とした。対象橋梁はエネルギー吸収が免震支承で行われるよう、レベル2地震動に対して橋脚が塑性化しないように橋脚の断面諸元を決定した。その対象橋梁より骨組解析モデルを設定した。免震支承はバイリニア型の水平バネで置き換え、鉛直は剛とした。橋脚は非線形の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次元はり要素で、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、部材の減衰定数は桁を3%、橋脚を2%、基礎を10%とした。減衰タイプはRayleigh減衰とし、

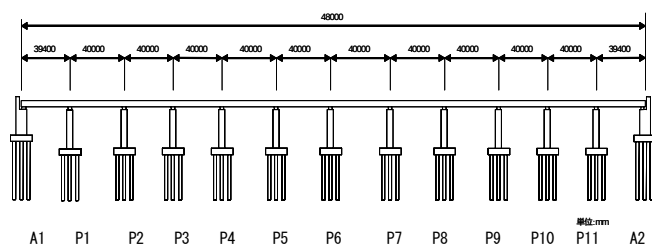


図-1 12径間PC箱桁橋

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な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。数値計算方法はNewmark's β method ($\beta=0.25$)で、時間刻みは0.002秒とした。検討用の入力地震動は道路橋示方書に示される標準波6波である。

2.2 温度変化の応答評価

温度変化等による桁の伸縮は桁両端に温度荷重と等価な節点力を与えることにより考慮した。また、桁の収縮を圧縮の節点力を与えることで表現した。こうした静的解析で求めた応力、変位を引き継ぎ、直接積分法による時刻歴応答解析を行った。一般に、常時状態でゴム支承の初期せん断ひずみが常時の許容せん断ひずみ $\gamma_a=70\%$ 以内になるように設計、施工されている。そこで、温度変化等による桁伸縮を考慮した際に生じる両端橋脚上の免震支承の初期せん断ひずみが0~70%まで10%刻みの8段階となるよう設定した。

3. 解析結果と考察

最大応答塑性率と初期せん断ひずみの関係を図-2に、橋脚天端最大変位を図-3に、橋脚基部最大曲げモーメントを図-4に、橋脚基部最大回転角を図-5に示す。図-2より、P11橋脚のType II-II-1、Type II-II-3において、初期せん断ひずみの増加に従い、最大応答塑性率も増加することが確認された。これは初期せん断ひずみ0%時に最大応答塑性率が生じる向きと初期せん断ひずみにより生じる水平力が作用する向きが同じであるため、初期せん断ひずみの増加に従い、最大応答塑性率も増加すると考えられる。しかし、同様のケースであるP1橋脚のType II-II-2においては、初期せん断ひずみの増加に対して最大応答塑性率の増加割合が上記と比較すると小さくなっている。これらは図-3~5より

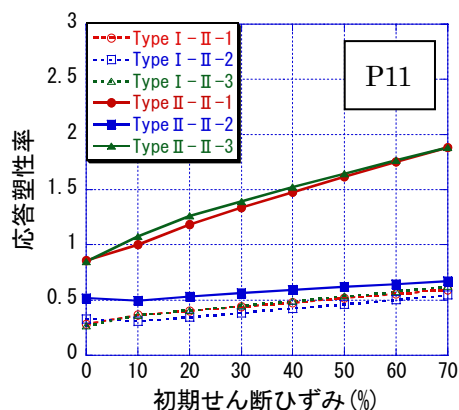
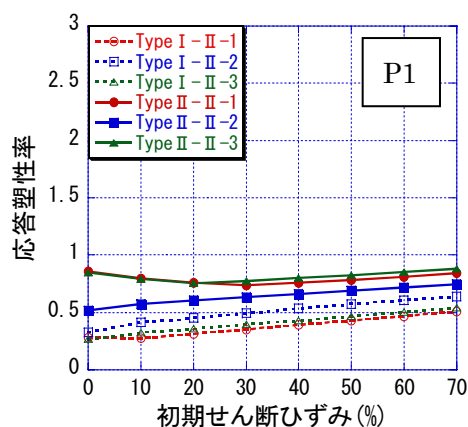


