

固定ゴム支承を用いた多径間連続橋の地震応答特性について

半井 恵介¹・伊津野和行²

¹学生会員 立命館大学大学院理工学研究科（〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1）

²正会員 工博 立命館大学教授 理工学部都市システム工学科（〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1）

1. はじめに

1995年阪神大震災で多くの橋が破壊したが、特に橋を支える支承が多くの被害を受けた。金属製の支承が破壊したことが落橋につながった事例も多く、その後、支承はゴム支承による弾性支持を基本とするよう設計基準が改定された。しかし地盤の軟らかいところでゴム支承を使うと、水平方向に柔らかいため地震で大きく揺れすぎてしまう場合があるため、ゴムで桁の回転に追従しつつも水平方向の変形を抑えた固定ゴム支承が提案されている。図-1に固定ゴム支承のモデルを示す。

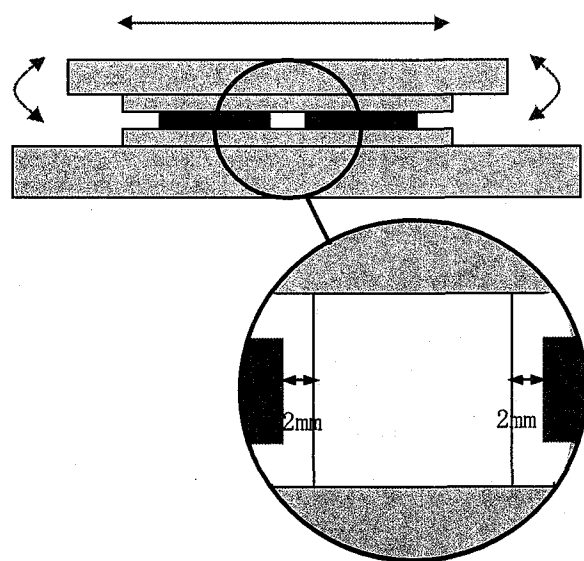


図-1 固定ゴム支承

しかし、固定ゴム支承は、施工上の余裕をみて数mm動いたあとに、固定状態になる構造になっているため、桁の温度収縮による影響が懸念される。低温時と高温時とで地震応答に対する初期条件が場所によって異なってくると考えられる。本研究では温

度による初期条件の違いが、橋脚、橋梁全体に、どのように影響を与えるか解析を通して考察を行う。

また、実際の現場では設置誤差により、設計で想定した状態とは異なる条件が生じる事も想定され、その点についても数種類のモデルを使用し解析を行う。

2. 解析モデル

ここでは8径間連続橋をモデル化した。スパン37.5m、橋脚高は10m、地盤種別はⅢ種地盤で、支承部は全て固定ゴム支承とする。桁は、2主鈑桁、橋脚はRC橋脚を使用した。また、桁の質量を2215.64t、地盤ばねの減衰定数を0.2、桁、支承部、橋脚の減衰定数を0.02とした。図-2にモデル化したものを示す。橋脚基部（図-2の◎部分）に修正武田モデルの履歴特性を持つ非線形ばねを設定した。橋脚非線形ばねの骨格曲線を図-3に示す。

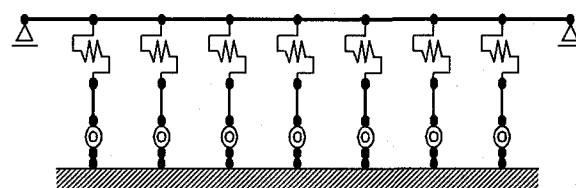


図-2 8径間連続桁橋

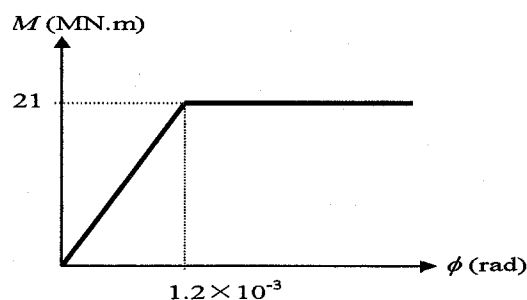


図-3 橋脚ばねの骨格曲線

3. 支承部のモデル

支承部には、非線形弾性モデルの非線形ばねを設定した。今回は固定支承の横にプラスマイナス 2mm の隙間があるモデルを基本とし、隙間が大きいモデルについても調べるため、プラスマイナス 10mm のという極端に隙間が大きいモデル、また、設置誤差の影響を調べるためプラスマイナス 3, 4, 5, 6mm のモデルの計 6 種類のモデルを使用した。

