

## 5 鋼板の種類とその特性

鋼板は、その用途に応じてJISなどに各種規格が定められている。

製造者では単に規格に合格させるだけでなく、その用途、目的に応じて、最適な諸性能を持たせるため、化学成分、圧延条件、熱処理条件などに工夫をこらし、安価で安定した性能を有する鋼板を供給するよう努力している。

ここでは、主として用途別に鋼板を分類し、それぞれの鋼板の特徴について解説する。

### 5・1 一般構造用鋼板

強度を主体にした鋼板で、通常C含有量を変化させることにより所要の機械的性質を得ている。

一般構造用鋼板は、JIS G 3101「一般構造用圧延鋼材、SS」に、引張強さ330、400、490、540N/mm<sup>2</sup>級の4種類が規定され、土木、建築、橋梁、車輛などに圧延ままの状態で使用されている。

この鋼板は、機械的性質をおもにC含有量で調整しているため、炭素当量 (Ceq=C+Si/24+Mn/6) が高く、0.40%を超えることがあり、溶接施工時には予熱などの配慮が必要である。

溶接性を重視するような場合には、溶接構造用鋼板を使用するのが望ましい。

### 5・2 溶接構造用鋼板

主として溶接により構造物を組立てるのに適した鋼板であり、強度と同時に溶接性を重視している。このように、溶接構造用鋼板は、溶接性への配慮からC含有量、合金元素含有量を低くおさえ、圧延、熱処理などの技術を駆使して製造されているので、溶接性はもちろん、靱性、加工性などにも優れている。

この鋼板は、JIS G 3106「溶接構造用延鋼材、SM」に引張強さ400、490、520、570N/mm<sup>2</sup>級の4種類が、また、JIS G 3128「溶接構造用高降伏点鋼板、SHY」に耐力685N/mm<sup>2</sup>級の鋼板が規定され、各強度レベルの鋼板が広く用いられている。

#### 5・2・1 橋梁用鋼板

橋梁用鋼板としては、SS400、SM400、SM490、SM490Y、SM520などの一般および溶接構造用400、490N/mm<sup>2</sup>級鋼板が主流であり、特にSM490Yが多用されている。

しかし、現在では、表8に示すように、溶接構造用鋼板に加え、耐候性鋼板も使用され、強度も590N/mm<sup>2</sup>(60kgf/mm<sup>2</sup>)級鋼板のSM57Q(SM58)、SMA57Q(SMA58)までが道路橋示方書に規定されており、一般化している。

また、橋梁の長大化にとまない、690N/mm<sup>2</sup>級、780N/mm<sup>2</sup>級鋼板も積極的に採用されている。しかしながら、このク

表8 板厚による鋼種選定標準<sup>14)</sup>

鋼種	板厚 (mm)						
	8	16	22	25	32	38	50
S S 4 1							
S M 4 1 A							
S M 4 1 B							
S M 4 1 C							
S M 5 0 A							
S M 5 0 B							
S M 5 0 C							
S M 5 0 Y A							
S M 5 0 Y B							
S M 5 3 B							
S M 5 3 C							
S M 5 8							
S M A 4 1 A W							
S M A 4 1 B W							
S M A 4 1 C W							
S M A 5 0 A W							
S M A 5 0 B W							
S M A 5 0 C W							
S M A 5 8 W							

注) 気温が著しく低下する地方では、特別な考慮をはらわなければならない。

ラスの鋼板を溶接する場合、低温割れ防止のために、100

以上の予熱が必要であり、作業環境の悪化や予熱によるひずみが発生するため、予熱温度の低減が要望されていた。最近、このニーズに対応した橋梁用予熱低減型高張力鋼板が開発され、実用化されはじめています。

