4. (1) 各国別にみた構造用鋼材の近況

鋼構造委員会鋼材規格小委員会

まえがき

鋼材規格小委員会は土木学会の鋼構造委員会に属しており，その役割は土木界において用いられる国内，国外の鋼材の規格や実状を調査・研究することであるが，それ以外にも鋼材に関連するものの中で，ある程度自由に課題を選んで研究を行っている．

例えば，各国の主に橋梁製作関係の示方書の条項中，鋼材に関係の深いものを比較検討し，「各国の橋梁の製作示方書」という題で1977年11月号の学会誌に発表した．また，耐候性鋼を用いた無塗装橋梁に関する調査・研究を行い，結果を同じく1980年4月号に発表した．

その後，世界の主だった国々の構造用鋼材規格の現状を調べることにしたが，これに類する調査は，先に鋼構造進歩調査小委員会によって行われたことがあり，「各国橋梁示方書に現われた高張力鋼利用の現況」(1975年4月号) および「各国の橋梁示方書における鋼材の使い分け」(1975年9月号) が発表された．しかし，それから数年経ち，構造用鋼材も相当発達し，各国の鋼材規格や橋梁の示方書も改訂されたので，調査を行ってきた．ここに，その概略をまとめて発表することにした．

資料を集めたのは，アメリカ合衆国，イギリス，ドイツ，フランス，カナダなどであり，世界のすべてを網羅したわけではないが，一応，世界の趨勢や国による差異などをうかがい知ることができよう．

国により規格の在り方にそれぞれ特異性があり，また委員会のメンバーが国別に分担執筆したので，構成や表現に若干差異が生じた．鋼種と機械的性質については各国とも割合に詳しく説明したが，化学成分については紙数の関係もありごく簡単に述べるにとどめた．しかし，近ごろ使用例の多い耐候性鋼材に対しては，化学成分がその特徴を表わすので最後に一表にまとめて比較した．

(阿部英彦)

1. アメリカ合衆国

合衆国は，ニューヨーク，サンフランシスコなどを中心として古くから吊橋をはじめ世界的な大橋梁を数多く建造してきたことは周知のとおりである．また，1960年代に始まった Interstate Highway 網の建設もほぼ完了して，高速道路網が飛躍的に進歩した．その反面では，完成後50年を経過したような老朽橋も多数存在し，今後，高速道路網の橋梁も含めて，その維持・管理あるいは再生 (rehabilitation) が，大きな課題になると思われる．その点で，塗装が不要でメインテナンスフリーと言われる A588 規格の耐候性鋼が広範囲に使用される理由もうなずける．これまで A588 鋼は，中小橋梁に多く使用されてきたが，最近では 1977 年完成の New River Gorge 橋 (スパン 518 m) や，日本から輸出された San

表—1　アメリカ合衆国の構造用鋼の種類と機械的性質

ASTM 規格と Grade		板　厚 (mm)	引張強さ (MPa)	降伏点 (MPa)	伸び(%) $L=20$	伸び(%) $L=5$	AASHTO 呼称
A36		—	400～550	250	20	23	M183
A242		19.1 以下	485	345	18	—	
		19.1～38.1	460	315	18	21	
		38.1～101.6	435	290	18	21	
A441		19 以下	485	345	18	—	
		19～38	460	315	18	21	
		38～102	435	290	18	21	
		102～203	415	275	—	21	
A572	42	152 以下	415	290	20	24	
	50	51 以下	450	345	18	21	M223
	60	31.8 以下	520	415	16	18	
	65	31.8 以下	550	450	15	17	
A588	A～J	101.6 以下	485	345	18	21	M222
		101.6～127	460	315	—	21	
		127～203.2	435	290	—	21	
A514	A～Q	64 以下	760～895	690	—	18	M244
		64～150	690～895	620	—	16	
A517	A～R	65 以下	795～930	690	—	16	
		65～150	725～930	620	—	14	
A709	36	204 以下	400～550	250	20	23	(A36)
	50	51 以下	450	345	18	21	(A572)
	50W	102 以下	485	345	18	21	(A588)
	100, 100W	64	775～915	700	—	—	(A514)
	100, 100W	64～102	700～915	635	—	—	(A514)

Joaquin 橋や Luling 橋など長大橋にも A588 鋼が無塗装で使用されるようになった．

鋼材は，ASTM (American Society for Testing Materials) によって規格化されており，数年ごとに見直されているようである．道路橋の AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) および鉄道橋の AREA (American Railway Engineering Association) の示方書では，鋼材に関して ASTM 規格によることにしている．その場合，特に溶接性を確保するために若干の特記事項を付す例がある．なお，AASHTO では，表—1 のように別の呼称を ASTM 規格名と併記している．

