

3 次元動的解析による斜橋に添架された通信管路被害の分析

東洋大学大学院工学研究科 環境・デザイン専攻 学生会員 熊田光伸
東洋大学工学研究科 教授 鈴木崇伸

1. はじめに

通信用の橋梁添架管路は設備数の多さから、橋梁種別に応じた設計は行われず、標準的な橋梁を想定した管路を組み合わせて構成されている。橋梁の設計は、近年では弾性支承が多く使われるようになった。ある程度の変位を許容して橋脚に作用する地震力を低減できる効果が見込まれる。免震橋として設計された場合には、管路に大きな強制変位が作用し、破損の可能性が高くなることが懸念されたために、田中他²⁾により実験・解析により伸縮性・可とう性の高い構造に変更することが提案されている。また大塚他¹⁾は斜橋の振動特性に注目して、回転変位が橋の安定性に及ぼす影響の解析を行っている。

本研究は、2011 年東北地方太平洋沖地震時に遠野市内の弾性支承で設計された斜橋に添架された通信管が破損した事例に注目して、3 次元フレーム解析により斜橋の応答計算を行い、添架管路に作用する外力の評価を行っている。

2. 解析方法

(1) 基本解析モデル

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災で通信添架管が破損した、岩手県遠野市松崎町、光興寺橋を解析モデルとする。4 径間の RC 斜橋であり斜角は 70°、床板は平面図を見ると平行四辺形になっている、支承には水平力分散支承を使用している。図-1 は側面図、部構造正面図になる。添架管は橋桁下部の空間に鋼材を設置して、硬質ビニル管を取り付けている。

(2) モデルの作成

3 次元フレームモデルを作成する。上部構造と橋脚の接続部分は支承であるため、ばね要素で作成した。ばね要素は、ばねの特性を設定して破断強度や許容変位を決める。ばね特性は全部で並進方向 X,Y,Z の 3 成分、回転方向 X,Y,Z 3 成分の 6 パターンを設定する。並進方向は支承に近づけるため、名古屋高速ゴム支承に設定する。

回転方向に関しては、対称バイリニアに設定した。

(3) 固有値解析

表-1 に 3 次モードまでの固有振動数の計算結果を示す。1 次モードの橋軸方向の並進は、橋脚は橋脚の方向へ、上部構造も同じ方向にする。2 次モードの橋軸方向の並進は、橋脚は橋脚の角度に沿った方向、上部構造は橋脚に直角の角度に沿った方向に挙動する。3 次モードの橋軸方向の回転は、橋脚は水平方向に回転し、上部構造は、それに伴い水平方向に回転挙動が生じている。

表-1 固有値解析結果

モード	振動数(Hz)	固有周期(s)
1 次モード	1.605	0.623
2 次モード	1.667	0.600
3 次モード	2.036	0.491

3. 動的解析

(1) 計算方法

解析に使用した入力地震動は、2011 年東北地方太平洋沖地震時に岩手県遠野市で観測した K-NET のデータ (IWT013) を使用する。東西方向、南北方向の地震波を 10° 傾け光興寺橋の架かっている橋軸方向、橋軸直角方向に変換して使用する。

橋軸方向地震波は最大加速度 438.4 Gal、橋軸直角方向地震波は最大加速度 327.5 Gal。200 秒の地震波を 0.01 秒刻みに分割し 20000 のステップ解析を行う。入射方法として本研究では、橋軸方向、橋軸直角方向に分けて入力し解析を行い各方向の地震波が与えた応答を分析する。

注目する出力は、斜角 90° の橋梁と異なると予想される応答として、上部構造の回転挙動、橋脚応答、添架管に影響する相対変位等があげられる。

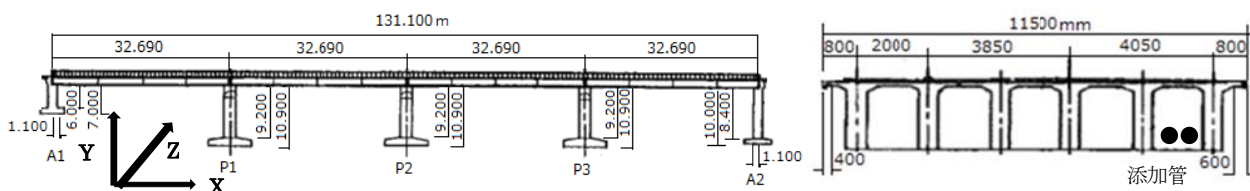
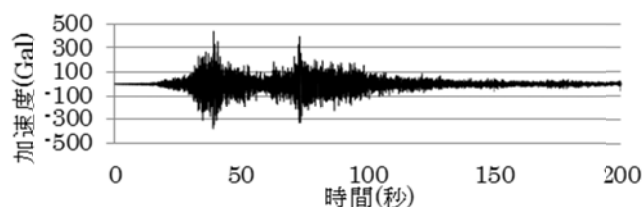


