

三井造船(株) 玉野研究所 ○小野 宏, 岡本 一, 三浦健蔵, 南 真和
法政大学 工学部 渡辺 敏

1. はじめに

近年、振動・騒音などの環境対策上の観点から、制振材料に対する社会的な潜在ニーズは非常に高い。

今回、三井造船(株)製制振合金(以下、DAW鋼と略す)の基礎的なデータを得る事を目的として、衝撃によって生ずる梁中の波動が梁端に到達するまでの挙動、およびその後の減衰挙動を観察した。本実験は制振合金DAW鋼の振動低減効果や騒音低減効果を明らかにするため実施した。

2. 実験方法

2-1 供試材

梁: DAW鋼 Grade B/5%Reduction, SS400
(寸法: 10×10×2000mm)

衝突用丸棒: SS400 (寸法: φ6×1000mm, 先端15R)

供試材の化学的組成を表1に、機械的性質を表2に示す。

2-2 横梁衝撃実験

横梁衝撃実験の試験概略を図1に示す。実験に用いた梁は中央から両側150mm位置の2点を糸吊りし、両端自由な状態で吊した。吊り糸は梁の運動に対して抵抗しないようにし梁の長手方向中央に横方向から丸棒を1.5m/secで衝突し、梁の衝撃点背面(以下0位置と略す)衝撃点背面における衝撃点から450mmの位置(以下450位置と略す)、900mmの位置(以下、900位置と略す)に生ずる衝撃歪みと丸棒先端から20mm位置の衝撃歪みを同時に取り込み、衝撃歪みの初期現象およびその後の減衰挙動を観察した。

2-3 実験用機器

歪みゲージ: 共和電業(株)	KFC-2-120- C1-11L30C2R
ブリッジボックス: 共和電業(株)	DB-120
歪みアンプ: 日本電気三栄(株)	6M92
データレコーダ: ティアック(株)	XR-5000WB, XR-510
FFTアナライザ: (株)アドバンテスト	R9211B, R9211C

3. 実験結果および考察

3-1 衝撃歪みの初期現象

① 波動の伝播

横衝撃をうけた梁に生ずる波動は分散性を有し、その伝播速度には縦波伝播速度 C_0 と横波伝播速度 C_s の2種類があることはよく知られている。波動の分散性とは波形が伝播するにしたがってその形を変える性質をいうものである。波動の伝播速度 C_0 、 C_s は次式で表わされる。¹⁾

$$C_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1) \quad \begin{array}{l} C_0 = \text{縦波伝播速度} \\ E = \text{縦弾性係数} \\ \rho = \text{密度} \end{array}$$

$$C_s = C_0 \sqrt{\frac{G}{E} \eta} \quad (2) \quad \begin{array}{l} C_s = \text{横波伝播速度} \\ G = \text{横弾性係数} \\ \eta = \text{剪断応力不均一} \\ \text{補正係数}(0.822) \end{array}$$

図2に衝撃歪みの初期波形を示す。(1)式および(2)式で表される波動伝播速度 $C_0 \approx 5.1 \times 10^6 \text{mm/sec}$ 及び $C_s \approx 2.7 \times 10^6 \text{mm/sec}$ を図中に記入した。使用した歪みゲージの感度では、いずれの衝撃条件においても縦波、横波の波動は取り込むことができなかった。すなわち横衝撃を受けた梁に生ずる初期の波動は無視しうる程の微小歪み量であることがわかった。

② 衝撃歪み, 接触時間, 周波数分布

図2に突き棒および梁の衝撃歪みの初期波形を示す。本図から明かなように衝突速度1.5m/secにおけるDAW鋼, SS400の梁の0位置の衝撃歪みはDAW鋼で400 μ 、SS400で375 μ であった。梁の振動はこの最大歪み波形の頂点から励起され成長してゆく様子が観察された。

衝突直後における衝撃歪みの初期波形はDAW鋼とSS400で非常に酷似していた。衝突初期状態の現象では衝突初期DAW鋼とSS400の衝撃歪み波形を、詳細比較すると、SS400に比べDAW鋼の波形は先鋭な山谷が少ないことから高周波成分が少ないかまたはそのレベルが低いと考えられる。

