

I - B358

SUダンパーを用いた連続PC箱桁橋における兵庫県南部地震レベルの地震時挙動特性

首都高速道路公団 正会員 御嶽 譲
 深井 元樹
 久保田 強

1. はじめに

本橋梁は、首都高速6号三郷線にある都市内高架橋で、伸縮装置から生じる騒音と振動の低減及び地震力の分散と温度応力の解放のためにSUダンパーを有する9径間連続PC箱桁橋として昭和55年に設計、昭和59年に施工された橋梁である。設計当初は、地震に対して各部材は弾性領域の剛な部材として使用状態に耐えられるよう設計されており塑性変形を考慮した終局的な照査は行われていなかった。平成7年に発生した兵庫県南部地震を機に設けられた復旧仕様の思想に基づき、本橋梁に対し塑性域での解析を行い今回の地震と同レベルの地震に対しての挙動特性を把握し耐震性の照査を行うものである。

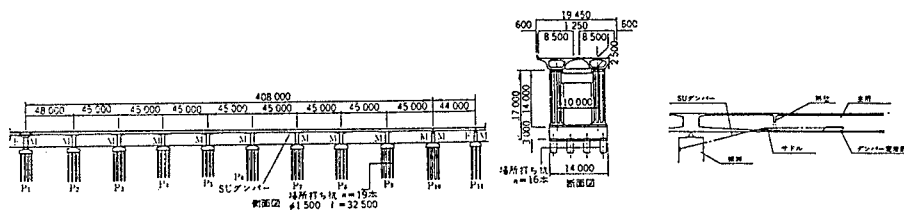


図-1 全体一般図

図-2 SUダンパー構造図

2. モデル及び使用地震波

今回の地震時の挙動については、支承部の構造（SUダンパー）及びRC橋脚を考慮し材料非線形時刻歴応答解析を行った。全体骨組モデルによる解析モデルとして、脚柱部のモデル化は鉄筋コンクリートの曲げによる非線形時刻歴特性と繰り返し載荷による剛性低下を考慮できる武田モデルを用いた。解析に用いるひび割れ時の M_c 、 ϕ_c 、降伏時の M_y 、 ϕ_y 、終局時の M_u 、 ϕ_u の値は簡便法での解析時に求まる各断面固有の値を用いることとした。

支承部のモデルは、可動支承部とSUダンパー部の2モデルとし可動支承（P1, P10）は、密閉ゴム支承板支承（BP-B支承）の可動支承でありフッ素樹脂による摩擦抵抗力 F （摩擦係数0.10）が作用する。この値は支承の相対変位、相対速度には関係なく一定であるのでクーロン摩擦のモデルとして扱うこととした。SUダンパー（P2~P9）のモデル化は、密閉ゴム支承板支承（BP-B支承）の可動支承の特性とダンパー材の線形特性をあわせたモデルとして扱うこととした。（図-3参照）

また、使用地震波については、復旧仕様により皿種地盤東神戸大橋の記録を用いた。

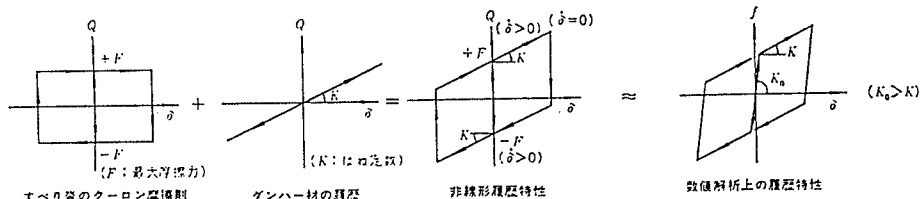


図-3 SUダンパーの振動特性

キーワード 動的解析、PC箱桁橋、SUダンパー

連絡先 ㊟104 東京都中央区八丁堀2-14-4 TEL03-3553-1231 FAX03-3297-0389

3. 解析結果

解析結果から、SUダンパー変位-張力履歴図を示す。(図-4参照) この応答波形の中でほとんど垂直に近い線であらわれて、急激にバネ反力が変化している部分は沓の摩擦抵抗が効いていると考えられる。

また、ケーブルダンパーの復旧仕様レベルの地震における挙動特性について解析を行った。(図-5参照) 時刻歴応答解析の結果、ケーブルに作用する引張力は引張強さ δpu の8.4%以下であるのでケーブルは弾性変形内で挙動することがわかった。

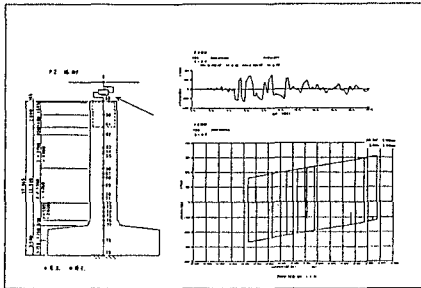


図-4 SUダンパー変位-引力履歴図

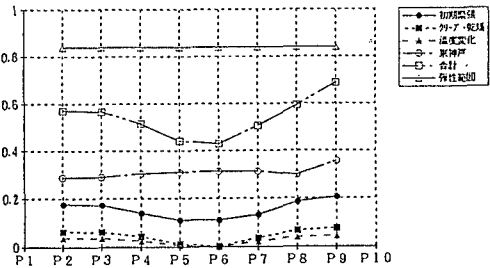


図-5 ダンパー材の非線形挙動の応力特性比較図

また、橋脚柱の耐力照査の結果は表-1に示す通りとなった。P1を除く他の橋脚はOKとなった。ここで、比較の意味で沓の摩擦係数 $\mu = 0$ の場合についても解析を行い橋脚の耐震性の照査を行った。結果を表-2に示す。

