

(I-43) 3柱式鉄筋コンクリートラーメン橋脚の非線形動的応答特性に関する一考察

富士技研センター株式会社 正会員 ○古屋 美伸  
 富士技研センター株式会社 正会員 吉田 孝志  
 富士技研センター株式会社 フェロー 西山 文男

1. まえがき

1本柱橋脚と異なり、ラーメン橋脚は面内方向地震時に軸力変動を起こすため、曲げ耐力もそれに応じて変動し、結果として耐震性評価にも影響を及ぼすことになる。門型(2柱式)のRCラーメン橋脚については、軸力変動を考慮した地震時保有水平耐力法が道路橋示方書に規定されているが、多柱式RCラーメン橋脚については、特に照査規定が設けられていない。

これより3柱式RCラーメン橋脚に着目し、非線形動的解析により、①軸力変動考慮の有無による影響、②3柱式RCラーメン橋脚の応答特性の把握、③曲げ破壊とせん断破壊の卓越性...等について調べ、今後の多柱式RCラーメン橋脚設計のための基礎資料とすることを目的としたものである。

2. 検討内容及び解析手法

検討対象は、昭和55年道路橋示方書による既設の3柱式RCラーメン橋脚(図-1)である。モデル化は、図-2に示すように上部工、ラーメン躯体そして基礎に分け、ラーメン隅角部及び柱基部に弾塑性部材を設けたより現実に近いモデルとした。

解析ケースは、表-1に示すように、①軸力変動を考慮せず死荷重時軸力に対応したM-φ、②時々刻々と変化する軸力に対応したM-φを用いる2ケースについて実施した。

表-1 解析ケース

解析ケース①：軸力一定(死荷重時M-φ)
解析ケース②：軸力変動考慮 (変動軸力に応じたM-φ)

動的解析は、ニューマークβ法による直接積分法を用い、時間間隔 $\Delta T=1/500$ 秒、入力波形はⅢ種地盤・タイプⅡ・波形1(東神戸大橋N12W)、継続時間T=30秒とした。また非線形部材の取扱いは、ひび割れ、降伏(=終局)を考えた剛性劣化型のトリリニアの履歴モデルを用いるものとした。

3. 解析結果・考察

解析結果として、表-2に最大応答結果一覧表、図-3、図-4に上部工変位、左柱基部曲げモーメントの応答波形を、また図-5~図-8に①軸力一定の場合と②軸力変動考慮の場合の、N-M履歴曲線並びにM-φ履歴曲線をそれぞれ示すものとする。

表-2より、幅広な橋脚にもかかわらず、左右柱の軸力変動は死荷重時軸力( $N_d=392tf$ )を大幅に上回る( $N_e=+522tf, -408tf$ )結果となり、軸力変動の大きさがうかがわれる。その結果、①軸力一定と②軸力変動考慮の応答値を比べると、加速度、変位、残留変位、曲げモーメント、軸力そしてせん断力の何れにおいても大きな差異が認められる。

次に応答塑性率( $\mu_r$ )に着目すると、柱基部で $\mu_r=1.8\sim 3.4$ (許容塑性率 $\mu_a=5.9$ )、柱頂部で $\mu_r=3.8\sim 6.0$ ( $\mu_a=8.1$ )と何れも許容塑性率内に収まっており、曲げ耐力は確保されていることがわかる。一方、せん断力を見ると全ての柱において応答せん断力がせん断耐力を大幅に上回っており( $\alpha=1.9\sim 2.8$ 倍)、耐力不足となっており、曲げ耐力に比べせん断耐力が卓越していることがわかる。

