

漸増動的解析に基づく橋梁上に設置された テレビ支柱の共振影響評価

谷口 惺¹・五十嵐 晃²

¹正会員 一般財団法人阪神高速先進技術研究所 (〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7)

E-mail: sei-taniguchi@hit.or.jp (Corresponding Author)

²正会員 京都大学防災研究所教授 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: Igarashi.akira.7m@kyoto-u.ac.jp

橋梁上に設置された柱状付属構造物の耐震性能を評価するとき、橋梁の塑性化の程度によって共振のしやすさに差異が生じ、入力レベルが小さい地震動に対する応答が、入力レベルが大きい地震動に対する応答と比べて大きくなることが懸念される。本研究では、橋脚上に設置されたテレビ支柱基部に発生するひずみを例に、漸増動的解析に基づき、入力地震動の大小関係とテレビ支柱の応答の大小関係が逆転するかどうかを確認し、その程度を定量的に評価した。その結果、対象構造物と入力波に対しては、橋脚が大きく塑性化して長周期化する場合に、入力地震動の大小関係とテレビ支柱の応答の大小関係が逆転する現象が確認された。

Key Words: incremental dynamic analysis, TV pole, attached structure, resonance

1. はじめに

阪神高速道路の高架橋上には、照明柱や標識板を設置するための標識柱、交通流監視カメラを設置するためのテレビ支柱等の様々な柱状付属構造物が設置されている。1995年兵庫県南部地震では、橋脚や上部構造等に倒壊や落下などの重大な被害が発生したが、柱状付属構造物についても倒壊や傾斜等の被害が数多く確認されている^{1),2)}。柱状付属構造物にこのような被害が発生すると、転倒に伴う第三者被害が懸念される。また、転倒または傾斜した柱状付属構造物が車両の通行を阻害すると、発災直後から求められる緊急輸送道路としての機能が制限される可能性がある。したがって、橋脚や上部構造を対象に進められてきた耐震性向上対策と併せて、震後の道路ネットワークの機能の確保の観点から、新設柱状付属構造物の耐震性能を確保するとともに、既設柱状付属構造物の耐震性能が確保されているか否かを評価し、耐震性能が不足の場合には対策を講じることが必要である。そして、これらの検討を推進するために、柱状付属構造物の耐震性評価手法を確立することが喫緊の課題となっている。

道路橋に設置された付属構造物の地震応答特性に関す

る先駆的な検討として、伊津野は、道路橋に設置された標識柱を例として、橋梁と標識柱を一体でモデル化して動的解析を行い、主構造物と付属構造物の固有周期がほぼ等しければ、共振現象が問題となることを指摘している¹⁾。

首都高速道路における橋梁上に設置された柱状付属構造物の耐震性検討については、松原らは、標識柱と高架橋からなる一体解析により得られた地震応答特性に基づき、高架橋上に設置される標識柱の地震応答特性の簡易推定法を検討している²⁾。また、松原らは、高架橋と照明柱を一体とした動的解析に基づき、高架橋上の照明柱に生じる地震応答が限界状態2を超えるかどうかを照査するための実用的な耐震照査法を提案した³⁾。

阪神高速道路の橋梁上に設置された照明柱については、田中らは、1995年兵庫県南部地震で被災した照明設備の被害状況を踏まえ、照明柱全体を加振する振動試験を行い、耐震性に優れたストレート形ポールを提案した⁴⁾。

耐震性に優れた照明柱の構造については、これまでに一定の検討が行われているが、柱状付属構造物の耐震性評価手法は現時点では十分に確立されていない。特に、テレビ支柱や標識柱については、風荷重を考慮した設計は行われているものの、地震荷重を考慮した設計は行わ

れておらず³⁾、兵庫県南部地震において、橋梁上に設置されたテレビ支柱に設計風荷重を上回る地震外力が作用して転倒に至った事例も報告されている⁵⁾。以上を踏まえて、阪神高速道路(株)においても、柱状付属構造物の耐震性評価手法の確立に向けた検討に取り組んでいる。

