

長大ゲルバートラス橋の耐震補強における履歴型ダンパー最適配置検討とその効果

阪神高速道路公団 正会員 金治 英貞
 (株)建設技術研究所 正会員 鈴木 直人
 (株)建設技術研究所 正会員 美濃 智広

1. はじめに

橋長 980m（中央径間 510m）のゲルバートラス橋の耐震補強に際して、損傷制御設計を適用し、主構トラス部材をできるだけ弾性範囲に抑制する構造系を検討した。損傷制御部材である履歴型ダンパーは、損傷部材を明確化するとともに構造全体系の応答を低減することを目的とするために、最適配置、構造諸元の検討が不可欠である。ここでは、最適配置とその効果をひずみエネルギーの観点から検討した。

2. 橋梁全体系の変形とひずみエネルギー

代表的な橋軸直角方向振動モードを図1に示す。対象橋の橋軸直角方向の耐震性において、許容値との比較から重要となるのは、このうち2次モードである。表1は部材別のひずみエネルギー比率を示しており、2次モードにおいては定着部の下横構および主塔対傾構の値が大きい。

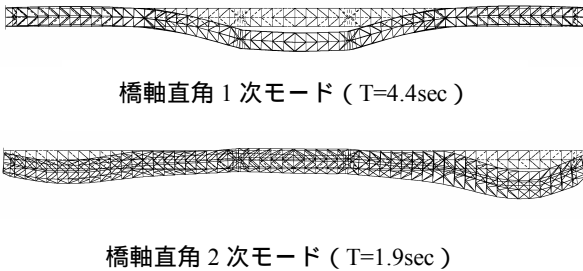


図1 現橋固有振動形と周期

3. 履歴型ダンパー配置検討

今回、履歴型ダンパーとして軸降伏型ダンパーを設置することを想定し、設置候補箇所はひずみエネルギー比率から判断して、図2に示すように下横構の端部(part 1), 主塔付近(part 11)および主塔対傾構(part 14)とした。しかし、part 1についてはこれ

表1 部材ひずみエネルギー比率

部材別ひずみエネルギー比率(%)			
部材		直角1次	直角2次
吊桁部	上横構	0.56	0.02
	上下弦材	2.20	2.29
	鉛直材	0.01	0.01
	斜材	0.05	0.01
	下横構	0.73	0.01
	横支材	0.31	0.02
径間部	上横構	2.25	0.32
	上下弦材	33.83	1.14
	鉛直材	1.05	1.13
	斜材	0.36	0.34
	下横構	12.82	0.07
	横桁	0.04	0.00
	横支材	2.30	0.04
主塔	対傾構	2.15	0.24
	鉛直材	0.37	16.06
	横桁	0.17	2.08
	横支材	0.22	0.68
	基礎	5.19	1.83
定着部	上横構	0.45	5.25
	上下弦材	17.51	21.50
	鉛直材	2.06	6.26
	斜材	0.63	1.38
	下横構	0.82	8.09
	横桁	0.88	2.67
	横支材	1.10	3.16
	対傾構	0.39	1.85

までの検討において効果が少ないことが解ったため、今回の最適化検討対象からは除外した。なお、下横構の主塔隣接斜材、主塔対傾構の下端斜材については、常時で各々約1200tf、900tfの軸力が作用しており部材取替が不可能であると判断した。

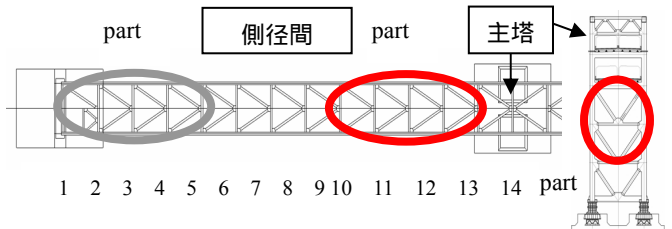


図2 履歴型ダンパーの最適配置検討

キーワード：損傷制御設計，長大橋，耐震補強，履歴型ダンパー，高減衰
 連絡先（〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3，TEL06-6252-8121，FAX06-6252-4583）

3. 主構弦材のひずみエネルギー変化

図3および図4は各々part および part に対する弦材部材毎のひずみエネルギー変化である。Part にダンパーを配置した場合、上弦材においてはほとんど変化が見られないが、下弦材においては主塔部付近で大きく減少していることがわかる。一方、part にダンパーを配置した場合、上弦材の側径間部において大きく部材ひずみエネルギーが減少していることがわかる。

