論文 PC連続ラーメン橋の損傷進展に関する解析的検討

濵本 朋久*1・松田 泰治*2・大塚 久哲*3・佃 友宏*4

要旨:一般に連続ラーメン橋は耐震性が非常に高い不静定構造物であるため,落橋させない という要求性能に対して橋梁全体系で崩壊に至るメカニズムを精度よく解明し耐震設計の 合理化を図る必要がある。そこで本研究では,動的応答解析を中心に連続ラーメン橋の損傷 進展から崩壊に至る過程に着目し,橋軸方向を対象に解析的検討を実施した。

キーワード:ラーメン橋、動的応答解析、静的解析、耐震設計

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震における道路橋の被 災経験を踏まえて,1996年および2002年に改訂さ れた道路橋示方書・同解説V耐震設計編^{1).2)}

(以下,道示Vと称す)では,地震時保有水平 耐力法が耐震設計として位置づけられ,橋の耐 震性能も規定された。連続ラーメン橋のように 地震時の挙動が複雑な橋梁については動的解析 に基づく耐震設計の照査が規定され,地震時保 有水平耐力法による設計計算例³⁾では連続ラー メン橋の終局状態を「想定した複数の塑性ヒン ジのうちいずれか一つが終局に達した時」を橋 梁全体系での終局状態と規定している。この規 定は等橋脚高を有する連続ラーメン橋に対して 橋脚が崩壊に至る目安となり得ると考えられる が,この規定を忠実に守るが故に,不等橋脚高 を有する連続ラーメン橋では橋脚の杭基礎に膨 大な耐力を要求するケースが生じている。また 既往の研究⁴⁾により,連続ラーメン橋の実務設 計における比較検討が報告されている。一般に 連続ラーメン橋は耐震性が非常に高い不静定構 造物であるため,落橋させないという要求性能 に対して橋梁全体系で崩壊に至るメカニズムを 精度良く解明し耐震設計の合理化を図る必要が ある。さらに実務設計では,静的な地震時保有 水平耐力法による耐震設計がレベル2地震動に 対して安全側の設計手法と考えられ,安全性の 判定結果では非線形特性を考慮した動的応答解 析による応答結果と大きな差異が生じるケース が多々見受けられる。

そこで本研究では,不等橋脚高を有する連続 ラーメン橋を対象に,地震時保有水平耐力法に よるプッシュオーバー解析(以下,静的解析と 称す)と時刻歴応答解析(以下,動的解析と称 す)における塑性ヒンジ部の損傷進展などに着 目し,連続ラーメン橋の橋軸方向を対象に解析 的検討を実施した。



図-1 解析対象橋梁

*1 パシフィックコンサルタンツ(株)九州本社 第二技術部水構造グループ 工修 (正会員)
*2 九州大学大学院助教授 工学研究院建設デザイン部門 工博 (正会員)
*3 九州大学大学院教授 工学研究院建設デザイン部門 工博 (正会員)

*4 九州大学工学部 建設都市工学科 (非会員)

2. 解析条件

本検討は支間割りが対称である PC4径間連続ラーメン橋を対象とし た(図-1参照)。本橋梁の解析モ デルは,橋長299.00m,支間割 54.55+94.00+94.00+54.55m,橋脚高 はP1橋脚が24.50m,P2橋脚が 39.00m,P3橋脚が30.00mの不等橋脚 高を有するモデルとする。高橋脚の 応答が卓越するII種地盤上に建設さ れる橋とし,地域区分はA地域(地 域別補正係数:Cz=1.0),重要度区 分はB種の橋とする。また橋梁全体 系の破壊形態として,上部構造およ び基礎構造は降伏させずに橋脚の曲 げ破壊先行型とする。

解析モデルの材料特性は上部構造を全断面有 効時の線形部材で、はり要素とした。橋脚部の 材料特性は降伏剛性を有する非線形部材で、は り要素とした。ただし橋脚の上下端には塑性ヒ ンジを考慮し、塑性ヒンジ領域の中央に非線形 回転バネを設けた。履歴特性は完全バイリニア 型のM - θ特性(武田型)を設定した。橋脚の フーチング下端には動的変形係数を考慮した線 形の杭頭ばねを設けた。静的解析を行う際に は、地盤の変形を無視して橋脚のみの変形性能 に着目するため、橋脚下端を固定とした。また 初期断面力として上部構造の施工段階に生じる プレストレス2次力, クリープ等による不静定 力と橋梁自身の持つ自重を考慮した。 図-2に 検討解析時の初期状態における曲げモーメント 分布を示す。さらに解析モデルの質量は、節点 に集約した重量を重力加速度9.8m/sec²で除した 値とし、節点の自由度は水平2方法と回転を考 慮した。

動的解析ではニューマーク β 法($\beta = 0.25$) を用い,積分時間間隔は0.001秒とした。また共







図-3 入力地震動波形

振正弦波とレベル2地震動として道示Vを参考 に強震記録を振動数領域で振幅調整したⅡ種地 盤用の加速度波形(以下,標準波と称す)3波 (TYPE II – II – 1, TYPE II – II – 2, TYPE II – II – 3)を入力地震動として用いた。共振正弦波 の周期は固有値解析より得られた有効質量比の 卓越する1次モードの周期とした。検討に用い た入力地震動波形を図–3(a)~(d)に示す。モー ド減衰定数をひずみエネルギー比例型減衰で計 算する時に用いた各部材の減衰定数は、上部構 造:3%,橋脚部:5%,塑性ヒンジ部:2%,基礎構 造:20%である。解析ソフトには汎用構造解析プ ログラムTDAP III を用いた。

3. 解析結果

3. 1 固有值解析結果

動的解析で使用する減衰は,固有値解析により以下の式で規定されるレーリー減衰〔C〕で評



価した。

- [C] = α [M] + β [K]
 ここに [C] :減衰マトリクス
 [M] :質量マトリクス
 [K] :剛性マトリクス
 α, β:係数
- ここで、係数α、βは橋脚、上部構造および 基礎構造部分にそれぞれ減衰定数hを定義し固 有値解析結果を基に算定されるモード減衰定数 から、有効質量比が卓越する1次モードと累積 有効質量比が100%となる38次モードを選択して 設定した。図-4にモード減衰を示す。