鋼構造物には，表—1 のように炭素鋼 (A36)，低合金高張力鋼 (A242, A441, A572 および A588)，調質高張力合金鋼 (A514 および A517) が一般的に用いられる．A709 では，さらにこれらの構造用鋼のうち溶接性と靭性を考慮したものを Grade 36, 50, 50 W, 100, および 100 W (W は耐候性) にまとめ，溶接橋梁用鋼材として規格化している．

A36 は，σ_y が 250 MPa 以上，σ_B が 400～550 MPa の炭素鋼で，わが国の SS 41 や SM 41 に相当する．中小スパンの橋梁に多く使用され，最も一般的な鋼材である．

低合金高張力鋼は，化学成分を変えることにより σ_y や σ_B を向上させたもので，わが国の SM 50 クラスの鋼材と言える．A242 や A441 などは含銅鋼に属し，両者とも板厚によって σ_B と σ_y の規格値を変えているが，板厚によっては，同強度範囲の鋼材である A572 Grade 50 や A588 より劣る．なお，AASHTO には，A572 と A588 が記載されている．

A572 と A588 は，それぞれ 1966 年と 1968 年に規格化された．A572 には，降伏点の差により Grade 42, 50, 60 および 65 があり，それぞれ板厚の上限が設けてある高い降伏点を持つものは溶接性が悪く，Grade 42 と 50 が溶接橋梁用で，AASHTO ではこのうち 50 のみを規定している．

A588 は，板厚 102 mm まで σ_y が 345 MPa 以上確保されており，他の低合金高張力鋼より有利であり，耐候性も優れていることから一般によく用いられる．また化学成分の相違により，Grade A から J まで 9 種類 (I は欠番) ある．これは，各製鉄会社の供給する耐候性鋼を網羅したもので，例えば U.S. Steel 社の Corten B が Grade A, そして Bethlehem Steel 社の Mayari R-50 が Grade B に相当する．なお，これらはわが国の SMA 50 に相当する．

調質高張力合金鋼は，焼入れ焼もどしによって強度等を向上させたもので，A514 鋼や A517 鋼が橋梁に使用されるが，これらはわが国の 80 キロ鋼に相当する．

ASTM では，規格の番号が鋼材名として用いられる場合と，Grade に降伏点 (ただし ksi 単位) を付する場合があって規格名からは σ_y や σ_B が判別しにくい．また，A709 のように，溶接橋梁用鋼として他の規格材をまとめている例もあり，わかりにくい面もある．

ここでは，主として橋梁を対象にして，AASHTO と AREA に記載された鋼板についてまとめた．

溶接用鋼材としては，SS 41 級 (A36) と SM 50 級 (A572 Grade 50, A588 など) から 80 キロ鋼 (A514 および A517) までとんでおり，溶接用の 60 キロ鋼や 70 キロ鋼に相当するものがないようである．(山田健太郎)

2. イギリス

1890 年に完成した Firth of Forth 橋は中央径間 521 m のカンチレバートラス橋で，当時の人びとの驚異の的であった．また，現代においては，1964 年の Forth Road 橋，1966 年の Severn 橋，さらに最近完成した Humber 橋 (支間長 1 410 m) の各吊橋は，イギリスの鋼橋技術が常に世界をリードしてきたことを示している．

橋梁の規格は BS 5400 Steel, Concrete and Composite Bridges であるが，これは限界状態設計 (Limit state design) の考えを基本としている．全体は 10 parts

から成り，Part 2 が荷重，Part 3 は鋼橋の設計，Part 5 は合成橋の設計，Part 6 に鋼材が含まれ，Part 10 は疲労である．鋼材に関する規定は Part 3 の中にあり，引張材に対して，温度との関係における鋼種と板厚の規定があるが，その他，鋼材一般の規定については Part 6 の中で「構造用鋼は BS 4360, Specification for Weldable Structural Steels による」と記されている．この標準は1979年に改訂されたが，主要な改訂点は，① 低温で衝撃値の高い 50 E，50 F，55 F の追加，② 耐候性鋼 WR 50 A 1，50 A，50 B 1，50 B，50 C 1，50 C，50 D の追加などであり，ISO/R 630「構造用鋼」をベースにしている．

