

溶接部の位置が構造物の振動特性に及ぼす影響

Effect of Welding Position on Dynamic Characteristics of Structure

青 木 繁¹⁾

Shigeru AOKI¹⁾

Abstract : Welding is widely used for construction of many structures. The dynamic characteristics of the structure with welded joints are important for design of machines, buildings and so on. The author has examined the effect of welded joint on the dynamic characteristics of structures by experiment using simple specimens. On the first vibration mode, the damping ratio of the specimen with welding is greater than that without welding and the natural frequency is almost same. When the cantilever type specimen is welded at center, increase rate of the damping ratio of the second vibration mode is greater than that of the first vibration mode. The damping ratio of the first and the second vibration mode of the specimens with different welding positions are measured. Then, the damping ratio of the second vibration mode increases when welding position is near bulk of the second vibration mode. The purpose of this paper is examining the effect of welding position on the dynamic characteristics in detail. Using specimens with different welding positions, considering vibration mode, the damping ratio and the natural frequency of the first to the third vibration modes are measured and the effect of welding position on the dynamic characteristics is examined experimentally. The damping ratio of the first vibration mode of specimen with welding is greater than that without welding. When welding position is near the node of vibration mode, increase rate of the damping ratio of the second and the third vibration mode is small. The natural frequency of specimen with welding is almost same as that without welding.

Key Words : Vibration, Welded Joint, Damping Ratio, Natural Frequency, Free Vibration, Vibration Mode

1. 緒言

溶接は多くの構造物に用いられている接合法である。溶接構造物に関しては、静的な荷重を受けた場合の強度や周期的な繰返し荷重を受けた場合の疲労強度に関して多くの研究がなされている[1][2]。しかしながら、溶接構造物の振動特性に関する研究はあまりなされていない。

著者はこれまでに、簡単な試験片を用いた加振実験によって溶接部が構造物の振動特性に与える影響について検討してきた。1 次の振動モードに注目すると、溶接部がある場合には、溶接部がない場合と比較して減衰比が大きくなり、固有振動数はほとんど変化しないことが明らかになった[3]。また、片持ちはり状の試験片の中央部を溶接した場合に、溶接部がない場合と比較して、2 次の振動モードに対する減衰比の増加率が 1 次の振動モードに対する減衰比の増加率よりも大きくなることを明らかにした[4]。さらに、溶接位置の異なる試験片を用いて 1 次および 2 次の減衰比を測定した結果、2 次振動に対しては振動の腹に溶接部があると、減衰比が増加することを明らかにした[5]。

本論文では、溶接位置が構造物の振動特性に与える影響についてさらに詳細に検討することを目的としている。溶接位置の異なる簡単な試験片を用いた加振実験によっ

て 1 次から 3 次の振動モードに対する減衰比および固有振動数を測定し、溶接位置が構造物の振動特性に与える影響を明らかにした。

2. 加振実験による振動特性の測定

溶接位置が異なる試験片を用いて 1 次から 3 次の振動モードに対応する減衰比および固有振動数を測定した。以下に実験方法および実験結果を示す。

2.1 実験方法

加振実験に用いた試験片の寸法を図 1 に示す。材質は一般構造用圧延鋼材(SS400)とした。厚さは 9mm である。図に示すように、長さ 550mm の試験片の一端から 23mm のところまでを万力で加え、図 2 のように垂直に支持した。溶接位置は振動モードを考慮して図 3 に示すように 4 通り選んだ。参考のために図 4 に片持ちはりの

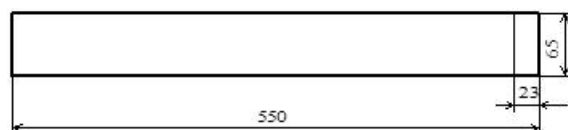


Fig.1 Size of specimen (mm)

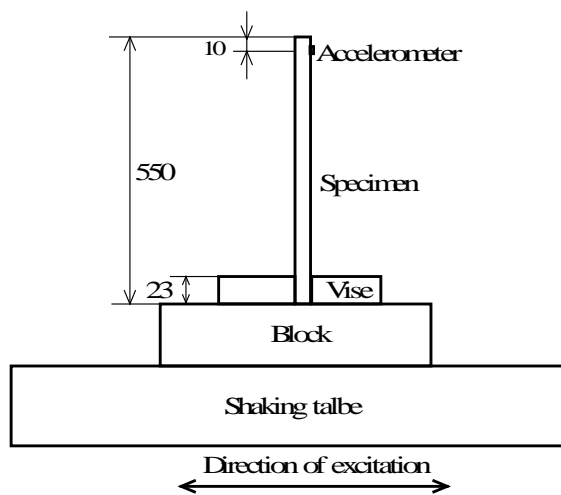
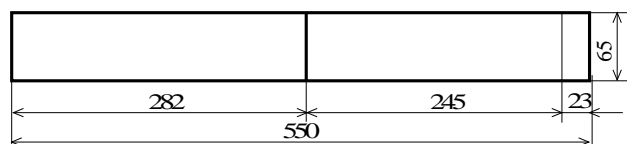
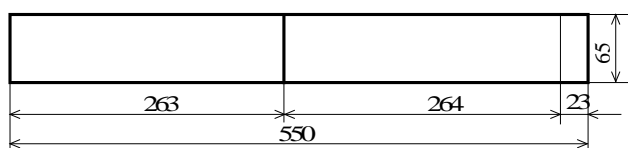


