

論文 角折れ防止装置が架道橋部の応答に与える影響に関する解析的検討

荒木 一徳¹・中田 裕喜²・徳永 宗正³・田所 敏弥²

¹正会員 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail:araki.katsunari.90@rtri.or.jp

²正会員 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)

³正会員 (公財)鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)

ラーメン高架橋からラーメン橋台に変化する架道橋部では、隣接構造物間の振動特性が異なることにより、角折れが生じ、列車走行性の弱点となりやすい。既設構造物においては、角折れ防止装置の設置により、角折れを抑制する工法を適用することが重要となるが、その効果を体系的に把握した事例は少ない。本研究では、実構造物を参考としたラーメン高架橋とラーメン橋台が連続する架道橋部の構造物群に対し、角折れ防止装置の剛性、降伏荷重、設置位置、構造物の諸元をパラメータとした解析により、その効果を検証した。その結果、角折れを抑制する効果は、角折れ防止装置の降伏モーメントが支配的であること、ある程度の降伏モーメント、回転剛性を有していれば、回転剛性の影響は小さいことがわかった。

Key Words : overbridge, angular rotation arrester, vehicle running safety

1. はじめに

地震時における不同変位(目違い、角折れ)は、構造物間の相対変位により発生する¹⁾。この不同変位は、列車走行性の弱点箇所になるため、隣接構造物間の振動性状(等価固有周期、降伏震度など)の差が大きくなるように設計することが重要である。

図-1に、道路と交差する箇所が多く用いられている架道橋部の例を示す。図におけるラーメン橋台においては、隣接するラーメン高架橋と構造形式が異なり、また道路上の桁と調整桁の重量が大きく相違することから、隣接構造物と振動性状が一致しないことが多く、応答変位の位相差に伴う角折れが発生しやすい。このような架道橋部に対し、既設構造物を対象とした場合、構造物の挙動の観点からは、ダンパー・ブレース等を用いた隣接する構造物の振動性状の調整²⁾、あるいは不同変位を物理的に抑制する装置の設置等が必要となる。ダンパー・ブレースについては、その効果は実験および数値解析等により検証され^{3,4)}、実用化もなされている⁵⁾。ただし、ダンパー・ブレースを設置するためには、設置する空間が確保される必要がある。

不同変位を物理的に抑制する装置について、目違いに対しては国鉄時代より検討や実用化がなされており、走行性に対する検証⁶⁾も行われている。角折れに対しては、図-2に示すような片持ちスラブに設置する角折れ防止装置が開発され、その効果を実験および解析により検証⁷⁾されているが、その効果や適用可能な構造物が限定的で

一般には用いられていない。また、ラーメン高架橋を対象としたものであり、角折れ防止装置の諸元や設置位置は、ある限定したものに対してのみ検討されている。

本研究では、列車走行性の弱点となる架道橋部を対象に、角折れ防止装置の効果を解析的に検証することを目的とする。検証においては、角折れ防止装置の剛性や降伏荷重、設置位置、構造物の諸元をパラメータとして解

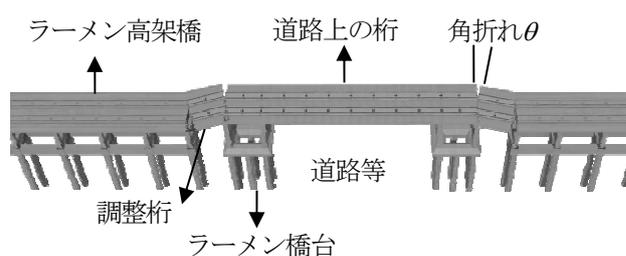


図-1 架道橋部の例

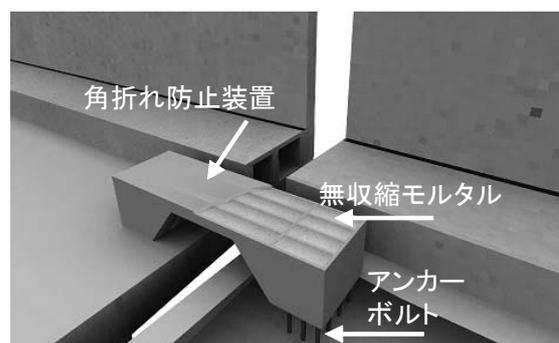


図-2 既往の角折れ防止装置

析を行い、その効果を体系的に把握することとした。

なお、角折れ防止装置の具体は別途、検討しているが、**図-3**に示すように、H形鋼の主梁や片持ちスラブへの設置を想定した。すなわち、解析において、角折れ防止装置はH形鋼の剛性や降伏耐力を参考にして設定するとともに、橋軸直角方向の設置位置もパラメータにした。

2. 解析概要

(1) 対象構造物

対象は、**図-1**に示したように、ラーメン橋台および道路上の桁で構成される架道橋とした。道路上の桁は、ここではPC桁を想定している。この架道橋において、列車走行性の弱点となり得る架道橋部前後の角折れに着目した。

また、着目箇所から2基程度以上ラーメン高架橋をモデル化すると、構造物群における着目箇所の応答を精度よく評価できることが既往の研究⁸⁾より確認されている。そのため、PC桁を支持するラーメン橋台の前後2基ずつのラーメン高架橋および接続する調整桁も考慮し、3径間のラーメン高架橋4基、ラーメン橋台2基、PC桁1連、調整桁および帽子桁6連で構成される架道橋部の代表的な構造物群を解析対象範囲とした。