固有値解析結果を表-1に示す。解析モデル では1次モードの有効質量比が全体の約60%と なっており、一般に連続ラーメン橋のような構 造が複雑な橋梁は、橋軸方向において高次振動 モードの影響を無視できないものと考えられ る。また、10次モードにおける有効質量比が7% と1次モードの次に大きな値となっている。従っ て解析モデルでは、1次モード、10次モード応答 に与える影響が大きいと考えられる。図-5(a) 、(b)に1次と10次の主要モードを示す。

3.2 静的解析結果

静的解析では、上部構造ならびに各橋脚に対 して、同一の水平力を漸増的に作用させた。ま た加震方向は、不等橋脚高を有するためP1→P3 方向に水平力を漸増させた場合をP1←P3方向に 水平力を漸増させた場合を考える。例としてP1→ P3方向入力時における曲げモーメント分布を図-6に示す。震度は、上部構造ならびに各橋脚の 漸増した全水平力を上部構造ならびに各橋脚の 全重量で除した値とする。塑性ヒンジ部の降伏 順序、上部構造変位、降伏時における震度をま とめて表-2、図-7に示す。両ケースにおい てP1橋脚下端は最初に降伏に至る。P1橋脚下端 ではP1→P3方向入力時の方が先に降伏に至る。 逆に、P3橋脚下端ではP1←P3方向入力時の方が先 に降伏に至る。理由として、不静定力を考慮し

表-2 静的解析の降伏順序

\sim		(P1→P3)			(P1←P3)	
\square	降伏順序	上部構造変位 (m)	震度	降伏順序	上部構造変位 (m)	震度
P1上端	2	0.185	0.278	2	0.237	0.373
<u>P1</u> 下端	1	0.129	0.216	1	0.196	0.328
P2上端	6	0.512	0.449	6	0.528	0.447
P2下端	5	0.419	0.440	5	0.401	0.435
P3上端	3	0.336	0.405	4	0.265	0.395
P3下端	4	0.384	0.430	3	0.258	0.391

表一1 固有值解析結果

次数	固有振動数 (Hz)	固 有 周期 (s)	橋軸方向 有効質量比 (累積%)	減衰比
1	0.7370	1.3569	62	0.066258
2	1.2789	0.7819	63	0.045681
3	1.7708	0.5647	63	0.038465
4	2.6399	0.3788	67	0.044348
5	3.0874	0.3239	67	0.039652
6	3.7184	0.2689	70	0.069779
7	4.3081	0.2321	70	0.061958
8	4.5045	0.2220	75	0.081948
9	4.7133	0.2122	75	0.071737
10	5.5636	0.1797	82	0.105145



た初期断面力による曲げモーメントに対して, 当該橋脚では曲げモーメントを増加させる方向 に水平力が作用しているためと考えられる。さ らに,降伏順序は両ケースともP1橋脚,P3橋 脚,P2橋脚の順である。しかし,P3橋脚では橋 脚上下端で降伏順序に相違が認められる。これ は,初期断面力の影響がP1←P3方向に水平力を 作用させると,橋脚上端よりも橋脚下端に対し て損傷の進展を早めたためであると考えられ る。

3.3 動的解析結果

動的解析では、共振正弦波と標準波3波を入 力した時の最大応答塑性率を表-3(a)~(h)に示 す。共振正弦波は、塑性ヒンジ部が降伏に至る 際の応答を詳細に評価するために、最大入力加 速度の倍率αは100galを基準として0.5倍、0.75 倍,1.0倍,1.5倍,以下3.0倍まで変化させた。
 また標準波は,最大入力加速度の倍率αを0.1~
 1.0倍まで変化させた。最大応答塑性率とは最大応答回転角を降伏回転角で除した値である。

標準波入力時の結果(表-3(c)~(h))よ り,各橋脚の最大応答塑性率に余裕が生じてい るのは,設計上残留変位の照査などの要因から も橋脚の軸方向鉄筋量が決定されるためと考え られる。またこれらの結果より,想定した塑性 ヒンジ部が初めて降伏に至る倍率時での橋脚上 端応答値・降伏順序を表-4(a)~(d)に示す。

共振正弦波入力時の結果(表-4(a))より, P1→P3方向入力時において降伏順序はP1橋脚下 端,P1橋脚上端,P3橋脚下端,P3橋脚上端,P2橋 脚上端,P2橋脚下端の順となった。また,P1←P3 方向入力時においても前述と同様の順序となっ た。さらに各橋脚の降伏時における上部構造応

表一3	最大応答塑性率一	覧
-----	----------	---

(a) 共振正弦波 (P1→P3方向入力時)