機械的性質を 表—2 に示すが，日本の規格に比べて異なる点を次に列挙する．① 化学成分はレードル分析を基準にして製品分析やチェック分析の場合は緩和する，② 最大炭素当量が規定されている（表—3），③ リムド鋼は使用できない，④ 55 F の P および S の最大値は，おのおの 0.025% とする，⑤ シャルピー試験の温度は室温から −60°C まで規格化されている，⑥ 耐候性鋼のうち WR 50 A 1, 50 A は高リン系で他は Cu-Cr 系であるが，ASTM A588 のグレード A とほとんど同一の化学成分である，⑦ 炭素当量の計算式は，

$$C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Ni+Cu}{15},$$

⑧ 最大板厚はすべて 100 mm，⑨ BS 4360 は「鋼板，平鋼，棒鋼，広平鋼，ユニバーサル広平鋼，中空断面以外の型鋼，丸棒，角棒」，および「中空断面型鋼」の 3 種類について，おのおの独立に化学成分や機械的性質，熱処理条件等が規定されている．それゆえ，鋼種が例えば 50D と規定されても，鋼板か丸棒あるいは中空断面鋼かによって異なった規格値や条件の場合がある．

（庄司吉弘）

表—2 イギリスの構造用鋼の種類と機械的性質

種類	引張強さ (MPa)	降伏点 (MPa)	伸び (%) 20 cm	伸び (%) $5.65\sqrt{S_0}$	衝撃試験 温度 (°C)	衝撃試験 吸収エネルギー (J)	衝撃試験 最高厚 (mm)	備考
40A	400/480	—	22	25	—	—	—	As rolled
40B	400/480	210～230	22	25	室温	27	50	As rolled
40C	400/480	210～230	22	25	0	27	50	As rolled
40D	400/480	225～260	22	25	−10 −20	41 27	75	Normalized
40E	400/480	225～260	22	25	−20 −30 −50	61 47 27	75	Normalized
43A1	430/510	—	20	22	—	—	—	As rolled
43A	430/510	220～245	20	22	—	—	—	As rolled
43B	430/510	220～245	20	22	室温	27	50	As rolled
43C	430/510	225～245	20	22	0	27	50	As rolled
43D	430/510	240～280	20	22	−10 −20	41 27	75	Normalized
43E	430/510	240～280	20	22	−20 −30 −50	61 47 27	75	Normalized
50A	490/620	—	18	20	—	—	—	As rolled
50B	490/620	325～355	18	20	—	—	—	*
50C	490/620	325～355	18	20	−5 −15	41 27	75	*
50D1	490/620	345～355	18	20	−20 −30	41 27	75	Normalized
50D	490/620	340～355	18	20	−20 −30	41 27	75	Normalized
50E	490/620	340～355	18	20	−30 −35 −50	47 41 27	63	Normalized
50F	490/620	390	18	20	−40 −50 −60	41 35 27	40	**
55C	550/700	415～450	17	19	0	27	19	As rolled
55E	550/700	400～450	17	19	−20 −30 −50	61 47 27	63	Normalized
55F	550/700	415～450	17	19	−40 −50 −60	41 35 27	40	**

注：① 降伏点の範囲は板厚によって変る．
② * … $t \geqq 12.4$ mm は As rolled, $t \geqq 12.5$ mm は Normalized.
③ **…Quenched and tempered

表—3 イギリスの構造用鋼の最大炭素当量

（単位：%）

種類	最大炭素当量	種類	最大炭素当量	種類	最大炭素当量
40C	0.41	50D1	0.41	55F	0.41
40D	0.41	50D	0.43	WR50B1	0.54
40E	0.39	50E	0.43	WR50B	0.54
43C	0.41	50F	0.39	WR50C1	0.54
43D	0.41	50F	0.41	WR50C	0.54
43E	0.39	55C	0.51	WR50D	0.54
50C	0.45	55E	0.51		

3. 西ドイツ

西ドイツは，鋼橋，コンクリート橋ともに世界一流の橋梁技術を有しており，特に，近代斜張橋の発展に寄与した役割は非常に大きい．最近では，両端のスパンに一種の逆斜張橋形式構造をもった 5 径間連続鋼床版箱桁橋（Weitingen 橋）や鋼桁，PC 桁，RC タワーからなる斜張橋（Düsseldorf-Flehe 橋）など，ユニークな試みも積極的に行っている．次に，橋梁用の鋼およびその使用に関する主な規定類を示す．