(2) 解析モデル

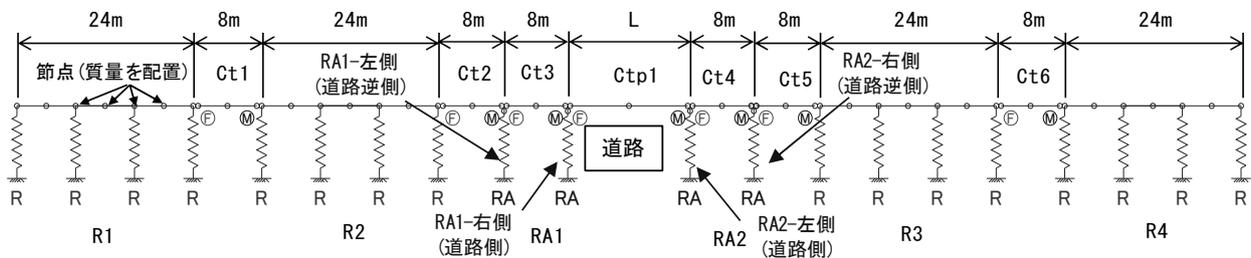
図-4に、解析対象とする架道橋部を有する構造物群の解析モデルを示す。解析対象の構造物群は、梁要素、ばね要素、質点を用いてモデル化した。橋軸直角方向のラーメン高架橋およびラーメン橋台の荷重変位関係は、1自由度の非線形水平ばねで表すこととした。角折れ防止装置は、**図-3**のような設置を想定して、橋軸方向のみに自由度を有する非線形水平ばねでモデル化した。また、PC桁、調整桁、およびラーメン高架橋、ラーメン橋台の梁は、剛な梁要素でモデル化した。ラーメン橋台の帽子桁は上層梁と一体とした。また、ラーメン高架橋上層を6分割、ラーメン橋台、PC桁および調整桁を2分割するよう節点を設け、質量を配置した。対象構造物の両端部の調整桁はモデル化せず、調整桁全重量の1/2を支持するラーメン高架橋の端部に質量として考慮した。

図-5および**表-1**に、桁とラーメン高架橋およびラーメン橋台のモデル化の方法を示す。既設構造物を対象とするため、ここでは地震時にストッパーが破壊することを



(a) 片持ちスラブに設置 (b) 主梁に設置

図-3 想定する角折れ防止装置



Ct:RC桁, Ctp:PC桁, R:ラーメン高架橋, RA:ラーメン橋台, F:固定支承, M:可動支承, L:架道橋の橋長で40m

図-4 架道橋部を有する構造物群の解析モデル

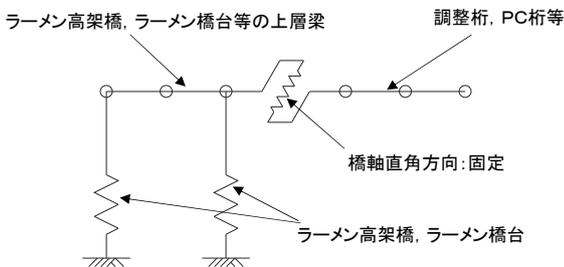


図-5 桁とラーメン高架橋, ラーメン橋台のモデル化

表-1 桁とラーメン高架橋, ラーメン橋台の接続条件

	鉛直方向	橋軸方向	橋軸直角方向	回転方向
固定支承	固定	自由	固定	自由
可動支承	固定	自由	固定	自由

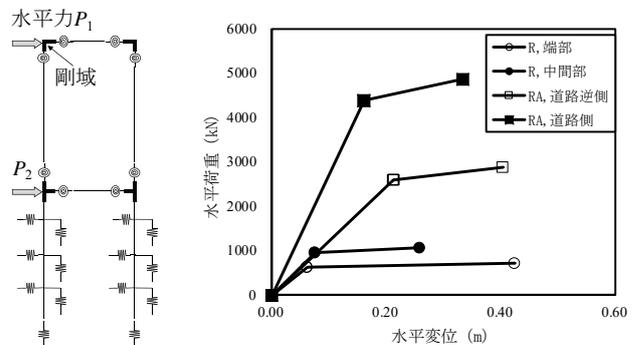


図-6 ラーメン高架橋, ラーメン橋台の骨格曲線の設定方法

想定し、橋軸方向は自由とし、角折れ発生時には支承部の中心で回転するものとした。ただし、橋軸直角方向は固定とし、移動制限工等が設置されていることを前提とした。

図-6に、ラーメン高架橋およびラーメン橋台の橋軸直角方向の骨格曲線の設定方法を示す。高さ10mのラーメン高架橋およびラーメン橋台の柱および基礎、地盤を非線形モデルとした全体系に対するプッシュ・オーバー解析を行い、得られた荷重変位関係と、図-4の上層に配置した質量を用いて、等価固有周期、降伏震度が合うように骨格曲線を定めた。ただし、解析の簡便化のため、図中の第二折れ点（プッシュ・オーバー解析時の最大荷重点）以降の負勾配は考慮せず、初期剛性の0.001倍の剛性とした。履歴法則は、鉄道構造物等設計標準・同解説⁹⁾（以下、耐震標準）に示された、JR総研剛性低減RC型とし、減衰定数は5%とした。

図-7および図-8に、角折れ防止装置のモデル化および角折れ防止装置の接続方法を示す。角折れ防止装置は全ての構造物境界に設置し、隣接構造物の左右両側の桁同士を接続する構造として非線形水平ばねでモデル化した。角折れ防止装置本体は、固定支承側・可動支承側ともにH形鋼等の鋼材を用いることを想定し、骨格曲線はバイリニアとした。なお、第一折れ点以降は初期剛性の0.001倍とし、粘性減衰は考慮しないこととした。履歴法則は、固定支承上の角折れ防止装置は標準型とした。一方、可動支承上の角折れ防止装置は、常時の温度変化に伴う桁伸縮を拘束しないように遊間を設けることを想定し、スリップ型とした。なお、角折れ防止装置の遊間は、調整桁、帽子桁の場合10mm、40mのPC桁の場合30mmと仮定した。また、実挙動を考えると角折れの発生による桁端相互の衝突や、レール等の軌道部材による拘束効果等が発生すると考えられるが、本研究では角折れ防止工による応答の相対的な低減効果に着目することから、モデル化は省略した。