広する	最大人刀			一般大心を	5型性半		
ai≄≏ ur	加速度(gal)	PI上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	P3下端
0.5倍	50	0.680	0.879	0.323	0.329	0.491	0.554
0.75倍	75	0.928	1.781	0.469	0.458	0.642	0.707
1.0倍	100	1.439	2.884	0.594	0.558	0.763	0.827
1.5倍	150	2.929	4.466	0.783	0.741	0.947	1.014
2.0倍	200	3.850	5.580	0.909	0.881	1.382	1.673
2.5倍	250	4.840	6.588	1.016	0.990	2.096	2.388
3.0倍	300	5.607	7.403	1.448	1.240	2.598	2.868
(c)	TYF	РЕП-	∏-1	(P1→	P3方向	向入力	時)
はする。	最大入力			最大応答	答塑性率		
ā4∓u	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	P3下端
0.1倍	68.683	0.384	0.507	0,168	0.194	0.327	0.387
0.2倍	137.366	0.627	0.809	0.342	0.367	0.524	0.585
0.3倍	206.049	0.865	1.268	0.508	0.532	0.709	0.773
0.4倍	274.732	1,179	2.305	0.642	0.666	0.861	0.926
0.5倍	343.416	1.915	3.418	0.778	0.782	0.999	1.135
0.6倍	412.099	2.810	4,566	0.936	0.893	1.314	1.560
			C TAF	1 100	1.020	1 718	2 015
0.7倍	480.782	3.774	5.735	1,189	1.020		1.010
0.7倍 0.8倍	480.782 549.465	<u>3.774</u> 4.786	5.735 6.923	1.659	1.361	1.998_	2.314
0.7倍 0.8倍 0.9倍	480.782 549.465 618.148	3.774 4.786 5.803	5.735 6.923 8.085	1.659	1.361	1.998	2.314
0.7倍 0.8倍 0.9倍 1.0倍	480.782 549.465 618.148 686.831	3.774 4.786 5.803 6.782	5.735 6.923 8.085 9.183	1,189 1,659 2,195 2,730	1.361 1.794 2.248	1.998 2.188 2.698	2.314 2.509 2.658
0.7倍 0.8倍 0.9倍 1.0倍 (e)	480.782 549.465 618.148 686.831 TYF	3.774 4.786 5.803 6.782 PE II – 1	5.735 6.923 8.085 9.183 II -2	1.189 1.659 2.195 2.730 (P1→	1.361 1.794 2.248 P3方向	1.998 2.188 2.698 可入力	2.314 2.509 2.658 時)
0.7倍 0.8倍 0.9倍 1.0倍 (e) 倍率 α	480.782 549.465 618.148 686.831 TYF 最大入力	3.774 4.786 5.803 6.782 EII -	5.735 6.923 8.085 9.183 II -2	(189 1.659 2.195 2.730 (P1→ 最大応3	1.361 1.794 2.248 P3方向	1.998 2.188 2.698 う入力	2.314 2.509 2.658 時)
0.7倍 0.8倍 0.9倍 1.0倍 (e) 倍率 α	480,782 549,465 618,148 686,831 TYF 最大入力 加速度(gal)	<u>3.774</u> 4.786 5.803 6.782 РЕП-	5.735 6.923 8.085 9.183 II -2	(P1→ <u> <u> </u> </u>	1.020 1.361 1.794 2.248 P3方印 ^{8塑性率} 0.156	1,998 2,188 2,698 う入力	<u>2.314</u> 2.509 2.658 時)
0.7倍 0.8倍 1.0倍 (e) 倍率 α 0.1倍	480.782 549.465 618.148 686.831 TYF 最大入力 加速度(gal) 67.264	3.774 4.786 5.803 6.782 PE II -	5.735 6.923 8.085 9.183 II -2 P1下端 0.549	1.189 1.659 2.195 2.730 (P1→ 最大応装 0.174 0.242	1.361 1.794 2.248 P3方印 ^{5塑性率} P2下端 0.156 0.298	<u>1,998</u> 2.188 2.698 入力 P3上端 0.289	2.314 2.509 2.658 時) P3下端 0.350
0.7倍 0.8倍 0.9倍 1.0倍 (e) 倍率 α 0.1倍 0.2倍	480.782 549.465 618.148 686.831 TYF 最大入力 加速度(gal) 67.264 134.528 201.792	3.774 4.786 5.803 6.782	5.735 6.923 8.085 9.183 II -2 P1下端 0.549 0.692	1.189 1.659 2.195 2.730 (P1→ 最大応名 P2上端 0.174 0.342 0.510	1.361 1.794 2.248 P3方印 ^{92下述} 0.156 0.298	1,998 2,188 2,698 7入力 P3上端 0,289 0,448 0,607	2.314 2.509 2.658 時) P3下端 0.350 0.512 0.672

0.3倍	201.792	0.953	1.690	0.510	0.458	0.607	0.6/3
0.4倍	269.056	1.558	2.933	0.682	0.618	0.767	0.834
0.5倍	336.320	2.411	4.035	0.828	0.757	0.926	0.996
0.6倍	403.583	3.093	4.883	0.926	0.855	1.166	1.405
0.7倍	470.847	3.633	5.569	1.003	0.941	1.635	1.930
0.8倍	538.111	4.102	6.096	1.224	1.107	2.143	2.474
0.9倍	605.375	4.481	6.490	1.550	1.418	2.661	3.015
10/#	000.050	4 700	6 004	1.017	1 774	2 100	2550

(g) TYPEⅡ-Ⅱ-3 (P1→P3方向入力時)

は束っ	最大入力			最大応答	客塑性率		
10 4 4	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	_P3下端
0.1倍	73.633	0.411	0.545	0.163	0,173	0.318	0.368
0.2倍	147.267	0.682	0.885	0.319	0.324	0.507	0.547
0.3倍	220.900	0.942	1.685	0.477	0.475	0.695	0.726
0.4倍	294.534	1.480	2,898	0.620	0.617	0.871	0.893
0.5倍	368.167	2.154	3.835	0.741	0.740	1.044	1.091
0.6倍	441.800	2.806	4.481	0.856	0.850	1.449	1.560
0.7倍	515.434	3.388	5.037	0.964	0.955	1.963	2.096
0.8倍	589.067	3.858	5.488	1.118	1.124	2.510	2.659
0.9倍	662.701	4.394	5.950	1.349	1.436	3.052	3.221
1.0倍	736.334	4.959	6.913	1.564	1.718	3.487	3.671

(b) 共振正弦波 (P1←P3方向入力時)

体束。	最大入力			最大応答	客塑性率		
TE 4F U	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	P3下端
0.5倍	50	0.683	0.881	0.323	0.328	0.489	0.552
0.75倍	75	0.931	1.778	0.472	0.461	0.647	0.711
1.0倍	100	1.435	2.906	0.593	0.553	0.756	0.821
1.5倍	150	2.912	4.504	0.777	0.744	0.969	1.040
2.0倍	200	3.967	5.563	0.924	0.877	1.404	1.647
2.5倍	250	4.640	6.485	1.092	1.013	2.070	2.406
30倍	300	5 441	7.444	1.389	1,280	2.646	2.991

(d) TYPE I-I-1 (P1←P3方向入力時)

は本東の	最大入力			- 最大応答	答塑性率		
10.42	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	_P2下端	P3上端	P3下端
0.1倍	68.683	0.435	0.572	0.181	0.168	0.294	0.353
0.2倍	137.366	0.731	0.939	0.355	0.325	0.459	0.517
0.3倍	206.049	1.005	1.944	0.530	0.497	0.623	0.682
0.4倍	274.732	1.814	3.291	0.709	0.671	0.787	0.846
0.5倍	343.416	2.763	4.457	0.858	0.820	0.952	1.015
0.6倍	412.099	3.515	5.339	0,964	0.929	1.236	1.476
0.7倍	480.782	4.104	6.047	1.099	1.049	1.713	2.046
0.8倍	549.465	4.535	6.541	1.463	1.362	2.241	2.646
0.9倍	618.148	4.888	6.932	1.893	1.736	2.792	3.257
1.0倍	686.831	5.178	7.257	2.346	2.133	3.356	3.869

(f) TYPEⅡ-Ⅱ-2 (P1←P3方向入力時)