表—4　西ドイツの構造用鋼の種類と機械的性質

鋼材	規格	種別	脱酸[1]方法	最大板厚 (mm)	引張強さ[2] (MPa)	降伏点[3] (MPa)	伸び[3),4)] ($L_0=5d_0$) (%)	衝撃試験 (J) 熱処理[5]	温度 (℃)	板厚 (mm)	3個の平均
一般構造用鋼材	DIN 17 100 (1980)	St 33	任意	25	290 以上	185-175	18	—	—	—	—
		St 37-2	任意	100	340/470	235-195	26-24	U, N	+20	10～16	27
		USt 37-2	U								
		RSt 37-2	R	100	340/470	235-215	26-24	U, N	+20	10～63	27
		St 37-3	RR	100	340/470	235-215	26-24	U N	±0 −20	10～100	27-23[3]
		St 44-2	R	100	410/540	275-235	22-20	U, N	+20	10～63	27
		St 44-3	RR	100	410/540	275-235	22-20	U N	±0 −20	10～100	27-23[3]
		St 52-3	RR	100	490/630	355-315	22-20	U N	±0 −20	10～100	27-23[3]
		St 50-2	R	100	470/610	295-255	20-18	—	—	—	—
		St 60-2	R	100	570/710	335-295	16-14	—	—	—	—
		St 70-2	R	100	670/830	365-325	11- 9	—	—	—	—
耐候性構造用鋼材	DASt-Ri. 007 (1979)	WTSt 37-2	RSt 37-2 と同じ								
		WTSt 37-3	St 37-3 と同じ								
		WTSt 52-3	St 52-3 と同じ								
高張力溶接用微粒子構造用鋼材	DASt-Ri.[7] 011 (1979)	StE 460	—	60	560/730	460-430	17	N	−20 0 +20	—	39[6] 43(31) 51(31)
			—	60	530/730	420-420	17	N	−20 0 +20	—	39 43(31) 51(31)
		StE 690	—	50	790/940	690	16	V	−60 −40 −20 0	—	30(27) 40(31) 50(35) 60(40)

注：1)　脱酸方法（実際は化学成分の所で規定）　U：リムド，R：キルド（セミキルド含む），RR：特別キルド．
2)　引張強さ　板厚 3mm 未満の場合は値が異なる（DASt-Ri. 011 は別）．000/000 はこの範囲が許されることを示す．
3)　000-000 は板厚によって変ることを示す．
4)　伸び　DASt-Ri. 011 以外はC方向の規定もある．
5)　熱処理　U：熱間成形，非熱処理，N：焼準，V：焼き入れ（水処理）
6)　( ) 内はC方向．
7)　製品形状の規定あり，StE 460 の上段，StE 690 は板，形鋼，溶接中空形鋼（パイプ）で，StE 460 の下段は継目なし中空形鋼（パイプ）．

DIN 1 073 (1974)：Stählerne Straßenbrücken; Berechnungsgrundlagen（鋼道路橋設計基準）

DIN 4 101 (1974)：Geschweißte stählerne Straßenbrücken; Berechnung und bauliche Durchbildung（溶接鋼道路橋設計および構造詳細）

DIN 17 100 (1980)：Allgemeine Baustähle; Gütenorm（一般構造用鋼材）

DASt-Ri. 007 (1979)：Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle（耐候性構造用鋼材の納入，加工および使用）

DASt-Ri. 008 (1973)：Richtlinien zur Anwendung des Traglasverfahrens im Stahlbau（鋼構造における塑性設計法に関する指針）

DASt-Ri. 009 (1973)：Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten（溶接構造物の鋼品質グループ選択基準）

DASt-Ri. 010 (1976)：Anwendung hochfester schrauben im Stahlbau（高張力ボルトの鋼構造への適用）

DASt-Ri. 011 (1979)：Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle StE 460 und StE 690 Anwendung für Stahlbauten（高張力溶接用微粒子構造用鋼材 StE 460 および StE 690 の鋼構造物への応用）

DASt-Ri. 012 (1979)：Beulsicherheitsnachweise für Platten（鋼板の座屈安全率計算指針）

表—4 に鋼材の種類と機械的性質を示す．一般構造用鋼材は DIN 17100 に鋼種 St 33 から St 70-2 までが規定されている．記号末尾の数字2および3は品質グループを表わし（品質グループ1はない），品質グループ3は衝撃試験の規定が厳しく，溶接性が優れている．化学成分の詳細は省略するが，脱酸法の規定があること，Nの規定があることなどが日本とは異なる．なお，鋼道路橋設計基準（DIN 1 073）は，原則として St 37, St 52 および WTSt 37, WTSt 52 を使用するよう規定している．

耐候性構造用鋼材は，ドイツ鋼構造委員会（Deutcher Ausschuss für Stahlbau）の指針 DASt-Ri. 007 に規定されている．この指針は，無塗装使用の耐候性鋼材の