図-9に入力地震波を示す。本研究では、筆者らが別途研究している走行性解析の結果や、補強のために想定した地震動規模を踏まえて、耐震標準に示されるL2地震動スペクトルI（G4地盤）の最大加速度を528galから400galに振幅調整したものを採用することとした。なお、入力方向は、角折れが顕著となる橋軸直角方向とした。

3. 角折れ防止装置の抑制効果の検証

(1) 角折れ防止装置の設置位置および諸元の影響

a) 解析ケース

角折れ防止装置の橋軸直角方向における設置位置およびその諸元をパラメータとして地震応答解析を行い、角

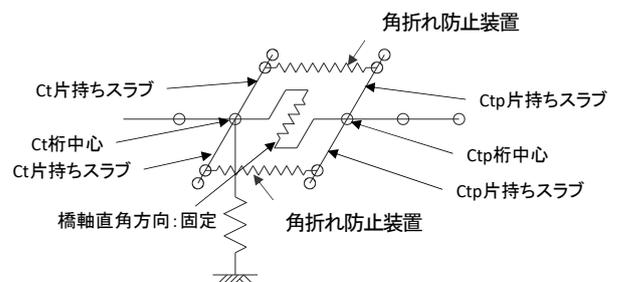


図-7 角折れ防止装置のモデル化および接続方法

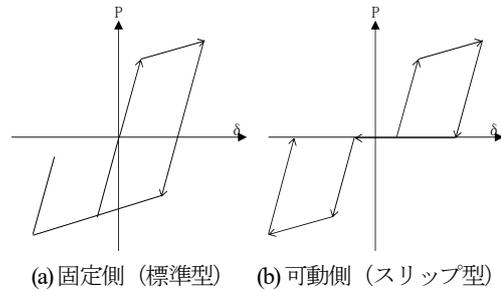


図-8 角折れ防止装置の履歴法則

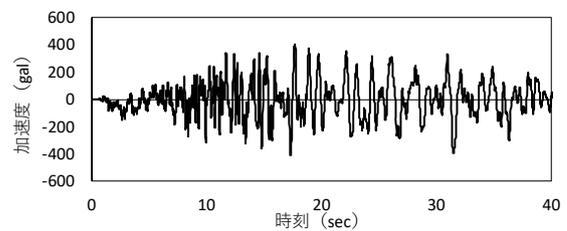


図-9 入力地震波 (L2スペクトルI G4地盤用)

表-2 解析ケース

Case	角折れ防止装置のモデル化					
	設置位置 L* (m)	水平方向			回転方向	
		剛性 K (kN/m)	降伏荷重 P _y (kN)	降伏変位 δ (mm)	剛性 K _r (×10 ⁶ kN・m/rad)	降伏 モーメントM _y (kN・m)
0	-	-	-	-	-	-
1-1	4.5	50,000	100	2.0	20	900
1-2	4.5	50,000	400	8.0	20	3,600
1-3	4.5	50,000	2,000	40.0	20	18,000
1-4	4.5	10,000	20	2.0	4	180
1-5	4.5	20,000	40	2.0	8	360
1-6	4.5	100,000	200	2.0	41	1,800
1-7	4.5	10,000	2,000	200.0	4	18,000
1-8	4.5	20,000	2,000	100.0	8	18,000
2-1	4.0	50,000	100	2.0	16	800
2-2	4.0	50,000	400	8.0	16	3,200
2-3	4.0	50,000	2,000	40.0	16	16,000
3-1	3.5	50,000	100	2.0	12	700
3-2	3.5	50,000	400	8.0	12	2,800
3-3	3.5	50,000	2,000	40.0	12	14,000
3-4	3.5	82,653	2,571	31.1	20	18,000
3-5	3.5	65,306	2,286	35.0	16	16,000

※：設置位置は、中心からの距離を示す。

折れ防止装置の橋軸直角方向の設置位置が角折れに与える影響を検証した。

表-2に解析ケースを示す。設置位置により、Case1, Case2, Case3で区分し、設置位置は想定した桁でのケーブルダクト付近、主桁側面付近、これらの中間点とし、構造物中心からそれぞれ4.5m, 4.0m, 3.5mの位置とした。また、角折れ防止装置の降伏荷重P_yおよび剛性Kは、既

往の角折れ防止装置の諸元⁷⁾や、図-3に示すようなH形鋼の設置を参考に設定した。なお、H-100×100 (SS400) で、長さを1mとした場合、降伏荷重 P_y は525kN、剛性 K は431800kN/mである。なお、剛性 K 、降伏荷重 P_y 、設置位置 L を用いて、式(1)、(2)に従って算定した、角折れの発生に伴って生じる、左右両側の角折れ防止装置による回転に対する剛性 K_r (以下、回転剛性) と、降伏モーメント M_y も併せて示している。

$$K=2K \times L^2 \quad (1)$$

$$M_y=2P_y \times L \quad (2)$$

また、Case0は角折れ防止装置を設置しない補強前の状態を示す。

b) 角折れ防止装置の荷重 - 変位関係

図-10、図-11に、図-4で示した解析モデルにおけるラーメン橋台の左右それぞれの構造物境界での角折れ防止装置の荷重-変位関係の応答の例を示す。図-10、図-11は、角折れ防止装置の降伏荷重 P_y のみ異なる場合の比較であるが、角折れ防止装置の降伏荷重 P_y が大きくなるほど最大応答変位は抑制され、CASE1-3の場合は降伏しない結果となった。これは、降伏荷重 P_y が大きくなるほど角折れも小さくなることを意味しており、角折れ防止装置の降伏荷重 P_y は角折れに及ぼす影響が大きいといえる。