まず、伊佐らは、橋梁と柱状付属構造物の固有周期比と柱状付属構造物の応答加速度の関係を表現する共振加速度応答スペクトルを作成し、橋梁と柱状付属物の固有周期がおおむね一致する場合に、共振の影響を受けること、レベル1地震動に対する柱状付属物の応答が、レベル2地震動に対する応答と同等になる場合があることを指摘している⁶⁾。宇野津らは、標準的な柱状付属構造物を対象に、載荷実験および再現解析に基づき、これらの構造物の荷重変位関係や損傷順序を確認した⁷⁾。田中らは、柱状付属構造物の要求性能を提案するとともに、レベル2地震動に対する橋梁の応答を文献⁷⁾の載荷実験結果を踏まえて算出し、橋梁と柱状付属構造物の共振により柱状付属構造物の応答加速度が増幅されることを確認した⁸⁾。

高架橋に設置された電車線柱の耐震性検討については、室野らは、地震動の特性や入力レベルが高架橋と電車線柱の振動特性にどのような影響を与えるか検討し、中小規模の地震においても、電車線柱の応答が大規模地震よりも大きくなる可能性があるところを指摘した⁹⁾。そして、鉄道構造物等設計標準・同解説^{注4)}では、構造物に付随する電車線柱などの応答値は、構造物との相互作用を適切に考慮して算定することが規定されている。

既往の研究によると、柱状付属構造物が設置された橋梁が塑性化して長周期化することが要因で、入力地震動の大小関係と柱状付属構造物の応答の大小関係が逆転する可能性が示されている。したがって、レベル2地震動に対する耐震設計を行うにあたっては、このような影響を適切に考慮する必要がある。そこで、本検討では、橋梁上に設置された柱状付属構造物の耐震性評価手法を確立するための基礎資料として、道路橋上に設置されたテレビ支柱を対象に、漸増動的解析に基づき、入力地震動の大小関係とテレビ支柱の応答の大小関係が逆転するか否かを確認し、その程度を橋梁の塑性化に伴う長周期化に着目して定量的に評価した。

2. 漸増動的解析

漸増動的解析 (IDA) は、入力地震動の強度を漸増させて非線形時刻歴応答解析を行い、入力地震動の倍率 (Scale Factor, 以下 SF という) と構造物の応答の関係を表す IDA 曲線を求め、これに基づき構造物の耐震性能を評価する手法である。漸増動的解析の適用事例は、地震

動の大きさと破壊確率の関係に着目したリスクアセスメントと、大地震に対する構造物の破壊の順序等の損傷プロセスの評価に大別され、近年では危機耐性を定量的に評価する手法として注目されている¹⁰⁾。

前者の観点では、中澤らは多数の実地震動記録を用いて確率論的に免震建築物の耐震安全性を評価した¹¹⁾。橋梁を対象とする事例としては、覚らはゴム支承の経年劣化が橋梁構造の耐震性能に与える影響を漸増動的解析により評価した¹²⁾。

後者の観点では、著者らは5径間連続鋼Vレググラーメン橋を例に漸増動的解析を行い、損傷順序の評価と弱点部材の特定を行った¹³⁾。杉山らは4種主塔連続斜張橋の破壊プロセスを漸増動的解析を用いて検証した¹⁴⁾。

漸増動的解析を橋梁上に設置された柱状付属物の共振影響評価に活用した事例は著者らが調査する限りなかったが、入力を漸増させる手法であるため、入力地震動の大小関係と柱状付属構造物の応答の大小関係が逆転する現象を抽出し、その程度を定量的に評価するために、漸増動的解析を活用できる可能性がある。そこで、本研究では、地震動の入力レベルが柱状付属構造物の応答に及ぼす影響を漸増動的解析に基づき評価することとした。

