立体交差化を目的とした新形式連続高架橋とその耐震性に関する検討

武蔵工業大学大学院　学生会員　○村井悠
上谷エンジニアリング株式会社　正会員　上谷義介
株式会社　福田組　正会員　清水義次
武蔵工業大学　フェロー会員　増田陳紀

１．研究背景・目的

近年の公共工事緊縮財政の中で，地域連携により経済活力回復に寄与する道路を効率的に造り，また既成市街地の円滑なモビリティの確保により都市再生を図る事が道路行政への社会的要請の一つとして挙げられる．このような社会的要請への対応として，平成 16 年度に道路構造令及び踏切道改良促進法が改正され交差点，踏切での混雑緩和のための立体交差構造が注目されている．また，立体交差構造には施工期間の短縮が求められており，既成市街地での路上掘削工事の縮減，基礎構造の簡素化が模索されてきている．

そこで社会的要請に応えるための既成市街地での交通網の立体交差化を目的とした新形式連続高架橋[1)]が考えられている．本研究ではこの新形式連続高架橋を対象として地震時の基本的な動的挙動を検討するものである．

２．解析対象橋梁[1)]

本研究では Fig1 に示すような 3 径間連続 V 脚システム高架橋を解析対象とする．当該橋梁は三角骨組構造体相互を桁で連結した連続高架橋であり既存概念の高架橋に対して合理的に改善を施したものである．三角構造体における支柱部は RC 橋脚，上部構造は鋼と RC の複合桁であり，三角構造体を連結する桁部は鋼桁からなっている．橋脚を橋軸方向に V 字型とすることで実質的に中央径間長の短縮を図り，連続桁特有の中間支点における負の曲げモーメントの低減及び連結する桁部に作用する正の曲げモーメントの低減を図ることを目的としている．また V 脚下端に免震支承を設置することで，従来の曲げに抵抗させるために所要間隔を確保して配置される複数列の基礎杭を必要とせず，V 脚 1 基に対して杭を 1 本とした単体基礎杭の実現を可能にしたものである．

３．解析モデル

本研究ではまず，橋軸方向の地震時挙動を検討する．このため，当該橋梁を Fig2 に示すような 2 次元の骨組に

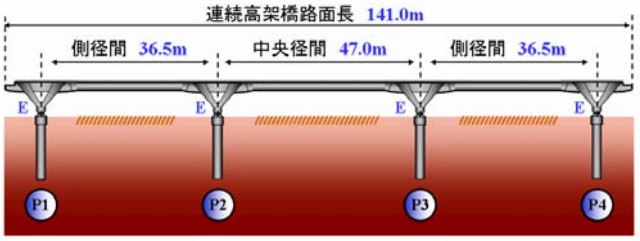


Fig1.解析対象橋梁

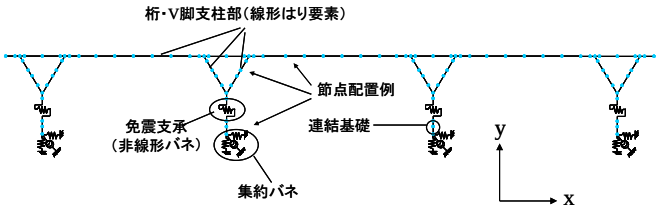


Fig2.解析モデル

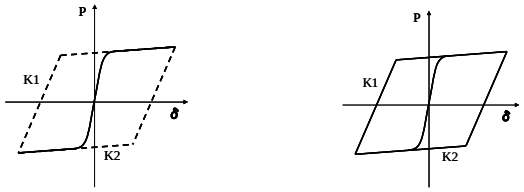
モデル化し，汎用 FEM 解析コード TDAPⅢを用いて解析を行う．なお，x 軸を橋軸方向，y 軸を鉛直軸方向とする．

①三角構造体・連結桁部

地震時のエネルギー吸収は主に免震支承の塑性変形に期待する．従って支承上部の三角構造体，連結桁部は降伏させないという条件のもと解析を行う．よって三角構造体，連結桁部は線形のはり要素でモデル化する．V 脚支柱と桁の剛結部および V 脚基部においては剛域を考慮して要素分割を行った．

②免震支承（HDR-S）

V 脚下端に設置する免震支承には超高減衰積層ゴム支承（HDR-S：Super-High Damping Rubber Bearing）を使用し，非線形バネ要素でモデル化する．本免震支承の履歴復元力特性および免震支承の各諸元を Fig3，Table1 に示す．



スケルトンカーブ　　履歴ループ

Fig3.履歴復元力特性[2)]

Key Words：　立体交差構造，連続高架橋，三角構造体，単体基礎杭
連絡先　　〒158-8557　東京都世田谷区玉堤 1-28-1　TEL03-3703-3111