c) 角折れの抑制効果

図-12に、角折れの応答値と回転剛性 K_r の関係を示す。角折れ防止装置の降伏荷重 $P_y=100\text{kN}$ 、 200kN では、すべてのケースで降伏しており、 K_r が大きくなるに従い、角折れが線形的に抑制され、降伏荷重が大きくなるに従い、 K_r の増加に対する角折れの抑制効果は大きくなる傾向にある。また、 $P_y=2000\text{kN}$ では、降伏荷重が十分高いため、すべてのケースで降伏しておらず、 K_r が大きくなると、角折れは K_r にほとんど依存しなくなる。すなわち、ある程度の角折れ防止装置の降伏荷重 P_y 、回転剛性 K_r を有していると、剛性の影響は小さいことがわかった。なお、いずれのケースにおいても、ラーメン橋台およびラーメン高架橋の応答変位は全て降伏変位に達したことを別途確認している。

図-13に、角折れの最大応答値と降伏モーメント M_y の関係を示す。また、表-3に、角折れ防止装置の降伏の有無および角折れの最大応答値の一覧を示す。いずれの箇所も、 M_y が3600kN・m以下の領域では、 M_y が増加するに従い、角折れが抑制できていることを確認できる。これは、3.(1) c)に示した角折れ防止装置の応答と同様な傾向である。一方、 M_y が14000kN・m以上になると、 M_y が増加しても、角折れはほとんど変化しない。これは、表-3に示したように、 M_y が14000kN・m以上では角折れ防止装置が降伏しなくなることで、また回転剛性 K_r の影響も小

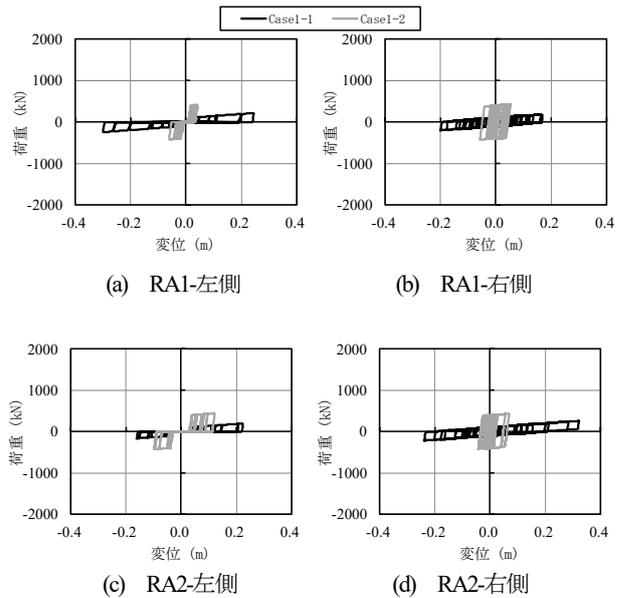


図-10 荷重-変位関係 (Case1-1, Case1-2)

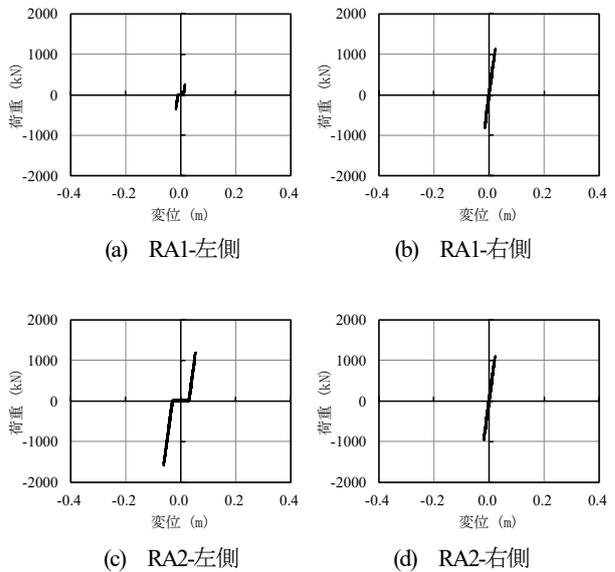


図-11 荷重-変位関係 (Case1-3)

表-3 角折れ防止装置の降伏および角折れの最大応答値

Case	角折れ防止装置のモデル化		角折れ防止装置の降伏/角折れ (mrad)			
	剛性 K_r ($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m} / \text{rad}$)	降伏モーメント M_y (kN・m)	RA1		RA2	
			左側	右側	左側	右側
0	-	-	- / 88	- / 56	- / 56	- / 88
1-1	20	900	降伏 / 67	降伏 / 44	降伏 / 50	降伏 / 72
1-2	20	3,600	降伏 / 14	降伏 / 13	降伏 / 27	降伏 / 15
1-3	20	18,000	非降伏 / 4	非降伏 / 5	非降伏 / 14	非降伏 / 5
1-4	4	180	降伏 / 91	降伏 / 57	降伏 / 57	降伏 / 89
1-5	8	360	降伏 / 89	降伏 / 56	降伏 / 54	降伏 / 83
1-6	41	1,800	降伏 / 35	降伏 / 31	降伏 / 41	降伏 / 46
1-7	4	18,000	非降伏 / 20	非降伏 / 15	非降伏 / 15	非降伏 / 23
1-8	8	18,000	非降伏 / 10	非降伏 / 7	非降伏 / 10	非降伏 / 18
2-1	16	800	降伏 / 74	降伏 / 48	降伏 / 52	降伏 / 76
2-2	16	3,200	降伏 / 21	降伏 / 18	降伏 / 29	降伏 / 22
2-3	16	16,000	非降伏 / 4	非降伏 / 6	非降伏 / 15	非降伏 / 6
3-1	12	700	降伏 / 84	降伏 / 52	降伏 / 53	降伏 / 80
3-2	12	2,800	降伏 / 25	降伏 / 23	降伏 / 32	降伏 / 32
3-3	12	14,000	非降伏 / 5	非降伏 / 7	非降伏 / 17	非降伏 / 8
3-4	20	18,000	非降伏 / 4	非降伏 / 5	非降伏 / 15	非降伏 / 5
3-5	16	16,000	非降伏 / 5	非降伏 / 6	非降伏 / 16	非降伏 / 7