3. 対象構造物

対象構造物を図-1に示す。対象となるテレビ支柱は、直径がφ406.4mm、板厚が19mmで、材質がSTK400の鋼管を8本のスタッドボルト (M22, SS400) で鋼製ラーメン橋脚の梁部に固定した構造である。重量は約30kNである。死荷重、活荷重及び風荷重 (風速55m/s) に対して、支柱を構成する部材が弾性領域内となるような許容応力度設計法で設計されている。テレビ支柱が設置された橋脚は、高さ約20mの2層1径間鋼製門型ラーメン橋脚で、昭和55年道路橋示方書に準拠して設計された。柱等の主要鋼材はSM490Y材である。当初設計の設計水平震度は0.24である。基礎形式はケーソン基礎で、地盤種別はⅢ種地盤である。

4. 解析モデル

橋脚およびテレビ支柱を図-2(a)に示すようにモデル化した。テレビ支柱および橋脚は、塑性化に伴う長周期化を表現できるよう、材料非線形性を考慮した非線形ファイバー要素でモデル化した。対象構造物の断面諸元に基づき、鋼製橋脚を図-2(b)に示す矩形断面、テレビ支柱を図-2(c)に示す円形断面でモデル化し、テレビ支柱を橋脚天端に設置した。材料構成則は、降伏点を折れ点とする

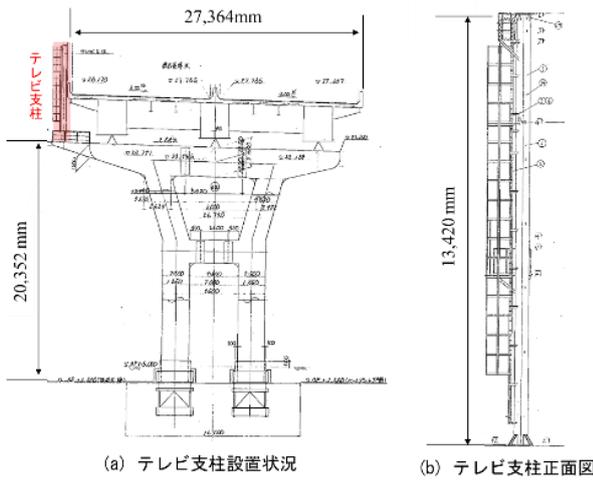


図-1 対象構造物

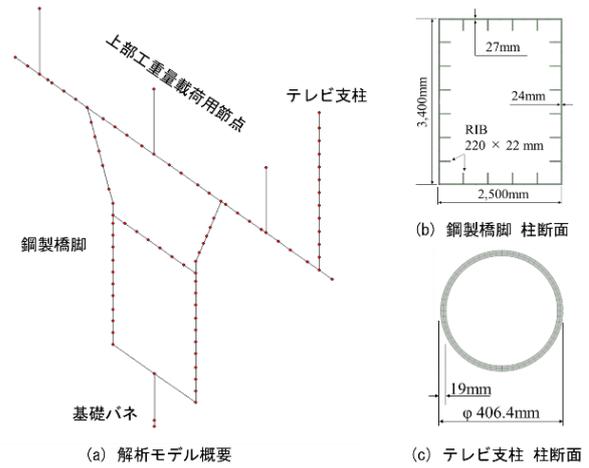


図-2 解析モデル

バイリニアモデルとした。降伏強度は各材質の公称値を用いた。2次勾配は初期弾性係数の1/100とした。テレビ支柱の減衰定数は、一般的に付属構造物の減衰定数は橋梁本体と比べて小さくなることから、0.4%と設定した。橋脚の減衰定数は、1.0%と設定した。基礎は線形ばね要素でモデル化し、ばね定数は道路橋示方書⁵⁾に基づき算出した。解析プログラムは(ScanFEM)¹⁵⁾を用いた。

5. 固有値解析

主要な弾性振動モードを表-1に示す。鋼製橋脚について、橋軸方向では1次モードの変形が卓越し、固有周期は1.02秒であった。橋軸直角方向では3次モードの変形が卓越し、固有周期は0.69秒であった。また、テレビ支柱の変形が卓越する振動モードは、橋軸直角方向では4次モード(固有周期0.62秒)、橋軸方向では5次モード(固有周期0.60秒)であった。橋脚の振動が卓越する固有周期をテレビ支柱の振動が卓越する周期で除した比率を固有周期比と定義すると、橋軸方向の固有周期比は1.70、橋軸直角方向の固有周期比は1.11となる。固有周期比が1.0に近いほど、橋脚とテレビ支柱が共振しやすいと評価する。対象構造物の場合、橋軸方向の固有周期比と比べて橋軸直角方向の固有周期比が大きいので、橋軸直角方向のほうが共振しやすい特性を有する。

