学生氏名 柳澤 幸紀

指導教員 吉川 弘道

1. はじめに

都心部では既存道路の上方空間利用目的としたラーメン橋脚が多く用いられている.しかし,過去に発生した地震では鉄筋コンクリート(以下 RC)ラーメン橋脚は特に柱基部,頂部において甚大な被害を受けた.そこで本研究は,入力地震動の最大地盤加速度(以下 P.G.A)をパラメータとして地震時応答解析を行い,RC ラーメン橋脚の力学特性について検証した.

2. 解析概要

対象構造物は社団法人日本道路協会発行「道路橋の耐震 設計に関する資料」¹⁾において一般的な橋脚として取り上げら れているラーメン橋脚(図 1)を用いた.柱は断面幅 2.0m×奥 行き 2.7m の矩形断面を有する高さ 8.5m の RC 構造である. 対象構造物を橋軸直交方向に多質点多要素系にモデル化 した(図2).隅角部には道路橋示方書の規定に従い剛域を設 けた.また,上部構造による慣性力を考慮するために梁部に 剛部材を慣性力作用位置まで設けた.構造物の非線形特性 を表す復元力モデルは図3に示すTri-Linear型武田モデルを 用いた.表1に橋脚諸元を示す.

DYNA2E を用いて静的プッシュオーバー解析と常時状態 を考慮した動的プッシュオーバー解析を行った.静的プッシュ オーバー解析は上部工慣性力作用位置に強制変位を与えた. 動的プッシュオーバー解析の入力地震動は内陸直下型の短 周期地震動である,兵庫県南部地震(JMA KOBE-NS)(図4) の P.G.A を 100*Gal* ~1000*Gal* まで 100*Gal* 刻みに振幅調整し たものを用いた. 表1 橋脚諸元

		断面積A(m ²)	断面二次 モーメントI(m ⁴)	ヤング率 E(kN/m ²)	単位体積重量 _c (kN/m ³)
フーチング部	剛域	999	999	2.60E+07	
柱部	一般部	5.4	1.8	2.60E+07	
	剛域	999	999	2.60E+07	24
梁部	張り出し部	5.4	3.28	2.60E+07	24
	中間部	5.4	3.28	2.60E+07	
	剛域	999	999	2.60E+07	

3. 解析結果

図 5 は静的プッシュオーバー解析より強制変位を与えた天端部における P- 関係である.理論式による弾性解を付記する²⁾.P- 曲線の曲げひび割れ点と理論式による弾性解の間に相違が生じるのは,理論式では梁部材を剛として算出しているためと考えられる.解析対象としたRCラーメン橋脚の柱頂部と基部の破壊形式はせん断破壊先行型である.

Key Words:RC ラーメン橋脚, プッシュオーバー解析, 応答塑性率, せん断耐力比



動的プッシュオーバー解析により算出した応答塑性率と入力加 速度の関係を図 6 に示す.なお,弾性域における力学特性も付 記する.非線形において入力加速度100Galでは,応答塑性率は 線形とほぼ同値であるが,入力地震動の増加に伴い傾きは大きく なり,曲げ降伏後には線形との応答塑性率の差は顕著に表れる. これは,非線形では曲げ損傷の進展に伴い剛性低下が生じ,最 大応答曲率も増加するためと考えられる.また,基部における曲 げ降伏が頂部と比較して過小な入力加速度で発生している.これ は基部における最大応答曲率が頂部に比べて降伏曲率を早期 に上回るためと考えられる.

図7にせん断耐力比と入力加速度の関係を示す.せん断耐力 比の算定に用いたせん断耐力値はコンクリート標準示方書³⁾規定 のせん断耐力式に従い算出した.ただし,軸力を一定⁴⁾としている. なお,せん断耐力比は最大せん断力をせん断耐力で除したもの である.非線形では P.G.A=100*Gal* 以降,線形に比べてせん断耐 力比の傾きが過小となっている.これは,剛性低下に伴い応答が 鈍くなり,最大せん断力が線形に比べて小さくなるためと考えられ 3.また,入力加速度の増加に伴い頂部と比べて基部でせん断 破壊が先行して発生する.これは,基部でのせん断耐力比が頂 砂壊以降に傾きが小さくなるためと考えられる.柱基部がせん断 な壊、以降に傾きが小さくなるのに対して,頂部ではせん断破壊前 に低きが小さくなる.これは基部が頂部に先行してせん断破壊す ることにより剛性低下が生じ,頂部における最大せん断力の増加 ^{0.0} 率が基部せん断破壊前に比べて減少するためと考えられる.

各入力加速度における損傷過程を表 2 に示す.なお,破壊形 式は部材レベルではなくラーメン橋脚全体として判定したものであ る.各入力加速度におけるRCラーメン橋脚の破壊形式は100*Gal* では曲げひび割れ,500*Gal*では曲げ降伏,812*Gal*,1000*Gal*で は共にせん断破壊となる.このことより,動的プッシュオーバー解 析では曲げ降伏先行の破壊形式であると考えられる.

4. まとめ

RC ラーメン橋脚を対象にプッシュオーバー解析を行い,力学特性を検証した結果,以下の知見が得られた.

·プッシュオーバー解析より, RCラーメン橋脚は, 静的ではせん断



・短周期地震動を用いた動的プッシュオーバー解析においては,柱基部,頂部の順に損傷が発生すると考えられる. <参考文献>

- 1) 道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料,社団法人日本道路協会,平成9年4月18日初版・第2刷発行
- 2) 土木学会: 構造力学公式集, 社団法人土木学会, 平成9年4月28日第2版·第7刷発行
- 3) 土木学会:コンクリート標準示方書[構造性能照査編],社団法人土木学会,平成8年3月・第1刷発行
- 4) 土木学会: 2003 年に発生した地震によるコンクリート構造物の被害分析, 社団法人土木学会, 平成 16 年 11 月 18 日第 1 版・第 1 刷発行



値	(×10 ⁻³ 1/m)	0.2	0.2	0.16	0.14	(×10 ⁻³ 1/m)	1.96	2.15	1.47	1.51
発生時刻(秒)	せん断破壊	-	•	•	•	せん断破壊	•	•		•
	曲げひび割れ	5.250	5.250	5.574	5.572	曲げひび割れ	2.080	2.08	3.096	3.094
	曲げ降伏	-	-	-	-	曲げ降伏	8.006	8.208	-	-
	破壊形式	曲げひび割れ			破壊形式	曲げ降伏				
最大値	P.G.A=812(Gal)	基部 〕 頂		部	P.G.A=1000(Gal)	基部		頂部		
		左柱	右柱	左柱	右柱	F.G.A=1000(Gal)	左柱	右柱	左柱	右柱
	せん断力(MN)	5.55	5.64	5.08	5.10	せん断力(MN)	5.94	6.03	5.41	5.44
	応答曲率 (×10 ⁻³ 1/m)	10.4	10.5	2.72	4.12	応答曲率 (×10 ⁻³ 1/m)	15.0	15.2	6.74	8.61
発生時刻(秒)	せん断破壊	5.272	4.612	5.522	5.498	せん断破壊	4.592	4.590	5.506	5.504
	曲げひび割れ	0.636	1.008	2.062	2.062	曲げひび割れ	0.594	0.594	0.640	1.008
	曲げ降伏	4.616	4.614	5.542	5.504	曲げ降伏	4.594	4.592	5.512	5.504
						H / B	7 7 49 1 25			