

1%Ni系高耐候性鋼材の化学成分の現状調査

鉄道・運輸機構 正会員○南 邦明
 鉄道・運輸機構 正会員 横山秀喜
 東京工業大学 フェロー 三木千壽

1. はじめに 著者らは、昨年、1%Ni系高耐候性鋼材（以下、1%Ni鋼）の機械的性質の調査結果を報告し、高品質な鋼材が提供されていることを示した¹⁾。これに続き、本報告は化学成分の現状を明確にするため、前報¹⁾と同様、576枚のミルシートから、主要5元素(C, Si, Mn, P, S)および合金3元素(Cu, Cr, Ni)の化学成分を調べた。これらの結果とJIS規格値およびJIS耐候性鋼²⁾との比較を行った。

表-1 化学成分のJIS規格値(JIS G3114)

鋼種	化学成分(%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
SMA400W	0.18	0.15~	1.25以下	0.035	0.035	0.30~	0.45~	0.05~
SMA490W	以下	0.65	1.40以下	以下	以下	0.50	0.75	0.30
SMA570W								

2. 化学成分 I (C, Si, Mn) の調査結果 C, Si, Mnは、強度や衝撃特性などの制御に重要な役割を果たすので、これらはバランスを見ながら必要に応じて配合される。一般に、C量を増加させることにより、降伏強度、引張強度、硬さなどは増加するが、伸び、絞りなどの延性特性や衝撃特性は減少する。このため、C量は低いのが望ましい。一方、Siは脱酸剤として添加され、0.4%位までは強度や延性が上昇する。Mnは強度、衝撃特性の向上、さらに脱酸や脱硫の効果もある。

表-1は、JISで示されている化学成分の規格値を示し、表-2および表-4は、1%Ni鋼の調査の集計結果を示した。また、表-3および表-5は、著者らが以前に行った化学成分の調査（以下、JIS耐候性鋼）の集計結果²⁾を示した。

1%Ni鋼のC量は、鋼種に関わらず平均値で0.05であり、JIS規格値(0.18以下)の1/3以下、JIS耐候性鋼の1/2以下であった。また、JIS耐候性鋼では最小値が0.02、最大値が0.17とばらつきが生じているのに対し、1%Ni鋼では最小値が0.04、最大値が0.06とばらつきが小さく、さらに標準偏差も低く品質にばらつきがほとんどなかった。

1%Ni鋼のSi量の平均値は、400材で0.31、490材および570材で0.30であり、鋼種による大きな違いは見られなかった。一方、JIS耐候性鋼は、鋼種によりSiの配合量が若干異なっており、1%Ni鋼とは異なった。また、Cと同様、1%Ni鋼はJIS耐候性鋼に比べ、標準偏差が低くばらつきが小さいと言える。JIS耐候性鋼では、JIS規格値の最小値レベルのデータもあるが、1%Ni鋼は、平均値の0.30近傍の分布であった。

1%Ni鋼のMn量は、570材>490材>400材となり、強度レベルに比例して大きくなっていった。強度に影響するC量が強度に依らず一定であることを考えると、Mnで強度レベルを調整している状況が伺える。JIS耐候性鋼と比較すると、490材と570材では、1%Ni鋼の方がMn量は多いが、400材ではその逆に1%Ni鋼の方が若干少なくなった。標準偏差は、C、Siと同様に1%Ni鋼の方が小さいが、CやSiほどの標準偏差の違いは見られなかった。ただし、1%Ni-490Wでは、標準偏差が高いが、これは板厚が40mmを超えた場合、Mnが1.50程度と高かった影響である。

3. 化学成分 II (P, S) の調査結果 P, Sは不純物元素であり意図的に配合される訳ではなく、製鋼時にこれらを取り除いている。Pが多ければ溶接性、衝撃特性および冷間加工性を低下させ、Sが多ければ衝撃特性、高温割れ特性、絞り特性および耐ラメラティア特性が低下する。このため、不純物元素は低いことが望ましい。