表-1 固有値解析

	橋軸方向	橋軸直角方向
橋脚の変形が卓越	【1次モード】 	【3次モード】
	固有周期: 1.02(秒) 固有振動数: 0.98(Hz)	固有周期: 0.69(秒) 固有振動数: 1.45(Hz)
テレビ支柱の変形が卓越	【5次モード】 	【4次モード】
	固有周期: 0.60秒 固有振動数: 1.66(Hz)	固有周期: 0.62秒 固有振動数: 1.61(Hz)
固有周期比 (橋脚/テレビ支柱)	1.70	1.11

eyに達する点、降伏ひずみの2倍に達する点および降伏ひずみの7倍に達する点を併記している。鋼製橋脚およびテレビ支柱の水平荷重は基部に発生する曲げモーメントを慣性力作用位置の高さで除して算出した。水平変位は橋脚またはテレビ支柱天端の水平変位である。さらに、塑性化後の剛性低下を考慮した固有周期を併記した。塑性化後の固有周期 T1 は固有値解析で算出した固有周期 T0 から式(1)で算出した。塑性化に伴い固有周期が長周期化し、基部のひずみが降伏ひずみの2倍を超過すると、その傾向が顕著になることが確認できる。

6. プッシュオーバー解析

テレビ支柱および鋼製橋脚のプッシュオーバー解析の結果を図-3に示す。図には、テレビ支柱および鋼製橋脚の基部近傍の断面で、断面内の最大ひずみが降伏ひずみ

$$T_1 = \sqrt{K_0/K_1} T_0 \quad (1)$$

ここに、K₀:初期剛性、K₁:降伏後の割線剛性とする。

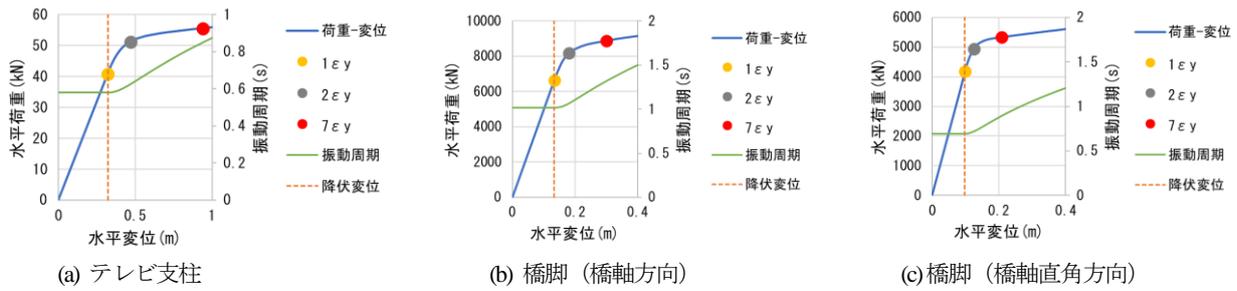


図-3 プッシュオーバー解析

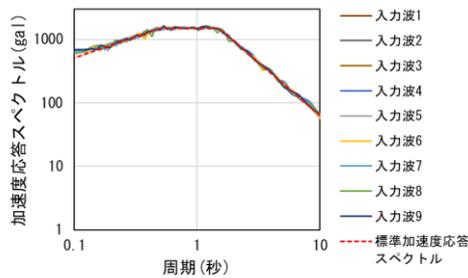


図-4 入力地震動

7. 入力地震動

道路橋示方書^{注5)}に規定されたレベル2地震動（タイプII）III種地盤の標準加速度応答スペクトルに適合する入力波のサンプルとして、これに適合するよう振幅調整した9波を入力波とする。入力波の加速度応答スペクトルを図-4に示す。これらの入力波のSFを1.0と定義し、SFを0.2から2.0まで0.2間隔で漸増させる漸増動的解析を行う。

