

防衛大学校 正員 梶田幸秀 大阪市 正員 丸山忠明
 京都大学大学院 フェロー 渡邊英一 京都大学大学院 正員 杉浦邦征
 ㈱建設技術研究所 正員 友永則雄 京都大学大学院 学生員 津村洋祐

1.研究目的

兵庫県南部地震以降、高架橋の耐震性を把握するため、橋脚、基礎、支承などの各構造要素の組み合わせを考慮し、また隣接する高架橋による桁間衝突などを考慮した調査研究が行われている¹⁾。しかしながら、耐震補強として用いられる桁間連結装置や桁脚連結装置を考慮し、その効果について発表された研究はまだ少ない。そこで本研究では、上部構造物の過度の動きを制御するため、桁脚を連結するケーブルに着目し、桁間衝突や落橋に対する桁脚連結ケーブルの効果について考察を行うことを目的とする。

2.解析モデル

本研究では、大阪市にある代表的な3径間連続高架橋が3つ並んでいるモデルを対象とした。Fig.1に簡易なモデル図を示す。ここで、一つの3径間連続高架橋をユニットと呼ぶ。

本研究では、ユニットA、Bの支間長は30(m)だが、ユニットCの支間長は20(m)としている。しかしながら支間長が短くなったことにより、通常的设计では、支承や橋脚の耐力は変化するが、本解析では、ユニットCの各構造要素の特性はユニットA、Bのそれと同じものを用い、上部構造物（主桁）の質量のみが軽くなったと考える。Fig.2にFig.1をバネ質点系に置き換えたモデルを示す。

1 脚あたり、基礎は水平・回転の2自由度、脚は水平1自由度、支承の水平1自由度の合計4自由度を仮定した。一方、自由度低減の理由からFig.1に示すP-8,9,10（橋脚を表す）を省略している。桁間連結装置はP-3,6に取り付けられ、P-3側を桁間A、P-6側を桁間Bと呼ぶ。また、桁脚連結ケーブルもP-3,6に取り付けられており、P-3側、左側（ユニットAの桁と連結）からケーブル1~4と呼ぶことにする。応答解析手法には、Newmarkのβ法（β=1/6）を用いた。それぞれのユニットの固有周期は、AならびにBは0.796(sec)、Cは0.670(sec)である。

3.各構造要素のモデル化

橋脚、基礎の復元力特性には劣化型トリリニアモデルを仮定した。固定支承、可動支承、桁間連結装置、桁脚連結ケーブルの復元力モデルは、Fig.3~6に示すようにモデル化した。固定支承については復元力が降伏耐力 F_2 に達し、破壊した後は、動摩擦力による復元力 F_1 のみを考える。可動支承については移動制限装置(DS1=5cm)に衝突