さいためである。また、設置位置が異なるが、回転剛性 K_r と降伏モーメント M_y が同じであるCASE1-3とCASE3-4、およびCASE2-3とCASE3-5では、角折れが同程度となった。

角折れの発生箇所で比較すると、補強前あるいは M_y が小さい場合、ラーメン橋台の道路側 (RA1-右側およびRA2-左側) よりも、道路逆側 (RA1-左側およびRA2-右側) の角折れが大きい傾向にある。これは、ラーメン橋台にかかるPC桁と調整桁の重量差等に起因する道路側と道路逆側の等価固有周期や降伏震度の違いや、調整桁のスペンが小さいことによるものと思われる。 M_y がある程度大きい場合、RA2の左側の角折れ抑制効果は、他の箇所よりも小さい。当該箇所は、PC桁の可動支承上部の構造物境界であり、角折れ防止装置は遊間を30mm確保していることが要因で、他の箇所よりも抑制効果が小さいと考えられる。なお、RA1の左側も可動支承上部の構造物境界であるが、遊間が10mmとそれほど大きくないため、固定支承上部の構造物境界と概ね同等な角折れの抑制効果になったものと想定される。

なお、本検討では、全ての構造物境界に角折れ防止装置を設置したが、可動支承上部の構造物境界に設置しない場合、角折れ抑制効果はやや小さくなるものの、ある程度確保できることを別途確認している。

以上より、角折れを抑制する効果は、角折れ防止装置の降伏モーメントが支配的であること、今回想定した条件では、降伏モーメントは約14000kN・m以上、回転剛性は1200000kN・m/rad以上を有していれば、回転剛性の影響は小さいことがわかった。また、角折れを抑制する効果は、橋軸直角方向の設置位置が変化しても、回転剛性がある程度確保でき、かつ降伏モーメントが一定であれば、角折れの抑制効果は同程度になると考えられる。このことは、角折れ防止装置の設置位置や諸元を選定する上で活用できる指標になる。

(2) ラーメン橋台の諸元の影響

a) 解析ケース

3.(1)では、ラーメン橋台の諸元を固定して検討を行った。ここでは、ラーメン橋台の諸元をパラメータとして解析を行い、角折れ防止装置の効果を検証する。なお、ラーメン高架橋については、標準設計が適用されている既設構造物を対象とした場合、諸元の変化が小さいため、ラーメン高架橋の諸元の違いが角折れ防止装置の効果に及ぼす影響は、ラーメン橋台の諸元の違いの場合と比較して小さいことを別途確認している。

表4に、解析で用いるラーメン橋台の諸元を示す。

3.(1)で用いた40mのPC桁を支持する高さ10mのラーメンで橋台を基本ケースとし、ラーメン橋台の第1剛性をパラメータとして設定した。第1剛性と第2剛性の比率、第