図-2 最大応答塑性率と初期せん断ひずみの関係

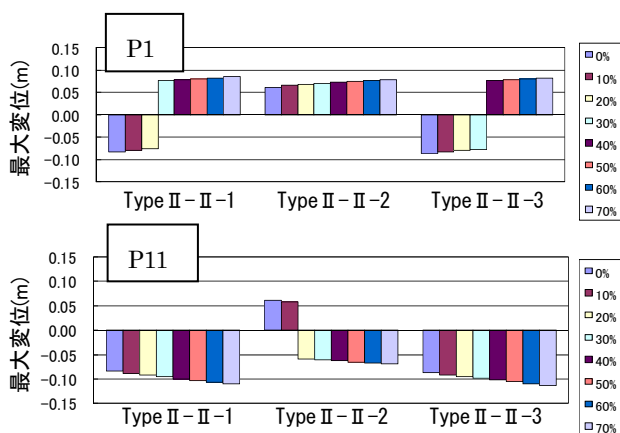


図-3 橋脚天端最大変位

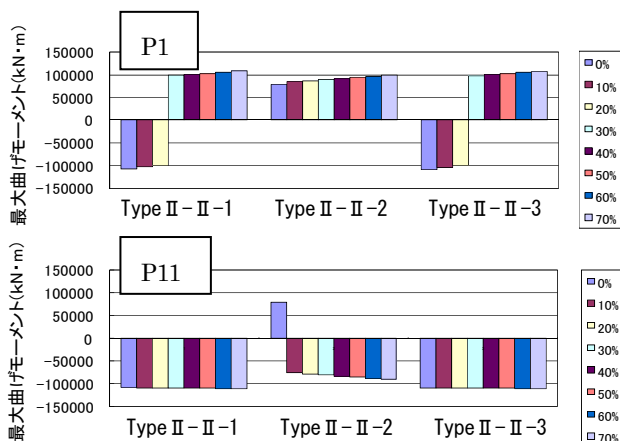


図-4 橋脚基部最大曲げモーメント

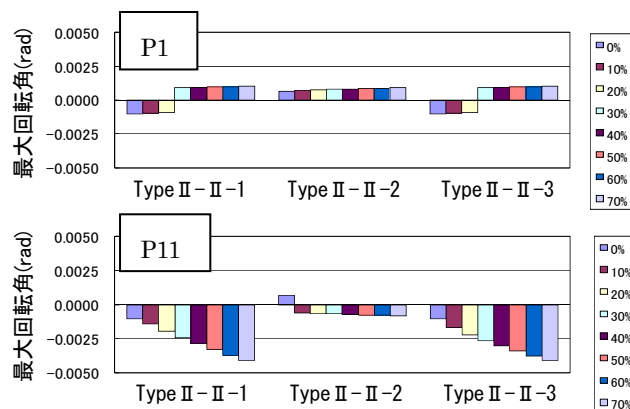


図-5 橋脚基部最大回転角

り、P11 橋脚のType II-II-1、Type II-II-3 の場合、初期せん断ひずみが増加すると橋脚基部の最大回転角が降伏回転角 $\theta_y=0.0010272\text{rad}$ を超えるため、初期せん断ひずみが増加しても橋脚基部の最大曲げモーメントはほぼ一定で、橋脚基部の最大回転角が大幅に増加している。そのため、橋脚天端最大変位が増加し、最大応答塑性率が増加していると考えられる。一方、P1 橋脚のType II-II-2 の場合では、初期せん断ひずみが増加しても橋脚基部の最大回転角が降伏回転角を超えないため、橋脚基部の最大回転角、橋脚天端最大変位の増加は小さく、初期せん断ひずみの増加が最大応答塑性率の増加に与える影響が小さかったと考えられる。また、P1 橋脚のType II-II-1、Type II-II-3、P11 橋脚のType II-II-2 の場合、初期せん断ひずみが増加すると最大応答塑性率が減少していき、ある点で増加に転じている。これは初期せん断ひずみ 0%時に最大応答塑性率が生じる向きと初期せん断ひずみにより生じる水平力が作用する向きが逆向きであるためである。一方で、初期せん断ひずみの増加に従い、最大応答塑性率が増加しているP11 橋脚のType II-II-1、Type II-II-3 において、初期せん断ひずみ 0%時と 70%時を比較すると最大応答塑性率が 1 程度増加しており、温度変化等に起因する桁の伸縮に基づく不静定力が最大応答塑性率に影響を与えることが確認された。

4. おわりに

解析結果より、温度変化等に起因する桁の伸縮に基づく不静定力が免震支承を用いた多径間連続橋の応答塑性率等に影響を与えることが確認された。よって、設計の際には温度変化等に起因する桁の伸縮に基づく不静定力を十分に考慮する必要がある。