広束。	最大入力			最大応答	答塑性率		
104=0	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	P3下端
0.1倍	67.264	0.378	0.502	0.161	0.181	0.312	0.374
0.2倍	134.528	0.616	0.799	0.328	0.341	0.495	0.560
0.3倍	201.792	0.849	1.223	0.489	0.493	0.668	0.737
0.4倍	269.056	1.132	2.223	0.617	0.617	0.811	0.882
0.5倍	336.320	1.856	3.297	0.739	0.722	0.942	1.012
0.6倍	403.583	2.732	4.405	0.889	0.821	1.132	1.338
0.7倍	470.847	3.671	5.532	1.064	0.935	1.485	1.746
0.8倍	538.111	4.625	6.673	1.446	1.145	1.755	2.039
0.9倍	605.375	5.523	7.721	1.869	1.512	2.008	2.217
1.0倍	672.639	6.415	8.724	2.310	1.922	2.574	2.346

(h) TYPEⅡ-Ⅱ-3 (P1←P3方向入力時)

住まれ	最大人力			最大応答	畜塑性率		
10 4 4	加速度(gal)	P1上端	P1下端	P2上端	P2下端	P3上端	P3下端
0.1倍	73.633	0.421	0.546	0.164	0.171	0.308	0.371
0.2倍	147.267	0.703	0.887	0.322	0.321	0.487	0.554
0.3倍	220.900	0.969	1.713	0.480	0.449	0.639	0.711
0.4倍	294.534	1.617	2.904	0.642	0.585	0.765	0.827
0.5倍	368.167	2.618	4.210	0.805	0.738	0.881	0.931
0.6倍	441.800	3.678	5.438	0.954	0.881	1.005	1.049
0.7倍	515.434	4.672	6.517	1.143	1.005	1.420	1.302
0.8倍	589.067	5.508	7.417	1.378	1.255	1.941	1.616
0.9倍	662.701	6.229	8.209	1.604	1.530	2.426	2.046
1.0倍	736.334	6.747	8.794	1.800	1.753	2.773	2.579

- 1396 --

答変位においても,入力方向に依存しない傾向 がみられた。共振正弦波に基づく動的解析では 入力方向で降伏順序に相違が見られず,各橋脚 の降伏時における上部構造応答変位もほぼ一致 する。従って,共振正弦波以外の標準波におい ても同様の現象が生じ,降伏に至ると考えられ る。

標準波であるTYPE II – II – 1入力時の結果 (表-4(b))より,両方向入力時での降伏順序 は共振正弦波入力時の結果とほぼ同様の傾向が 認められた。また,各橋脚部の降伏時における 上部構造応答変位も共振正弦波入力時とほぼ一 致した。P2橋脚で共振正弦波入力時と降伏順 序,降伏時上部構造応答変位に相違が生じるの は,共振正弦波は非線形1次モードで振動して いるのに対し,標準波は非線形高次モードの影 響と時刻歴により順次塑性ヒンジが発生したこ とで橋脚の剛性が低下し,連続ラーメン橋の橋 梁全体系が非線形モードで振動する影響と考え られる。

TYPE II − II − 2, TYPE II − II − 3 入力時の結
果(表-4(c), (d)) も, 共振正弦波入力時の
結果と同様の傾向が認められる。TYPE II − II −

3のP1←P3方向入力時においてP3橋脚で降伏順序 に相違が認められる。これは、静的解析結果で確 認したのと同様に、不静定力による初期断面力を 考慮したためと考えられる。またP2橋脚で降伏順 序に相違が認められるのは、TYPEⅡ-Ⅱ-1入力 時でのP2橋脚における降伏順序、降伏時上部構造 応答変位が異なる理由と同様と考えられる。

3. 4 損傷進展機構

損傷進展のメカニズムは,静的解析と動的解析 の比較に際して,動的解析で得られた応答加速度 の最大値を震度に換算して比較を行った。本解析 モデルの慣性力については橋脚部全質量が上部構 造質量の約43%であるため,橋梁全体系で大部分 の質量が上部構造に集中している。そこで,橋脚 上端の応答加速度を絶対応答加速度9.8m/sec²で 除した値を換算震度とした。それらの比較を図-8,9,10に示す。

静的解析と動的解析において,設計上最初に水 平力が集中するP1橋脚,次にP3橋脚,P2橋脚の順 に降伏する過程は一致する。また動的解析では, 橋脚降伏時における上部構造応答変位は,共振正 弦波,標準波のいずれのケースも静的解析とほぼ