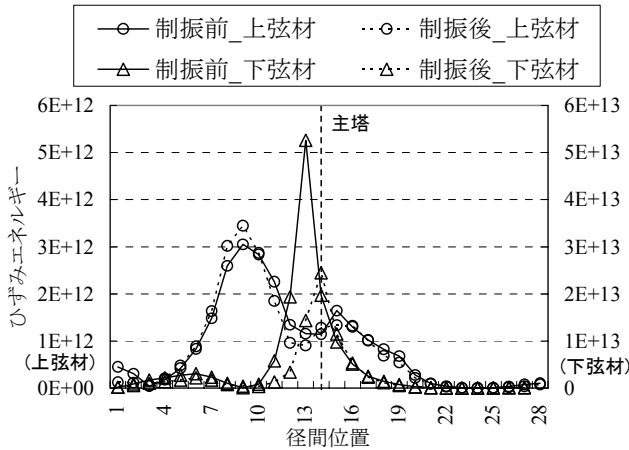


図3 主構弦材ひずみエネルギーの変化 (part 1)

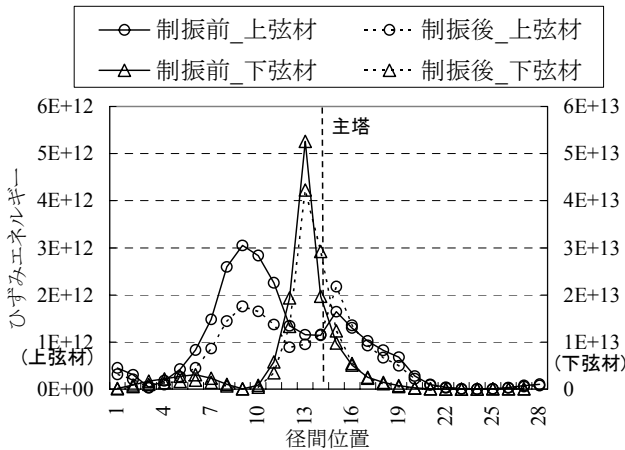


図4 主構弦材ひずみエネルギーの変化 (part 2)

4. 主構弦材の軸力変化

上記の結果に基づき、part と part にダンパーを配置した場合の弦材軸力低減効果を、許容値の関係から注目すべき側径間を対象として図5に示す。この図より、下弦材における低減効果は大きく、特に側径間位置 No.13 の低減効果が非常に大きいことがわかる。なお、この部材は常時系でも大きな圧縮軸力が作用する部材であり、地震時の座屈が即座に橋梁崩壊をもたらす注意すべき部材である。一方、上弦材

での低減効果は下弦材に比較して小さいが許容値との関係においては満足できる低減効果を示している。

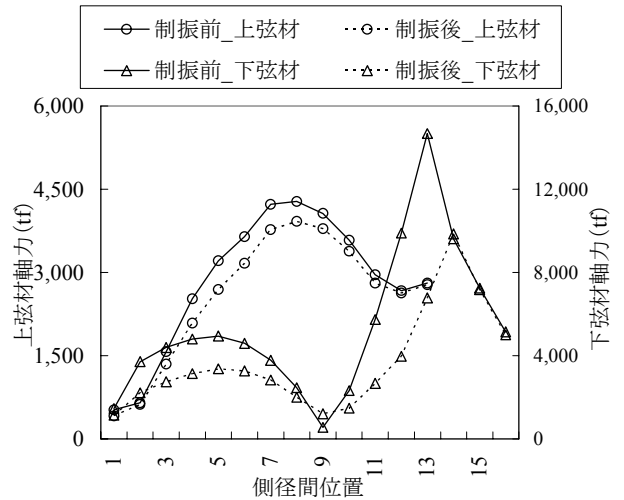


図5 主構弦材軸力変化 (part 1)

5. 固有周期と減衰の変化

ダンパー設置後の側径間中央における変位波形のフーリエスペクトルからは、 $T=1.9$ 秒付近に明瞭なピークがあり、2次モードで振動していることがわかる。また、シナリオ地震の地震動を用いた時刻歴応答解析結果からダンパーの等価剛性と等価減衰を求め、弾性応答スペクトルにおける周期変化および減衰変化を表現すると図6のとおりである。この図より、周期変化はあまりなく、減衰定数 8.5% 相当の制震効果が得られていることがわかる。

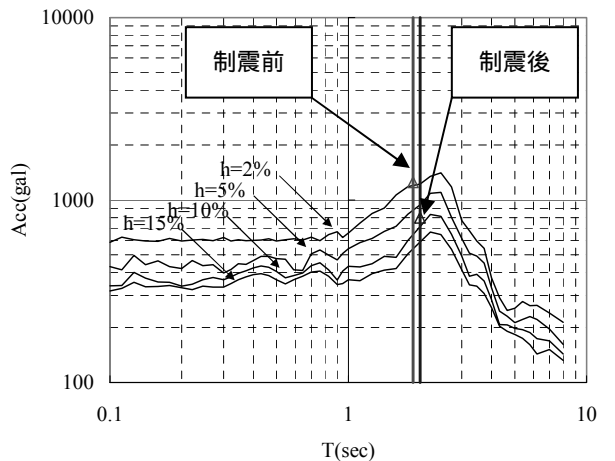


図6 弾性応答スペクトルに見る制震効果 (part 1)

【参考文献】

1) 金治英貞・鈴木直人・美濃智広, 長大トラス橋の損傷制御構造における履歴型ダンパー最適構造と配置に関する基本検討, 第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2003.1