これら高張力鋼板使用の利点としては、

鋼板断面が小さくなり、スパンの長大化が可能となる。

同一スパンの場合は、鋼板重量が小さくなり、製作運搬、架設費用が安くなる。

断面構成、継手部が簡単になり、施工能率が向上する。

強度の異なる鋼板との組合せによって、断面構成を大幅に変更しないで設計でき、応力伝達が円滑化する。

溶接時の予熱温度の低減により、作業環境の改善およびひずみ矯正作業の簡略化が図れ、施工能率が向上する。などがあげられる。

一方、鋼板は、高強度化すると降伏比が上昇し、降伏点から引張強さまでの余力が少なくなり、また、図18に示すように一様伸びも少なくなる。

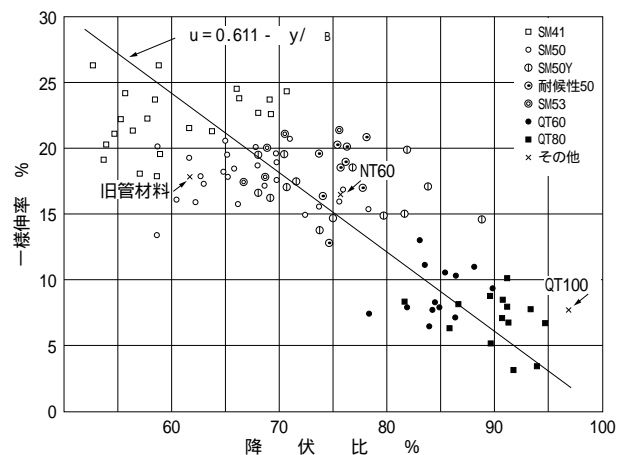


図18 溶接構造用鋼板の降伏比と一様伸びとの関係<sup>15)</sup>

表9 港大橋に採用された690N/mm<sup>2</sup>(70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup>(80kgf/mm<sup>2</sup>)級鋼板の要求性能<sup>16)</sup>

鋼板	種厚 mm	70kgf/mm <sup>2</sup> 級鋼板		80kgf/mm <sup>2</sup> 級鋼板	
		50以下	50~100	50以下	50~100
基本前提	構造物脆性破壊発生温度上限	-15	-15	-15	-15
	溶接予熱温度上限(目標)	100	125	100	150
	溶接入熱制限kJ/cm	50	40	50	40
	溶接継手脆化部ボンドvTe上限(目標)	0	0	0	0
化学成分	C上限%	0.14	0.16	0.14	0.16
	P、S上限%	0.03	0.03	0.03	0.03
	Ceq上限%	0.49	0.52	0.53	0.56
機械的性質	降伏点下限kgf/mm <sup>2</sup>	63	60	70	68
	引張強さ	70~85	68~83	80~95	78~93
	温度	-15	-15	-15	-15
	vE kgf・m	4.8	4.8	4.8	4.8
	vTe上限	-35	-35	-35	-35
溶接性	溶接部最高硬さ上限HV	400	410	420	430
	ビード曲げ予熱温度上限	80	80	100	100
	曲げ角度	WES	WES	WES	WES

WES 135 (1969) に規定する角度

したがって、高張力鋼板の採用を決定するにあたっては、これらの利点と欠点を勘案する必要がある。

参考として、港大橋(阪神高速道路公団)に採用された690N/mm<sup>2</sup>(70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup>(80kgf/mm<sup>2</sup>)級鋼板の要求性能をまとめて表9に示す。

### 5・2・2 耐候性鋼板

耐候性への成分元素の影響は、Pがもっとも効果的であり、次いでCu、Crといわれており、これらの元素を含有した耐候性鋼板が橋梁、建築、車輛などの広い分野で使用されている。

引張強さ490N/mm<sup>2</sup>級鋼板が開発の発端であったが、現在では400、570N/mm<sup>2</sup>級鋼板もJISに規定されている。

耐候性鋼板は、JIS G 3114「溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材、SMA」およびJIS G 3125「高耐候性圧延鋼材、SPA」がそれぞれ制定されており、JIS G 3114は耐候性よりも溶接性を優先させたCu-Cr系鋼板であり板厚50mm以下を、また、