1%Ni鋼のP量は、強度レベルに関わらず平均値で0.010程度であり、JIS規格値(0.035以下)の1/3以下と低かった。また、最大値も0.020を超えるデータは見られなかった。一方、JIS耐候性鋼では最大値で0.020を超えるデータも各鋼種で見られ、両者を比較すると、全鋼種で1%Ni鋼の方がPの配合量は低かった。また、標準偏差もJIS耐候性鋼の約1/2程度で、ばらつきも小さかった。

1%Ni鋼のS量は、鋼種に関わらず平均値で0.001~0.002であり、JIS規格値(0.035以下)よりはるかに低い値であった。また、JIS耐候性鋼と比較しても全鋼種で1%Ni鋼の方がSの配合量は低く、特に、JIS耐候性鋼では、最大値で0.010を超える値も見られたが、1%Ni鋼では最大値が0.003と非常に低い含有量であった。標準偏差においても、JIS耐候性鋼材よりはるかに低かった。

4. 化学成分 III (Cu, Cr, Ni) の調査結果 耐候性を高める元素としてCu, Cr, Niがあり、これら3元素はバランスを取りながら配合される。一般にCuを添加させることにより、耐食性が改善され、鋼材の腐食量を減少させる効果がある。また、Cu量の増加とともに強度は上昇するが、伸びや絞りは減少する。さらに、Cuには熱間脆性を引き起こす場合があり、これを防止させるためNiが添加される。Niを増大させれば、衝撃特性および低温靱性が改善されるが、コストが上昇する。Crを添加させることにより、耐食性、耐酸化性、耐摩耗性を増大させ、焼入れ性の向上、

キーワード：ニッケル系高耐候性鋼，化学成分
 連絡先：〒231-8315 横浜市中区本町6-50-1 TEL 045-222-9082 FAX 045-222-9102

表-2 1%Ni系高耐候性鋼の主要5元素 (C, Si, Mn, P, S)の調査結果

鋼種	数量	C(×10 ⁻²)				Si(×10 ⁻²)				Mn(×10 ⁻²)				P(×10 ⁻³)				S(×10 ⁻³)			
		Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.
1%Ni-400AW	143	5	5	5.00	0.000	29	32	30.95	0.875	49	53	50.39	1.101	6	15	10.06	1.843	1	2	1.20	0.398
1%Ni-400BW	20	5	5	5.00	0.000	30	32	31.40	0.598	49	51	50.10	0.553	8	13	9.95	1.605	1	2	1.40	0.503
1%Ni-400CW	17	5	5	5.00	0.000	30	32	31.00	0.791	49	53	50.35	0.931	8	13	9.88	1.219	1	2	1.29	0.470
1%Ni-490AW	65	4	6	5.00	0.250	29	32	30.12	0.910	107	115	110.2	1.474	7	20	10.09	2.771	1	3	1.57	0.728
1%Ni-4900BW	161	4	6	4.92	0.461	28	32	30.15	1.091	108	115	110.5	1.573	7	15	10.62	2.109	1	3	1.64	0.638
1%Ni-490CW	82	4	6	4.88	0.391	28	32	29.91	1.269	108	150	112.8	10.06	7	15	10.38	2.339	1	3	1.74	0.783
1%Ni-570W	265	5	6	5.08	0.271	28	35	30.48	1.148	144	150	146.3	1.938	8	13	10.40	1.254	1	3	1.47	0.571