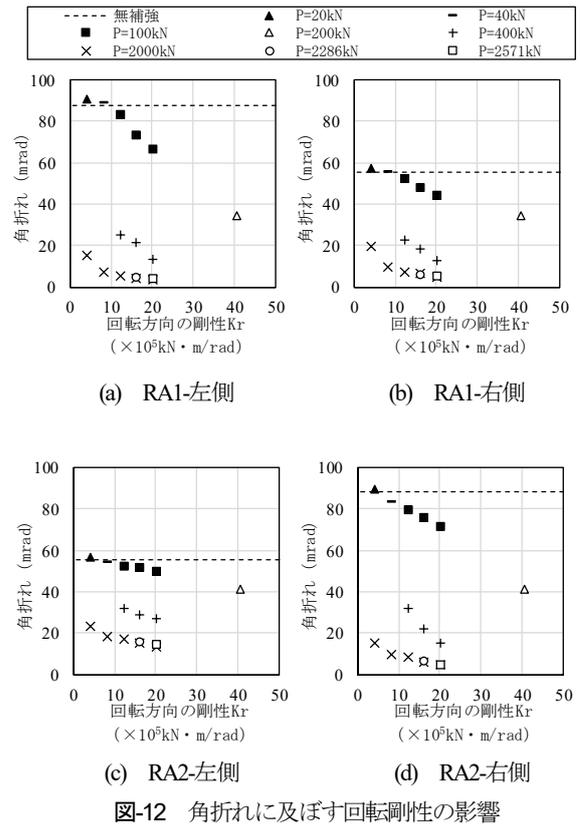


図-12 角折れに及ぼす回転剛性の影響

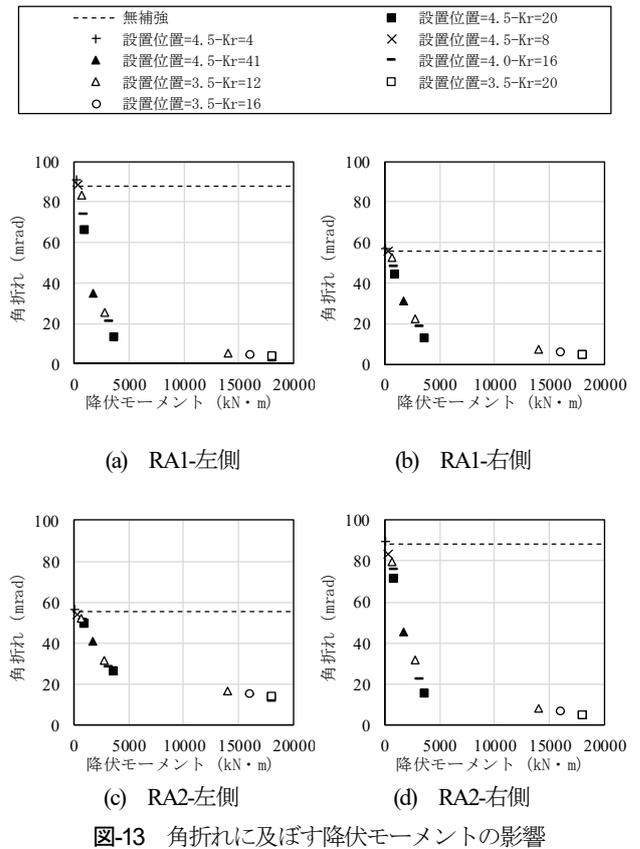


図-13 角折れに及ぼす降伏モーメントの影響

1折れ点と第2折れ点、標準的なラーメン橋台を想定し設定した。なお、表中における基本ケースとの剛性比率とは、基本ケースの第1剛性に対する、道路側柱構面お

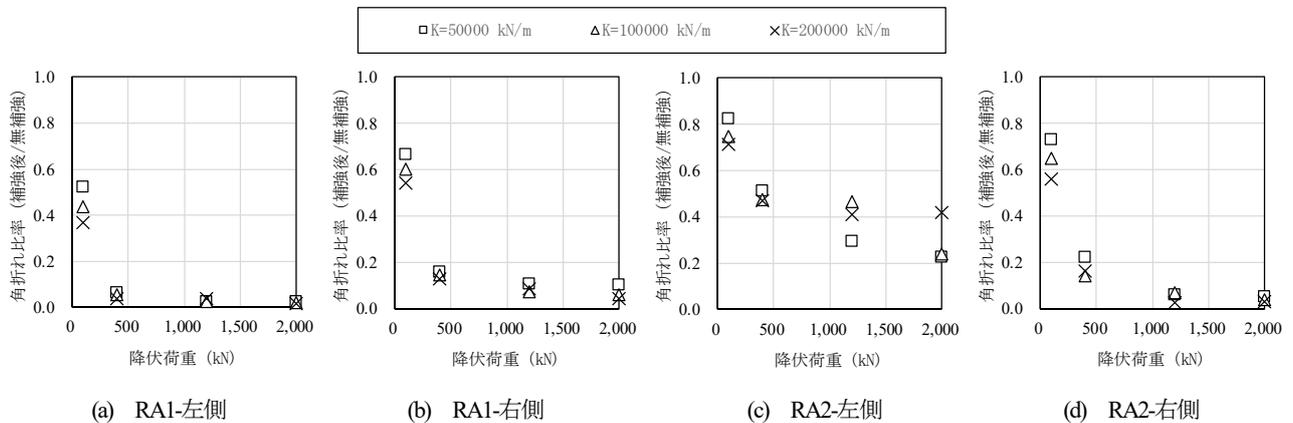
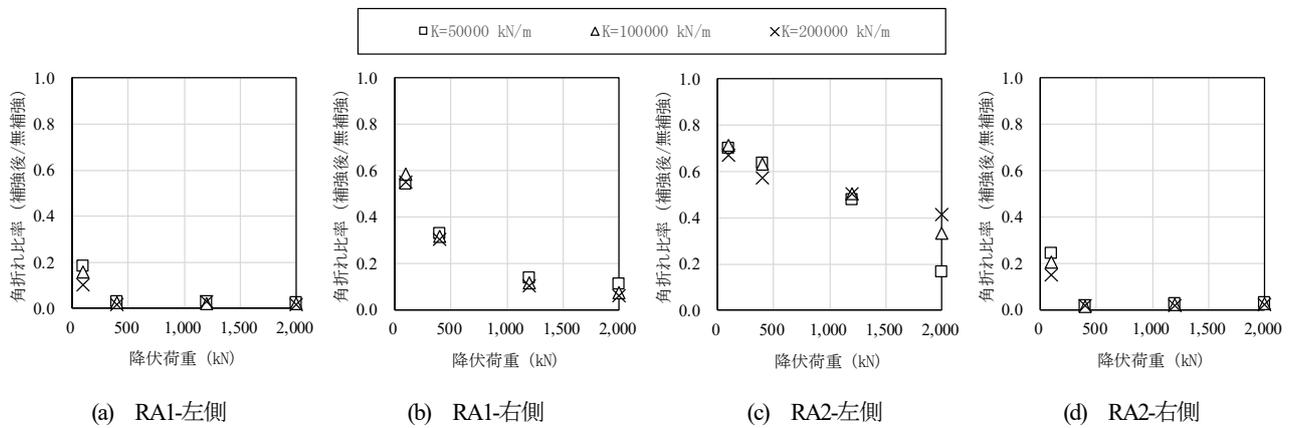
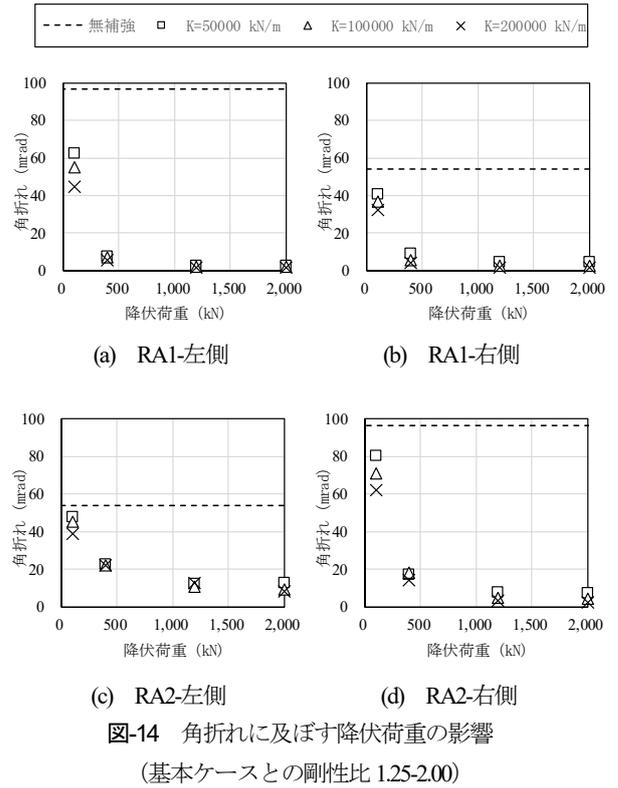
表4 ラーメン橋台の諸元