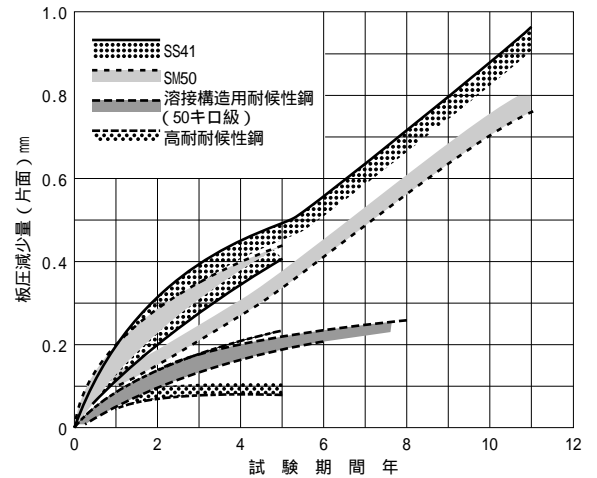


図19 非常に腐食量の大きい臨海工業地帯および海岸地帯(戸畑、足摺岬、川崎、千葉)における大気暴露試験結果<sup>17)</sup>

JIS G 3125は、耐候性の優れたP-Cu-Cr系であるが、Pを多く含有していることから、鋼板の溶接性が劣るため、16mm以下のあまり溶接性を必要としない部材用として規定されているのが特徴である。

各種400、490N/mm<sup>2</sup>級鋼板の臨海工業地帯および海岸地帯における大気暴露試験結果を図19に示すが、鋼種別の耐候性の順位は、P-Cu-Cr系の高耐候性鋼板SPA > 溶接構造用耐候性鋼板SMA490 (SMA50) > 溶接構造用鋼板SM490 (SM50) > 一般構造用鋼板SS400 (SS41) となっており、5年経過後の腐食による板厚減少量で比較するとSPAはSS400 (SS41) の約1/5の腐食減量である。

一方、当社では、耐候性にもっとも効果のあるPの含有量をSPAと同程度にまで高め、しかも溶接性に対するPの悪影響を極力少なくした、溶接構造用高耐候性低C-高P-Cu-Cr系鋼板〔神鋼規格TAICOR B400S、TAICOR B490S〕を開発、実用化している。TAICOR B400SおよびTAICOR B490Sの品質特性の一例を表10に示す。

表10 TAICOR B400SおよびTAICOR B490Sの化学成分および機械的性質の一例

神鋼規格名	区分	板厚 mm	化学成分 %									
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Ti
TAICOR B400S	規格	6~50	0.08	0.50	0.50/1.40	0.070/0.15	0.035	0.25/0.55	0.45	0.30/1.00	-	0.005/0.01
	実績	8~24 25~40	0.05 0.05	0.30 0.29	0.80 0.96	0 0.090	0.005 0.005	0.34 0.34	0.29 0.31	0.39 0.44	tr. tr.	5 0.012
TAICOR B490S	規格	6~50	0.08	0.50	0.50/1.80	0.094	0.035	0.25/0.55	0.45	0.30/1.00	0.10	0.013
	実績	9~15	0.05	0.33	1.31	0.070/0.15	0.005	0.36	0.30	0.33	0.06	0.005/0.01

神鋼規格名	区分	板厚 mm	引張試験			衝撃試験 vEo J
			降伏点N/mm <sup>2</sup>	引張強さN/mm <sup>2</sup>	伸び %	
TAICOR B400S	規格	t 16	245	400~510	18 22	47 47
		16 < t 40	235			
TAICOR B400S	実績	8~16	323~441	441~500 451~490	23~34 30~35	255~372 235~372
		17~40	323~412			
TAICOR B490S	規格	t 16	365	490~610	15	47
	実績	9~15	372~490			

表9 港大橋に採用された690N/mm<sup>2</sup>(70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup>(80kgf/mm<sup>2</sup>)級鋼板の要求性能<sup>16)</sup>

