

固定支承を用いた多径間連続橋の

地震時挙動に及ぼす温度荷重等の影響評価に関する研究

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 正会員 宇野 裕恵
日本技術開発株式会社 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

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の橋に更に地震時慣性力が作用することになる。本研究では、動的応答解析に基づき不静定力と地震時慣性力を考慮し、対象橋梁の地震時挙動が橋脚躯体に与える影響の把握を行った。

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であり、橋脚の支承は固定支承を用いる。桁と橋脚の間はピン結合とする。水平方向、鉛直方向は剛とした。

橋脚断面形状はPC橋脚であり、上部構造のクリープ・乾燥収縮・プレストレス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 $\mu=3.0\sim 3.5$ 程度となるように断面緒言を決定した。

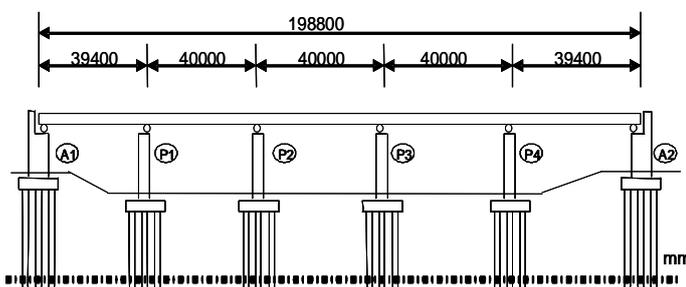


図-1 5径間連続PC箱桁橋

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み解析モデルを設定した。図-2に骨組み解析モデルを示す。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。

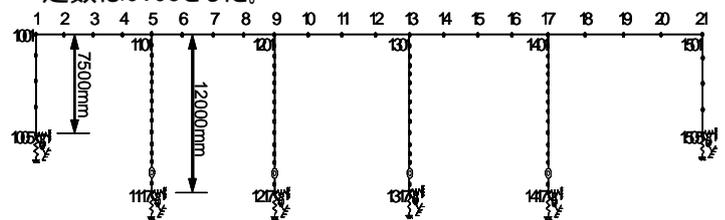


図-2 骨組解析モデル

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法(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。つまり桁端部に温度荷重等の不静定力と等価な節点力を与えることにより考慮して静解析を行った。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。上記の不静定力の合計を静的に桁端部に載荷して各橋脚の支点移動量(mm)を求めた。節点力は、温度

荷重によって生じる桁の支点移動量に合わせて設定した。4つのケースでの不静定力による各橋脚の支点移動量および桁の支点移動量を表-1に示す。ケース1は橋脚支点上のクリープ・乾燥収縮・プレストレスを考慮しない場合、ケース2は橋脚支点上のクリープ・乾燥収縮・プレストレスを考慮した場合、ケース3は橋脚支点上のクリープ・乾燥収縮・プレストレスに10 相当の温度変化分を加えた変形量を考慮した場合、ケース4は橋脚支点上のクリープ・乾燥収縮・プレストレスに20 相当の温度変化分を加えた変形量を考慮した場合とする。



図-3 節点力载荷のイメージ

表-1 不静定力による支点移動量および桁の変形量

ケース1	P1	P2	P3	P4
不静定力によって生じる 支点移動量(mm)	0	0	0	0
節点力によって生じる 支点移動量(mm)	0	0	0	0
与える節点力(kN)	-	-	-	-

ケース2	P1	P2	P3	P4
不静定力によって生じる 支点移動量(mm)	46.335	15.339	-15.339	-46.335
節点力によって生じる 支点移動量(mm)	46.335	15.283	-15.283	-46.335
与える節点力(kN)	1777858	-	-	-1777858

ケース3	P1	P2	P3	P4
不静定力によって生じる 支点移動量(mm)	52.105	17.247	-17.247	-52.105
節点力によって生じる 支点移動量(mm)	52.105	17.189	-17.189	-52.105
与える節点力(kN)	199845	-	-	-199845

ケース4	P1	P2	P3	P4
不静定力によって生じる 支点移動量(mm)	57.875	19.115	-19.115	-57.875
節点力によって生じる 支点移動量(mm)	57.875	19.095	-19.095	-57.875
与える節点力(kN)	221819	-	-	-221819

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。P1 橋脚、P4 橋脚それぞれの最大応答塑性率と不静定力の関係を図-4、5 に示す。

図-4、5 より、ケース 1 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だった。その理由は、ケース 1 がクリープ・乾燥収縮・プレストレスと温度変化に起因する桁の収縮による不静定力を考慮していないためだと考えられる。つまり、解

析モデルの対称性により、P1 橋脚と P4 橋脚に大きな差異が見られなかったと考えられる。一方で、ケース 2~4 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に異なる傾向が見られた。その理由としてケース2~4は、クリープ・乾燥収縮・プレストレスと温度変化に起因する桁の収縮による不静定力を圧縮の節点力として桁端部に考慮しているためと考えられる。つまり、不静定力の作用する向きに最大応答塑性率が生じやすくなっていると考えられる。

図-4 より、P1 橋脚において地震波 Type - 3 のケース 1 の最大応答塑性率は 3.729、ケース 4 の最大応答塑性率は 5.364 になることが確認された。つまり、クリープ・乾燥収縮・プレストレスと温度変化に起因する桁の収縮による不静定力などを考慮することにより最大応答塑性率は 43%増加するという結果が得られた。図-4、5 より、ケース 1~4 において P1 橋脚、P4 橋脚ともにクリープ・乾燥収縮・プレストレス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ことが確認された。

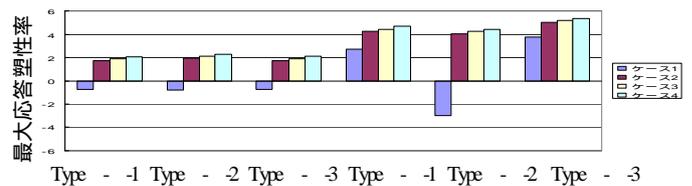


図-4 最大応答塑性率と不静定力の関係(P1 橋脚)

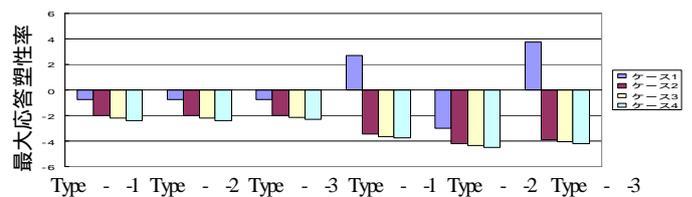


図-5 最大応答塑性率と不静定力の関係(P4 橋脚)

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・乾燥収縮・プレストレス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て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クリープ・乾燥収縮・プレストレス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ことが確認された。