

I-290 免震支承の緩速変形時の水平反力特性について

建設省土木研究所 正会員 川島一彦  
 横浜ゴム(株) 正会員 ○越峠雅博  
 横浜ゴム(株) 正会員 遠藤和夫  
 オイレス工業(株) 正会員 牧口 豊

1. まえがき

多径間連続橋に免震設計を適用する場合、温度変化やクリープ・乾燥収縮などによって生ずる橋脚の断面力を小さくするため、使用する免震支承は緩速変形時のせん断剛性の大変小さいことが要求される。このため、緩速変形時の特性を実証する必要があるが、この緩速変形時の変位速度は、 $1.0 \times 10^{-4}$  cm/sec程度と大変小さく、この緩速度を通常の加振機で再現することは難しい。従って、簡便な実証試験法の確立が望まれていた。本文はこの緩速変形時の水平反力特性の実証試験法を提案するもので、これに基づき求めた高減衰ゴム支承の緩速変形時の水平反力特性について報告する。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」の一環として行われたものである。

2. 実証試験方法の提案

実証試験方法として次の二つの方法を提案する。

①外挿による推定法 測定可能な次の条件で実験を行い、3回目の载荷で得られた履歴曲線からせん断弾性率と加振速度の関係式を求め、これより外挿して、変位速度 $10^{-4}$  cm/secにおけるせん断弾性率を算出し、この値をもちいて緩速変形にたいする免震装置の反力を推定する。

試験条件・温度 20℃・面圧 設計支圧応力度(60kgf/cm<sup>2</sup>)  
 ・ひずみ振幅 ±50%、または、±7.5cm ・载荷回数各3回  
 ・加振速度：0.002cm/sec, 0.005cm/sec, 0.01cm/sec, 0.05cm/sec, 0.1cm/sec, 0.5cm/sec, 1.0cm/sec, 5.0cm/sec

②応力緩和法 温度変化の周期を24時間と想定し、この1/4周期の6時間における、水平力とせん断ひずみの関係を、加力途中で応力緩和させながら測定し、応力緩和時の水平反力特性から、緩速度での反力特性を推定する。ここで得られる履歴曲線の概念図を図-1に示す。本法は時間とともに内部応力の緩和する、高減衰ゴム支承などの装置に適用できる。

試験条件・温度 20℃・面圧 設計支圧応力度(60kgf/cm<sup>2</sup>)  
 ・せん断方向加力条件 加力速度 0.1 cm/sec  
 0 ⇒ 12.5%まで加力 ⇒ 1.5時間応力緩和 ⇒ 25%まで加力  
 ⇒ 1.5時間応力緩和 ⇒ 37.5%まで加力 ⇒ 1.5時間応力緩和  
 ⇒ 50%まで加力 ⇒ 1.5時間応力緩和

3. 実証実験

今回提案する実証試験法に基づき、高減衰ゴム支承の緩速変形時の水平反力特性を求めたので、その結果を報告する。

1) 供試体形状・試験装置 本実験に使用した、供試体形状を図-2に、また、試験装置の概要を図-3に示す。

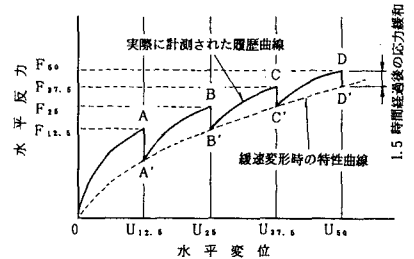


図-1 応力緩和実験の概念図

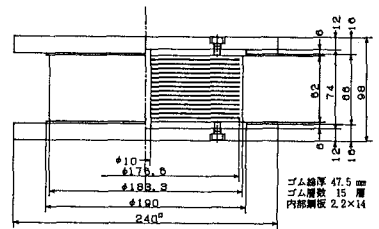


図-2 供試体の形状

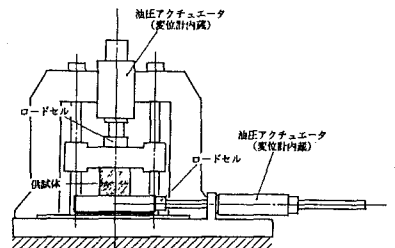


図-3 試験装置の概要

2) 実験方法 2項に示した実証試験法による。

3) 実験結果

①外挿による推定法 表-1、図-4 に実験結果を示す。

表-1 セン断弾性率と加振速度の関係

加振速度 cm/sec 周期 sec	0.002 4000	0.01 1000	0.05 200	0.1 100	0.5 20	1.0 10	4.8 2
せん断弾性率 kgf/cm <sup>2</sup>	8.30	8.54	9.27	9.66	10.60	11.21	12.90

