

# I-289 高減衰積層ゴム支承のモデル化方法の検討

㈱奥村組 ○佐藤 晋 大成建設㈱ 尾崎 大輔  
 ㈱間組 松原 勝巳 ㈱ブリヂストン 水津 洋二

## 1. まえがき

高減衰積層ゴム支承の荷重-変位曲線をモデル化する際に考慮すべき特性として、最大経験ひずみ依存性と繰り返し回数依存性が挙げられる。ここでは、これらの特性を反映したモデル化方法を提案し、地震応答解析を実施してその妥当性を検証したのでその結果を報告する。

## 2. 免震装置の特性

図-1に高減衰積層ゴム支承の最大ひずみ経験前後の荷重-変位曲線を示す。同図より、同じ変位においても過去に経験した変位の大きさにより荷重-変位曲線が異なる。ここでは、これを最大経験ひずみ依存性と呼ぶ。この解析に用いた免震装置の特性値は、図-2のせん断弾性率とせん断ひずみの関係から初期加力時の剛性、最大ひずみ経験後の剛性および設計剛性の3種類

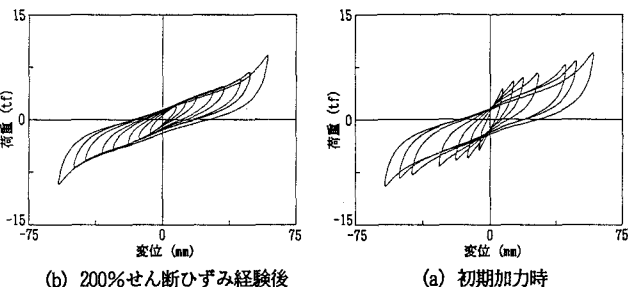


図-1 荷重-変位曲線

とした。設計剛性には初期加力時の剛性と最大ひずみ経験後の剛性の平均値を用いた。図-3に繰り返し載荷での荷重-変位曲線を示す。同図より、繰り返し回数の増加により剛性が低下していることがわかる。ここでは、これを繰り返し回数依存性と呼ぶ。この解析に用いた免震装置の特性値は、初期加力時の剛性、設計に用いられている繰り返し回数3回での剛性および繰り返しによる剛性低下を考慮したものとした。また、剛性の低下は、図-4の繰り返し回数と剛性低下の関係から図中に実線で示す繰り返し回数の関数で表わした。

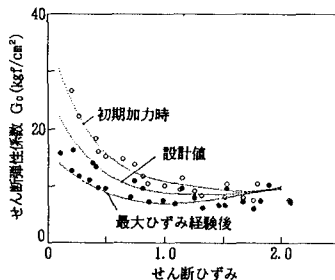


図-2 せん断弾性係数とせん断ひずみの関係

## 3. 解析条件

動的解析モデルは、図-5に示すように9質点と1質点の2種類のモデルとした。解析に用いた入力地震動は、「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」の震度法レベル、地震時保有水平耐力法レベルの入力を考えたI~III種地盤用の模擬地震波を用いた。

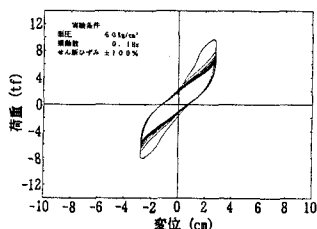


図-3 繰り返し載荷での荷重-変位曲線

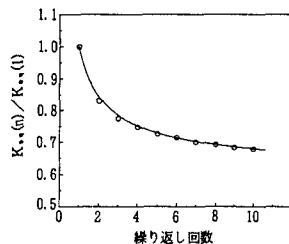


図-4 繰り返し回数と剛性低下の関係

## 4. 解析結果および考察

表-1に最大経験ひずみ依存性に関する解析結果を示す。震度法レベルにおいて、設計剛性を用いたときの応答変位は最大ひずみ経験後の剛性を用いたときのものより小さくなっている。しかし、上部構造の応答加速度については10%程度の差異である。保有水平耐力法レベルにおいては、設計剛性を用いたときの応答変位が、せん断ひずみに換算して200%を越えた。この範囲においては、3者の剛性を同一としており、結果として、最大ひずみ経験による剛性の低下が応答に与える影響は少ない。

表-2に繰り返し回数依存性に関する解析結果を示す。I種地盤において、設計剛性を用いたときの応答変位は、繰り返しによる剛性低下を考慮したときのものより大きめの値を示した。逆に、III種地盤では、設計剛性を用いたときの応答変位は、繰り返しによる剛性低下を考慮したときのものより30%程度小さくなった。これは、解析に用いた入力地震動の影響が出ているもので、III種地盤のように大振幅の繰り返し回数が多い場合には繰り返しによる剛性低下が応答に与える影響が大きくなる。応答加速度、水平力は、I~III種地盤のどの地盤においても、3者を用いたときの解析結果に大きな差異はみられず、設計剛性に比べて大きな初期加力剛性が上・下部構造の設計に対して大きな影響を与えることはないと考えられる。表-3にIII種地盤の応答波形を示す。繰り返しによる剛性低下を考慮したときの応答変位波形は他の2者に比べ、最大応答変位の発生時刻が遅くなっているのが特徴である。

5. まとめ

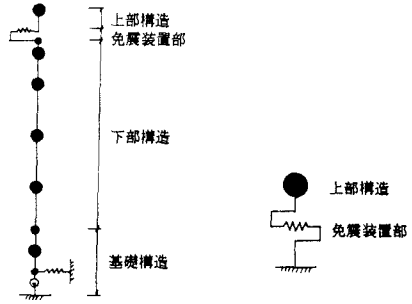
各種地盤による応答解析の結果、提案したモデル化方法が、高減衰積層ゴム支承の履歴特性を概ね反映できることが確認できた。しかし、繰り返しによる剛性低下の大きな装置は、変位が大きくなる可能性があり、注意が必要である。なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発に関する研究」の一環として行われたものである。

表-2 解析結果(繰り返し依存性)

地盤種別	応答値	バイリニアモデル		剛性低下を考慮
		初期剛性	設計剛性	
I種地盤	変位 (cm)	9.2	12.9	9.2
	加速度 (gal)	462	498	462
	水平力 (tf)	232	241	232
II種地盤	変位 (cm)	11.6	15.5	17.6
	加速度 (gal)	567	588	552
III種地盤	変位 (cm)	9.2	13.8	18.5
	加速度 (gal)	466	526	522
	水平力 (tf)	232	254	250

<参考文献>

- 1)道路橋の免震システムの開発に関する共同研究報告書(その2):建設省土木研究所;平成4年3月



(a) 最大経験ひずみ依存性 (b) 繰り返し回数依存性

図-5 解析モデル

表-1 解析結果(最大経験ひずみ依存性)

地盤種別	入力レベル 応答値	震度法			保有水平耐力法
		設計剛性	初期加力剛性	ひずみ経験後の剛性	設計剛性
I種	装置部の変位 $X_0$ (cm)	2.77	1.78	4.00	11.9
	上部構造加速度 (gal)	177.3	175.8	160.4	686.7
II種	装置部の変位 $X_0$ (cm)	3.41	2.11	4.78	13.8
	上部構造加速度 (gal)	190.2	197.5	183.0	811.1
III種	装置部の変位 $X_0$ (cm)	3.34	2.28	4.73	15.0
	上部構造加速度 (gal)	184.4	199.6	183.5	895.3

表-3 応答波形