表—5　フランスの構造用鋼の適用範囲と分類

項目 ＼ NF		NF A 35-501 (1979)	NF A 36-201 (1979)		NF A 36-204 (1979)	
適用対象		一般構造用鋼	高弾性限，溶接用，熱間加工用合金鋼		高弾性限，溶接用，熱間加工用非合金鋼および極低合金鋼	
		溶接構造に使用する場合特記条件あり．	橋梁，貯蔵容器などの溶接構造用		橋梁，貯蔵容器，圧力容器などの溶接構造用	
適用厚 (mm)		鋼板最大厚 150，形鋼最大厚 100	鋼板 5～85		鋼板 5～70	
タイプ		kgf/mm² 表示で 9 種類	N/mm² 表示で 4 種類		N/mm² 表示で 4 種類	
等級	種類	1, 2, 3, 4	R	FP	R	FP
	使用温度	—	気温	雰囲気温度	気温	雰囲気温度
	衝撃試験温度 (°C)	2～−20 (タイプ，等級による)	0～−20	0～−50	0～−20	0～−60

納入，加工および使用に関する指針で，各鋼種の化学成分は Cu-Cr 系である．その他の規定として，腐食環境と構造物の寿命に応じた腐食代が規定されていること，腐食試験の実施に関する規定があることなどが特徴的である．

高張力溶接用微粒子構造用鋼材としては，DASt-Ri. 011 において StE 460 および StE 690 が規定されている．鋼種記号の数値は降伏点を示しており，注意を要するために E の文字を付けている．化学成分は，StE 460 が Ni-V 系，Cu-Ni-V 系，Ni-Ti 系の 3 種類，また，StE 690 が Ni-Cr-Mo-B 系，Cr-Mo-Zr 系の 2 種類にそれぞれ区分し，規定されている．これ以外に本指針では，疲労に対する設計上の許容応力度が，応力繰返し数や応力集中の程度によって詳細に規定されている．

一般構造用鋼材としては引張強さ70キロ級の St 70 まであるが，鋼道路橋設計基準では St 37 と St 52 しか規定されていない．これは，St 60 および St 70 は引張強さは高いが，降伏点がそれほど高くなく，St 52 と同程度であること，および溶接性があまりよくなく，橋梁向きでないからであろう．

高張力鋼 StE 460 と StE 690 は降伏点が高く，それぞれわが国の SM 58 と HT 80 に相当する．しかし，これらは鋼道路橋設計基準には規定されておらず，橋梁への適用例は，まだほとんどないようである．

耐候性鋼材については，DASt-Ri. 007 でかなり詳細に規定されているが，使用にあたっては個々について官庁の合意が必要で，中には使用を認めていない官庁もあるようである．無塗装橋梁の実績は，1969 年以降で三十数橋という報告がある．　(坂田　豊・佐藤政勝)

4. フランス

フランスの橋梁の大部分は PC 橋や RC 橋と考えられている向きもあるが，特徴のある鋼橋も少なくない．例えば，パリのセーヌ川に見られる 19 世紀の装飾を施した鋼橋から最近の大規模な溶接構造鋼橋に至るまで，規模の大小を問わず大胆で個性的な工事例が見られる．前者の例として Mirabeau アーチ橋 (1893 年完成，主径間 93.2 m)，後者の例とて Tancarville 吊橋 (1959 年完成，主径間 608 m，重量 1 万 2 500 t) や Saint Nazaire 斜張橋 (1976 年完成，主径間 404 m，重量 540 t) を代表的なものとしてあげることができる．

フランスの公共事業に使用される共通仕様書は Journaux Officiels から発行され，Cahier des Prescriptions Communes (C.P.C.) Travaux Publics と呼ばれ，工事種別，内容別に多くの分冊 (Fascicules) に分れている．橋梁に関係するのは，分冊 61「上部構造の概念，計算，照査」で 7 編から成っている．鋼材に関係するのは分冊 4「鋼とその他の金属の供給」で 6 編からなり，構造用鋼材の仕様は第Ⅲ編「金属構造用圧延鋼」に規定されている．

分冊 4，第Ⅲ編「金属構造圧延鋼」(1975) の規定では構造用鋼材のフランス規格 (Norm Française, NF) として次の 2 つの NF をあげている．すなわち，① NF-A 35 501 (1973)「一般構造鋼」，② NF A 36-201 (1975)「高弾性限溶接用鋼板」で，これらの NF は 1979 年改定され，かつ，次の高張力鋼の NF，すなわち ③ NFA 36-204 (1979)「500～690 N/mm² 高弾性限溶接用鋼板」が追加された．

上記の 3 つの NF の適用範囲と分類を **表—5** に，また，機械的性質を **表—6** に示す．

各 NF では「とりべ分析」および「チェック分析」における許容量および許容超過量が規定されている．

NF A 35-501 (1979) では，P, S が全鋼種に対して規定されているほか，C, Mn, Si, N_2, Al については一部鋼種に対して規定がある．また，脱酸法が明示されている．ただし，電気炉による鋼材は除かれている．