図-4 はプラスマイナス 2mm の隙間があるモデルの常温 20 度に対する非線形ばねである。桁の温度伸縮を考慮してこれを右左にオフセットした。

非線形ばねの初期剛性の値については、数値解析上十分小さい値として 1KN/m とした。また、2 次剛性の値については無限大として 10GN/m を設定した。

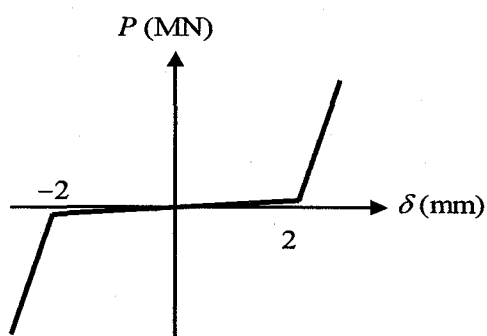


図-4 常温 20 度に対する非線形ばね

4. 桁の温度変化による変形量

まず、桁の温度による変形量を 40 度とマイナス 10 度の場合について道路示方書に基づいて決定した。その結果、図-5 のように伸縮する。

中心				
40度	9mm	18mm	27mm	36mm
-10度	-13.5mm	-27mm	-40.5mm	-54mm

図-5 桁の温度変化による変形量

例えば 2mm の隙間があるモデルの初期状態を考えてみると、プラス 40 度のケースも、マイナス 10 度のケースも、中央の支承以外はすべて初期状態で固定部が片方に寄ってしまう。プラス 40 度であれば、中央部へ固定部が寄ってしまい、端方向へのみ 4mm

自由に動ける状態であり、マイナス 10 度であれば、逆に中央よりにしか自由に動けないという初期状態になる。図-6 に片側に寄った支承部のモデルを、図-7 に片側に寄った時の非線形弾性モデルを表す。このようにして他のモデルについても初期状態を設定していった。

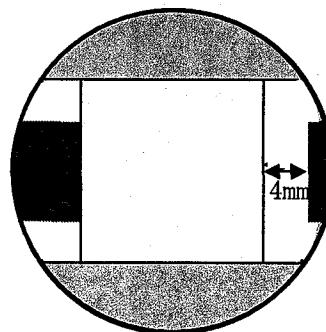


図-6 片側に寄った支承部のモデル

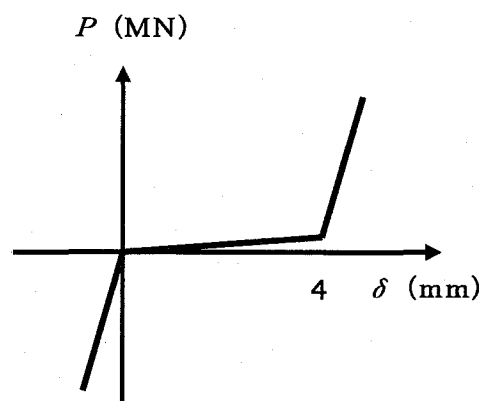


図-7 片側に寄った時の非線形弾性モデル

5. 解析の方法

地震波はレベル 2 タイプ II のⅢ種地盤用標準波を入力し、時刻歴応答解析を行う。図-8 に波形を示す。解析ソフトには市販の地震応答解析ソフトウェア TDA PⅢを使用した。それぞれのモデルについて、常温 (20 度)、-10 度、40 度の 3 ケースについて解析を行う。