丸棒と梁の接触時間は波動が丸棒中を C_0 の速度で1往復する時間、すなわち波動が棒の衝撃端から反対側の自由端を經由し衝撃端に到達するまで接触しており、接触時間は約0.4msecであった。

図3にDAW鋼, SS400梁の0位置の10kHzレンジにおける歪みの周波数分布を示す。DAW鋼, SS400共衝撃直後は微小の高周波数成分(～50kHz)が励起されていたが、励起された歪みの波動の主成分はDAW鋼, SS400とも10kHz以内に集中した。

図4に900位置における歪みの周波数分布を示す。図3, 図4から明かなようにSS400に比べDAW鋼の歪み振幅レベルが低く、2kHz以上の周波数域においてその差が顕著であった。

3-2 衝撃歪みの減衰挙動

10kHzレンジにおける周波数成分の初期歪み量から半減に至るまでの減衰率(対数減衰率 δ 表示)を算出するため周波数毎の歪み量の時間推移に一例を図5に示す。表3にDAW鋼およびSS400の減衰率をまとめて示す。これらの実験結果によれば、SS400に比べDAW鋼の減衰率は優れていることは明かである。なお振動の奇数次モードのみが捉えられたのは梁中央を衝撃点としたことに起因している。

図6に歪み衝撃の時間推移を示す。歪みの高周波成分が低く、また計測機器の性能面などから上限周波数を2kHzとし、梁の位置毎の衝突直後から800msecまでの歪みの時間推移を求めた。図6に示した結果からDAW鋼の0位置, 450位置の歪み波形をSS400のそれと比べると、DAW鋼は高周波成分が少なく、また900mm位置の結果では、SS400に比べDAW鋼の歪みの減衰が大きいことがわかった。さらにDAW鋼の0位置, 450位置では曲げ振動1次モードの12.5Hzを主成分として曲げ振動を繰り返していることが確認された。

3-3 梁の固有振動数

理想的な両端自由の梁を仮定した場合の固有振動数の計算値を表4に示す。DAW鋼及びSS400の縦弾性係数の違いからこの両者の固有振動数はわずかにずれているが、計算値と実測値は良く合致している。

4. まとめ

制振合金DAW鋼製梁を用いて横梁衝撃実験を実施し、衝撃歪みの初期現象および減衰挙動を検討した。得られた結果の概略は次のとおりである。

(1) 波動の伝播

梁に生じた初期の衝撃歪みは非常に小さい。

梁の振動は、加えられた歪みの頂点から励振され成長する。

(2) 衝撃歪みの減衰挙動

DAW鋼, およびSS400共に衝撃直後、同様な周波成分を励起する。

両材料の相違は振動の時間推移に顕著に認められ、

制振特性を有するDAW鋼の振動は早期に減衰する。

文献

1)青柳 史郎、三井造船技報、第56号、P15～26 (1964)。 他略

表1 化学組成

	C	Si	Mn	Ni	Al	P	S	Fe
DAWGrB/5	0.004	0.016	14.81	5.09	0.002	0.002	0.005	Bal

表2 機械的性質

	引張強さ (kgf/mm ²)	耐力 (kgf/mm ²)	伸び (%)	縦弾性係数 (kgf/mm ²)	備考
DAWGrB/5	75	45	48	17,500	冷間加工
SS400	41～51	≥25	≥29	20,000	JIS G3101

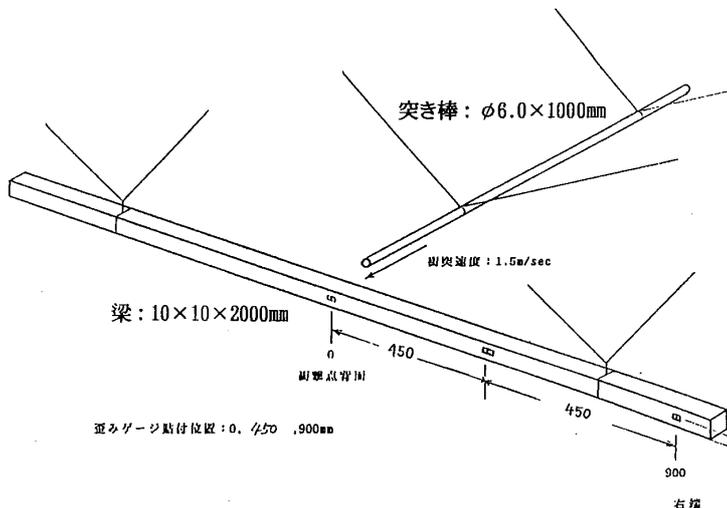


図1 梁の横衝撃試験の概略

表3 初期衝撃歪みから半減までの対数減衰率 δ ($\times 10^{-3}$)