NF A 36-201 (1979) では全鋼種に対し P, S, C, Mn, Si, Nb, V, Cr, Ni, Mo, Cu の規定があるほか，Cr, Mo, Ni, Cu の合計許容量が定められ，耐候性と溶接性を調整している．NF A 36-204 (1979) では，全鋼種に対し P, S, C, Mn, Si の規定があるが，Nb, V,

表—6　フランスの構造用鋼の種類と機械的性質

NF	タイプ	等級	引張強さ (N/mm²)	降伏点 (N/mm²)	伸び (%) ($L_0=5.65\sqrt{S_0}$)	衝撃値
NF A 35-501 (1979)	注　記			*1	*2	
	A33	～2	320/490	155～175	16～18	
	A34	1～2	330/410	125～165	21～28	
	E24(A37)	1～4	360/440	185～235	20～28	
	E26(A42)	1～4	410/490	205～255	17～27	
	E30(A47)	2～4	460/560	225～295	15～23	*3
	E36(A52)	2～4	510/610	305～355	14～22	
	A50	1～2	490/590	255～295	13～19	
	A60	1～2	590/710	295～335	9～14	
	A70	2	690/830	325～365	5～10	
NF A 36-201 (1979)	注　記			*4	*4	
	E355	R	480/610	325～355	21～22	
	E375	FP_1	510/630	345～375	21	*5
	E420	FP_2	530/670	380～410	19	
	E460	R FP	570/710	420～460	17	
NF A 36-204 (1979)	注　記			*4		
	E500		620/670	480～500	17	
	E550	R	670/820	530～550	16	*3
	E620	FP	740/890	600～620	15	
	E690		790/940	670～690	14	

注：*1；等級および板厚により変化．
*2；等級および板厚により変化．S_0 は試験片断面積．
*3；タイプ，等級，方向および板厚により変化．温度によりUまたはV切欠試験片使用（20～－20°C）．
*4；板厚により変化．
*5；タイプおよび等級により変化．V切欠試験片使用（0°C～－40°C）．

Cr, Ni, Mo, Cu, Al, Ti, Zr, N_2, B は関係者の協定によるものとしている．なお，これらのNFでは，熱間加工に対し Cu, Sn を制限している．

フランスの鋼材規格は，以上のほかにも種々の分野に適用するためにNFが数多くある．これらは大部分，最近体系化され，制定されたもののようである．

NF A 35-501 (1979) を溶接構造物に適用する場合には，特別に購入条件や溶接条件を付ける必要がある．また，NF A 36-201 (1979) および NF A 36-204 (1979) では50キロ鋼から80キロ鋼の溶接用鋼が規定されているが，その中で衝撃値についてきめ細かい条件が付されている．

以上，3つの鋼造用鋼材のNFの鋼種を合計すると40をこえ，これらが設計時や発注時どのように選択されるか興味があるけれども，それについては今後の調査に待ちたい．

（下瀬健雄）

5 カナダ[a)]

カナダには相当大規模な亜鉛めっきトラスや積層木材の近代的なアーチ，また，騒音防止覆いと一体化したスマートなコンクリートアーチなど，いろいろ進歩的な橋梁技術を示すものがある．一方，1918年に完成したケベック橋の中央スパン 549 m は，いまだにゲルバー型の橋梁としては世界一の記録を誇っている．

ちなみに，カナダの大手メーカーの一つ Stelco は 1910 年に創設され，大きさは合衆国のメーカーに比べて9番目ぐらいである．

規格としては，ACNOR (Association cannadienne de normalisation) があり，G40·20M（圧延，あるいは溶接構造用鋼の一般要項），および G40·21M（構造用鋼）となっているが，これに加えて ASTM 仕様によるものも使用されることは隣の合衆国の影響の大きさをう

表—7　カナダの構造用鋼のタイプと特徴

タイプ	特　　徴
G	一般構造用鋼で溶接性は必ずしも保証しない．
W	一般の溶接構造用鋼であるが，低温靭性は余り良くない．
T	溶接構造用鋼で低温靭性も優れている．
R	耐候性構造用鋼で普通鋼の4倍の耐食性があり，通常の厚さでは溶接は容易．
A	低温靭性が良好な耐候性構造用鋼．
Q	調質低合金鋼で降伏点が高く，橋梁などに適する．