8. ひずみ塑性率 IDA 曲線

鋼製橋脚のひずみ塑性率に関するIDA曲線を図-5に示す。ひずみ塑性率は、橋脚の基部近傍の断面に着目し、その断面内の最大ひずみを降伏ひずみで除して算出した。橋軸方向に地震動を入力するとき、SFが0.4に到達した時点で、橋脚基部が塑性化した。橋軸直角方向に地震動を入力するとき、SFが0.6に到達した時点で、橋脚基部が塑性化した。

テレビ支柱のひずみ塑性率に関するIDA曲線を図-6に示す。ひずみ塑性率は、テレビ支柱の基部近傍の断面に着目し、その断面内の最大ひずみを降伏ひずみで除して算出した。図には、道路橋示方書に規定されたレベル1地震動III種地盤の標準波に対するテレビ支柱基部のひずみ塑性率を併記している。いずれの入力方向においても、レベル1地震動によるひずみ塑性率が、レベル2地震動によるひずみ塑性率（SF1.0のひずみ塑性率）を上

回る現象は確認されなかった。しかしながら、入力レベルが小さい地震動に対するひずみ塑性率が、入力レベルが大きい地震動に対するひずみ塑性率と比べて大きくなる現象が確認され、その傾向は橋脚の塑性化の程度が大きくなると顕著になった。

テレビ支柱のひずみ塑性率と橋脚固有周期をテレビ支柱固有周期で除した固有周期比の関係を図-7に示す。固有周期比は、水平荷重を等分布で作用させるプッシュオーバー解析と同じ形状でテレビ支柱及び橋脚が変形すると仮定し、プッシュオーバー解析で動的解析によるひずみと同一のひずみが基部に発生したときの割線剛性を用い、式(1)により簡易的に算出したものである。同一のSFに対するひずみ塑性率を比較すると、固有周期比が1.0に近い場合に、ひずみ塑性率が相対的に大きくなる傾向となった。

テレビ支柱のひずみ塑性率を橋脚のひずみ塑性率で除した値をひずみ塑性率比と定義し、ひずみ塑性率比と固有周期比の関係を図-8に示す。ここでは、テレビ支柱のひずみ塑性率が最大となる時刻の橋脚ひずみを降伏ひずみで除した値を橋脚のひずみ塑性率と考える。固有周期比が1.0に近づくほど、ひずみ塑性率比が大きくなる傾向となったため、テレビ支柱と橋脚が共振すると、テレビ支柱の応答が相対的に大きくなると考えられる。そのため、橋脚の長周期化に伴い固有周期比が1.0から離れた値となる場合を中心に、入力地震動の大小関係とひずみ塑性率の大小関係が逆転する現象が発生したと考えられる。

一方で、レベル2地震動より小さい（SF1.0未達）入力に対するひずみ塑性率が、レベル2地震動（SF1.0）によるひずみ塑性率と比べて大きくなる現象はほとんど確認されなかった。SF0.8の入力に対するひずみ塑性率がレベル2地震動によるひずみ塑性率と比べて大きくなる入力波が確認されたが、その程度は1%程度であったため、レベル2地震動に対する耐震設計を検討するとき、入力レベルが小さい地震動に対するひずみ塑性率が、入力レベルが大きい地震動に対するひずみ塑性率と比べて大きくなる現象は、対象構造物と本検討の入力波に対しては、実務設計上無視できる程度であると考えられる。