表-4 塑性ヒンジ部降伏時における橋脚上端応答値

(a) 共振正弦波入力時降伏順序一覧表

		上部応答	上部構造	上部構造		
(P1-→P3)	降伏時到	加速度	応答変位	变位絶対値	換算震度	降伏順序
	(s)	(m/sec^2)	(m)	(m)		
P1上端	2.750	-3.511	0.197	0.197	0.358	2
P1下端	2 744	-2.722	0.147	0.147	.0278	1
P2上端	2.840	-6.154	0.395	0.395	0.628	5
P2下端	1 378	~6.515	0.408	0.408	0.665	6
P3上端	2.078	5.674	-0.303	0.303	0.579	4
P3下端	3.546	4.623	-0.260	0.260	0.472	3
		上部応答	上部構造	上部構造		
(P1↔P3)	解伏时刻	加速度	応答変位	变位絶対値	換算駕度	降伏順序
	(s)	(m/sec^2)	(m)	(m)		
P1上端	3.436	-3.707	0.204	0 204	0.378	2
P1下端	3.414	-2.872	0.151	0.151	0.293	1
P2上端	2.098	-6.431	0.393	0 393	0.656	5
P2下端	2.140	-6.151	0.398	0.398	0.628	6
D2 5 38	2.778	5.848	-0.309	0.309	0.597	4
PJIM				0.000	0.400	1 a
<u>рзти</u> с)]	<u>2.824</u>	I_4.819 I − II −	<u>02</u> -83 -2入力	時降伏	順序-	一覧表
<u>рзтж</u> с)]	<u>2.824</u> [YPE]	I_4.819 I — II —		時降伏	顺序-	一覧表
P3下端 C)]	2.824	【 <u>4.819</u> 【 — ∏ - 上部応答	-0.263 2入力 動的解析	時降伏	順序-	 一覧表
	2.824 「YPE」 降伏時刻	[4.819]] -]] -]] -]] -]] -]] -]	-0.263 2入力 動的解析 上部構造	□ 時降伏	顺序-	一覧表
P3 下並 C)] (P1→P3)	2.824 「YPE」 降伏時刻 (s)	【 4.819 【 - ∏ - 上部応答 加速度 (m/tac ²)			顺序- _{換算震度}	
P3下述 P3下述 C)] (P1→P3) P1 ト端	2.824 「YPE」 降伏時刻 (s)	【 <u>4.819</u> 【 - ∏ - 上部応答 加速度 (m/sec ²)	-0.263 -2入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) -0.205	時降伏	10.492 順序- 換算量度	一覧表
P3下述 P3下述 C)] (P1→P3) P1上述 P1下述	2.824 「YPE」 降伏時刻 (s) 6.546 6.538	I _ 4.819 I ─ II ─ 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998	-0.263 2入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) 0.206 0.151	0.263 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206	10.492 順序- 換算量度 0.407	一覧表 降伏順序
P3工程 P3下述 C)] (P1→P3) P1上述 P1下述 P2ト述	2.824 「YPE」 (s) 6.546 6.536 6.674	I 4.819 I - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916	-0.263 ·2入力 動的解結 上部構造 応答変位 (m) 0.206 0.151 0.359	0263 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.306 0.604	一覧表 降伏順序 2 5
P3下述 P3下述 C)] (P1→P3) P1上端 P1上端 P2上端 P2下端	2.824 YPE (s) 6.546 6.536 6.674 5.958	▲819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 5.692	-0.263 -2入力 動的解結 上部構造 応答変位 (m) 0.206 0.151 0.359 -0.393	02263 時降伏 <u>上部構造</u> <u>変位絶対値</u> <u>0.206</u> 0.151 0.359 0.393	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.306 0.604 0.604	一覧表 降伏順序 2 5 6
P3下述 P3下述 C)] P1→P3) P1上述 P1上述 P2下述 P2上述 P3上述	2.824 YPE] 降伏時刻 (s) 6.546 6.674 5.958 5.920	▲819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 6.692 5.892	-0.263 -2入力 動的解却 上部構造 応答变位 (m) -0.206 -0.151 -0.299	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 0.206 0.151 0.359 0.393 0.299	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.306 0.604 0.604 0.683 0.601	一覧表 降伏順序 2 1 5 6 4
P3下進 P3下進 C)] P1→P3) P1上進 P2上進 P3上進 P3工進	2.824 YPE] 除伏時刻 (s) 6.546 6.674 5.958 5.920 5.888	▲819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 6.692 5.892 6.198	-0.263 -2入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) 0.206 0.151 0.359 -0.393 -0.299 -0.286	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.393 0.299 0.286	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.503 0.604 0.683 0.601 0.632	一覧才 降伏順序 2 1 5 6 4 3
P3下端 P3下端 C)] P1→P3) P1上端 P2上端 P2下端 P3上端 P3下端	2.824 YPE」 降伏時刻 (s) 6.546 6.574 5.958 5.920 5.888	Ⅰ 4.819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 6.692 5.892 6.198	-0.263 -0.263 -0.265 -0.359 -0.393 -0.296 -0.286	0.283 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.393 0.299 0.286	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.306 0.604 0.683 0.601 0.632	一覧表 降伏順序 2 1 5 6 4 3
P3下端 C)] (P1→P3) P1上端 P2上端 P3上端 P3上端 P3下端	2.824 YPE」 降伏時朝 (s) 6.546 6.536 6.674 5.958 5.920 5.888	▲ 4.819	-0283 2入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.206 0.151 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.393 0.299 0.286	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.306 0.604 0.603 0.601 0.632	一覧表 降伏順序 2 5 6 4 3
P3下道 P3下道 C)] P1→P3) P1上道 P2下道 P3上道 P3下道	2.824 「YPE」 除伏時刻 6.546 6.536 6.674 5.920 5.988 第代時刻	▲ 4.819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 6.692 5.892 6.198 - 上部応答 加速度	-0283 -02入力 動的解表 上部構造 応答复位 (m) 0206 0151 0359 -0393 -0299 -0286 上部構造 広答変位 広答変位 (m)	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.299 0.286 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.299	0492 順序- 換算震度 0407 0306 0604 0603 0601 0632	・