基本ケースとの剛性比率 (道路側) (道路逆側)	道路側				道路逆側					
	第1剛性 (kN/m)	水平荷重 (kN)		水平変位 (mm)		第1剛性 (kN/m)	水平荷重 (kN)		水平変位 (mm)	
		第1折れ点	第2折れ点	第1折れ点	第2折れ点		第1折れ点	第2折れ点	第1折れ点	第2折れ点
0.25-0.25	6811	4386	4874	644	1336	3036	2587	2875	852	1612
0.75-0.75	20432	4386	4874	215	445	9109	2587	2875	284	537
1.00-1.00 (基本ケース)	27242	4386	4874	161	334	12146	2587	2875	213	403
1.25-2.00	34053	4386	4874	129	267	24291	2587	2875	107	202

表5 角折れ防止装置諸元

(a) 50000kN/m			(b) 100000kN/m		
水平剛性 (kN/m)	水平荷重 (kN)	水平変位 (mm)	水平剛性 (kN/m)	水平荷重 (kN)	水平変位 (mm)
50,000	100	2	100,000	100	1
50,000	400	8	100,000	400	4
50,000	1,200	24	100,000	1,200	12
50,000	2,000	40	100,000	2,000	20

(c) 200000kN/m		
水平剛性 (kN/m)	水平荷重 (kN)	水平変位 (mm)
200,000	100	1
200,000	400	2
200,000	1,200	6
200,000	2,000	10



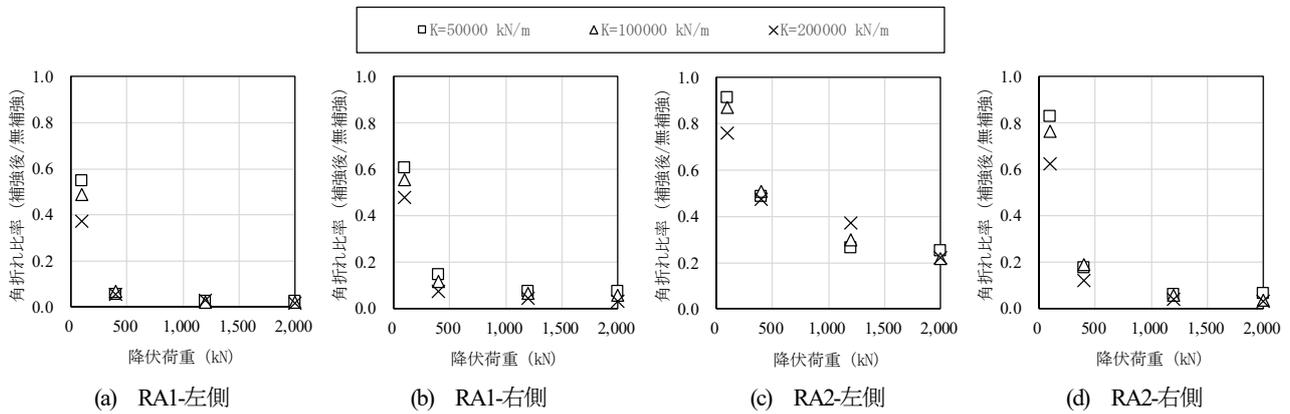


図-17 角折れ抑制効果 (基本ケース)

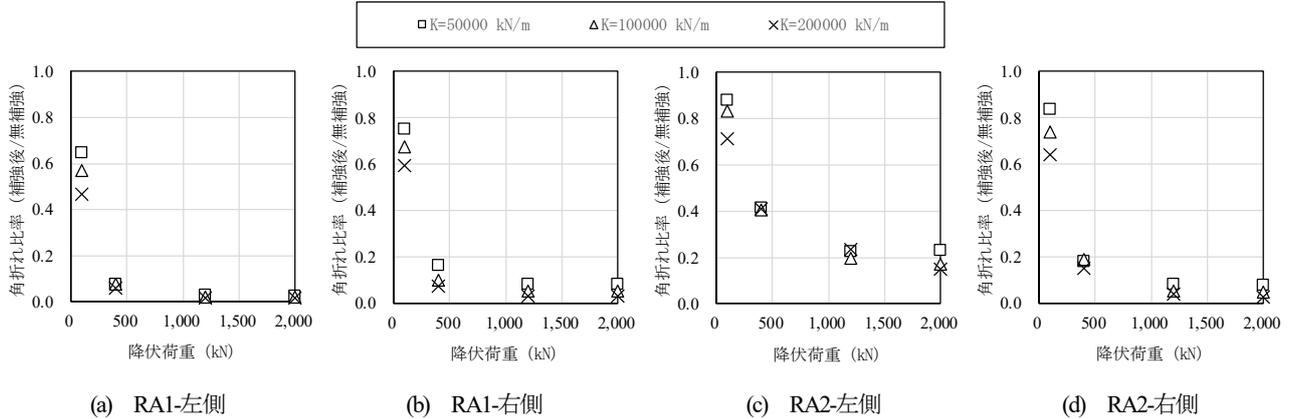


図-18 角折れ抑制効果 (基本ケースとの剛性比 1.25-2.00)