計測位置 材料 次数	0位置		450位置		900位置	
	SS400	DAW	SS400	DAW	SS400	DAW
1	12.5	343	803	233	528	—
3	75.0	±1.0	±17.8	±1.0	±17.8	±1.0
5	175.0	±1.0	±13.7	±1.0	16.3	±1.0
7	325.0	4.33	16.8	3.38	15.4	4.01
9	525.0	3.23	17.1	3.35	16.9	3.36
11	762.5	±2.22	8.4	0.909	55.7	±1.0
13	1050.0	2.18	12.5	2.38	12.3	2.38
15	1375.0	7.64	13.2	1.08	—	4.50
17	1750.0	±2.71	7.05	±3.05	8.04	2.89
19	2175.0	2.45	40.5	2.59	—	2.61
21	2637.5	4.31	—	4.38	—	4.31

注) * : 30～50msec後に最大値, ≤1.0:半減せず

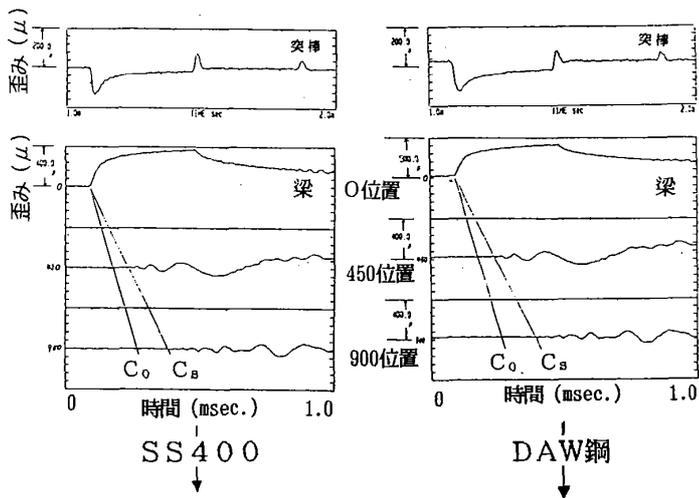


図2 衝撃歪みの初期波形の比較

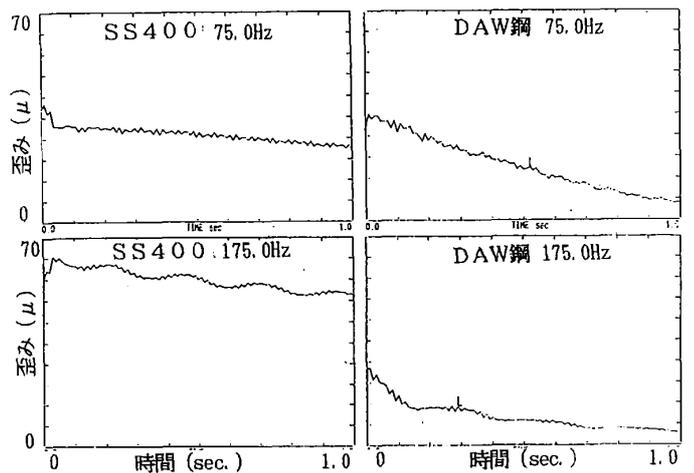
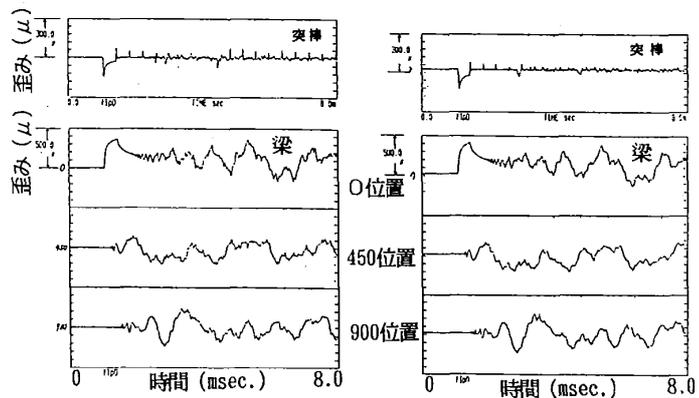