また、せん断弾性率  $G_0$  と加振速度  $V$  の関係式を求め式(1)に、図-5 には測定結果と式(1)を重ねて示した。

$$G_0 = 4.241 \times V^{0.2040} + 7.0 \quad \text{----- (1)}$$

(1) 式から、変位速度  $1.0 \times 10^{-4}$  cm/sec のせん断弾性率は  $7.6 \text{ kgf/cm}^2$  と推定される。

②応力緩和法 表-2、図-6, 7, 8 に測定結果を示す。

表-2 応力緩和時のせん断弾性率

ひずみ %	せん断弾性率 応力緩和前	kgf/cm <sup>2</sup> 応力緩和後	応力緩和率
12.5	18.0	9.8	45.0
25.0	12.8	8.2	36.0
37.5	10.7	7.3	31.7
50.0	9.7	7.0	28.0

ここでせん断弾性率  $G_0$  は次式(2)により求めている。

$$G_0 = F / (A \times \gamma) \quad \text{----- (2)}$$

$F$ : 水平反力 (kgf),  $A$ : 支圧面積 (cm<sup>2</sup>),  $\gamma$ : セン断ひずみ率

また、応力緩和後の水平反力  $F_0$  とひずみ  $u_0$  の関係は式(3)で示され、これに今回の結果を当てはめると、式(4) が得られる。また、式(5) は4 点の測定結果から回帰式を求めたもので、式(4) と良くあっていることがわかる。

$$F_0 = a \cdot u_0^b \quad \text{----- (3)}$$

ここに、 $a$ ,  $b$  は実験により求まる定数で次式より求める

$$\log a = (\log F_{25} \cdot \log u_{50} - \log F_{50} \cdot \log u_{25}) / \log(u_{50}/u_{25})$$

$$b = \log(F_{50}/F_{25}) / \log(u_{50}/u_{25})$$

$$F_0 = 440.1 \cdot u_0^{0.7685} \quad \text{----- (4)}$$

$$F_0 = 440.7 \cdot u_0^{0.7498} \quad (r=0.9996) \quad \text{----- (5)}$$

③ 外挿法と応力緩和法の比較

せん断ひずみ50% におけるせん断弾性率は外挿による推定法で  $7.6 \text{ kgf/cm}^2$ 、応力緩和法では  $7.0 \text{ kgf/cm}^2$  と良く整合している。

4.まとめ

緩速変形時の水平反力特性の実証試験法を今回提案したが高減衰ゴム支承の実証実験の結果から妥当性を裏付けることができた。

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3年3月  
2) 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3) 建設省土木研究所; 平成4年3月

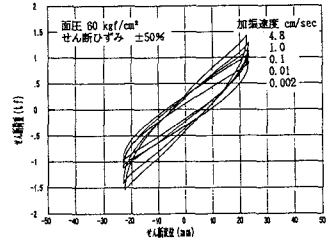


図-4 履歴曲線

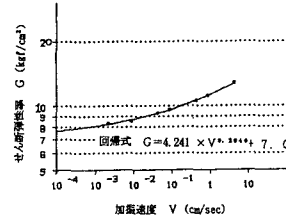


図-5 セン断弾性率と加振速度の関係

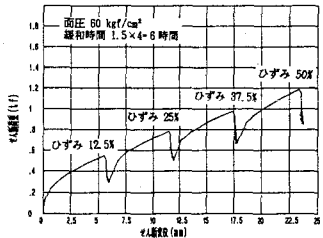


図-6 応力緩和試験結果

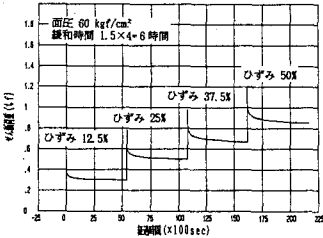


図-7 応力緩和曲線

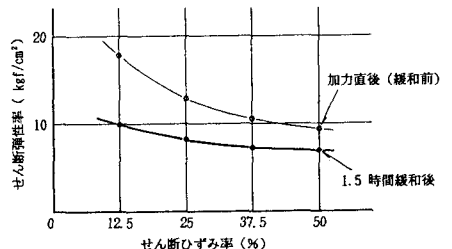


図-8 セン断弾性率とせん断ひずみの関係