表—8　カナダの構造用鋼の種類と機械的性質

種　　類	最大板厚 (mm)	引張強さ (MPa)	降伏点 (MPa)	伸び(%) 20 cm	伸び(%) 5 cm	硬　度 (Brinell)
230G	300	380/500	230	21	24	110～144
230W	100	380/500	230	30	24	110～144
260W	40	410/590	260	20	23	120～170
300W	40	450/620	300	20	23	130～170
350W	40	480/650	350	19	22	130～180
400W	14	520/690	400	16	—	150～200
480W	10	590/790	480	15	—	170～230
260T	100	410/590	260	20	23	120～170
300T	100	450/620	300～280	20	23	130～170
350T	100	480/650	350～320	19	22	140～190
400T	20	520/690	400	18	—	150～200
480T	20	590/790	480	15	—	170～230
350R	12	480/650	350	19	—	140～190
350A	200	480/650	350～320	19	21	140～190
400A	40	520/690	400	—	18	230～270
700Q	50	800/950	700	—	18	230～270
Stel-Coloy 350	200	>490	350	19	21	140～183
Stel-Coloy 400	40	>550	410	16	18	160～203
Stel-Coloy 480	30	>590	480	14	16	170～220

注：降伏点の範囲のあるものは板厚によって値が変る．

a) カナダの構造用鋼材の資料は，ケベック州のコンサルタンツの Emile Laurence 氏から送られた "Guide des aciers de construction, Juin 1978, The Steel Company of Canada" による．

かがわせる．また，Stelco 社の Stelcoloy のように特別のブランドを持った耐候性鋼材もあり，相当数の無塗装橋梁があるようでる．

国家規格のタイプとしては **表—7** に示すように 6 種類あり，おのおのに対して強度によるクラスがある．**表—8** にそれらの機械的性質を示す．

化学成分の詳細は省略するが，G, W および T の各タイプは C, Mn, P, S, Si と細粒化用元素を，また，RおよびAのタイプは耐候性鋼板なので，さらに，Cu, Ni, Cr 等を規定している．Q は調質鋼で Bo を入れており，Cr の量も多い．

ASTM と対照して見るとある程度相当品はあるが，一対一のような密な関係はなく，一応，カナダ独自の物と思われる．鋼材の表示方法は頭に降伏点を，MPa の 3 桁の数字を並べて示し，次に，用途など鋼の性質（6 種類）を 1 字のアルファベットで示すものであるが，簡潔でわかり易い．

溶接構造用鋼を見ると，σ_y は 230, 260, 300, 350, 400, 480 および 700 であり，480 までは日本よりきめ細かいが，その次は 80 キロ鋼にとんでおり，70 キロ鋼相当が無い．

Stelcoloy は特に耐候性が優れたものとして生産されているものと考えられるが，これは ASTM A 588 のうち，Grade C とほとんど同じ規格であることは興味深い．260T は特にカナダの低温を考え，橋梁に適するようにつくられ，厚さも 100 mm まで備えられている．300T は細粒化されたキルド鋼であり，例えば，ケベック吊橋の塔などに使われ，また，700Q はシューの底板などに使われたと報じられている．

（阿部英彦）

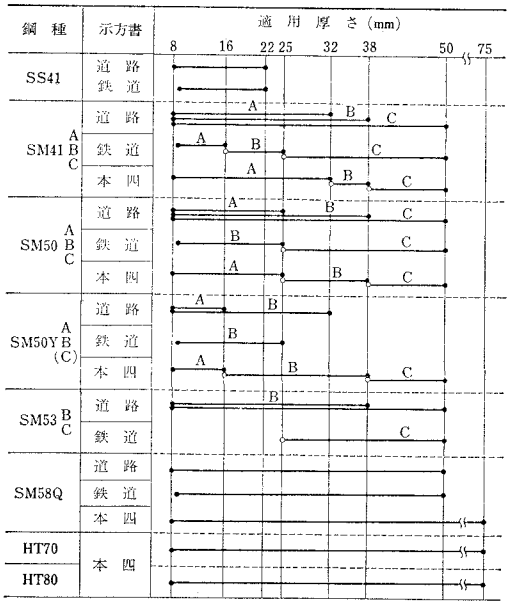
6. 日　　本

日本についてはよく知られているので簡単に説明する．

図—1 は，「鋼道路橋示方書」，「鋼鉄道橋設計標準」および本四公団の「上部構造設計基準」に規定されている鋼種と適用板厚範囲を示す．耐候性鋼については，同一強度レベルでみると，ほぼ同じ板厚範囲になっているので省略した．