鋼板	種厚 mm	70kgf/mm <sup>2</sup> 級鋼板		80kgf/mm <sup>2</sup> 級鋼板	
		50以下	50~100	50以下	50~100
基本前提	構造物脆性破壊発生温度上限	-15	-15	-15	-15
	溶接予熱温度上限(目標)	100	125	100	150
	溶接入熱制限kJ/cm	50	40	50	40
	溶接継手脆化部ボンドvTe上限(目標)	0	0	0	0
化学成分	C上限%	0.14	0.16	0.14	0.16
	P、S上限%	0.03	0.03	0.03	0.03
	Ceq上限%	0.49	0.52	0.53	0.56
機械的性質	降伏点下限kgf/mm <sup>2</sup>	63	60	70	68
	引張強さ "	70~85	68~83	80~95	78~93
	温度	-15	-15	-15	-15
	vE kgf・m	4.8	4.8	4.8	4.8
	vTe上限	-35	-35	-35	-35
溶接性	溶接部最高硬さ上限HV	400	410	420	430
	ビード曲げ予熱温度上限	80	80	100	100
	" 曲げ角度	WES	WES	WES	WES

WES 135 (1969) に規定する角度

したがって、高張力鋼板の採用を決定するにあたっては、これらの利点と欠点を勘案する必要がある。

参考として、港大橋(阪神高速道路公団)に採用された690N/mm<sup>2</sup>(70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup>(80kgf/mm<sup>2</sup>)級鋼板の要求性能をまとめて表9に示す。

### 5・2・2 耐候性鋼板

耐候性への成分元素の影響は、Pがもっとも効果的であり、次いでCu、Crといわれており、これらの元素を含有した耐候性鋼板が橋梁、建築、車輛などの広い分野で使用されている。

引張強さ490N/mm<sup>2</sup>級鋼板が開発の発端であったが、現在では400、570N/mm<sup>2</sup>級鋼板もJISに規定されている。

耐候性鋼板は、JIS G 3114「溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材、SMA」およびJIS G 3125「高耐候性圧延鋼材、SPA」がそれぞれ制定されており、JIS G 3114は耐候性よりも溶接性を優先させたCu-Cr系鋼板であり板厚50mm以下を、また、

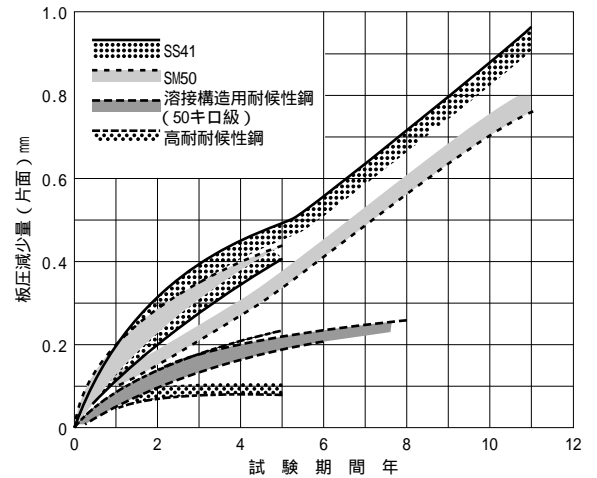


図19 非常に腐食量の大きい臨海工業地帯および海岸地帯(戸畑、足摺岬、川崎、千葉)における大気暴露試験結果<sup>17)</sup>

JIS G 3125は、耐候性の優れたP-Cu-Cr系であるが、Pを多く含有していることから、鋼板の溶接性が劣るため、16mm以下のあまり溶接性を必要としない部材用として規定されているのが特徴である。

各種400、490N/mm<sup>2</sup>級鋼板の臨海工業地帯および海岸地帯における大気暴露試験結果を図19に示すが、鋼種別の耐候性の順位は、P-Cu-Cr系の高耐候性鋼板SPA > 溶接構造用耐候性鋼板SMA490 (SMA50) > 溶接構造用鋼板SM490 (SM50) > 一般構造用鋼板SS400 (SS41) となっており、5年経過後の腐食による板厚減少量で比較するとSPAはSS400 (SS41) の約1/5の腐食減量である。

一方、当社では、耐候性にもっとも効果のあるPの含有量をSPAと同程度にまで高め、しかも溶接性に対するPの悪影響を極力少なくした、溶接構造用高耐候性低C-高P-Cu-Cr系鋼板〔神鋼規格TAICOR B400S、TAICOR B490S〕を開発、実用化している。TAICOR B400SおよびTAICOR B490Sの品質特性の一例を表10に示す。

