

第 部門 減衰率の大きい鋼マンガン鋼板の有効利用法に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○吉浦 健太
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

近年，都市内高架橋を中心に交通量の増加と車両の大型化とに伴う振動・騒音が問題となっている．橋梁の振動・騒音を低減するために，制振鋼板の適用事例も見られる．しかし，一般に，制振鋼板は制振効果が大きいものの，鋼板と樹脂あるいはその他の材料との複数の板の積層構造であるため，溶接性，成形加工性，あるいは製品の大きさや形状に制約がある．この制約を解決するために，例えば，Fe-Al-Si系などの制振合金が開発されているが，製造コストが高いため，橋梁のような大規模構造物への制振合金の適用は，経済的に実現が困難である¹⁾．

このような中，韓国の WOJIN 社は，ダンパロイと呼ばれる，マンガンをベースとした新しい Fe-Mn 合金を開発している．このダンパロイは，鍛造材であり，加工性に優れ，板・棒・維線・箔などの様々な形状の加工も可能である．しかし，これまで，ゴルフクラブのフェイスプレートや自動車の部品などへ利用されているものの，建築や土木構造物への適用例はみられない．従来の積層構造からなる制振鋼板の欠点を解消した一体型の鍛造材であり真空熱処理を施すことにより，高い減衰特性を有する．そこで，本研究では，この高減衰のダンパロイの構造物の制振を目的とした有効利用法について検討する．

そのため，まず材料試験を行い，鋼材の機械的性質と減衰定数を求める．次に，自由振動実験および数値解析により，材料減衰が構造物の振動挙動に及ぼす影響を検討する．

2. ダンパロイの材料特性

ダンパロイと，それと比較をするための普通鋼(SM490A)を用いて引張試験を実施した．

a) 引張試験

引張試験結果を表-1 に，応力-ひずみ曲線を図-1 に示す．ダンパロイの降伏点は，明確ではなかったため，0.2%耐力で求めている．図-1 の曲線 および を比較すると，明らかな違いが見られた．これは，入手したダンパロイは，規格を満足しないものであったためであり，以後の解析には，表-1 に示す既往の試験データを用いている．

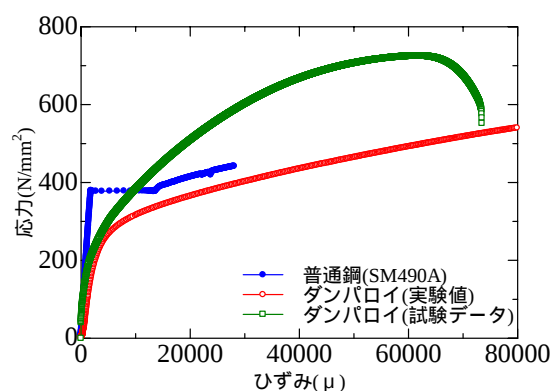


図-1 応力-ひずみ曲線

表-1 ダンパロイおよび普通鋼板の引張試験結果

試験片名称	ヤング係数(N/mm ²)	ポアソン比 μ	降伏点(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)	伸び率(%)
SM490A	203,000	0.298	368	535	26
ダンパロイ(実験値)	87,500	0.348	273	559	12
ダンパロイ(試験データ)	93,079	-	315	725	74

図-1 および表-1 より，ダンパロイの降伏点は 315N/mm²，引張強度は 725 N/mm²で高い伸び性能を有し，普通鋼と比べ，弾性率は約 45%であることがわかる．

b) 自由振動実験

自由振動実験は，断面が 20×2mm で張出し長が 350mm の片持ち梁供試体に，重り 1kg の有無の違いを設け，先端に 2mm の初期変位を与え自由振動させた．自由振動実験の結果を表-2 に示す．自由振動実験においても

今回入手したダンパロイは規格を満足していないため、既往の試験データに基づくと、ダンパロイの減衰定数は 0.016 (普通鋼の約 5~6 倍) であり、高い減衰性能を有していることがわかる。

