

I-383

東神戸大橋の耐震（安全）設計

阪神高速道路公団 正員○関本 宏
 阪神高速道路公団 正員 北沢 正彦
 三菱、川重、石播、宮地、東骨、日橋、トビ・JV 正員 山上 哲示

1. まえがき

阪神高速道路公団湾岸線東神戸大橋は、図-1に示すように、中央支間485mのマルチケーブルタイプの長大斜張橋である。

構造上の特徴は、橋軸方向の地震力の分散を計ることを目的に、橋軸方向に全可動のオールフリー構造を採用している。

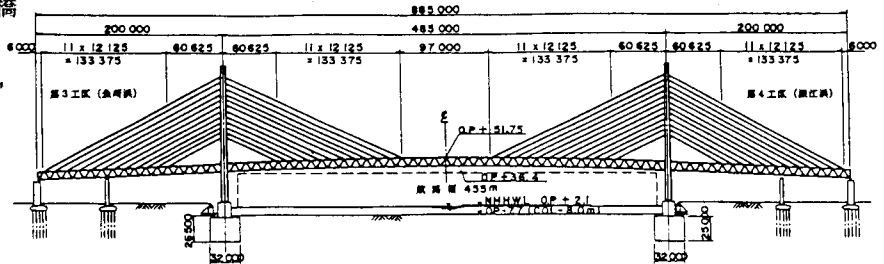


図-1 東神戸大橋一般図

本橋の橋軸方向の固有周期は4.4秒と長周期であり、このような長周期構造物の耐震設計に関しては、設計スペクトルを設定して、動的応答解析により本体の耐震解析を実施している。（図-2）

採用した設計スペクトルは、SMA C地震計の強震記録から長周期成分に含まれる誤差を修正し見直した結果、平均値に1σのパラッキを考慮したものに相当していると評価された。（図-3）

（京大防災研，土岐の研究）

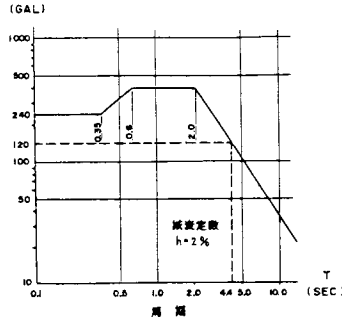
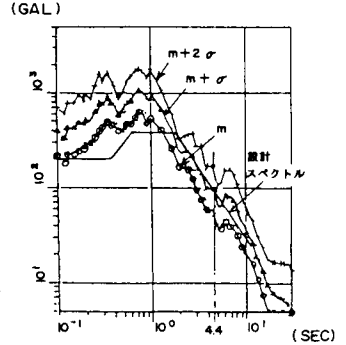


図-2 上部工設計用スペクトル



2. 耐震安全装置

以上のような耐震設計に加え、本橋の特徴であるオールフリー

構造を考慮して以下に示す耐震安全装置を考慮することとした。すなわち、図-3 加速度応答スペクトル

- ① 本格的な長周期構造物を建設するにあたり、設計地震以上の大地震の到来の可能性もあり、それに対して十分に安全なものにする必要がある。
- ② 主塔の変位は想定される大地震が作用した場合でも、設計荷重にて決定される限界変位量以下におさえる必要がある。
- ③ オールフリー系としての橋軸方向変位を制御するために、両桁端部に耐震ストッパー機能として耐震安全装置を設置する。
- ④ 耐震安全装置としては、本橋と端橋脚の間に配置されるバーン型揺動オイルダンパー（図-4）や、バネ形式のストッパーを考える。

