BRB 接合部の組立精度を考慮した鋼製ラーメン橋脚の制震性能に関する解析的検討

名城大学 学生会員 〇石田 真士 名城大学 正会員 渡辺 孝一

1. はじめに

著者らによる既往の報告¹⁾の中で,軸降伏ダンパー(以下, BRB と略して記す)を鋼製門型ラーメン橋脚に 片流れ配置することによる制震効果に関する研究を行い,BRB が制震効果を発揮することを報告している. しかし,既報告で想定した BRB の設置状態は理想状態を仮定しており,初期不整を考慮していなかった.そ こで本研究は,BRB の接合部ブラケットに初期倒れを与え,制震性能に与える影響について解析的に検討を 行う.解析を行うにあたり全体系の初期剛性(一次剛性)の低下に着目して,初期倒れが最も影響するパター ンを推定する.初めにBRB の設置比率を検討し,次に初期倒れが最も剛性低下に影響するブラケットの倒れ 方向,ブラケットの設置比率を検討した.なお,本報告では紙面の都合から解析条件の詳細については文献 1) を参照いただきたい.

2. 初期倒れの定義

図 1 に鋼製ラーメン橋脚を想定 したファイバー解析モデルに BRB を(a)片流れ配置と(b)K型配置で設 置する際の,取り付けブラケットの 初期倒れを定義する. 図中の L は ブレース全長, L_bと L_j, L_j はそれ ぞれブレースの制震部材長と固定 端側接合ブラケット長,天端側ブラ ケット長を示しており, BRB 全長 L

に対するそれぞれの長さの比を ξ_l , ξ_2 , ξ_2' とする. α は接合部ブラケットの初期倒れ(ブラケットのたおれ角)を示しており,固定端側 ブラケットとフレーム天端側ブラケットにそれぞれ同じ初期倒れ を与える.本研究では,初期倒れの許容制限値を α =0.002(1/500) とした.また初期倒れの向きは時計回りを(+),反時計回りを(-)と した.K型配置の場合はB(左,右)U(左,右)とした.

3. BRB とブラケットの設計

橋脚の層間変形の限界値は、変位照査法の部材健全度 2^{2} に準じ $\delta_{max}=2.8\delta_y$ とする、図1の配置条件下では、BRB 全長が長くなるこ

とから層間変形が 2.8 δ_y に達した時点において、その伸縮ひずみ量の限界値 ε_{max} =3%以下の範囲に納める必要 がある.図2にBRBを片流れ配置した橋脚の限界層間変形時のBRBのひずみ量とBRBの設置比率 ξ_I =0.3~0.8 を示す.ブラケットが長いほど初期倒れの影響を受ける.そこで本研究ではBRBを可能な範囲で短く設定し、 両配置形式ともに ξ_I =0.3 で以下の検討をする.また K型配置は、BRBの断面積を変化させ片流れ配置と同等 の剛性とした.なお、本報告に記す剛性とは全体系の一次水平剛性(初期剛性)でありブラケットの断面積は 幾何学的なバランスを考慮して、制震ブレースの断面積の4倍と仮定した.

キーワード 座屈拘束ブレース,ラーメン橋脚,初期倒れ

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 TEL 052-832-1151





4. 初期倒れのパターンと BRB 取り付け位置の決定

図 1(a)に例示したように,接合部ブラケットは上下 2 つ あるため橋脚面内におけるブラケットの初期倒れの組み 合わせは橋脚面内の倒れ方向を区別すると 4 通りとなる. 表 1 は,4 つのパターンの倒れ量を α =0.002,0.01 とした時 の BRB 引張方向と圧縮方向の全体系の剛性をまとめたも のである.初期倒れによる全体系の剛性の低下が最も大き なケースは,ケース 5 で K/K_0 =0.905,次にケース 6 で K/K_0 =0.919 となった.よって最も厳しいパターンは B(+)U(+)となり以下の照査にこれを用いる.また,BRB 変形方向が圧縮と引張どちらも B(+)U(+)が最も剛性低下 が大きくなる.さらに左右対称の K 形配置では B(+, -)U(+,-)を最も厳しいパターンとした.