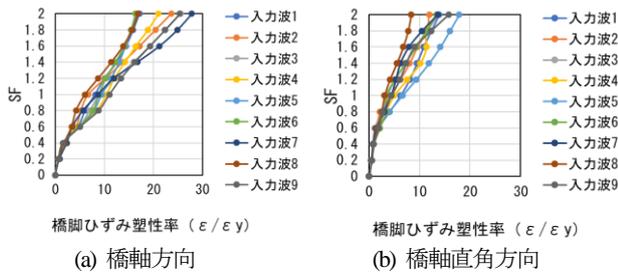


図-5 橋脚基部ひずみ塑性率 IDA 曲線

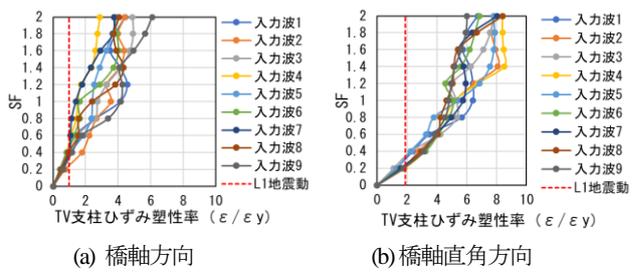


図-6 テレビ支柱基部ひずみ塑性率 IDA 曲線

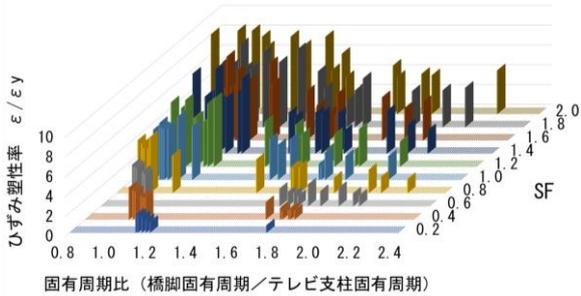
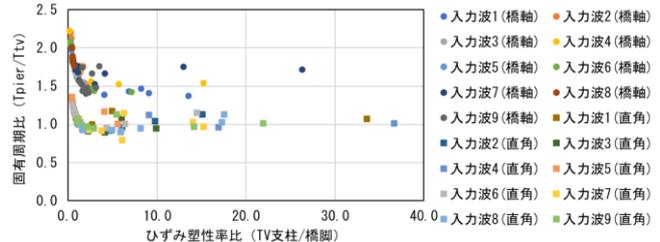


図-7 ひずみ塑性率と固有周期比



※上図に表示したデータのほか、テレビ支柱のひずみ塑性率が最大となる時刻において、橋脚のひずみ塑性率がゼロに近い値となったため、ひずみ塑性率比が40を上回る結果が数例確認された。

図-8 ひずみ塑性率比と固有周期比

9. まとめ

本研究では、地震動の入力レベルが橋梁上に設置された柱状付属構造物の応答に及ぼす影響を、漸増動的解析に基づき評価した。得られた知見を以下に示す。

- 橋梁上に設置された柱状付属構造物の地震時応答は、橋梁と柱状付属構造物の固有周期の値が近い場合に、大きく増幅される。この傾向は地震動の入力レベルに応じて変化するため、柱状付属構造物と橋梁の共振影響を定量的に評価するとき、漸増動的解析を活用することが有用と考えられる。
- 対象構造物と入力波に対して、レベル1地震動に対するテレビ支柱基部のひずみ塑性率が、レベル2地震動に対するそれより大きくなる現象は確認されなかった。
- レベル2地震動を入力する漸増動的解析によると、入力地震動の大小関係とテレビ支柱のひずみ塑性率の大小関係が逆転する現象が確認された。構造物の長周期化に伴い固有周期比が変化し、固有周期比が1.0に近い場合に、柱状付属構造物のひずみ塑性率が相対的に大きくなったと考えられる。

NOTES

- 注1) 阪神高速道路公団『大震災を乗り越えて—震災復旧工事誌—』, 1997.
- 注2) 一般財団法人阪神高速道路管理技術センター『震災から復旧まで [写真集]』, 1997.
- 注3) 阪神高速道路株式会社『設計基準第4部構造物設計基準 (付属構造編)』, 2011.
- 注4) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所『鉄道構造物等設計基準・同解説 耐震設計』, 2012.
- 注5) 公益社団法人日本道路協会『道路橋示方書・同解

説 V 耐震設計編』, 2017.