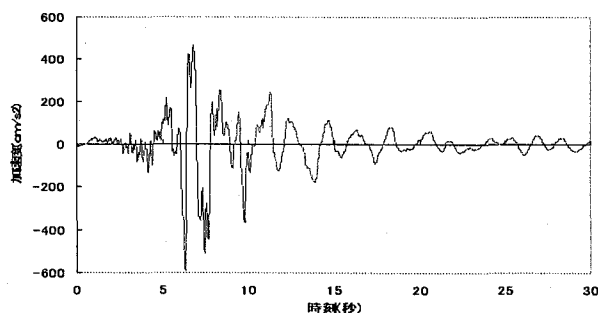


図-8 地震波形

6. 解析結果と考察

図-9 に橋脚基部の曲率じん性率、図-10 支承に作用する水平力の最大応答値、図-11 に桁端部の応答変位のグラフを示す。

橋脚の曲率じん性率の最大応答値においては、温度により多少の差はあるが、支承部の隙間が広い 6mm や 10mm のモデルにおいて低い値を示した。

図-12～17 には、端部の橋脚基部の履歴曲線を、基本モデルである 2mm のケースと最も小さな最大応答値を示した 10mm のケースを示す。

図-12 と 15, 図-13 と 16, 図-14 と 17 を比較すると、同じ温度条件で、2mm のモデルに比べ、10mm のモデルは小さい値を示した。また、図-17 のように線形応答にとどまったものもあり、図-15 や図-16 と比較すると、温度によって応答にかなり違いが生じることがわかる。

図-18～20 には、温度によって桁変位に差がでた 10mm のケースの桁端部の各温度における時刻歴応答変位を示す。初期状態から左右に $\pm 10\text{mm}$ 自由に動くことができる 20°C (図-19) の場合、他の温度 (図-18 と図-20) と比較して、応答初期 10 秒程度の応答が異なる。しかし、 $\pm 10\text{mm}$ を超える応答を示し始めてからは類示の応答となり、最大値を示す時刻も同じである。 $\pm 10\text{mm}$ を超えると固定支承として機能するため、桁の最大応答値も 15% 程度しか変わらない。 $\pm 2\text{mm}$ 等、他のケースでは、ほとんど桁変位に差はなく、桁応答への影響は小さいと言える。

支承に作用する水平力においては一般的な隙間が 2mm のモデルを基準とし、安全率を 1.5 と考えると許容できる範囲は 6～7MN までである。これを考えると支承部の隙間が 4mm までならば許容できることが分かった。

