

鉄道鋼ラーメン高架橋の耐震検討について

ジェイアル西日本コンサルタンツ(株)* 正員 垣内辰雄
 ヤマト設計(株) 正員 野中哲也

1. はじめに

現行の鉄道構造物等設計標準において、高架橋の耐震性能の照査を行う場合は、M-モデルで動的解析を行う方法が一般的である。近年、複雑な土木鋼構造物の解析には、断面の軸力変動と二軸曲げ影響を精度良く評価できるファイバーモデルも多く用いられていることから今回は、鋼鉄道ラーメン高架橋の解析においてファイバーモデルを用いた解析を試みた。本報告では、M-モデルとファイバーモデルでの時刻歴応答解析と照査結果の比較について考察する。

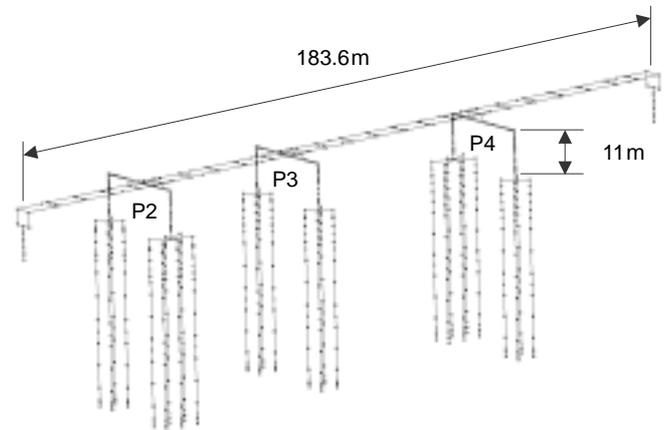


図-1 解析モデル

2. 解析対象とファイバーモデル

本構造物は、線路縦断の制約条件から、橋脚と主桁が一体化された複線2柱式4径間の鋼ラーメン高架橋（L = 39.3 + 40.0 + 52.5 + 51.8m, H = 11m）である。またラーメン橋脚（3基）との接合部は偏心しており、これらの影響を考慮するために、3次元モデル（図1）で解析することとした。

今回の解析では、文献¹⁾に提案された限界ひずみに基づいたファイバーモデルを用いている。照査に用いる鋼材の限界ひずみは、高度な鋼材の弾塑性構成則を用いたFEM解析で得られ、局部座屈を考慮するとともに、断面の軸力変動および二軸曲げの影響も含まれている。

3. ファイバーモデルとM-モデルの照査方法の比較

解析モデルと照査指標の組合せを図-2に示す。ファイバーモデルにおいて動的解析およびひずみ照査（図-2）を行った後に、以下の方法（図2）により鉄道構造物基準で標準とされているM-モデル（図2）との比較を行った。

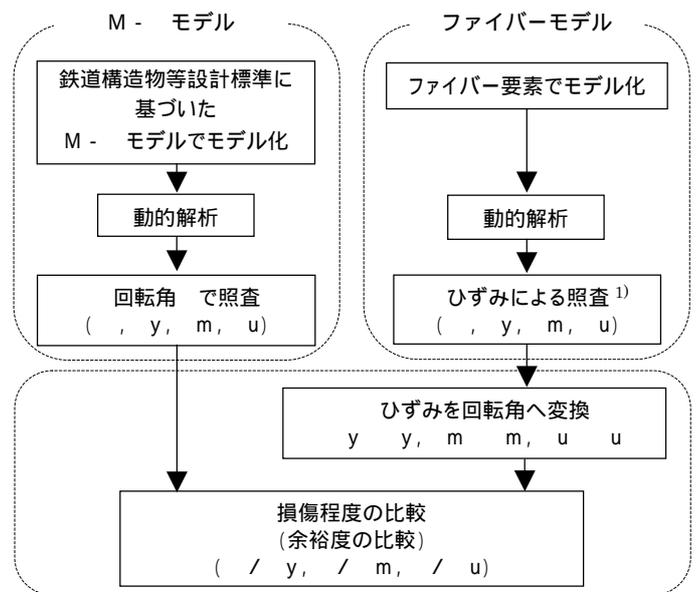


図-2 解析モデルと照査指標の比較

- (1) 応答変位を回転角として出力する。
- (2) y, m, u を鉄道構造物等設計標準で規定される y, m, u へ変換する。
- (3) 次式で算出される値が1に達したとき、降伏、最大時および終局時と判定される。
 降伏判定 / y , 最大時判定 / m ,
 終局時判定 / u
- (4) 鉄道構造物等設計標準に基づく解析モデル（M-

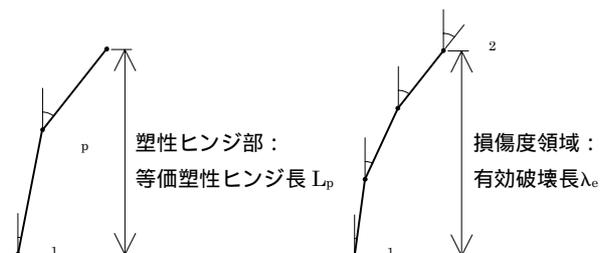


図-3 ファイバーモデルの算出方法

キーワード：鉄道鋼ラーメン高架橋，時刻歴応答解析，ファイバーモデル，M-モデル
 *〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 TEL.06-6303-1453 FAX.06-6390-9629

モデル)により算出した y, m, u との比較検討を行うとともに, 余裕度 y, m, u の比較も行った.

なお, M - モデルとの比較に用いる, 照査部位の角度は図-3 に示すように算出した.

