

I-777

極低降伏点鋼を用いた吸振装置の開発

大阪大学大学院 学生員 市村賢太郎 大阪大学大学院 学生員 池内 智行
大阪大学工学部 正会員 西村 宣男

1. はじめに 我国は、環太平洋地震域に属し、世界の中でも地震の頻発する地域である。本年1月17日に発生した兵庫県南部地震においては阪神地域に大災害をもたらした。このような状況下において土木建造物の制振構造化の研究が盛んに行われているが、近年その一手法として地震や風による履歴型の振動エネルギーを特定の構造部材に吸収させる制振工法が研究され始めた。本研究においては、先ず極低降伏点鋼の材料実験を行うことによりその材料特性を明らかにした上でこの鋼材を用いた吸振装置を開発し、実際の地震波を用いた地震応答解析を行い、開発した吸振装置の性能、問題点について検討する。

2. 極低降伏点鋼の材料実験 極低降伏点鋼の材料特性を把握するにあたり、鋼材の材料実験を行い、本研究室で先に考案した構成式¹⁾の材料定数を決定することとした。本研究室の構成式は図-1に示す通り単調載荷曲線に準ずる領域、弾性遷移領域、非線形遷移領域から成る。これらの各領域に含まれる材料定数¹⁾を決定するために単調載荷実験、パウシンガー効果による弾性域の減少を調べる実験、非線形遷移領域に関する定数を求めるための両振り実験¹⁾を行った。これらの実験から得られた定数を表-1に示す。

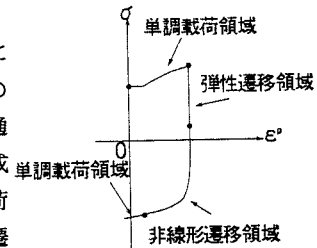


図-1 構成式の概要

表-1 材料定数

$a(t f / c m^2)$	b	c	n
0.638	0.901	0.763	3.50
d	e	f	g
0.822	0.239	3.252	-0.202
$E(t f / c m^2)$	$\sigma_y(t f / c m^2)$		
2.0310 ³	5.4310 ³		
$E_{pl}(t f / c m^2)$	e_{pl}		
72.2	-		

次に、上述の3種類の実験だけから得られた材料定数を用いてその他の一般的な塑性履歴特性を精度良く再現できることを確認するために載荷パターンとして原点を中心に正負のひずみを一定にして除荷載荷を繰り返す1%、2%定ひずみ振幅実験、荷重をランダムに載荷するランダム載荷実験を行った。図-2に1%定ひずみ振幅実験、図-3に2%定ひずみ振幅実験、図-4にランダム載荷実験さらに図-5に両振り実験の実験値を点で、構成式によるシミュレーションを実線で示す。いずれの塑性履歴に対しても本研究室の構成式によるシミュレーション結果が実験データを精度良く再現しており、本研究室の構成式の材料定数を決定することにより極低降伏点鋼の材料特性を把握出来ることが分かる。

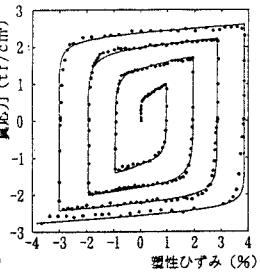
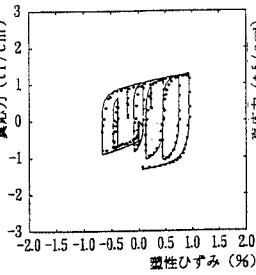
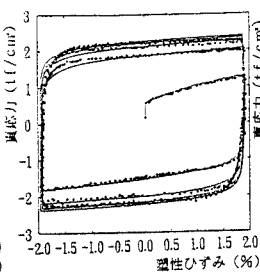
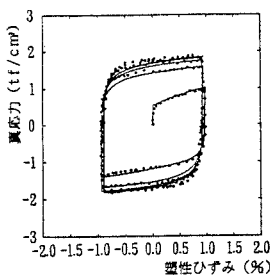


図-2 1%定ひずみ振幅実験 図-3 2%定ひずみ振幅実験 図-4 ランダム載荷実験 図-5 両振り実験

以上の考察により得られた極低降伏点鋼の材料特性を次に挙げる。

- 1) 単調載荷曲線において降伏応力度が極めて低く降伏後のひずみ硬化が非常に大きいため、エネルギー吸収に優れた安定した塑性履歴曲線を描く。また、破断までに50%以上の伸びを示す。
- 2) 他の鋼材に比べて e/d が小さい¹⁾のである応力まで達して荷重を反転させた時、より少ない