表-2 自由振動実験の結果

試験片	重り	固有振動数 (Hz)	固有周期	減衰定数
SM490A	無	13.794	0.073	2.74×10^{-3}
	有	2.106	0.475	2.67×10^{-3}
ダンパロイ(実験値)	無	11.765	0.085	3.43×10^{-3}
	有	1.724	0.580	3.35×10^{-3}
ダンパロイ(試験データ)	-	-	-	15.5×10^{-3}

3. 材料減衰の異なる片持ち梁の振動解析

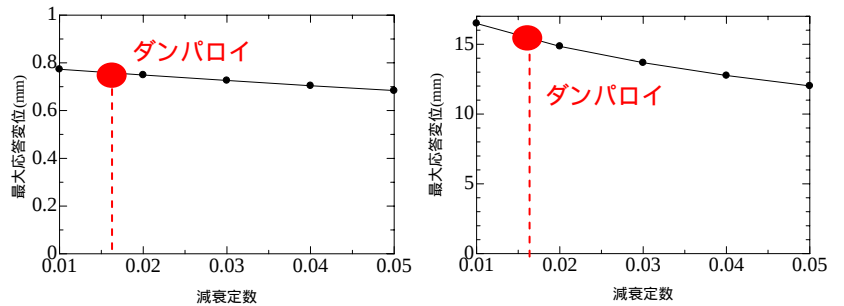
a) 解析条件

部材の減衰率が、共振時における振動へ及ぼす影響を検討するため、減衰定数を 0.01~0.05 まで変化させた解析モデルを複数設定して、各解析モデルの固有周期に設定した振幅 50mm の sin 波をそれぞれのモデルに入力する。また、普通鋼の自由振動実験も再現する。

b) 解析結果

() 減衰定数の変化

図-2 は、減衰定数 h と最大応答変位 $\delta_{\max}$ との関係をプロットしたものである。いずれも h が大きくなるにつれて $\delta_{\max}$ が小さくなるが、(a) 重りなしの場合、ほぼ線形関係にあり、一方、(b) 重りあり場合のグラフは対数関数のようになったが、理論値はほぼ線形関係であり、差がみられた。これは、共振の影響だといえる。



(a) 重りなし

(b) 重りあり

図-2 減衰定数と最大応答変位の関係

() 普通鋼との比較

普通鋼の最大応答変位を表-4 に示す。ダンパロイの、ヤング係数は普通鋼の約 1/2 程度であるので、弾性範囲内で振動させると、ダンパロイの応答変位の方が大きい。ダンパロイの規格値を設定した解析結果によると、普通鋼より応答変位はおよそ 1.5 倍になる。表-5 には、自由振動実験と同じ初期変位 2mm を与え、振動解析を行った解析結果のうち、固有周期および減衰定数を比較して示す。表-5 によると、実験結果と解析結果とで固有周期と減衰定数は、ほぼ等しく、今回用いた解析手法により、高い材料減衰を有するダンパロイの振動解析が可能である。

表-4 最大応答変位

解析モデル	重り	最大応答変位(mm)
SM490A	無	0.3411
	有	8.120
ダンパロイ	無	0.7634
	有	15.84

表-5 固有周期および減衰定数(解析)

鋼材	固有周期(sec)	減衰定数	実験値との誤差(%)
SM490A	0.075	2.83×10^{-3}	3.3
ダンパロイ	0.111	16.2×10^{-3}	4.5

5. まとめ

本研究では、近年開発された高減衰 Fe-Mn 合金(ダンパロイ)に着目し、減衰が構造物の振動に及ぼす影響を検討した。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 共振時における応答変位は、減衰定数が大きくなるにつれて減少する。この効果は、重りがある場合により顕著に認められる。
- 2) ダンパロイは、普通鋼に比べ、減衰率が大きいものの、ヤング係数が小さい。今後、この特徴を生かして、制振部材としての適用箇所を検討する必要がある。

参考文献 1) 高久達将, 北川貴一, 山田武海, 榊信昭, 岡田淳: 制振合金による橋梁の騒音低減効果, 鋼構造年次論文報告集, 第2巻, 日本鋼構造協会, pp.487-494, 1994.11.