P3下選 P3下選 C)] P1上選 P1下選 P2上選 P3下選 P3下選 () P1←P3)	2.824 「YPE」 降伏時刻 (s) 6.546 6.674 5.958 5.920 5.888 降伏時刻 (s)	I → II →	-0283 -0203 -0205 -0393 -0393 -0299 -0295 -0393 -0299 -0286 上部構造 広答委位 (m)	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.299 0.286 上部構造 変位絶対慮 (m)	0492 順序- 換算震度 0407 0306 0604 0601 0632 換算震度	- 覧え 降伏順序 2 1 5 6 4 3 降伏順序
P3下道 P3下道 C)] P1-F3 P1-F3 P2-F道 P3-F道 (P1←P3) P1-F道	2.824 YPE] 除伏時刻 (s) 6.546 6.538 6.674 5.958 5.920 5.888 降伏時刻 (s) 5.910	Ⅰ 4.819 Ⅰ - Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -5.916 6.692 5.892 6.198 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.388	-0283 -0283 -0285 -2入力 -0386 -0393 -0395 -0	0283 時降伏 <u>上部構造</u> <u>g位絶対値</u> <u>0.206</u> 0.359 0.359 0.239 0.238 上部構造 <u>g位絶対値</u> <u>(m)</u> 0.197	0.492 順序- 換算震度 0.407 0.504 0.604 0.603 0.601 0.632 換算震度 0.346	・ 覧 建 で し し し し し し し し し し し し し
P3下進 P3下進 C)] P1上進 P2下進 P3下進 P3下進 P3下進 P3下進 P3下進 P3下進	2.824 YPE] 降伏時刻 6.546 6.546 6.674 5.958 5.958 5.958 5.828 5.888 降伏時刻 (s) 5.910 5.910	【 4.819 【 一 Ⅱ 一 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -5.916 6.692 5.892 6.198 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.388 -2.488	-0.283 -0.283 -0.285 上部構造 応答変位 (m) 0.206 0.151 0.359 -0.393 -0.393 -0.286 上部構造 応答変位 (m) 0.197 0.140	0283 時降伏 <u>上部構造</u> <u>変位絶対値</u> <u>(m)</u> 0.206 0.151 0.359 0.299 0.286 <u>上部構造</u> <u>変位絶対値</u> (m) 0.197 0.140	0.492 順序- 0.306 0.604 0.633 0.632 0.632 換算置度 0.346 0.252	・ 覧 た 、 た 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、
P3下進 P3下進 C)] P1上端 P1下端 P2下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端 P3下端	2.824 YPE」 修伏時朝 (s) 6.536 6.536 5.595 5.920 5.888 降伏時刻 (s) 5.910 5.978 5.996	Ⅰ 4.819 Ⅰ - Ⅱ - Ⅰ - 上部応答 加速度 (m/ssc ²) -3.993 -5.916 6.692 6.198 上部応答 加速度 (m/ssc ²) -3.983 -3.983 -3.983 -3.983 -3.983 -3.983 -3.983 -3.983 -3.985 -3.993 -5.916 -5.921 -5.921 -3.985 -3.993 -5.916 -5.926 -3.993 -5.916 -5.926 -3.993 -5.916 -5.926 -5.926 -5.926 -3.988 -3.988 -3.988 -3.988 -3.993 -5.916 -5.926 -3.9388 -3.93888 -3.93888 -3.9388 -3.93888 -3.9388 -3.938	-0283 -0283 -0285 -2入力 -0385 -0399 -0299 -0286 上部構造 応答変位 (m) -0299 -0286 上部構造 応答素文位 -0399 -0286 上部構造 応答素文位 -0399 -0286 -0399 -0286	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.151 0.359 0.299 0.286 上部構造 変位絶対値 (m) 0.197 0.140 0.361	0.492 順序- 換算置度 0.407 0.306 0.683 0.683 0.691 0.683 0.691 0.683 0.691 0.683 0.691 0.683 0.695 0.69	・ 覧まる 降伏順序 2 1 5 6 4 3 降伏順序 2 1 5
P3下選 P3下選 C)] P1上選 P1下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選 P3下選	2.824 YPE] 降伏時刻 (s) 6.536 6.536 6.536 6.536 5.920 5.888 降伏時刻 (s) 5.810 5.878 5.910 5.878 5.956	【 4.819	-0283 -0283 -0285 -0393 -0393 -0299 -0286 上部構造 応答変位 (m) -0299 -0286 上部構造 応答変位 (m) 0.197 0.140 0.314	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.206 0.359 0.359 0.239 0.239 0.236 上部構造 変位絶対値 (m) 0.197 0.140 0.361 0.414	0.492 順序- 0.306 0.604 0.603 0.603 0.632 換算實度 0.346 0.252 0.563 0.695	- 覧表 降伏順序 2 1 5 6 4 3 降伏順序 2 1 5 6
P3下送 P3下送 C)] P1-P3 P1-F3 P2-F3 P3-F3 (P1-P3) P1-F3 P3-F3 (P1-P3) P1-F3 P2-F3 (P1-P3) P1-F3 P3-F3 (P1-P3) P1-F3 P3-F3 (P1-P3) (P1-P3) (P1	2.824 YPE」 第代時刻 (s) 6.536 6.536 6.536 6.535 5.958 5.958 5.988 (s) 5.888 降伏時刻 (s) 5.910 5.878 5.970 6.658	▲4.819 Ⅱ - Ⅲ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.993 -2.998 -3.993 -5.916 6.692 5.892 6.198 上部応答 (m/sec ²) -3.388 -3.965 -3.933 -3.938 -3.938 -3.938 -3.985 -3.938 -5.521 -5.521 -5.519 -5.519 -5.519 -5.521 -5.519 -5.511 -5.714 -5	-0.283 -0.283 -0.295 -0.393 -0.393 -0.393 -0.299 -0.296 上部構造 応答賽位 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 広答賽位 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 広答賽位 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) 0.359 -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) -0.393 -0.299 -0.286 上部構造 (m) -0.365 (m) -0.393 -0.299 -0.286 -0.385 (m) -0.365 (m) -0.393 -0.299 -0.286 (m) -0.365 (m) -0.365 (m) -0.393 -0.299 -0.286 (m) -0.365 (m) -0.365 (m) -0.393 -0.296 (m) -0.365 (m) -0.365 (m) -0.395 (m) -0.365 (m) -0.355 (m) -0.355 (m) -0.355 (m) -0.355 (m) -0.355 (m) -0.355 (m) -0.355	0283 時降伏 上部構造 変位絶対値 <u>(m)</u> 0.206 0.151 0.359 0.299 0.286 生都構造 変位絶対値 (m) 0.197 0.140 0.361 0.414 0.298	0.492 換算震度 0.407 0.306 0.601 0.632 換算震度 0.346 0.252 0.553 0.585	覧式