表10 TAICOR B400SおよびTAICOR B490Sの化学成分および機械的性質の一例

神鋼規格名	区分	板厚 mm	化学成分 %									
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Ti
TAICOR B400S	規格	6~50	0.08	0.50	0.50/1.40	0.070/0.15	0.035	0.25/0.55	0.45	0.30/1.00	-	0.005/0.01
	実績	8~24 25~40	0.05 0.05	0.30 0.29	0.80 0.96	0 0.090	0.005 0.005	0.34 0.34	0.29 0.31	0.39 0.44	tr. tr.	5 0.012
TAICOR B490S	規格	6~50	0.08	0.50	0.50/1.80	0.094	0.035	0.25/0.55	0.45	0.30/1.00	0.10	0.013
	実績	9~15	0.05	0.33	1.31	0.070/0.15	0.005	0.36	0.30	0.33	0.06	0.005/0.01

神鋼規格名	区分	板厚 mm	引張試験			衝撃試験 vEo J
			降伏点N/mm <sup>2</sup>	引張強さN/mm <sup>2</sup>	伸び %	
TAICOR B400S	規格	t 16	245	400~510	18	47
		16 < t 40	235		22	
TAICOR B400S	実績	8~16	323~441	441~500 451~490	23~34	255~372 235~372
		17~40	323~412		30~35	
TAICOR B490S	規格	t 16	365	490~610	15	47
	実績	9~15	372~490		510~568	

耐候性鋼板の使用方法は、塗装使用と無塗装使用がある。無塗装使用には裸使用とさび安定化処理使用とがあるが、前者は文字どおり裸のまま使用するもので、もっとも経済的な使い方である。JIS G 3114では、無塗装用(W)と塗装用(P)に細分し、(W)は(P)よりCuおよびCr含有量を高め耐候性を向上した成分系となっている。

近年、鋼構造物の維持管理費低減が要求されるすう勢にあり、耐候性鋼板のより有効な使用方法が検討されており、今後、その需要は増大していくものと期待される。

### 5・2・3 耐ラメラテア鋼板

複雑な構造物、たとえば石油掘削装置の格点構造や建築構造物の仕口部では、板厚方向に引張応力が作用する。このような場合、すみ肉溶接部などに写真5に示すような板表面に平行な割れが発生することがあり、この割れをラメラテアという。

ラメラテアは、鋼中の硫化物系介在物が圧延工程で圧延方向に伸ばされ、板厚方向の応力により介在物を起点にし

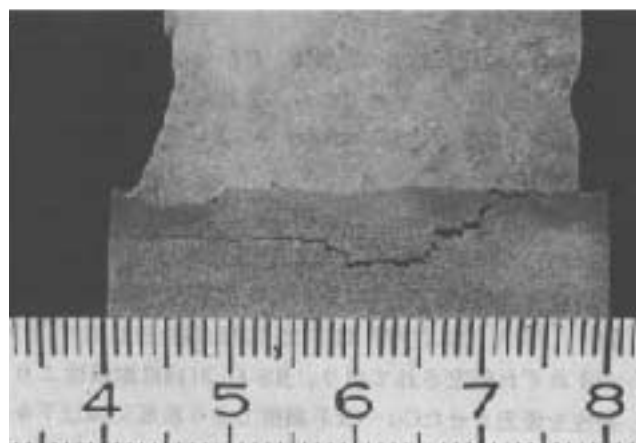


写真5 T形継手部に発生したラメラテアの例

で割れが発生し、進展したものである。

表11は、耐ラメラテア鋼板規格の一例を示したものであり、耐ラメラテア特性は、板厚方向引張試験の破断後の絞り値、すなわち断面収縮率(RAZ)で評価するのが普通である。