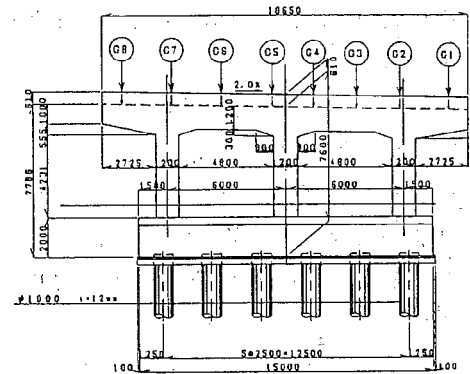


図-1 検討対象の3柱式RCラーメン橋脚

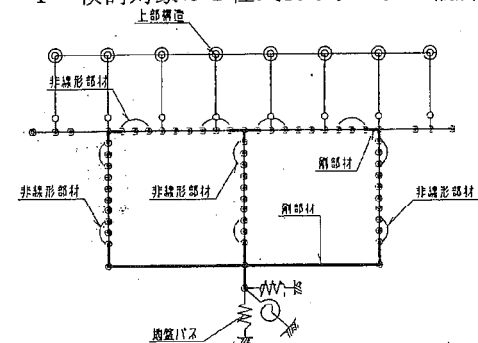


図-2 解析モデル

表-2 最大応答結果一覧表

	着目部位		① 軸力一定		② 軸力変動考慮		比率 ②/①
加速度(gal)	上部構造重心位置		908		822		0.91
変位(cm)	上部構造重心位置		7.0	残留変位 0.3cm	8.2	残留変位 2.7cm	1.17
曲げモーメント M(tf·m)	左柱	基部	830	2.4(塑性率) $\mu_a=5.9$	1012	1.8(塑性率) $\mu_a=5.9$	1.22
		頂部	573	2.4(塑性率) $\mu_a=8.1$	733	3.8(塑性率) $\mu_a=8.1$	1.28
	中柱	基部	838	2.2(塑性率) $\mu_a=5.9$	736	3.9(塑性率) $\mu_a=5.9$	0.88
		頂部	563	2.8(塑性率) $\mu_a=8.1$	462	6.0(塑性率) $\mu_a=8.1$	0.82
	右柱	基部	840	1.6(塑性率) $\mu_a=5.9$	817	3.4(塑性率) $\mu_a=5.9$	0.97
		頂部	571	1.4(塑性率) $\mu_a=8.1$	382	5.2(塑性率) $\mu_a=8.1$	0.67
軸力 N(tf)	左柱基部	圧縮側	821	392+429(軸力変動)	914	392+522(軸力変動)	1.11
		引張側	-71	392-463(軸力変動)	-16	392-408(軸力変動)	---
	右柱基部	圧縮側	807	392+415(軸力変動)	835	392+443(軸力変動)	1.03
		引張側	-149	392-541(軸力変動)	-5	392-397(軸力変動)	---
せん断力 S(tf)	左柱基部	基部	285	耐力 160tf( $\alpha=1.8$ )	417	耐力 160tf( $\alpha=2.6$ )	1.46
	中柱基部	基部	275	耐力 160tf( $\alpha=1.7$ )	303	耐力 160tf( $\alpha=1.9$ )	1.10
	右柱基部	基部	349	耐力 160tf( $\alpha=2.2$ )	442	耐力 160tf( $\alpha=2.8$ )	1.27

注1) 曲げモーメントと塑性率は同時性はなく、それぞれの最大値を示す。

注2)  $\mu_a$ : 許容塑性率、 $\alpha$ : 応答せん断力/せん断耐力

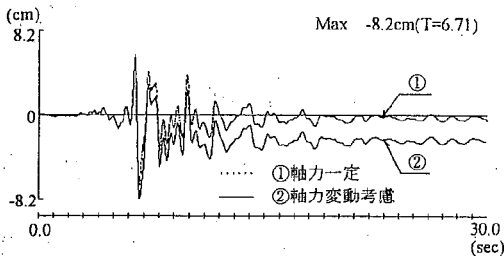


図-3 上部工変位応答波形

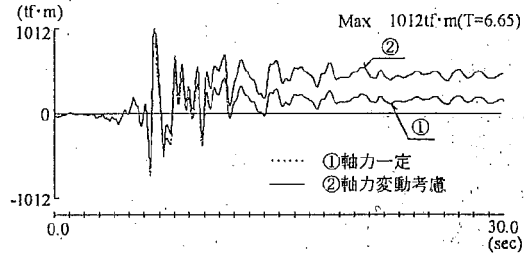


図-4 左柱基部曲げモーメント応答波形

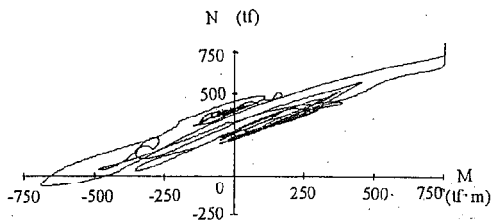


図-5 左柱基部N-M履歴 (軸力一定)

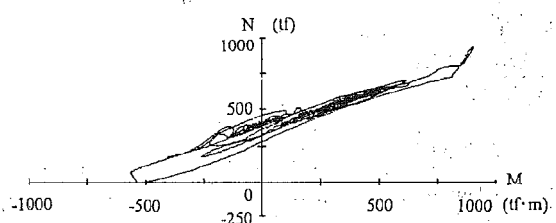


図-6 左柱基部N-M履歴 (軸力変動考慮)

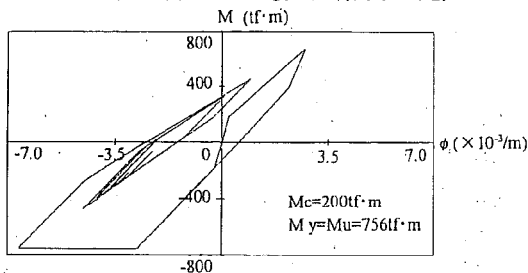


図-7 左柱基部M- $\phi$ 履歴 (軸力一定)

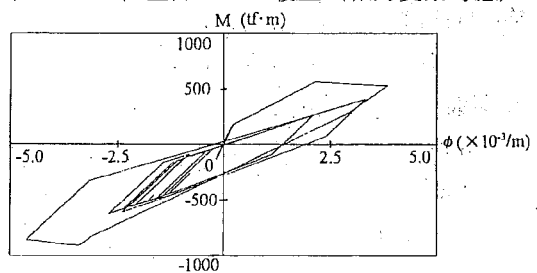


図-8 左柱基部M- $\phi$ 履歴 (軸力変動考慮)

#### 4. まとめ

既設の3柱式RCラーメン橋脚面内方向の地震時における軸力変動の影響並びにラーメン橋脚の応答挙動を非線形動的解析により検討したが、その結果をまとめると次のようなことになる。

- (1) 橋脚高に比べ橋脚幅の広い3柱式ラーメン橋脚も2柱式ラーメン橋脚と同様に**軸力変動が非常に大きい**。
- (2) その結果、①軸力一定と②軸力変動考慮の場合で**応答値に大きな差異**が生じる。これより橋脚幅の広い多柱式のラーメン橋脚においても**軸力変動を考慮した解析により耐震性の評価**をする必要がある。
- (3) また、3柱式ラーメン橋脚においても、ラーメン効果により曲げ耐力はあるが、せん断耐力不足という結果が明確に現れている。これよりこの種のRCラーメン橋脚では**せん断耐力増強法が設計の要**となってくる。