Fig.2 Set of specimen (mm)

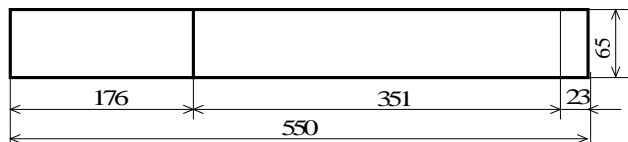
固有振動モードを示す．試験片Aは自由端から 282mm の位置，試験片Bは 263mm の位置，試験片Cは 176mm の位置，試験片Dは 118mm の位置を溶接した．試験片Aの溶接位置は 2 次の振動モードの腹に近く，3 次の振動モードの節からやや離れている．試験片Bの溶接位置は 2 次の振動モードの腹にあたり，3 次の振動モードの節にあたる．試験片Cの溶接位置は 3 次の振動モードの腹にあたり，2 次の振動モードの節からやや離れている．試験片Dの溶接位置は 2 次の振動モードの節にあたり，3 次の振動モードの節に近い．



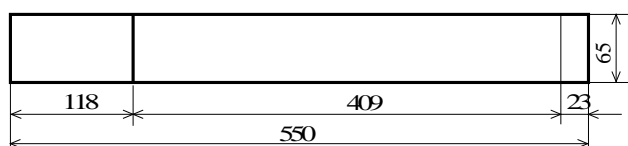
(a) Specimen A



(b) Specimen B



(c) Specimen C



(d) Specimen D

Fig3. Welding position (mm)

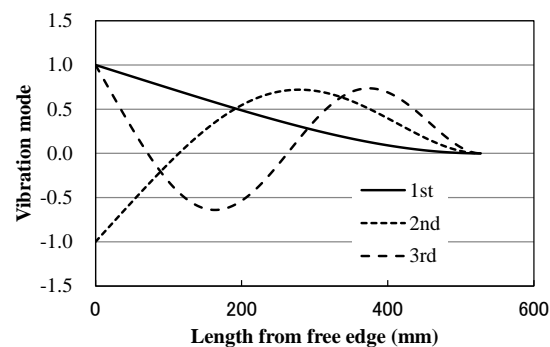


Fig.4 Vibration mode of cantilever

振動特性としては，1 次から 3 次の振動モードに対する減衰比 ζ および固有振動数 f_n を測定した．振動特性は次の順序で測定した．

(1) 溶接部をもたない試験片（以下「母材」と記す．）の振動特性を測定する．

(2) 4 通りの溶接位置をカットオフソーで切断し，炭酸ガス自動溶接装置を用いて溶接した試験片（以下「溶接試験片」と記す．）の振動特性を測定する．

開先形状は V 型とし，開先角度は 60° とした．また，入力加速度振幅一定の正弦波で振幅は $0.1g$ (g は重力加速度) とした．それぞれの溶接部をもつ試験片をそれぞれ 5 本ずつ製作して溶接部が振動特性に与える影響について検討した．

固有振動数は周波数掃引によって測定した．減衰比は次の 2 通りの方法で測定した．

(I) 1 次，2 次および 3 次の振動数で加振し，入力を遮断することによって得られた減衰自由振動波形から対数減衰率 δ を求め， $\zeta = \delta / 2\pi$ の関係を用いる方法

(II) 共振曲線で振幅がピークの値の $1/\sqrt{2}$ となる振動数 f_1 および f_2 を測定し， $\zeta = (f_2 - f_1) / 2f_n$ の関係を用いる方法（半パワー法）

減衰比を求める際には 1 次振動，2 次振動および 3 次振動の固有振動数が離れているために，それぞれ独立であるとした．

2.2 実験結果

表 1 に，それぞれの溶接位置をもつ試験片を 5 本ずつ製作し，測定した 1 次から 3 次までの振動モードに対する減衰比および固有振動数の平均値を示す．それぞれの結果の右欄に，溶接試験片と母材の減衰比の比 ζ_w/ζ_b および固有振動数の比 f_{nw}/f_{nb} を示した．固有振動数に関しては，溶接試験片と母材の差異はほとんどない．一方，減衰比に関しては 1 次の場合には測定方法および溶接位置による違いはあるが，溶接試験片の減衰比は母材と比較して約 10~30% 増加している．また，2 次の場合には溶