よび道路逆側柱構面それぞれの第1剛性の比率 (以下、剛性比) を意味している。

表-5に、解析で用いる角折れ防止装置の諸元を示す。角折れ防止装置の降伏荷重 P_y および剛性 K は、既往の角折れ防止装置の諸元 7 や、図-3に示すようなH形鋼の設置を参考に、値の範囲を設定した。なお、角折れ防止装置の橋軸直角方向の設置位置は構造物中心から4.5mの位置とし、本章に記載のない諸元は3.(1)と同様としている。

b) 角折れの抑制効果

図-14に、道路側柱構面および道路逆側柱構面の剛性比がそれぞれ 1.25, 2.00 における角折れの最大応答値の例を示す。3.(1)と同様に、すべてのケースで RA2-左側は角折れ防止装置設置による角折れ抑制効果が小さく、角折れを抑制する効果は、角折れ防止装置の降伏モーメント M_y が支配的であることがわかる。他のケースにおいても、ラーメン橋台の第1剛性が変化することで、角折れの絶対値は変化するが、角折れの抑制効果の傾向は同様であった。

図-15～図-18に、補強前の場合の角折れに対する、各ケースの角折れの比 (角折れ抑制効果) を示す。ラーメン橋台の諸元に応じて角折れ抑制効果は多少変動するものの、角折れ防止装置の降伏荷重が400kN以上になると、RA2-左側以外では60～80%程度、RA2-左側においては40～60%程度角折れを抑制できる。なお、この降伏荷重

400kNは、H-100×100 (SS400) の降伏荷重525kNよりも小さいことから、比較的小規模の装置で角折れを抑制することが可能となる。

4. まとめ

実構造物を参考としたラーメン高架橋とラーメン橋台が連続する架道橋部の構造物群に対し、角折れ防止装置の剛性、降伏荷重、設置位置、構造物の諸元をパラメータとした解析により、その効果を検証した。本研究で得られた知見は、以下のとおりである。

- 1) 角折れを抑制する効果は、角折れ防止装置の降伏モーメントが支配的であること、今回想定した条件では、降伏モーメントは約14000kN・m、回転剛性は1200000kN・m/rad以上を有していれば、回転剛性の影響は小さいことがわかった。
- 2) 可動支承上部の構造物境界において、角折れ防止装置に温度変化等に対応する遊間を設けると、遊間が大きくなるほど角折れの抑制効果は小さくなる。
- 3) 角折れの効果は、橋軸直角方向の設置位置が変化しても、回転剛性がある程度確保でき、かつ降伏モーメントが一定であれば、角折れの抑制効果は同程度になることがわかった。このことは、角折れ防止装置

の設置位置や諸元を選定する上で活用できる指標になる。

- 4) 本検討で対象とした構造物群に対しては、角折れ防止装置の降伏荷重が400kN程度以上で、補強前と比較して角折れを40%~80%程度以上抑制できる。

なお、本研究では、桁の衝突を考慮しておらず、桁の衝突については、今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 国土交通省監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（変位制限），丸善，2006.
- 2) 徳永宗正，田中浩一，渡辺勉，谷村幸裕，神田政幸，曾我部正道：ダンパーブレースとシートパイル基礎を用いた鉄道高架橋の耐震性能向上策に関する検討，第18回交通・物流部門大会（TRANSLOG2009）鉄道技術連合シンポジウム（J-Rail）講演論文集，pp.537-540.，2009.
- 3) 松本信之，曾我部正道，岡野素之，涌井一，大内一：鋼製ダンパーブレースを用いた鉄道高架橋の振動性状改善に関する研究，構造工学論文集，Vol.46A，pp.547-pp.554，2000.3.
- 4) 吉田幸司，喜多直之，岡野素之，関雅樹：圧縮型鋼製ダンパー・ブレースによるRCラーメン高架橋の補強効果に関する振動台実験及び解析，構造工学論文集，Vol.51A，pp.839-pp.846，2005.3.
- 5) 喜多直之，吉田幸司，岡野素之，関雅樹：鉄道RCラーメン高架橋を対象とした圧縮型ダンパーブレース工法の実用化，土木学会論文集F，Vol.63，No.3，pp.277-pp.286，2007.3.
- 6) 吉田幸司，阿知波秀彦，関雅樹，曾我部正道：目違い防止対策による鉄道高架橋の列車走行性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.3，pp.919-pp.924，2008.
- 7) 丸山直樹，曾我部正道，谷村幸裕，原田和洋，黒岩俊之，笠倉亮太：鉄道高架橋用角折れ防止装置の性能評価，鉄道力学論文集，pp.162-pp.169，2009.
- 8) 徳永宗正，曾我部正道，谷村幸裕，小野潔：常時微動測定に基づく鉄道高架橋の等価固有周期の推定手法，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol.71，No.1，pp.72-pp.86，2015.
- 9) 国土交通省監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），丸善，2012.

(2020.4.3 受付)

REDUCION EFFECT OF SEISMIC RESPONSE OF OVERBRIDGE USING ANGULAR ROTATION ARRESTER

Katsunari ARAKI, Yuki NAKATA, Munemasa TOKUNAGA and Toshiya TADOKORO

The overbridges which consist of bridge abutments and rigid frame viaducts easily become weak point in terms of vehicle running safety during earthquakes since significant angular rotations occur due to their vibration characteristic difference. The running safety can be effectively improved by reducing angular rotations; However, the effects of the prevention device have not been studied. This paper studied the angular rotation arrester which are installed to connect the end of adjacent structures and numerical analysis clarified that the yield strength of the arrester was dominant factor for the reduction effect of the angular rotations.