

動的引張試験による二相系ステンレス鋼の材料特性

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○佐藤 信輔
長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大

1. はじめに

二相系ステンレス鋼は、ステンレス鋼の特徴である高耐食性ととも、高い強度を有する。また、2015 年 9 月に JIS 化されたリーニ二相系ステンレス鋼¹⁾は、一般的な二相系ステンレス鋼である汎用二相鋼に比べて希少元素である Ni の含有量が削減されているため、材料コストの低減が期待できる。一方、地震多発地域に属する我が国でのステンレス鋼土木構造物の実現にあたっては、耐震性能の確保が必要不可欠となる。これらの地震力等動的荷重下での二相系ステンレス鋼製構造物の力学的特性を明らかにするためには、材料の動的な力学的特性を明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、二相系ステンレス鋼 4 種の動的引張試験を実施し、その材料特性を明確にする。

2. 動的引張試験

本研究で対象とする二相系ステンレス鋼は、汎用二相鋼 SUS329J3L および SUS329J4L、リーニ二相鋼 SUS323L および SUS821L1 である。ここで、本研究で実施する動的引張試験は、ISO-26203-2²⁾に準拠する。図 1 は、本研究に用いた引張試験片形状を示す²⁾。同図中の記号は、 L_c が平行部長さ、 b_0 が平行部板幅、 t が板厚を示している。また、表 1 は、本研究で実施する試験片をまとめている。同表中の試験片名は、鋼種、試験時のひずみ速度の順に表している。なお、動的引張試験に用いる試験片は全て圧延方向より採取し、各条件の試験片は 3 体ずつ製作した。

動的引張試験に用いる試験機は、島津製作所製 AG-250kNX である。試験中は、試験機に付属のロードセルより荷重を、試験片平行部中央の表裏面に貼付けた弾性 2 軸ひずみゲージ(東京測器研究所製 FCA-1-11-3L)および非接触伸び計よりひずみを測定する。

3. 二相系ステンレス鋼の材料特性

3. 1 応力ひずみ関係

図 2 は、動的引張試験より得られた SUS329J4L および SUS821L1 の公称応力と公称ひずみの関係を示す。なお、同図には、比較のため、既往の研究³⁾で得られた静的引張試験結果を示している。ここで、横軸の公称ひずみは、動的引張試験結果については伸び計より測定した値を、静的引張試験結果についてはひずみゲージより測定した値を示している。同図より、ひずみ速度 0.01(1/s)の動的引張試験より得られた SUS329J4L および SUS821L1 の応力ひずみ関係は、同一ひずみ時の応力が静的引張試験より得られた応力ひずみ関係に比べて鋼種の違いにより大小関係が変化することが読み取れる。つぎに、ひずみ速度 0.1(1/s)の動的引張試験より得られた応力ひずみ関係は、静的引張試験より得られた応力ひずみ関係に比べて同一ひずみ時の応力が 5%程度大きくなることわかる。

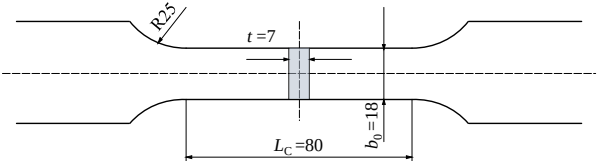


図 1 動的引張試験片²⁾

表 1 対象とする引張試験片

試験片名	鋼種	ひずみ速度 (1/s)
J3L-0.01-1,2,3	SUS329J3L	0.01
J3L-0.1-1,2,3		0.1
J4L-0.01-1,2,3	SUS329J4L	0.01
J4L-0.1-1,2,3		0.1
323-0.01-1,2,3	SUS323L	0.01
323-0.1-1,2,3		0.1
821-0.01-1,2,3	SUS821L1	0.01
821-0.1-1,2,3		0.1