(b) TYPEI-I-1入力時降伏順序一覧表

			動的解析	t		
		上部応答	上部構造	上部構造		
(P1→P3)	降伏時刻	加速度	広答変位	变位絶对值	換算業度	發伏續序
	(s)	(m/sec ²)	(m)	(m)	~~~~	
P1上端	6 060	-3.569	0.197	0,197	0.364	2
P1下端	7 4 3 2	-1.928	0.114	0114	0.197	1
P2上端	6.122	-5.939	0.369	0.369	0.606	5
P2下提	6146	-5.850	0.368	0.368	0 597	6
P3 上端	6 768	5 4 9 2	-0.311	0.311	0.560	4
P3下端	6 774	4813	-0.274	0.274	0 491	3
		上部応答	上部構造	ト部構造		
(D1 (降伏時到	加速度	正等变位	查 位絶対値	地管雷度	移伏通路
(11110)	(s)	(m/sec)	(m)	(m)	10 7 444	
D1 ト 5분	6 900	-2 116	0.197	0197	0.318	2
	6 660	-2 921	0.154	0.154	0.298	1
<u> </u>	6 142	5.056	-0.259	0.154	0.609	6
	6 1 3 2	5 002	-0.359	0.359	0.603	5
F2 月 34	6.090	5 100	-0.304	0.333	0.520	L Å
	0.000	4.007	0.304	0.304	0.425	-
		7.4.9/	1 0.200		L., U. TUU	<u> </u>
d) T	YPEI	- II -	3入力	時降伏	順序-	·覧表
d) T	YPEI	- II -	3入力	時降伏	順序-	-覧表
T (b	YPE II	上部応答	3入力 動的解析 上部構造	時降伏)	順序-	-覧表
d) T (P1->P3)	YPE II 降伏時刻	→ Ⅱ - 上部応答 加速度	3入力 動的解析 上部構造 応答变位	時降伏	順序- 換算畫度	- 覧表
d) T (P1→P3)	YPE II 降伏時刻	- Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²)	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m)	時降伏	順序	- 覧表 ^{降伏順序}
d) T (P1→P3) P1上端	YPE II 降伏時刻 (s) 6.052	上部応答 加速度 (m/sec ³) -3.448	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0,199	時降伏 止部構造 変位絶対値 (m) 0.199	順序- 換算量度 0.352	►覧表 ^{降伏順序}
」) (P1→P3) P1上道 P1下道	YPE I 降伏時刻 (s) 6.052 6.038	- Ⅲ - 上部応答 加速度 (m/sec ³) -3.448 -2.841	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148	時降伏 止部構造 亥位絶対値 (m) 0.199 0.148	順序- 換算量度 0.352 0.290	
」) T (P1→P3) P1上端 P1下端 P2上端	YPE II 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426	- Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387	時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387	順序- 換算量度 0.352 0.290 0.676	- 覧表 降伏順序 - 1 - 1
) T (P1->P3) P1上端 P1下端 P2上端 P2下端	YPE I 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.382	- Ⅱ - 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756	3入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.375	 	順序- 換算量度 0.352 0.290 0.676 0.689	- 覧表 降伏順序 2 1 5
d) T (P1→P3) P1上端 P2上端 P2工端 P3上端	YPE I 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.382 5.420	上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.29 6.756 4.607	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.375 -0.267	時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.375 0.267	順序- 換算量度 0.352 0.676 0.689 0.470	- 覧表 降伏順序 2 1 6 5 4
) T (P1→P3) P1上端 P2上端 P2上端 P3上端 P3下端 	YPE I 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.382 5.420 5.398	→ II → 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.375 -0.267 -0.265	時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.375 0.267 0.265	順序- 換算量度 0.352 0.676 0.689 0.470 0.526	-覧表 降伏順序 2
d) T (P1→P3) P1上端 P1下端 P2上端 P3上端 P3上端	YPE I 降伏時刻 (s) 6052 6038 5.426 5.382 5.420 5.398	ーⅡ- 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.375 -0.267 -0.265	時降伏 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.387 0.267 0.265	順序- 換算量度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526	覧表 降伏順序 2 1 5 4 3
d) T (P1→P3) P1上端 P1上端 P2上端 P2下端 P3上端 P3下端	YPE I 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.382 5.420 5.398	上部応客 加速度 (m/sec ²) -3.448 -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部応客	3入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.267 -0.265 -0.265	時降伏 上部構造 호位絶対値 の199 0.199 0.148 0.387 0.267 0.265 上部構造	順序- 換算震度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526	- 覧表 降伏順序 2
 ナ) T (P1→P3) P1上道 P2上道 P3工道 P3丁道 (P1←P3) 	YPE II 降伏時刻 (s) 6.038 5.420 5.382 5.398 降伏時刻	ー Ⅱ ー 上部応答 加速度 (m/sec ³) -3.448 -2.841 -6.629 -6.756 -6.756 -6.757 -5.152 上部応答 加速度	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.375 -0.267 -0.265 上部構造 応答変位 していたいであります。 上部構造 になる変位 していたいであります。 上部構造 になる変位 していたいでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのであります。 したのでありたいであります。 したのでありたいであります。 したのでする。 したのであります。 したのでする。 したのであります。 したのであります。 したのであります。 したのであります。 したのであります。 したのであります。 したのであります。 したのでする。 したのであります。 したのでする。 したのであります。 したのであります。 したのでする。 したのです。 したのでする。 したのでする。 したのでする。 したのでする。 したの	時降伏, 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.375 0.265 上部構造 変位絶対値	順序- 換算重度 0.352 0.690 0.689 0.470 0.526	- 覧表 降伏順序 2 1 5 4 3 路伏順序
 J) T P1上端 P1上端 P2上端 P3上端 P3下端 (P1←P3) 	YPE II 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.382 5.382 5.398 降伏時刻 (s)	ー Ⅱ ー 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3448 -3448 -6629 6.756 4.607 5.152 上部応答 加速度 (m/sec ²)	3入力 動的解析 上部構造 応答变位 (m) 0.148 -0.387 -0.265 -0.265 -0.265 (m)	時降伏 上 ^{部構造} 変位絶対値 0.199 0.148 0.375 0.267 0.265 上部構造 変位絶対値 (m)	順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526 换算置度	- 覧表 降伏順序 2 1 5 4 3 路伏順序
 」」」」」」 」 」	YPE II 降伏時刻 (s) 6.052 6.038 5.426 5.385 5.420 5.398 降伏時刻 (s) 5.320	ー Ⅱ ー 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.040	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.267 -0.265 上部構造 広答変位 (加) 0.265 上部構造 たる変更 (加) 0.205	時降伏 上部構造 変位絶対 0.199 0.199 0.198 0.387 0.265 上部構造 変位絶対 0.265 上部構造 (m) 0.265	順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.470 0.526 換算置度 0.310	- 覧表 降伏順序 2 <u>5</u> 4 3 降伏順序
) T (P1→P3) P1上道 P2下道 P3上道 P3丁道 (P1←P3) (P1←P3) P1工道 	YPE II 降伏時刻 (s) 6052 6038 5426 5382 5420 5398 降伏時刻 (s) 5320 5320	- Ⅱ - 上部応客 加速度 (m/sec ²) -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部応客客 加速度 (m/sec ²) -3.040 -2.625	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.149 0.149 0.149 0.387 -0.265 -0.265 -0.265 -0.265 上部構造 応答変位 (m) 0.203 0.143 0.143	時降伏, 上部構造 変位絶対 0.199 0.148 0.387 0.267 0.265 - 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148	順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.676 0.470 0.526 換算置度 0.310 0.268	- 覧表 降伏順序 2 1 6 5 4 3 降伏順序 2 1
」) T (PI→P3) P1上端 P1上端 P2上端 P3上端 P3下端 (PI←P3) P1上端 P1上端 P1上端 P1上端	YPE II 降伏時刻 (s) 6 052 6 052 5 382 5 420 5 398 降伏時刻 (s) 5 320 5 320 5 320 5 320	- Ⅱ - 上部床客 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部床客 加速度 ² (m/sec ²) -3.040 -2.625 -6.274	3入力 動的解析 上部構造 応答变位 (0.199 0.148 -0.375 -0.267 -0.265 -0.265 上部構造 広答变位 (m) 0.203 0.148 (m) 0.203 0.148 0.382	時降伏, 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.375 0.265 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148 0.382	順序- 換算震度 0.352 0.290 0.668 0.470 0.526 換算震度 0.310 0.268 0.640	覧表 降伏順序 2 1 6 5 4 3 降伏順序 2 1 5
 」」」」」」」」」 」」」」」 」」」 」」 」」」 」」」 」」 」」<td>YPE II 降伏時刻 (s) 6052 5426 5382 5426 5398 降伏時刻 (s) 5398 降伏時刻 (s) 5398 5422 5398</td><td>ー Ⅱ ー 上部応答 加速度 (m/sec²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部応答 加速度 (m/sec²) -3.152 上部応答 2.625 -3.244 -2.625 -6.052</td><td>3入力 動的解析 上部構造 広答安位 (m) 0.199 0.148 -0.3375 -0.265 -0.265 -0.265 に答素位 (m) 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.203 0.265 0.203 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203</td><td>時降伏, 上部構造 変位絶対 0.199 0.148 0.387 0.265 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148 0.382 0.382 0.384</td><td>順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526</td><td>た 時 大 順 作 、 単 大 順 序 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・</td>	YPE II 降伏時刻 (s) 6052 5426 5382 5426 5398 降伏時刻 (s) 5398 降伏時刻 (s) 5398 5422 5398	ー Ⅱ ー 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.448 -2.841 6.629 6.756 4.607 5.152 上部応答 加速度 (m/sec ²) -3.152 上部応答 2.625 -3.244 -2.625 -6.052	3入力 動的解析 上部構造 広答安位 (m) 0.199 0.148 -0.3375 -0.265 -0.265 -0.265 に答素位 (m) 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.203 0.265 0.203 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203 0.265 0.203	時降伏, 上部構造 変位絶対 0.199 0.148 0.387 0.265 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148 0.382 0.382 0.384	順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526 0.526	た 時 大 順 作 、 単 大 順 序 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・
 (PI→P3) P1上端 P2下端端 P3上端 P3上端 (PI←P3) P1下端端 (PI←P3) P1下端端 P2下端端 P2上端端 P3上端端 	YPE II 降伏時刻 (s) 6052 6038 5426 5382 5382 5398 降伏時刻 (s) 5320 5302 5302 5420 5302 5424	- Ⅱ - 上部応答 加速度 -3.448 -2.841 -6.629 6.756 4.607 5.152 上部応答 (m/sec) -3.040 -2.625 -6.274 -6.622 -4.278	3入力 動的解析 上部構造 応答変位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.267 -0.267 -0.267 -0.267 -0.267 -0.267 -0.267 -0.267 -0.287 -0.384 0.384 0.384	時降伏、 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.265 し265 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148 0.382 0.384 0.336	順序- 換算重度 0.352 0.676 0.676 0.676 0.676 0.689 0.470 0.526 換算重度 0.310 0.268 0.270 0.276 0.2	時代順序 2 1 6 5 4 3 1 時代順序 2 1 5 6 3
d) T (PI-+P3) P1-F3 P2-F3 P2-F3 P3-F3 P3-F3 (PI←P3) P1-F3 P1-F3 P1-F3 P1-F3 P1-F3 P1-F3 P1-F3 P3-F		上 部 応 答 加 速度 (m/sec ²) -3448 -2848 -2848 -2848 -2848 -2848 -3848 -2848 -3848 -2848 -3848 -2848 -3848 -2859 -3040 -2825 -3040 -2825 -6274 -6062 -4278 -4281	3入力 動的解析 上部構造 応答度位 (m) 0.199 0.148 -0.387 -0.265 上部構造 応答度位 (m) 0.265 上部構造 応答度位 0.203 0.148 0.336 0.384 0.336	時降伏, 上部構造 変位絶対値 (m) 0.199 0.148 0.387 0.375 0.265 上部構造 変位絶対値 (m) 0.203 0.148 0.203 0.148 0.382 0.384 0.386 0.268	順序- 換算置度 0.352 0.290 0.676 0.689 0.470 0.526 0.470 0.526 0.310 0.268 0.619 0.619 0.437	覧表 降伏順序 2 1 5 4 3 降伏順序 2 5 6 3 4