REFERENCES

- 1) 伊津野和行：道路高架橋付属構造物の地震応答特性に関する基礎的検討，構造工学論文集，Vol. 45A, 1999.3. [Izuno, K.: A study on earthquake response of secondary systems on highway viaducts, *Journal of Structural Engineering A1*, Vol. 45A, 1999.3.]
- 2) 松原拓朗，細井雄介，久保田成是，和田新，藤野陽三，矢部正明：高架橋上に設置される標識柱の地震応答特性とその簡易推定法，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol77, No. 3, 455-474, 2021. [Matsubara, T., Hosoi, Y., Kubota, S., Wada, A., Fujino, Y. and Yabe, M.: Seismic response characteristic and simplified estimation methods of traffic sign structures on elevated highway bridges, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 77, No. 3, 455-474, 2021.]
- 3) 松原拓朗，右高裕二，藤野陽三，田村洋，シリゴリングディオシウス，矢部正明：高架橋上の照明柱のレベル2地震動に対する限界状態と耐震照査法，土木学会論文集，Vol80, No.1, 23-00145, 2024. [Matsubara, T., Mifitaka, Y., Fujino, Y. SIRINGORINGO, D. and Yabe, M.: Limit state and seismic design method for light poles on highway viaducts under level 2 earthquake ground motion, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol80, No. 1, 23-00145, 2024.]
- 4) 田中亀一郎，金田誠，池田隆政，佐藤光治：阪神高速道路3号神戸線の道路照明設備，照明学会誌，Vol. 82, No. 3, 1998.3. [Tanaka, K., Kaneda, M., Ikeda, T. and Sato, K.: Road lighting for Hanshin Highway Kobe Route (R-3) improvement in earthquake proofing and lighting characteristics, *Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan*, Vol82, No. 3, 1998.3.]
- 5) 谷口惺，五十嵐晃：兵庫県南部地震で被災した橋梁上に設置された柱状付属構造物の被災メカニズム，土木学会論文集，Vol80, No. 13, 23-13154, 2024. [Taniguchi, S. and Igarashi, A.: Reproduction analysis of