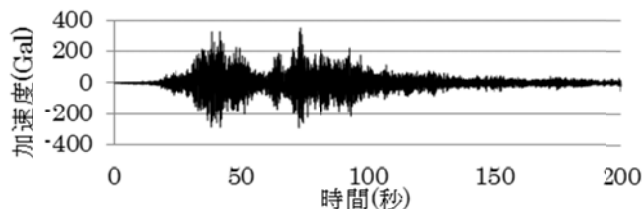
図-1 光興寺橋 側面図、平面図

キーワード 斜橋、支承、通信管

連絡先 埼玉県川越市鯨井 2100 メールアドレス s36C01300079@toyo.jp



(a) 橋軸方向地震波



(b) 橋軸直角方向地震波

図-2 K-NET観測点(IWT013)地震波を変換した地震波

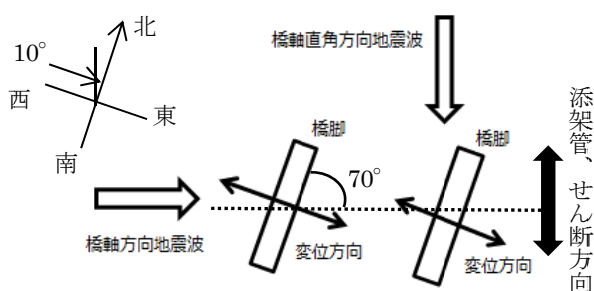


図-3 橋脚上部端の変位挙動の概略図

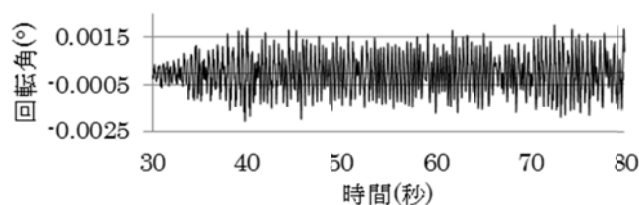
(2) 解析結果

P2を中心とした回転角度の計算を行った図-4(a)から、橋軸方向地震波での最大回転角は 0.0035° と小さく発生している。橋軸直角方向では図-4(b)のように、最大回転角 0.033° と約10倍になっている。

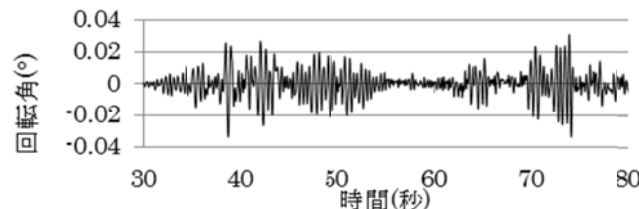
橋脚の応答の特徴として、橋脚天端の変位はP1の場合は橋軸方向地震波の時、橋脚の方向に沿い変位が約23.6 mm生じた。橋軸直角方向地震波では、変位約1.8 mmが生じた。図-3は運動の概略図になっている。この応答が上部構造に回転運動を与える原因の一つになっている。

添架管に影響する橋脚と橋桁の相対変位の結果を分析する。せん断方向に発生する変位は、橋軸方向地震波では、図-5(a)から最大値約2.0 mmと橋軸直角方向に影響を受けている事が分かる。橋軸直角方向地震波での結果は図-5(b)のように最大変位約19.3 mmと大きい値が出ている。同じ条件で斜角 90° 橋脚が橋軸と直角になるモデルを作成し解析を行った結果と比較すると、橋軸直角方向地震波では、最大変位の13.2 mm発生した。橋梁の斜角 70° と比較すると差が約6mm発生した。斜角を振ることで最大相対変位が約1.5倍大きくなった。

これらは上部構造の回転挙動、橋脚の斜角に伴う挙動により相対変位に影響を与えていると考えられることができる。

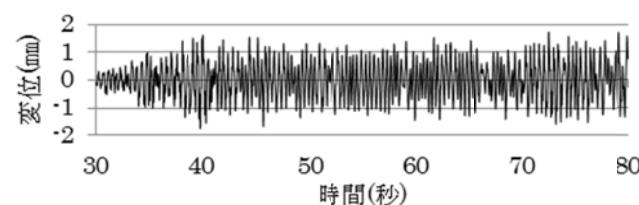


(a) 橋軸方向地震波

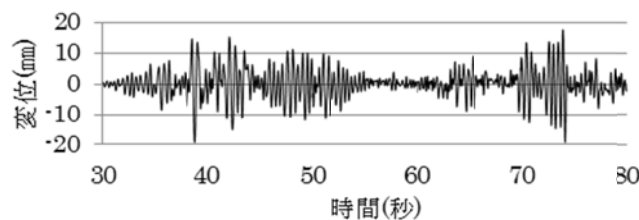


(b) 橋軸直角方向地震波

図-4 各地震波での回転角の計算結果



(a) 橋軸方向地震波



(b) 橋軸直角方向地震波

図-5 各地震波での通信管に作用する最大相対変位

4. まとめ

解析の結果、斜橋であることによる振動特性である回転変位が橋桁に発生し、斜角 90° である通常の橋梁より大きく相対変位が生じた、管路を含めた分析を今後行う予定である。橋桁同士の衝突により、さらに変位が発生した可能性もあるため、分析に加える予定である。

謝辞

防災科学技術研究所K-NET強震記録を使用しました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大塚久哲, 神田昌幸, 鈴木基行, 川上雅秀: 斜橋の水平地震動による回転挙動解析, 土木学会論文集 No570, P315-324, 1997年
- 2) 田中宏司, 鈴木崇伸, 岩田克司, 山崎泰司: 通信管路の免震橋梁への添架方法に関する研究, 地盤工学論文集第30巻, 737-747, 2009年