図5 0位置での周波数成分における歪み振幅の時間推移(抜粋)

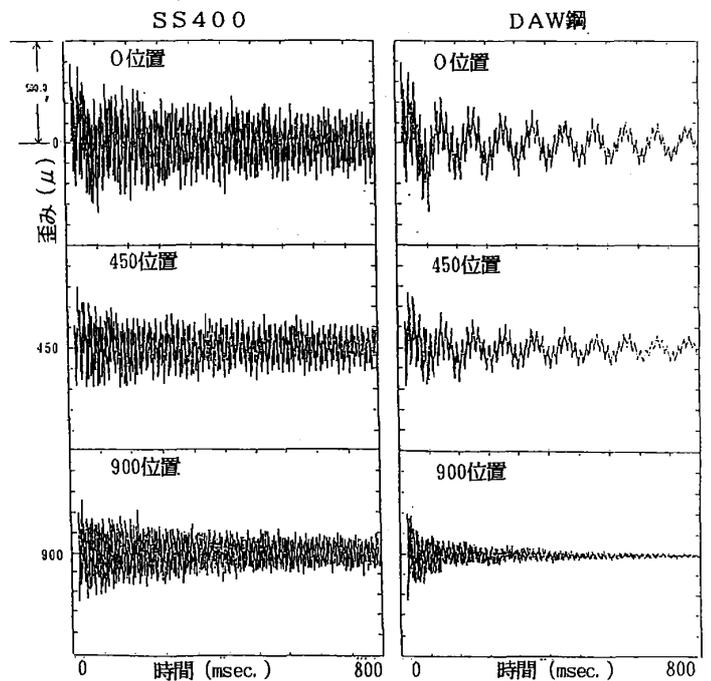


図6 梁における衝撃歪みの時間推移

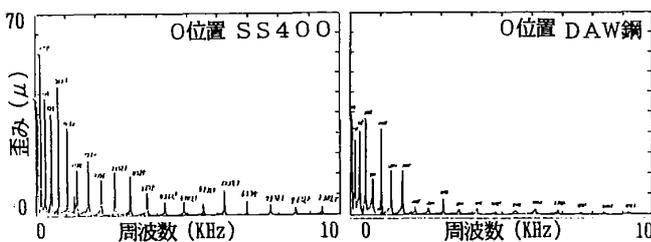


図3 0位置での10kHzレンジにおける歪み-周波数分布の比較

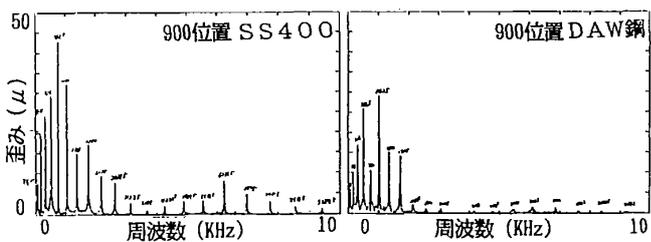


図4 900位置での10kHzレンジにおける歪み-周波数分布の比較

表4 梁の固有振動数の計算値

	SS400	DAW鋼
次数	固有振動数(Hz)	固有振動数(Hz)
1	12.72	11.90
2	35.06	32.80
3	68.74	64.30
4	113.62	106.28
5	169.74	158.78
6	237.06	221.75
7	315.63	295.24
8	405.42	379.24
9	506.40	473.696
10	618.64	578.69
11	742.06	694.14
12	876.75	820.12
13	1022.66	956.61
14	1179.74	1103.55
15	1348.10	1261.03
16	1527.62	1428.96
17	1718.42	1607.44
18	1920.39	1796.36
19	2133.64	1995.84
20	2358.11	2205.81
21	2593.74	2426.22