表11 耐ラメラテア鋼板規格の一例

規 格	規 格 値			棒状試験片の径 t: 板厚範囲 mm	組 合 せ る 規 格	備 考
	記号	RAZ	% S %			
J I S ( G 3 1 9 9 )	Z15	平均15以上、最小10以上	—	t: 15以上25以下 6 t: 25超150以下 10	降伏点または耐力の下限値が 500N/mm <sup>2</sup> 以下	板厚方向特性を規定した鋼板
	Z25	平均25以上、最小15以上				
	Z35	平均35以上、最小25以上				
I S O ( 7 7 7 8 )	Z15	平均15以上、最小10以上	—	t: 15以上25以下 6 t: 25超150以下 10	降伏点または耐力の下限値が 500N/mm <sup>2</sup> 以下	板厚方向特性を規定した鋼板
	Z25	平均25以上、最小15以上				
	Z35	平均35以上、最小25以上				
W E S ( 3 0 0 8 )	Z15	平均15以上、最小10以上	0.010以下	t: 15以上120未満 10 t: 120以上 14	WESなどに規定している溶接 性のよい熱間圧延鋼板	ラメラテアのおそれのある溶接構造物あ るいは、その部材に用いるもの
	Z25	平均25以上、最小15以上	0.008以下			ラメラテアの危険性が高い溶接構造物あ るいは、その部材に用いるもの
	Z35	平均35以上、最小25以上	0.006以下			ラメラテアの危険性が高かつ安全性が 重視される溶接構造物あるいは、その部 材に用いるもの
I A C S ( W 1 4 )	—	平均25以上 および3本中1本のみ20以上	—	t: 15以上25以下 6 t: 25超 10	軟鋼板および高張力鋼板	—
N K ( 3 ・ 9 )	—	平均25以上 および3本中1本のみ20以上	—	t: 15以上 10	軟鋼板および高張力鋼板	—
A B S お よ び A S T M A 7 7 0	—	2本の最小20以上	—	t: 25以上32以下 8.75 t: 32超 12.5	—	試験の目的はラメラテアの低抗性の指標 をあたえることである。算定値はすべての 継手に対して、ラメラテアの非発生を 保証するものではない。
L R ( S e c 8 )	—	平均25以上	0.010以下 ( 推 奨 )	t: 20以上50以下 6 t: 50超 10	—	ラメラテアによる欠陥を少なくする必要 のある構造物に適用
B V ( S e c 2 ・ 3 )	Z25	平均25以上、最小15以上	—	t: 15以上50以下 6 t: 50超 10	軟鋼板、高張力鋼板およびボ イラ・圧力容器用鋼板	—
	Z35	平均35以上、最小25以上				
N V ( C 8 0 0 ) ( E 5 0 0 )	—	平均25以上 および3本中1本のみ20以上	—	t: 10超16以下 6 t: 16超40未満 10	—	—

耐ラメラテア鋼板の指標である板厚方向（Z方向）引張試験における断面収縮率とS量の関係およびCa処理による球状化の効果を図20に示す。

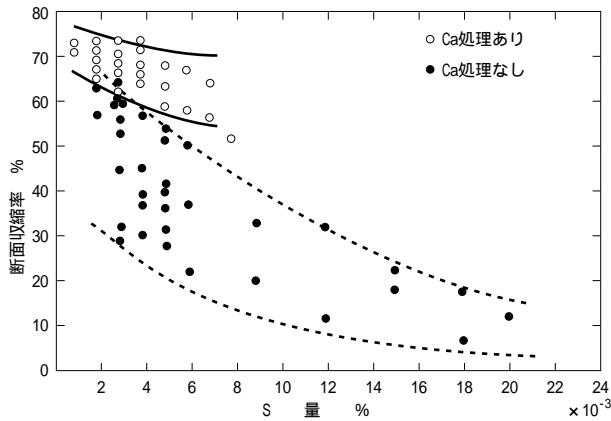


図20 Z方向引張試験結果

また、断面収縮率とL、Z方向の引張強さの比（Z/L）との関係を図21に示す。これによると、RAZが20%以上になると引張強さの比はほぼ1となる。すなわち、L方向とZ方向の引張強さは、ほぼ同じになることを示している。