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
上部構造の慣性力作用位置における加速度応答(cm/sec ²)		436	441	439	433	431	431	427	425	425	423
橋脚天端の変位(cm)	解析値①	6.3	4.8	4.9	5.3	5.7	5.8	5.3	5.0	4.2	5.3
	許容値②	4.2	14.6	13.2	12.9	12.8	12.8	12.3	11.7	11.0	9.7
	許容率③	1.000	2.904	3.665	3.653	3.658	3.061	3.062	3.100	2.927	2.744
	照査④/⑤	200.6671	3.042	2.694	2.434	2.246	2.207	2.221	2.340	2.619	1.830
柱基部	曲げモーメント	20606.0	12411.0	12414.0	12793.0	13051.0	13130.0	12997.0	12019.0	12851.0	13015.0
	作用高さh	15.700	14.465	13.575	13.435	13.405	13.370	13.130	12.710	12.635	12.838
	解析値①	1312.5	858.0	914.5	892.2	971.6	982.0	989.9	941.2	1020.5	780.4
	許容値②	1346.1	1139.6	1128.2	1143.8	1145.3	1147.9	1170.3	1195.4	1258.0	865.3
柱中間部	せん断力(kN)	1.026	1.328	1.234	1.201	1.176	1.169	1.182	1.270	1.231	1.109
	解析値①	1425.7	950.5	1009.7	1047.8	1063.9	1069.2	1079.3	1022.3	1109.9	866.2
	許容値②	1318.4	1438.1	1438.1	1438.1	1438.1	1438.1	1438.1	1438.1	1438.1	1625.4
	照査④/⑤	22.029258	1.513	1.498	1.392	1.353	1.345	1.332	1.407	1.256	1.876
基礎形	せん断力(kN)	1371.4	917.4	971.8	1009.8	1029.3	1037.4	1044.9	990.9	1078.6	817.8
	解析値①	1092.7	1124.4	1124.4	1124.4	1124.4	1124.4	1124.4	1124.4	1124.4	1307.4
	許容値②	1318.4	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1625.3
	照査④/⑤	25.07971	1.226	1.157	1.113	1.092	1.084	1.076	1.135	1.047	1.599
基礎形	基礎水平耐力	1493.538	1277.234	1265.564	1282.714	1284.498	1284.436	1312.370	1341.338	1404.746	863.514
	せん断耐力	1318.415	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1625.350
	基礎形照査判定	27.08先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行
	基礎形照査判定	27.08先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行

表-1 動的解析より求められた最大応答値と照査結果 ($\mu = 0.1$)

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
上部構造の慣性力作用位置における加速度応答(cm/sec ²)		536	535	536	536	537	538	537	537	537	537
橋脚天端の変位(cm)	解析値①	3.9	4.6	13.2	17.7	22.7	24.4	19.0	14.6	9.0	0.1
	許容値②	4.2	14.6	13.2	12.9	12.8	12.8	12.3	11.7	11.0	9.7
	許容率③	1.000	2.904	3.665	3.653	3.658	3.061	3.062	3.100	2.927	2.744
	照査④/⑤	1.068	1.703	28.0957	29.0728	29.0685	1.0524	1.0649	1.0800	1.386	22.225
柱基部	曲げモーメント	18013.1	14763.0	15935.0	17329.0	18793.0	19312.0	17975.0	16707.0	14976.0	3187.9
	作用高さh	15.700	14.465	13.575	13.435	13.405	13.370	13.130	12.710	12.635	12.838
	解析値①	1147.3	1020.0	1132.8	1299.8	1401.9	1444.4	1269.0	1308.3	1185.3	248.3
	許容値②	1346.1	1139.6	1128.2	1143.8	1145.3	1147.9	1170.3	1195.4	1256.0	865.3
柱中間部	せん断力(kN)	1.173	1.117	0.981	0.887	0.812	0.795	0.853	0.934	1.060	3.485
	解析値①	1319.5	1142.9	1336.3	1463.5	1590.0	1633.3	1552.9	1481.4	1323.9	336.6
	許容値②	1318.4	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1625.0
	照査④/⑤	2.0999	1.258	1.076	1.0983	1.0994	1.0880	1.0926	1.0711	1.087	4.828
基礎形	せん断力(kN)	1099.0	1115.6	1313.8	1442.3	1567.0	1610.9	1509.6	1458.8	1294.2	300.5
	解析値①	1020.3	1115.6	1313.8	1442.3	1567.0	1610.9	1509.6	1458.8	1294.2	300.5
	許容値②	1318.4	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1438.0	1625.3
	照査④/⑤	15.0274	1.004	0.956	0.9780	0.9780	0.9694	0.9735	0.9712	0.9688	4.351
基礎形	基礎水平耐力	1427.688	1277.234	1265.564	1282.714	1284.498	1284.436	1312.370	1341.338	1404.746	863.514
	せん断耐力	1318.415	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1438.052	1625.350
	基礎形照査判定	27.08先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行
	基礎形照査判定	27.08先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行	曲げ先行

表-2 動的解析より求められた最大応答値と照査結果 ($\mu = 0.0$)

4. 考察

当初設計時に反力分散の意味でゴム支承形式も検討されており、 $\mu = 0$ の場合の結果がそれに当たると考えられ、このときの橋脚の照査結果表-2を表-1と比較するとSUダンパーの有効性が示されたと考えられる。また、今回の地震レベルではダンパー材の応力度レベルが懸念されたが弾性域内に収まる結果となった。これはすべり沓における摩擦抵抗により初期の水平力は脚に伝える結果となり、摩擦を越えた水平力のみがダンパーに働く結果で応力度としては、それほど発生しなかった。

以上の考察からSUダンパー構造は今回の地震に対しても有効に働くとの見解を得た。