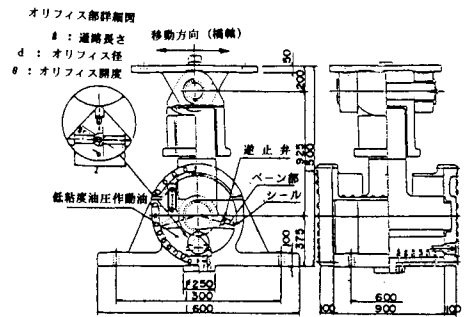


図-4 バーン型揺動オイルダンパー

置されるバーン型揺動オイルダンパー（図-4）や、バネ形式のストッパーを考える。

3. 耐震振動解析

本橋の耐震挙動のより正確な評価や、耐震安全装置の作用力等を評価するために、以下の耐震振動解析を実施した。

- ① 解析は本橋（主構と主塔）、両端橋脚と地震から成る3質点モデルに対して、時刻歴応答解析を実施した（図-5）。
- ② 使用する地震波は、伊豆半島沖地震（1974）の短周期成分と長周期成分を合成した波形を用いた。（図-7）
- ③ 加速度レベルは、設計スペクトルレベルとしての平均値+1 σ と、耐震安全装置設計用レベルとしての平均値+2 σ レベルを考えた。その値は、本橋の橋軸方向の固有周期位置において、それぞれのスペクトル値に合わせて波形を平行移動して与えた。
- ④ 合成地震波のスペクトルと設計のそれとはよく一致しており、合成波は、入力地震波として妥当である事を確認した。
- ⑤ オイルダンパーの減衰特性は、別途実験により減衰力が速度の2乗に比例する非線形特性として得られており（図-6）、ストッパーバネの非線形特性ともども、忠実にモデル化して解析した。

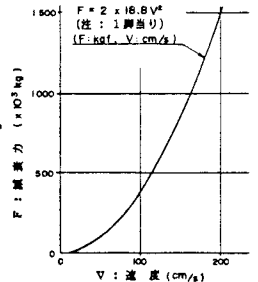
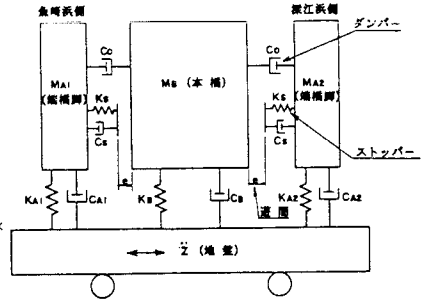


図-6 ダンパー減衰特性

4. 解析結果

応答解析結果の一例を図-7と表-1に示す。それをまとめると次のようになる。

- ① 設計スペクトルレベルでは、応答は60cm程度で、塔の限界変位に対し13cm程度の余裕を持っている。また、ダンパーを用いれば設計レベル（h=2%）に対し8割程度の応答に変化する。
- ② 耐震安全装置設計用レベルの地震に対しては、ダンパーを用いれば、応答を設計レベルの応答程度に押えられ、塔の限界変位に対し余裕ができる。また、用いなければ大きな応答が出現する。
- ③ ダンパー機能は速度の2乗に比例して効果を発揮するため、変位換算の等価減衰は6%程度の高い減衰効果を与えることになる。
- ④ ダンパーの性能低下に対しては、応答は影響を受けない。
- ⑤ 減衰力として端橋脚にダンパー反力が作用し、端橋脚は、それに対して設計する必要がある。
- ⑥ ストッパー機能は遊間の値によっては、反力が変動し信頼性に問題があり、かつストッパーを用いても変位量は変化しない。すなわち、本橋の大きな重量を剛度の小さな端橋脚では制御できず、ストッパー機能を発揮できない。

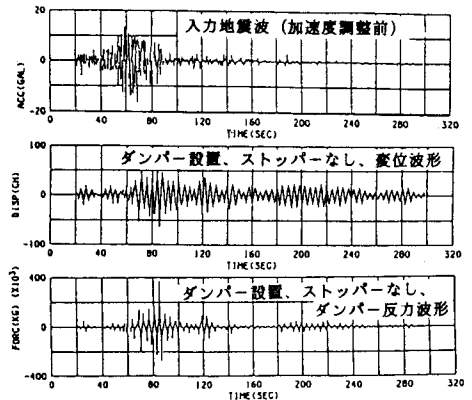


図-7 入力波形と応答波形の例

入力地震 (地震波)		地震レベル	構造系全等 減衰定数 (h)	本橋と端 橋脚との 相対変位 (cm)	応答最大 速度 (cm/s)	耐震安全装置反力		備 考
スペクトル 解析	設計 スペクトル					ダンパー (t)	ストッパー (t)	
時刻歴 応答解析	伊豆半島沖 地震 1974-5-18	設計 スペクトル レベル	h = 2 %	61				
			1 %	72				
			2 %	61	98			
			5 %	44		125		
			10 %	35		230		
	耐震安全装置 設計用レベル		(1+4.8) %	48	75	151		非線形ダンパー
			(1+6.2) %	64	99	369		非線形ダンパー
				64		369	69	ストッパー-変位80mm
				64		369	314	ストッパー-変位140mm
				66	104	369		ダンパー-変位100mmの 割合を考慮
		h = 1 %	102	231		5283	ダンパー-変位 ストッパー-変位54mm	

表-1 解析結果一覧表

以上の結果より本橋では耐震安全装置としてストッパーを設置せずオイルダンパーのみを設置することとした。