- columnar attached structures installed on bridges damaged by southern hyogo prefecture earthquake, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol.80, No. 13, 23-13154, 2024.]
- 6) 伊佐政晃, 篠原聖二, 高田佳彦, 松本崇志, 真鍋祐貴子, 光川直宏: 橋梁上に設置した柱状付属構造物の共振影響評価, 第38回土木学会地震工学研究発表会, 2018.1. [Isa, M., Shinohara, M., Takada, Y., Matsumoto, T., Manabe, Y. and Mitsukawa, N.: Resonance effect evaluation of columnar structures installed on bridges, *The 38th JSCE Earthquake Engineering Symposium*, 2018.1.]
 - 7) 宇野津哲哉, 田中将登, 青木康素, 伊佐政晃, 杉山直也, 松本崇志, 奥田貴矢: 橋梁上に設置した柱状付属構造物の耐荷力評価に関する実験的検討, 第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, 2021.1. [Unotsu, T., Tanaka, M., Aoki, Y., Isa, M., Sugiyama, N., Matsumoto, T. and Okuda, T.: Load bearing capacity of columnar structures installed on bridges, *Proceedings of the 23rd Symposium on Bridge Earthquake Engineering*, 2021.1.]
 - 8) 田中将登, 青木康素, 伊佐政晃, 宇野津哲哉, 杉山直也, 松本崇志, 奥田貴矢: 橋梁上に設置した柱状付属構造物の耐荷力評価に関する共振影響検討, 第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, 2021.1. [Tanaka, M., Aoki, Y., Isa, M., Unotsu, T., Sugiyama, N., Matsumoto, T. and Okuda, T.: Resonance effects study on load bearing capacity evaluation of columnar attached structures installed on bridges, *Proceedings of the 23rd Symposium on Bridge Earthquake Engineering*, 2021.1.]
 - 9) 室野剛隆, 加藤尚, 豊岡亮洋: 地震動の入力レベルが高架橋と電車線柱の共振現象に与える影響評価, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 68, No. 4(地震工学論文集第31-b巻), I_418-I_422, 2012. [Murono, Y., Kato, T. and Toyooka, A.: Effect assessment of viaduct and pole resonance for seismic input level, *Journal of Japan Society of Civil Engineers A1*, Vol. 68, No. 4, I_418-I_422, 2012.]
 - 10) 武田篤史, 西村隆義: 橋梁耐震への危機耐性導入に関する一考察, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 75, No.4(地震工学論文集第38巻), I_688-I_700, 2019. [Takeda, A. and Nishimura, T.: A study for introducing the concept "anti-catastrophe" to seismic design of bridge, *Journal of Japan Society of Civil Engineers A1*, Vol. 75, No. 4, I_688-I_700, 2019]
 - 11) 中澤俊幸, 吉敷祥一, 曲哲, 三好新, 和田章: 免震構造物における耐震安全性の確率論的評価に関する基礎検討, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 76, No.662, 745-754, 2011. [Nakazawa, T., Kishiki, S., Zhe, Q., Miyoshi, A. and Wada, A.: Fundamental study on probabilistic evaluation of the ultimate state of base isolated structures, *J. Struct. Constr. Eng., AIJ*, Vol. 76, No. 662, 745-754, 2011.]
 - 12) 党紀, 佐藤拓, 五十嵐晃, 林訓裕, 足立幸郎: ベイズ確率推定と漸増動的解析(IDA)による経年劣化支承(リング沓)の耐震性能評価, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.72, No. 4(地震工学論文集第35巻), I_542-I_554, 2016. [Dang, J., Sato, T., Igarashi, A., Hayashi, K. and Adachi, Y.: Seismic performance estimation for bridges with aging deteriorated rubber bearings(ring shoe) by bayesian probability inference and incremental dynamic analysis, *Journal of Japan Society of Civil Engineers A1*, Vol. 72, No. 4, I_542-I_554, 2016.]
 - 13) 谷口惺, 五十嵐晃, 木田秀人: 漸増動的解析(IDA)に基づく長大橋の耐震性能評価, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.70, No. 4, I_323-333, 2014. [Taniguchi, S., Igarashi, A. and Kida, H.: Seismic performance evaluation of long span bridges based on incremental dynamic analysis, *Journal of Japan Society of Civil Engineers A1*, Vol. 70, No. 4, I_323-I_333, 2014.]
 - 14) 杉山裕樹, 安積恭子, 篠原聖二, 吉澤努, 吉岡勉, 平山博: 4主塔連続斜張橋の構造特性を踏まえた耐震構造計画の検討, 土木学会論文集, Vol. 80, No. 13, 23-13157, 2024. [Sugiyama, H., Azumi, K., Shinohara, M., Yoshizawa, T., Yoshioka, T. and Hirayama, H.: Seismic structure plan based on structural characteristics of 4-pylon multi-span cable-stayed bridge, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol. 80, No. 13, 23-13157, 2024.]
 - 15) SeanFEM: (株)地震工学研究開発センター, <https://www.eerc.co.jp/seanfem/> (2024年7月13日閲覧) [Sean FEM: Earthquake Engineering Research Center Inc, <https://www.eerc.co.jp/seanfem/> (Accessed July 13, 2023)]

RESONANCE EFFECT EVALUATION OF A TV POLE INSTALLED ON A BRIDGE BASED ON INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS

Sei TANIGUCHI and Akira IGARASHI

In evaluating the seismic performance of columnar attached structures installed on bridges, the sensitivity to resonance will differ depending on the amount of plasticity of the bridge. It is concerned that the response to seismic ground motions with low input levels will be greater than the response to seismic ground motions with high input levels. In this study, using a TV pole installed on a bridge pier as an example, it is confirmed whether the size relationship of the input earthquake motion and the size relationship of the response of TV poles is reversed and it is evaluated the degree of the reverse phenomenon based on the incremental dynamic analysis. As a result, it was confirmed that for the target structure and input waves, when the bridge pier becomes significantly plastic and the natural period becomes long, the relationship between the magnitude of the input earthquake motion and the response of the TV pole is reversed.