橋脚、桁の応答変位に対しては隙間を空けた方が有利になる場合もあるが、温度変化による影響が大きくなる場合がある。

支承部に対しては隙間を空けると作用する力は増加するが、温度の影響はあまりない。

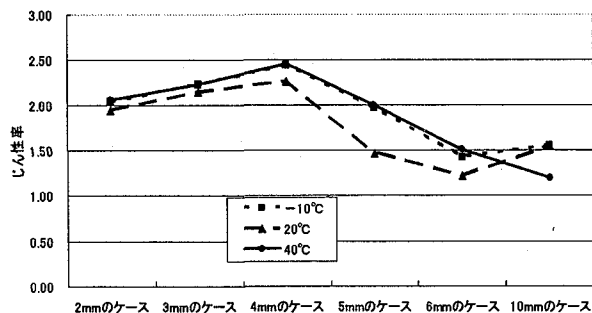


図-9 橋脚基部の曲率じん性率の最大応答値

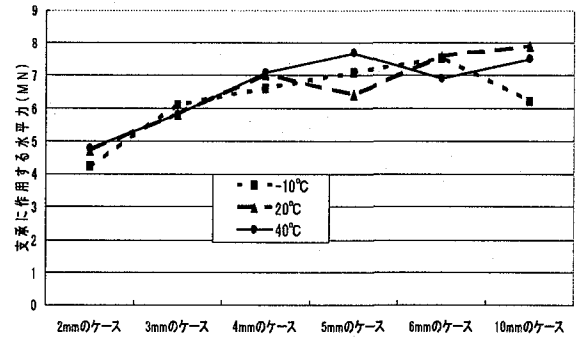


図-10 支承に作用する水平力の最大応答値

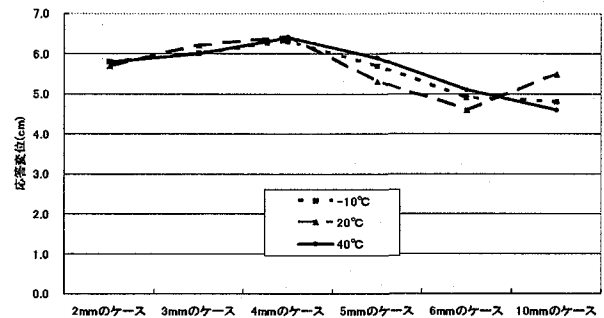


図-11 桁端部の応答変位の最大応答値

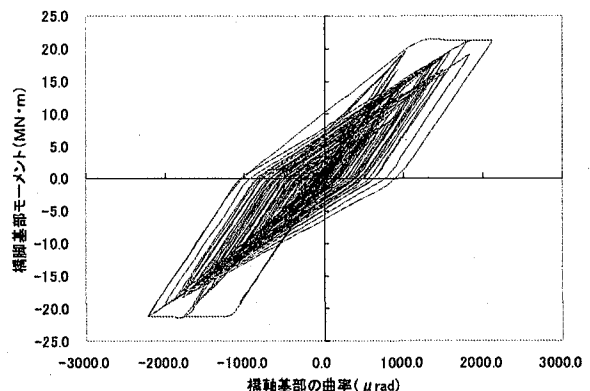


図-12 橋脚基部の履歴曲線 2mm -10°C

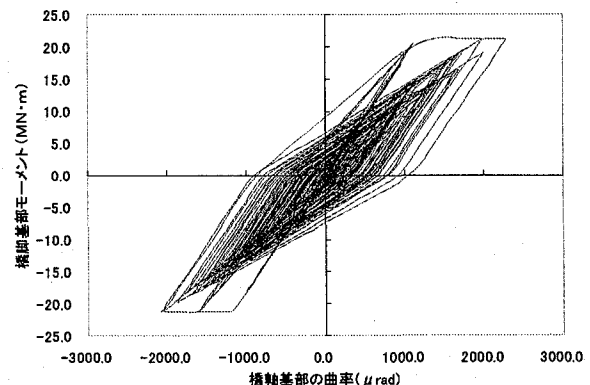


図-13 橋脚基部の履歴曲線 2mm 20°C

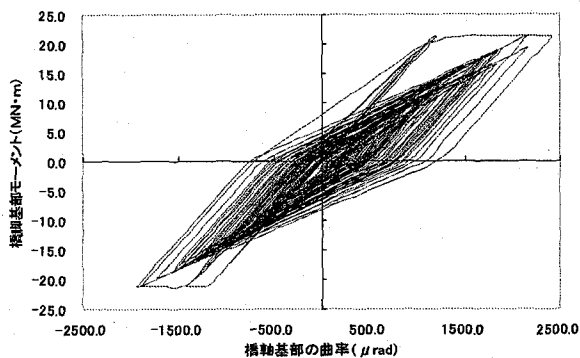


図-14 橋脚基部の履歴曲線 2mm 40℃

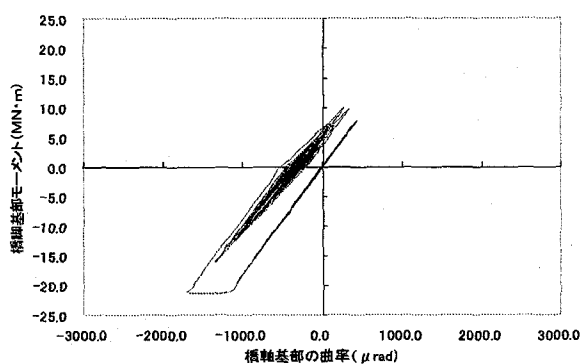