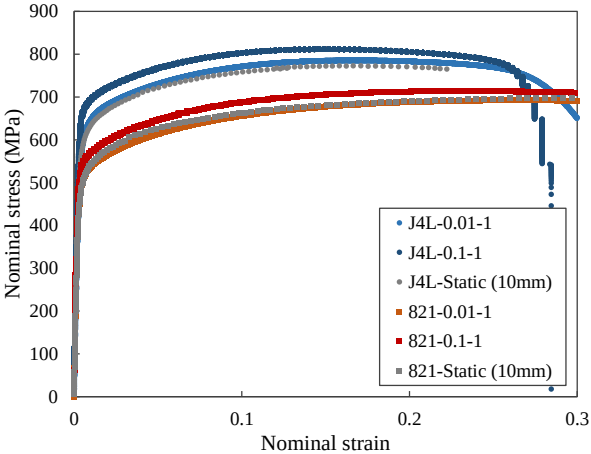


図 2 二相系ステンレス鋼の公称応力公称ひずみ関係

キーワード 二相系ステンレス鋼, 材料特性, 応力ひずみ関係, 動的引張試験, ひずみ速度

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝 888 TEL0258-34-9439

表 2 二相系ステンレス鋼の動的材料特性

鋼種	板厚 (mm)	ひずみ速度 (1/s)	ヤング係数 E (GPa)	ポアソン比 ν	0.01%耐力 $\sigma_{0.01}$ (MPa)	0.2%耐力または降伏応力 $\sigma_{0.2}$ or σ_y (MPa)	引張強さ σ_t (MPa)	降伏比 $\sigma_{0.2} / \sigma_t$	破断伸び δ (%)
SUS329J3L	10	Static	198	0.217	336	519	729	0.713	40.9
	7	0.01	189	0.249	356	542	739	0.733	39.0
		0.1	191	0.238	389	551	763	0.723	37.4
SUS329J4L	10	Static	201	0.204	373	577	773	0.746	41.1
	7	0.01	193	0.197	388	589	786	0.750	34.5
		0.1	188	0.214	422	609	813	0.749	33.5
SUS323L	10	Static	211	0.194	373	555	727	0.763	40.7
	7	0.01	198	0.229	384	567	722	0.785	36.4
		0.1	201	0.262	402	578	747	0.774	36.1
SUS821L1	10	Static	201	0.228	323	485	698	0.696	48.4
	7	0.01	183	0.272	325	490	692	0.707	46.3
		0.1	183	0.226	362	501	714	0.702	47.0
SM570	5	0.001	-	-	-	704	752	0.936	16.8
		0.01	-	-	-	713	760	0.938	16.9
		0.1	-	-	-	703	750	0.937	17.1

3. 2 機械的性質

表 2 は、動的引張試験により得られた各試験片の機械的性質をまとめている。ここで、同表中の値は、各条件 3 供試体の結果の平均を表している。なお、同表には、比較のため、静的引張試験結果³⁾および既往の研究⁴⁾より得た同程度の強度を有する構造用炭素鋼 SM570 の動的引張試験結果を示している。また、図 3 は、SUS323L および SUS821L1 の静的引張試験結果に対する動的引張試験結果の機械的性質の比を示す。なお、同図には、比較のため、表 2 に示す構造用炭素鋼 SM570 の試験速度 0.01(1/s)および 0.1(1/s)の結果と試験速度 0.001(1/s)の結果の比を示す。

表 2 および図 3 より、試験速度 0.01(1/s)の SUS821L1 のポアソン比は、静的引張試験結果に比べて約 1.19 倍となることが確認できる。つぎに、試験速度 0.1(1/s)の SUS323L のポアソン比は、静的引張試験結果に比べて約 1.35 倍となることが確認できる。また、同図より、0.2%耐力、引張強さおよび破断伸びに着目すると、二相系ステンレス鋼の結果は、構造用炭素鋼 SM570 の結果に比べ、引張試験速度の変化に伴う値の変化が大きいことがわかる。

4. おわりに

本研究で得られた内容は、次の通りである。(1)ひずみ速度 0.01(1/s)の動的引張試験より得られた応力ひずみ関係は、静的引張試験結果に比べて同一ひずみ時の応力が、汎用二相鋼で同程度以上、リーニ二相鋼で同程度以下となる。(2)ひずみ速度 0.1(1/s)の動的引張試験より得られた応力ひずみ関係は、静的引張試験結果に比べて同一ひずみ時の応力が 5%程度大きくなる。(3)引張試験速度の違いによる二相系ステンレス鋼の機械的性質は、静的ひずみ速度に対し、ひずみ速度 0.01(1/s)の場合最大約 15%、ひずみ速度 0.1(1/s)の場合最大約 35%変化する。(4)二相系ステンレス鋼の材料強度および破断伸びは、構造用炭素鋼 SM570 に比べて引張試験速度の違いによる値の変化が大きい。

最後に、本研究は公益財団法人ユニオンツール育英奨学会平成 27 年度研究助成により実施したものである。また、本研究で実施した動的引張試験に用いた試験片は日本鋼構造協会より提供いただいたものである。ここに記して、謝意を表する。

参考文献

1)日本工業規格: JIS G4304 熱間圧延ステンレス鋼板および鋼帯(追補 1), 日本工業規格協会, 2015. 2)International Organization for Standardization: ISO 26203-2, Metallic materials -Tensile testing at high strain rate-Part2, Servo-hydraulic and other test systems, 2011. 3)佐藤信輔, 宮寄靖大: 静的引張試験による二相系ステンレス鋼の材料特性, 鋼構造年次論文報告集, 第 24 巻, pp.297-304, 2016. 4)桑原仁, 前田孝一: 低 YR 高張力鋼の機械的性質に及ぼす歪速度の影響, 構造工学論文集, Vol.36B, pp.385-397, 1990.

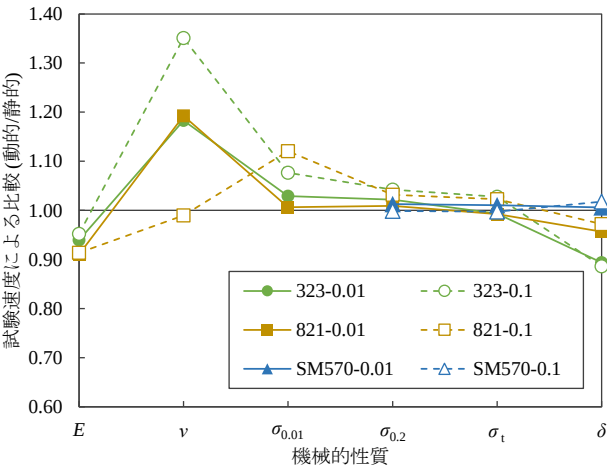


図 3 機械的性質の比較(SUS323L および SUS821L1)