接位置が振動モードの節に近い D の試験片に対して、溶接試験片の減衰比の増加率が小さい。3 次の場合には、溶接位置が振動モードの節にあたる B の試験片に対して溶接試験片の減衰比の増加率が小さく、腹にあたる C の試験片に対して減衰比の増加率が大きい。一方、溶接位置が 2 次および 3 次の振動モードの節から離れている A の試験片に対しては、いずれの振動モードに対する減衰比も増加している。

3. 結言

溶接位置の異なる簡単な試験片を用いた加振実験によって、溶接位置が振動特性に与える影響について検討した。得られた結果を以下に要約する。

1. 1 次の振動モードに対する減衰比は母材よりも溶接試験片の方が大きい。
2. 溶接位置が振動モードの節に近い場合に、2 次およ

び 3 次の振動モードに対する溶接試験片の減衰比の増加率は小さく、節から離れると増加率が大きくなる傾向がある。

3. 溶接部が固有振動数に与える影響は小さい。

4. 参考文献

- [1] 佐藤邦彦，溶接強度ハンドブック，理工学社,1988.
- [2] 溶接学会，溶接便覧，丸善，1977.
- [3] 青木繁，溶接部が構造物の動特性に及ぼす影響，東京都立工業高等専門学校，第 34 号，pp.1-5，1998.
- [4] 青木繁，溶接構造物の振動特性（1 次および 2 時振動に及ぼす影響），東京都立産業技術高等専門学校研究，第 6 号，CD-ROM，2012.
- [5] 青木繁，溶接部の位置を考慮した溶接構造物のモデル化，第 32 回数理解科学講演会講演論文集，CD-ROM 404，2013.

Table 1 Mean value of damping ratio and natural frequency

Specimen	Mode	Welding	I		II		$f_n(\text{Hz})$	f_{nw}/f_{nb}
			ζ	ζ_w/ζ_b	ζ	ζ_w/ζ_b		
A	1st	(1)	8.84×10^{-3}		3.61×10^{-3}		22.5	
		(2)	9.98×10^{-3}	1.13	4.57×10^{-3}	1.27	22.5	1.00
	2nd	(1)	4.75×10^{-3}		2.71×10^{-3}		140.2	
		(2)	5.75×10^{-3}	1.21	3.77×10^{-3}	1.39	140.6	1.00
	3rd	(1)	3.40×10^{-3}		2.90×10^{-3}		404.0	
		(2)	3.67×10^{-3}	1.08	3.84×10^{-3}	1.32	404.5	1.00
B	1st	(1)	8.30×10^{-3}		3.54×10^{-3}		22.3	
		(2)	9.21×10^{-3}	1.11	4.28×10^{-3}	1.21	22.7	1.02
	2nd	(1)	5.16×10^{-3}		2.80×10^{-3}		142.8	
		(2)	5.38×10^{-3}	1.04	3.24×10^{-3}	1.19	141.6	0.99
	3rd	(1)	3.80×10^{-3}		3.16×10^{-3}		406.7	
		(2)	3.86×10^{-3}	1.02	3.59×10^{-3}	1.14	407.9	1.00
C	1st	(1)	8.27×10^{-3}		3.07×10^{-3}		22.1	
		(2)	9.09×10^{-3}	1.10	3.98×10^{-3}	1.30	22.3	1.01
	2nd	(1)	5.10×10^{-3}		2.80×10^{-3}		140.7	
		(2)	5.31×10^{-3}	1.04	3.29×10^{-3}	1.18	140.0	1.00
	3rd	(1)	3.46×10^{-3}		3.72×10^{-3}		405.7	
		(2)	4.28×10^{-3}	1.24	5.50×10^{-3}	1.48	405.9	1.00
D	1st	(1)	8.20×10^{-3}		3.28×10^{-3}		22.6	
		(2)	9.48×10^{-3}	1.16	4.17×10^{-3}	1.27	22.8	1.01
	2nd	(1)	4.92×10^{-3}		2.69×10^{-3}		140.6	
		(2)	4.95×10^{-3}	1.01	2.91×10^{-3}	1.08	140.7	1.00
	3rd	(1)	3.33×10^{-3}		3.07×10^{-3}		405.5	
		(2)	3.66×10^{-3}	1.10	3.98×10^{-3}	1.28	405.3	1.00