次に片流れ配置時の BRB の取り付け位置の検討を行う. 図 3 は、パターン B(+)U(+)で初期倒れ α =0.002 とし、 ζ_2 を 0.1~0.7 に変化させた結果である. 図中、 ζ_2 =0.35 は BRB がブレース全長 *L* の中央に配置されることを示す. 図から ζ_2 によらず剛性の変化が少ないことが確認できる. しかし、ブラケットが長くなりすぎると P-*A* 効果によりブラケット 支持部に作用するモーメントが過大となるため、弾性範囲 に納まる ζ_2 の検討が必要である. 図 3 に示した ζ_2 =0.1, 0.6 表1 初期倒れのパターンと全体系の剛性の変化

ケース	パターン	BRB	K/K_0		
		変形方向	$\alpha = 0.002$	$\alpha = 0.01$	
1	$\mathbf{P}(\perp)\mathbf{I}(\perp)$	圧縮	0.999	0.988	
2	B(+)0(-)	引張	0.998	0.988	
3	$\mathbf{P}(-)\mathbf{I}(-)$	圧縮	1.001	0.942	
4	в()0()	引張	1.001	0.951	
5	$P(\perp)I(\perp)$	圧縮	0.997	0.905	
6	B(+)O(+)	引張	0.994	0.919	
7	$\mathbf{P}(-)\mathbf{U}(\pm)$	圧縮	1.001	0.999	
8	B(-)U(+)	引張	1.001	0.999	



比率と全体系の剛性の変化 (片流れ配置)

表2 地震応答解析結果の集計

では、橋脚が限界層間変形 に達する前にブラケットの 降伏が確認された. さらに $\xi_2=0.5$ は固定端側ブラケッ トが長くなるため応力が高

ケース	BRB 配置形式	ξ_2 (ξ_1 =0.3)	初期倒れα	BRBのみ		全体系		
				$\varepsilon_{\rm max}$	CID	エネルギー 吸収量 (MN・ m)	$\delta_{\rm max}/\delta_{\rm y}$	エネルギー 吸収量 (MN•m)
						汉·汉堇 (前代 前)		汉·汉 里 (III1 III)
1	片流れ	0.50	0.002	0.0160	0.238	7.126	-1.791	8.106
2		0.35	0.000	0.0165	0.241	7.194	-1.788	8.132
3	K型	0.35	0.002	0.0122	0.165	7.180	-1.651	7.698
4		0.35	0.000	0.0120	0.167	7.246	-1.601	7.760
	•							

くなり,全体系の剛性が低下する *ξ*2=0.5 が最も厳しい条件であることが確認できた.

以上の結果から,最も厳しい条件と考えられる片流れ配置と K 型配置の BRB 設置条件を考慮した地震応答 解析を行い制震性能の違いを検討した.ここでは初期倒れを考慮しないケースを比較対象とした.

5. 地震応答解析結果およびまとめ

表2に、地震波入力後のBRBと全体系の応答結果をまとめる.地震応答解析に使用した地震動は、1995年の兵庫県南部地震で観測されたJR 鷹取駅の地震波のE-W 成分である.表から、BRB 取り付け位置や初期倒れを考慮すると、片流れ配置とK型配置どちらもBRBの最大ひずみ *e*max, *CID*, エネルギー吸収量,および全体系のエネルギー吸収量の値は低下することが確認できる.片流れ配置とK型配置の配置形式で比較すると、片流れ配置で全体系のエネルギー吸収量 0.3%, BRB のエネルギー吸収量 1.0%, *CID*1.3%の低下であり,K型配置で全体系のエネルギー吸収量 0.8%, BRB のエネルギー吸収量 0.9%, *CID*1.2%と僅かな低下となることを確認した.以上から,初期倒れを *a*=0.002 に制限することで最も剛性低下に影響する初期倒れモデルで比較を行っても、全体系への影響は僅かであり BRB の配置形式によらず制震性能を十分に確保することを解析的に確認した.

参考文献

1) 渡辺孝一,佐藤大介,石田真士,吉野廣一:鋼製ラーメン橋脚の層間変形を考慮した高機能座屈拘束ブレースの変形 性能に関する実験的検証,鋼構造論文集, Vol.22, No85, pp.143-151, 2015

2) 宇佐美勉編著,日本鋼構造協会編:鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン,技報堂出版,2006.9

-378-