表-3 JIS耐候性鋼の主要5元素 (C, Si, Mn, P, S)の調査結果²⁾

鋼種	数量	C(×10 ⁻²)				Si(×10 ⁻²)				Mn(×10 ⁻²)				P(×10 ⁻³)				S(×10 ⁻³)			
		Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.	Min	Max	Ave.	Std. Dev.
SMA400AW	112	6	16	11.18	2.085	16	34	22.51	3.851	45	107	67.64	2.085	4	29	13.89	3.684	1	15	5.51	2.734
SMA400BW	49	6	17	11.27	2.298	16	37	22.80	4.272	46	107	75.04	2.298	3	24	14.88	4.151	1	13	5.33	2.688
SMA400CW	71	2	15	11.83	2.287	16	40	24.77	5.602	45	120	79.68	2.287	6	23	13.75	3.945	1	13	4.89	2.583
SMA490AW	58	2	15	11.28	2.634	21	47	30.45	7.004	32	132	101.8	2.634	8	28	15.24	3.752	2	13	5.53	2.501
SMA490BW	94	7	15	11.85	2.656	17	47	35.09	9.678	92	135	108.3	2.656	7	20	14.14	2.986	1	9	4.37	1.912
SMA490CW	63	2	15	11.68	2.861	16	50	32.40	11.25	81	139	107.1	2.861	7	22	14.89	2.968	1	16	4.10	2.340
SMA570W	141	5	15	10.82	2.650	16	47	31.24	9.254	84	140	105.5	2.650	4	21	12.19	4.336	0	13	3.64	2.450
SMA570W-TMC	18	2	9	6.61	2.593	17	29	20.72	4.921	95	140	107.8	2.593	8	17	12.33	2.275	2	3	2.44	0.511

機械的性質の改善などに役立つ。

1%Ni鋼のCu量は、JIS規格値(0.30～0.50)をはるかに超え、鋼種に関わらず平均値は約0.97とNi量とほぼ同量で、JIS耐候性鋼とは大きく異なった。なお、標準偏差はJIS耐候性鋼と大きな違いは見られなかった。

1%Ni鋼のCr量は、JIS規格値(0.45～0.75)よりはるかに低く、0.03程度しか配合されていなかった。JIS耐候性鋼では0.50程度配合されており、大きな違いが生じていた。標準偏差は1%Ni鋼が小さかった。

1%Ni鋼のNi量は、当然のことであるが、JIS基準値(0.05～0.30)よりはるかに高く、鋼種に関わらず平均値では0.99程度とほぼ想定通りのNi量であった。

JIS耐候性鋼の平均値は、0.15程度しか

配合されておらず、当然のことであるが1%Ni鋼との違いが明確であった。1%Ni鋼は、最小値で0.96、最大値で1.03とばらつきが小さく、標準偏差においても、JIS耐候性鋼より1%Ni鋼は小さかった。

以上のように、合金元素の配合として、JIS耐候性鋼は、Cr>Cu>Niの配合で耐候性を保持しているが、1%Ni鋼はCrを極力減らし、NiとCuで耐候性を高めている様子が伺えた。

5. まとめ 主要5元素のうち、強度や衝撃値を考慮して配合されるC, Si, Mnにおいて、Cは平均値で0.05とJIS規格値(0.18以下)の1/3以下、Siは平均値で0.30とJIS規格値範囲(0.15～0.65)の1/2以下程度と低く抑えられていた。一方、Mnは強度に比例して大きくなっており、490材の一部および570材ではJIS規格値(1.40以下)を超えていた。不純物であるPやSは、JIS規格値(0.035以下)より極端に低く、清浄度が高い鋼材と言える。耐候性を高める元素のCu, Cr, Niでは、1%Ni鋼はCrを極力減らし、NiとCuで耐候性を高めていた。また、Ni量は鋼種に関わらず平均値では0.99程度とほぼ想定通りのNi量であった。

[参考文献]

- 1) 南 邦明, 横山秀喜, 三木千壽: 1%Ni系高耐候性鋼材の機械的性質の現状調査, 第64回年次学術講演会I-061, pp.121-122, 2009.9
- 2) 南 邦明, 三木千壽: 橋梁で使用される鋼材の化学成分の現状, JSSC鋼構造論文集, 第12巻47号, pp57-72, 2005.9.