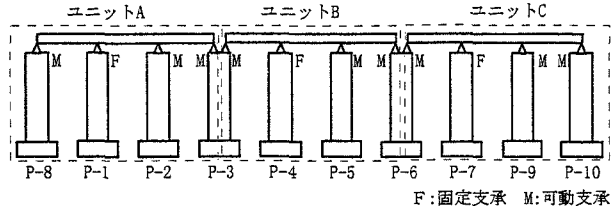


Fig.1 解析対象とした連続する高架橋のモデル

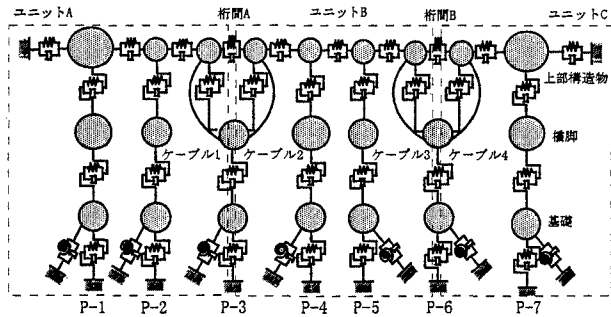


Fig.2 解析対象高架橋のバネ・質点系モデル

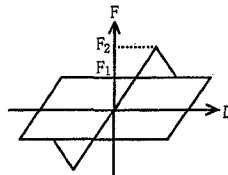


Fig.3 固定支承の復元力モデル

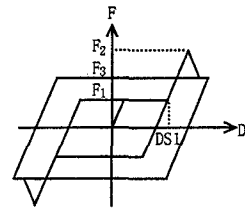


Fig.4 可動支承の復元力モデル

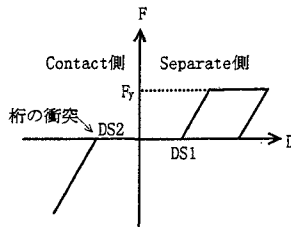


Fig.5 桁間連結装置の復元力モデル

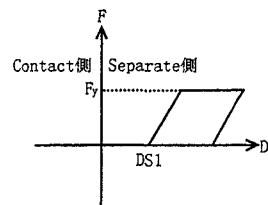


Fig.6 桁脚連結ケーブルの復元力モデル

するまでは動摩擦力 F_1 で動き、その後、復元力が降伏耐力 F_2 に達したときに、支脚が破壊し動摩擦程度の復元力 F_3 が作用するものとする。桁間連結装置については、桁間の相対変位が Separate 側で、桁間連結装置のあそび ($DS1=5\text{cm}$) を越えると効き始め、降伏耐力 F_y で塑性化すると仮定した。Contact 側では、桁遊間 ($DS2=10\text{cm}$) に達すると衝突する。桁脚連結ケーブルについては、桁脚の相対変位が Separate 側（落橋側）であそび ($DS1=10\text{cm}$) を越えると効き始め、降伏耐力 F_y で塑性化すると仮定した。一方、ケーブルについては、桁脚の相対変位が Contact 側では、力が作用しないものとする。なお、入力地震波には平成8年の道路橋示方書V耐震設計編に規定される地震時保有水平耐力照査に用いるレベル2地震動のII種地盤用標準波形を使用する。なお、橋脚、基礎、固定支承、可動支承、上部構造物の減衰定数は、それぞれ0.02, 0.15, 0.05, 0.00, 0.03とした。

4.解析結果

桁脚連結ケーブルの効果を考察するため、ケーブルがある場合と無い場合に分けて解析を行った。Fig.7 に桁間 B のケーブルのない場合の相対変位を、Fig.8 に桁間 B のケーブルがある場合の相対変位を示す。桁遊間は 10(cm)より、グラフでは-10(cm)を越えていれば桁の衝突が起きていることを表す。すなわち、Fig.7 よりケーブルがない場合には桁の衝突が起きているが、Fig.8 よりケーブルを取り付けることにより桁の衝突を防いでいることがわかる。なお、ケーブルが無い場合において桁の衝突が起きているが、この衝突力は約 105(MN)であり、主桁の重量の約 13 倍もの力が発生している。Table1 に桁脚間（ケーブル 1~4）の相対変位の最大値を示す。Table1 よりケーブル 2 の相対変位が大幅に減少しているが、このケーブルの作用により桁間 B における衝突が防げたのではないかと考えられる。最後に Table2 にユニット B における各橋脚の最大応答変位を示す。これにより、ケーブル 2 が取り付けられている橋脚(P-3)の応答変位がかなり増大していることがわかる。これは上部構造物の過度の動きを制限するために生じるものである。しかしながら固定支承を有する橋脚(P-4)の応答変位が減少しているのも着目すべき点である。

5.結論

桁脚連結ケーブルを取り付けることにより、上部構造物の過度の動きを止めることができ、桁間衝突を防ぐことや落橋防止に効果があることがわかった。また、桁脚連結ケーブルなどの落橋防止構造物をも含め、高架橋の耐震性の向上をはかることが明らかになった。しかしながら、ケーブルを取り付けられた橋脚に大きな慣性力がかかるため、その降伏耐力や遊間の設定には注意が必要であると考えられる。

参考文献

- 1)中島章典ら：簡易モデルを用いた多径間高架橋システムの大地震時応答解析，鋼構造年次論文報告集第 5 巻，pp.313-320，1997.11.
- 2)Jankowski Robertら：地震時の高架橋上部構の衝突軽減，土木学会第 52 回年次学術講演会，I-B117，pp.234-235，1997.9.

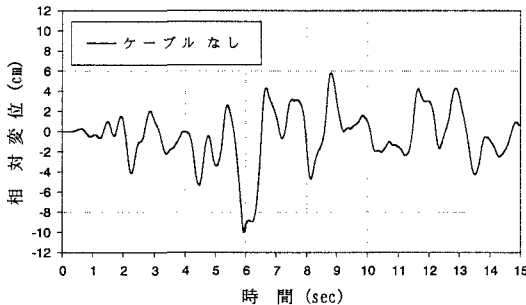


Fig. 7 桁間 B の相対変位の時刻歴

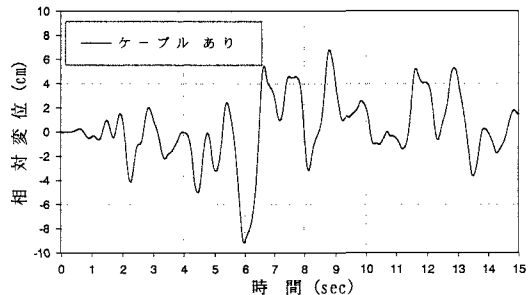


Fig. 8 桁間 B の相対変位の時刻歴

Table 1. 桁脚間の最大相対変位

| | Cable1 | Cable2 | Cable3 | Cable4 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| Cable なし | 10.12 | 17.55 | 8.40 | 8.48 |
| Cable あり | 10.25 | 11.08 | 10.03 | 7.76 |

単位(cm)

Table 2. 橋脚の最大応答変位

| | P-3 | P-4 | P-5 | P-6 |
|----------|------|------|------|------|
| Cable なし | 2.82 | 9.17 | 1.73 | 2.75 |
| Cable あり | 5.84 | 8.34 | 1.73 | 2.71 |

単位(cm)