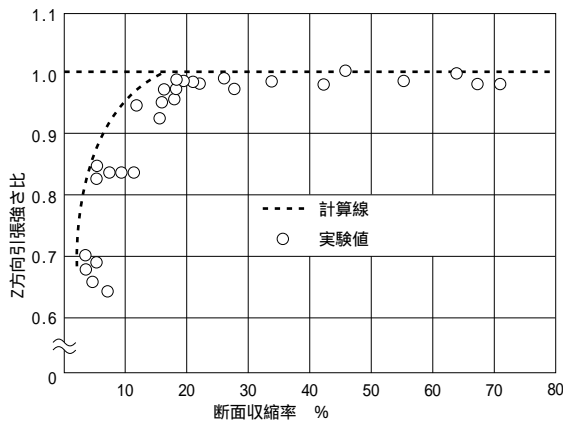


図21 断面収縮率とL、Z方向引張強さ比との関係<sup>18)</sup>

$$\text{注)} = \frac{\text{Z方向引張強さ}}{\text{L方向引張強さ}}$$

表12 ペンストック用690N/mm<sup>2</sup> (70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup> (80kgf/mm<sup>2</sup>) 級鋼板の化学成分規定の一例<sup>19)</sup>

発電所	鋼種	板厚区分 mm	化 学 成 分 %										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	B	Ceq
沼原	HT70	(1)	0.14	0.50	1.10	0.015	0.015	0.90~	0.60	0.60	0.07		0.49
大平	HT80	(1)	0.14	—	—	0.015	0.015	1.50	—	—	0.05	0.005	0.53
南原	HT80	(1)	0.13	—	—	0.015	0.015	約1.0	—	—	0.05	0.005	0.52
奥清津 奥吉野	HT80	50	0.14	—	—	0.015	0.015	約1.0	—	—	0.05	0.005	0.53
		50 < 100						約1.0					0.57
(2) 奥矢作 第二	HT80	50	0.14	—	—	0.015	0.015	—	—	—	0.05	0.005	0.53
		50 < 100											—

(1) 沼原、大平、南原の各発電所の仕様には適用板厚の明示はないが、板厚の最大値はそれぞれ41、36、32mmである。

(2) 鋼板の靱性、均一性を確保するようその他の成分の配慮を行うものとするとの注記がある。

#### 5・2・4 ペンストック用鋼板

国内における揚水発電所のペンストックの設計および製作は、水門鉄管技術基準に準拠しており、SM570以下の鋼板の適用が定められている。

最近では、設計技術の進歩、ダム巨大化、発電容量の増大などによって690N/mm<sup>2</sup> (70kgf/mm<sup>2</sup>)、780N/mm<sup>2</sup> (80 kgf/mm<sup>2</sup>) 級鋼板も多用されてきている。これらの鋼板は、各発電所の立地条件と規模、設計、施工方法によって鋼板に要求される諸性能も異なるため、表12に示すように、化学成分もそれぞれの要求性能に応じて規定されている。

ペンストックの据付けは、トンネル内という多湿な建設現場での溶接となるため、施工には、溶接割れに対する十分な配慮が必要で、特に690N/mm<sup>2</sup>、780N/mm<sup>2</sup>級鋼板採用時には注意を要する。

#### 5・3 建築構造用鋼板

建築物の床面積による着工統計では、近年、鉄骨造建築物は木造、鉄筋コンクリート造などを凌駕し、全建築の約40%を占めるに至っている。一方、鉄骨造建築物の規模は、高層化が進んでいるものの、5階建以下の建物が約90%を占めている。この中小規模の鉄骨造建築物に対し、構造上の安全性を確保するために、優れた品質特性を有する鋼材を容易に入手するための適正な鋼材規格の制定が強く望まれてきた。さらに建築物の高層化、大スパン化および斬新なデザインの採用に伴いそれに使用される建築構造用鋼板には、より優れた品質や新しい性能が要求されている。

ここでは、新たに制定された建築構造用鋼材のJISの概要と近年、実用化され注目されている新しい建築構造用鋼板の一例を紹介する。