-1397 -

一致する。さらにP2橋脚における上部構造応答変 位に差異が認められる部分も存在するが,これ は連続ラーメン橋の橋梁全体系が非線形モード で振動する影響と考えられる。従って上部構造 応答変位は,静的解析による上部構造水平変位 とほぼ近い値を示すことが確認できる。換算震 度における差異については,橋梁全体系の慣性 力は橋脚躯体にも作用しているため,本検討で は上部構造に作用する慣性力のみを考慮したた めと考えられる。

4. まとめ

本稿では不等橋脚高を有する連続ラーメン橋 を対象に,静的解析と動的解析における結果の 相違点に着目し,橋軸方向について比較検討を 行った。その結果として本解析モデルの連続 ラーメン橋では,以下の点が解析的に確認でき た。

- ・動的解析結果では,共振正弦波と標準波の上 部構造応答変位は同様の傾向を示し,交番載荷 状態では入力方向に依存しない傾向が認められ た。
- ・橋脚高さが低いため最初に水平力が集中し, かつ損傷進展の起点となるPI橋脚から降伏状態 に達した。
- ・静的解析と動的解析の比較結果では、静的解析の塑性ヒンジが発生する順序と動的解析の時刻歴による塑性ヒンジが発生する順序がほぼ一致し、各橋脚の降伏時における上部構造変位もほぼ一致した。

今後は、不等橋脚高を有する連続ラーメン橋 を対象に、損傷進展に関するメカニズムに関し て、レベル2地震動に対する各橋脚の塑性ヒン ジ部が負担する水平力を明確にする必要があ る。また塑性ヒンジ部が降伏状態に至った後、 橋梁全体系での終局状態も明確にする必要があ る。

参考文献

 1)日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐 震設計編,1996.12

 2)日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐 震設計編,2002.3

3)日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する



図-8 P1→P3方向入力時



図-9 P1←P3方向入力時



図-10 P1⇔P3方向入力時

資料, 1998.1

4) 御園生,小倉,土田,永井,佐々木:不等 の高橋脚を有するコンクリートラーメン橋の耐 震設計に関する検討,第2回地震時保有耐力法に 基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講 演論文集,pp.121-128,1998.12,