Table1.超高減衰積層ゴム支承 unit:mm

			P1	P2	P3	P4
下沓SM490A	橋軸長	L1	1040	1100	1100	1040
	橋直長	T1	1350	1450	1450	1350
	ベース厚	H1	45	60	60	45
上沓SM490A	橋軸長	L2	920	970	970	920
	橋直寸法上	T2	1120	1320	1320	1120
	高さ	H2	60	60	60	60
	突起径	D	300	350	350	300
	突起高	H4	25	28	28	25
ゴム沓HDR-S+SM490A+SS400	橋軸長	RBT	870	920	920	870
	橋直長	RBL	1070	1270	1270	1070
	ゴム総高さ	H3	288	296	296	288
	ゴム総厚		189	189	189	189
プレート厚さ		H5	36	40	40	36
支承高さ		H	429	456	456	429
積層ゴム断面積(mm^2)		A	930900	1168400	1168400	930900
最小せん断ひずみ		γ_{min}	0.13	0.125	0.125	0.13
線形時のバネ剛性(N/mm)		K	13550	16675	16675	13550

③連結基礎・地盤～基礎間

連結基礎部は剛なはり部材とし，連結基礎底面には橋軸方向，鉛直方向，回転の集約バネを設け，これにより地盤と基礎間の地震時動的相互作用を模擬する．また，地盤条件は現段階では安全側を考え，Fig4 に示す非常に条件の悪い地盤を想定し解析を行う．なお，今後は必要に応じて地盤条件を変えて解析を行う予定である．

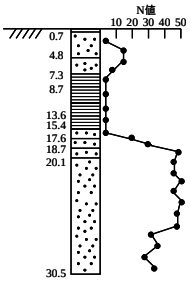


Fig4.地盤条件

4．解析結果

静解析(自重解析)および固有値解析を行った結果を示す．

①自重解析結果

本検討では中間支点上に突出する負の曲げモーメントおよび中央径間の最大曲げモーメントに対して，当該橋梁と支間長等が類似の条件における在来高架橋との比較を行い，本構造形式の有効性に関する検討を行った．解析結果及び作用曲げモーメント図を Table2 および Fig5 に示す．まず，両高架橋の中間支点上における負の曲げモーメントの比較を行うと，在来高架橋の−16690kN・m に対して当該橋梁では−8649kN・m と約 48%の縮減が見込まれ，中間支点上に突出する負の曲げモーメントの十分な緩和が期待される．また，中央径間における最大曲げモーメントに着目すると，在来高架橋の 8142kN・m に対し当該橋梁では 3265kN・m と約 59%の縮減という結果となった．橋脚を V 字型とすることで作用モーメントの大幅な縮減が見込まれる．ここで対象としている新構造形式橋梁は在来高架橋と比べて合理的な改善がなされていることが確認できる．

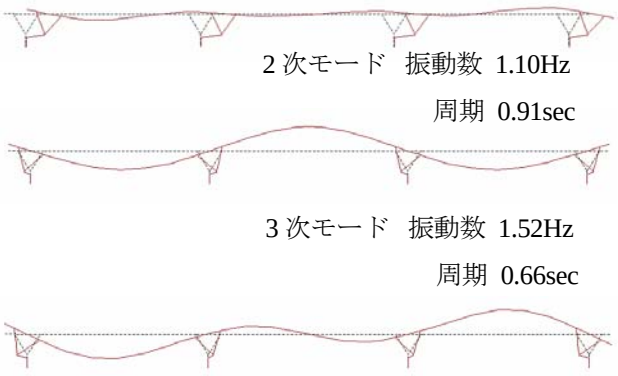
②固有値解析結果

本解析で得られた振動モードのうち 1 次から 3 次までの振動モードを Fig6 に示す．橋軸方向(x 軸方向)における支配的なモードは有効質量比 77%を有している 1 次モードである．この 1 次モードの振動特性から，支承上部の三角構造体および連結桁各々が橋軸方向にスライドしていることが判断できる．これは V 脚下端に設置している免震支承によるものであり，地震時のエネルギー吸収を概ね免震支承に集中させることにより，下部工に作用する地震時断面力の低減が期待できる．また，従来の地震時の高架橋の被害は，概ね橋脚の被害に起因していることが多い．本構造形式は橋脚自体が塑性変形する可能性が極めて低く，地震対策上非常に有効であると考える．

Table2.V 脚システム高架橋と在来高架橋の曲げモーメントの比較

	V脚システム高架橋	在来高架橋
中間支点上の負の曲げモーメント(kN・m)	-8649	-10301
中央径間における最大モーメント(kN・m)	3265	8142

Fig5.曲げモーメント分布図
(V 脚システム高架橋)



1 次モード 振動数 0.78Hz
周期 1.27sec

2 次モード 振動数 1.10Hz
周期 0.91sec

3 次モード 振動数 1.52Hz
周期 0.66sec

Fig6.各次振動モード

5．おわりに

今後は当該橋梁に対し，想定される地震入力の下での時刻歴応答解析を行い，懸念される地震時の橋軸直角方向への地震時挙動及び支承反力などを含め，当構造形式の妥当性の検討を行う．

【参考文献】

1）上谷善介：道路行政へ要請と，これに対応する研究開発課題の選定・新技術の提案及び成果の概要，200 5.7

2）アーク情報システム：TDAPⅢ，付録 1 要素ライブラリ ppA2,9,8-A2,79,11