- ・照査部位：
柱基部, 柱断面変化 損傷度領域
杭部材 杭頭要素
- ・角度： $= 2 - 1$

4. 解析結果と考察

P 2 橋脚柱部材の線路方向の照査結果を表-1, 同杭部材を表-2 に示す.

左柱隅角部(a)において, 照査方法 ~ の値は同程度の値であり, 損傷レベル1 となる.

右柱隅角部(c)では, 照査方法 は損傷レベル2, 照査方法 は損傷レベル1となる. 解析手法と照査方法の違いにより, 損傷レベルが異なる箇所があるが, 損傷レベル制限値内に納まっている.

左柱基部(b) 右柱基部(e)では, M - モデルの照査方法 が損傷レベル2 に対し, ファイバーモデルの照査方法 が損傷レベル3 となっている. これは, ファイバーモデルで解析し限界ひずみ¹⁾を用いた照査方法 では, 照査断面の軸力変動と二軸曲げの影響が, より考慮できているためと考えられる. P 3、P 4 橋脚においては, P 2 橋脚と同様な傾向となった.

なお, 線路直角方向においても同様な比較を行っており, 線路方向に比べ照査方法 ~ の差は少ない結果となった.

5. まとめ

鉄道鋼ラーメン高架橋において, M - モデルとファイバーモデルで動的解析を行い 照査方法を比較した結果, 以下のことがわかった.

- (1)ファイバーモデルの照査指標 を用いた照査 ($i \cdot / u$) と, M - モデルの照査指標 を用いた照査 ($i \cdot d / nd$) の値の差は少ないことから, 鋼鉄道ラーメン高架橋に, ファイバーモデルを適用することの妥当性が確認できた.
- (2)ファイバーモデルのひずみ を回転角 に変換し, その を照査指標した場合も, ほぼ同じ結果が得られた.
- (3)M - モデルに比べ, ファイバーモデルの照査した値 ($i \cdot / u$) が大きい箇所は, 断面の軸力変動と二軸曲げが精度良く評価できていることが一因として考えられる.

表-1 解析モデルの比較 (線路方向: 柱部材)

	橋脚	P 2 橋脚						
		柱		右 柱				
		左 柱	右 柱	右 柱	右 柱	右 柱		
	断面番号	a	b	c	d	e		
	部 位	隅角部	基部	隅角部	中間部	基部		
ファイバー	支持力係数	f	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
	時 刻	Time(sec)	2.43	2.76	2.42	2.38	2.44	2.77
	応 答 値		0.0006	0.0009	0.0067	0.0034	0.0040	0.0024
	制 限 値	u	0.0235	0.0103	0.0105	0.0112	0.0083	0.0081
	構造物係数	i	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		$i \cdot \varepsilon / \varepsilon u$	0.030	0.080	0.640	0.300	0.490	0.300
		損傷レベル / 損傷レベル制限値	1 / 3	1 / 3	3 / 3	2 / 3	2 / 3	2 / 3
回転角へ変換	支持力係数	f	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	時 刻	Time(sec)	2.39	2.74	2.40	2.36	2.41	2.75
	応 答 値	d	0.0003	0.0004	0.0064	0.0016	0.0033	0.0020
	制 限 値	nd	0.0186	0.0143	0.0143	0.0148	0.0157	0.0157
	構造物係数	i	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		$i \cdot \theta d / \theta nd$	0.016	0.030	0.447	0.107	0.210	0.127
		損傷レベル / 損傷レベル制限値	1 / 3	1 / 3	3 / 3	1 / 3	2 / 3	1 / 3
M	支持力係数	f	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00
	時 刻	Time(sec)	2.35	-	2.31	2.38	-	2.27
	応 答 軸力	N(kN)	4017.76	-	4055.00	15383.90	-	15321.30
	応 答 値	d(rad)	0.0003	-	0.0056	0.0047	-	0.0022
	制 限 値	nd (rad)	0.0186	-	0.0143	0.0148	-	0.0157
	構造物係数	i	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00
		$i \cdot \theta d / \theta nd$	0.015	-	0.393	0.318	-	0.140
	損傷レベル / 損傷レベル制限値	1 / 3	-	2 / 3	2 / 3	-	1 / 3	

表-2 解析モデルの比較 (線路方向: 杭部材)

	橋脚	P 2 橋脚		
		左 柱	右 柱	
		杭 頭	杭 頭	
ファイバー	支持力係数	f	1.00	1.00
	杭	-	C	I
	時 刻	Time(sec)	2.36	2.38
	応 答 値		0.0009	0.0031
	制 限 値	u	0.0035	0.0035
	構造物係数	i	1.00	1.00
		$i \cdot \varepsilon / \varepsilon u$	0.260	0.890
	損傷レベル / 損傷レベル制限値	2 / 2	2 / 2	
回転角へ変換	支持力係数	f	1.00	1.00
	杭	-	B	E
	時 刻	Time(sec)	2.37	2.40
	応 答 値	d	0.0012	0.0033
	制 限 値	md	0.0457	0.0419
	構造物係数	i	1.00	1.00
		$i \cdot \theta d / \theta md$	0.026	0.078
	損傷レベル / 損傷レベル制限値	1 / 2	2 / 2	
M	支持力係数	f	1.00	2.00
	杭	-	-	-
	時 刻	Time(sec)	4.16	2.46
	応 答 値	d(rad)	0.0007	0.0058
	制 限 値	md (rad)	0.0457	0.0457
	構造物係数	i	1.00	1.00
		$i \cdot \theta d / \theta md$	0.016	0.128
	損傷レベル / 損傷レベル制限値	1 / 2	2 / 2	

¹⁾鋼構造の耐震解析用ベンチマークと耐震設計高度化：土木学会鋼構造委員会，2000.4