塑性ひずみの変化量で再びその応力に達し塑性履歴に伴い、応力が上昇しやすい。

3) 非線形遷移領域の曲率は他の鋼材に比べて大きい¹⁾。

3. 吸振装置の設計 極低降伏点鋼を用いて鋼管を製作し、そのねじりにより振動を吸収する装置を開発するために予め鋼製鋼橋脚橋梁（3径間連続桁橋）の橋軸方向地震動の制振を対象として、装置の構造寸法を設計する。吸振装置は橋梁端可動支点付近に設置し、図-6に示すように桁の橋軸方向変位を鋼管のねじりに変換するアームと鋼管の回転を固定する定着部に構成される。鋼管は集中ねじりモーメントと同時に横力を受けるが横力による変位成分を無視できるように、また、鋼管の曲げ応力がねじりによるせん断応力に対して無視出来るようにアーム長を鋼管長に比べて十分大きくして表-2に示す4パターンを設計形状とした。

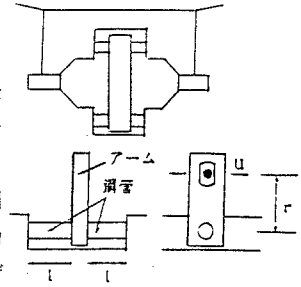


図-6 吸振装置の概要

表-2 吸振装置の形状寸法

	管径φ	管壁t	管長l	アーム長r
寸法1	20	2	100	200
寸法2	30	3	150	300
寸法3	40	4	180	360
寸法4	50	5	200	400

4. 地震応答解析 3節で設計した吸振装置を土木構造物に採用した場合の地震応答解析を行い、採用しない場合と橋桁橋軸方向応答変位を比較することにより吸振装置の性能、問題点を検討する。

対象構造物は、鋼製高橋脚を有する3径間連続桁橋とし、全体構造系モデルを図-7に、吸振装置を取り付けた振動モデルを図-8に示す。ここで、 K : 構造系の剛性 k : 吸振装置の剛性 M : mass c : 系の構造減衰 である。また、吸振装置の復元力特性は、2節で定めた構成則に従うものとし、入力地震動として採用した地震波は200gal級のEL Centro 1940 EWである。解析モデルは1自由度系モデルであり、次に示す振動方程式を数値計算法により解析した。

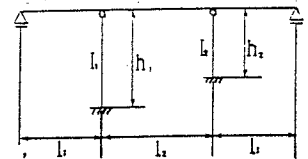


図-7 全体構造系

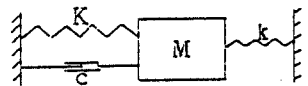


図-8 振動モデル

$$\ddot{y} + 2hn\dot{y} + n^2y + f(y) = -\ddot{\phi}(t) \quad \dots (1)$$

ここに、 $f(y)$ は吸振装置の復元力 $h=0.02$ である。

図-9に地震応答解析結果を示す。

5. 結論 本研究においては、極低降伏点鋼の材料実験を行い、先に本研究室で考案した構成則の材料定数を定めることによって鋼材の材料特性を把握した上で吸振装置を設計し地震応答解析を行った。図-9に示す通り塑性履歴が増幅するにつれ制振効果が顕著に現れるが履歴の少ない段階での数波の地震波に対しては制振効果が小さいことが分かった。吸振装置として活用するためにはこの問題点を検討する必要がある。

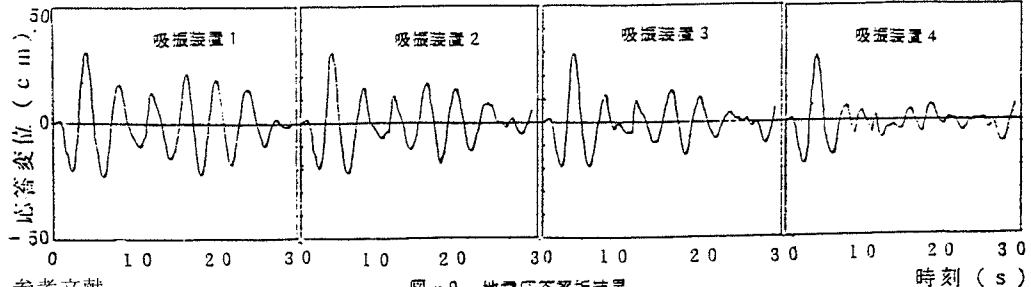
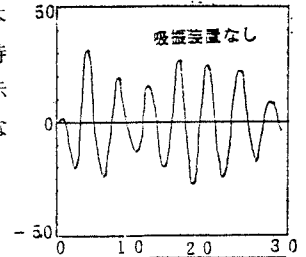


図-9 地震応答解析結果

参考文献

- 1) 西村宣男, 小野潔, 池内智行, 新家 徹: 各種鋼材の繰返し履歴に関する実験的研究 構造工学論文集, N01, 1994