図-15 橋脚基部の履歴曲線 10mm -10℃

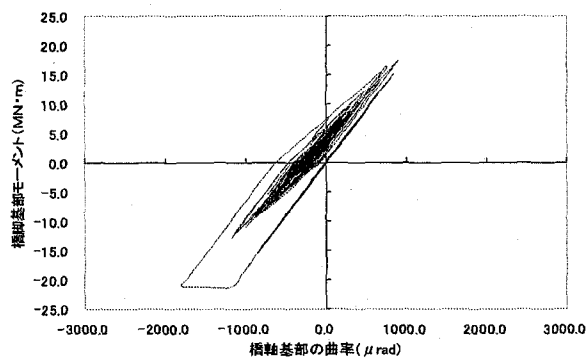


図-16 橋脚基部の履歴曲線 10mm 20℃

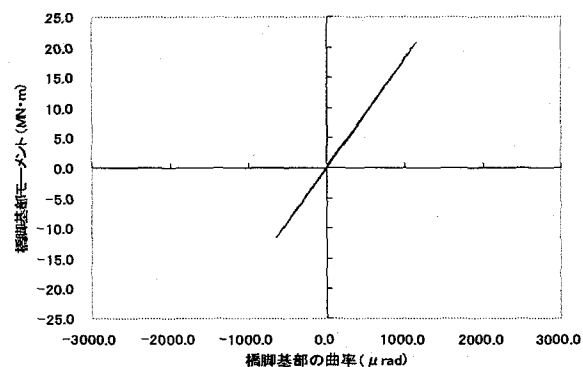


図-17 橋脚基部の履歴曲線 10mm 40℃

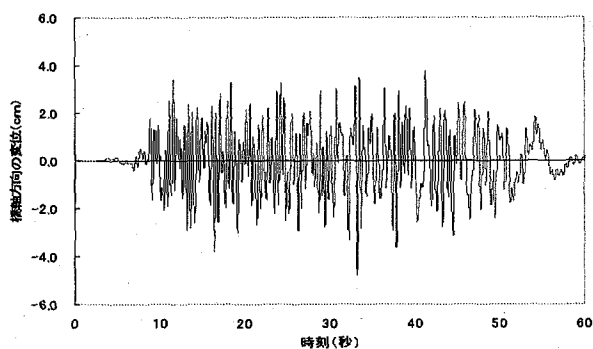


図-18 桁端部の時刻歴応答変位 -10℃

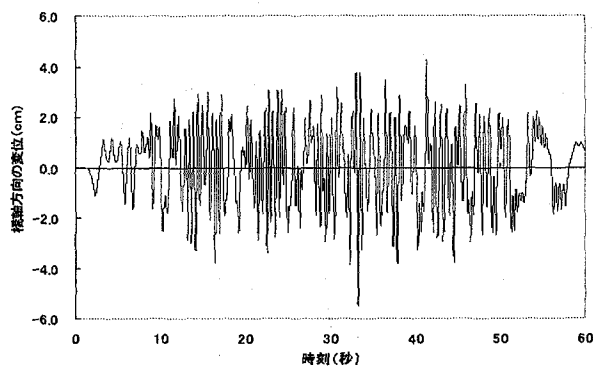


図-19 桁端部の時刻歴応答変位 20℃

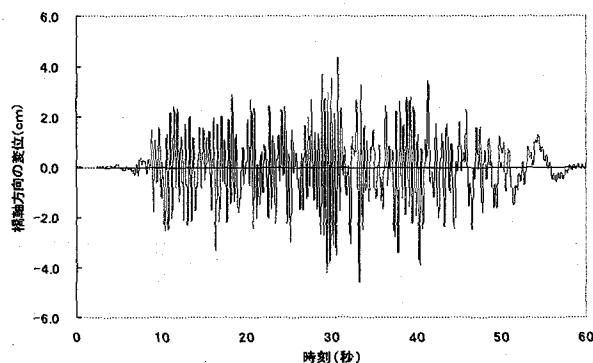


図-20 桁端部の時刻歴応答変位 40℃

7. まとめ

- ・ 支承部の隙間が大きくなる、つまり設置誤差が大きくなると、橋脚に作用する力、桁の応答変位は小さくなるが、支承に作用する力は大きくなることが読み取れた。
- ・ 温度による影響は、支承部に対してはあまりなかった。橋脚、桁の応答変位に対しては支承設置誤差が大きくなると影響が大きくなる場合がある。

謝辞

本研究の実施にあたり、(株)ビービーエムの協力を得た。記して謝意を表する。