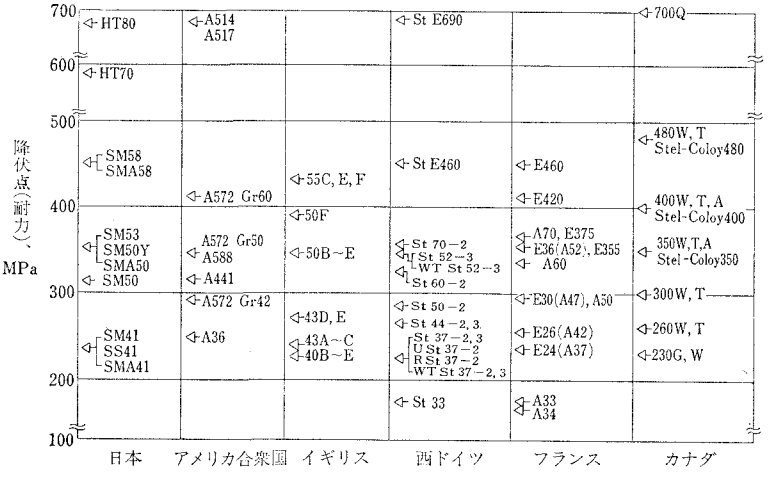
現行の「道路橋示方書」は昭和 55 年版であるが，鋼材については次の二点が改められている．ひとつは，鋼板としての SS 50 が削除されたことである．これは使用実績がほとんどなかったためであるが，丸鋼の SS 50 はアンカーボルトやピンに用いることができる．

もうひとつ改められたのは SM 50 Y の適用板厚範囲であり，これまでキルド鋼かセミキルド鋼かで異なっていたが，現在すべてキルド鋼として製造されていることから，板厚範囲の区別がなくなった．HT 70 および HT 80 は JIS 化されていないが，本四公団の HBS 規格には取り入れられており，SM 58 Q も含めて，75 mm の厚板まで使用できるようになっている．このほか，HBS では JIS にはないが，SM 50 YC も規格化されている．



注：本四は道路部材を示す．

図—1　わが国における溶接構造主要部材の鋼種別適用板厚



注：板厚によって異なっているものは 20 mm の値を示した．

図—2　各国別にみた橋梁用鋼材の降伏点（耐力）の比較

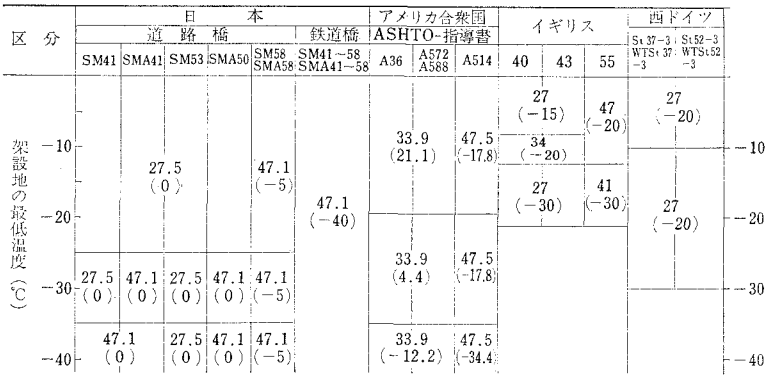
表—9　各国の溶接構造用耐候性鋼材の化学成分規格値　（単位：%）

国名	規格		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	その他	
日本（56年JIS案）	SMA 41 A,B,C	W	0.18以下	0.15～0.65	1.25以下	0.035以下	0.035以下	0.30～0.50	0.45～0.75	0.05～0.30	Mo, Nb, Ti, V, Zr などを添加してよい．ただし，これら元素の総計は0.15%をこえないものとする．	
		P	0.18以下	0.55以下	1.25以下	0.035以下	0.035以下	0.20～0.35	0.30～0.55	—		
	SMA 50 A,B,C	W	0.18以下	0.15～0.65	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.30～0.50	0.45～0.75	0.05～0.30		
		P	0.18以下	0.55以下	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.20～0.35	0.30～0.55	—		
	SMA 58	W	0.18以下	0.15～0.65	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.30～0.50	0.45～0.75	0.05～0.30		
		P	0.18以下	0.55以下	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.20～0.35	0.30～0.55	—		
アメリカ合衆国	A588	Gr. A	0.19以下	0.30～0.65	0.80～1.25	0.04以下	0.05以下	0.25～0.40	0.40～0.65	0.40以下	V 0.02～0.10	—
		Gr. B	0.20以下	0.15～0.30	0.75～1.25	0.04以下	0.05以下	0.20～0.40	0.40～0.70	0.50以下	V 0.01～0.10	—
		Gr. G	0.20以下	0.25～0.70	1.20以下	0.04以下	0.05以下	0.30～0.50	0.50～1.00	0.80以下	Ti 0.07 以下	—
イギリス	WR50A1, A		0.12以下	0.25～0.75	0.60以下	0.070～0.150	0.050以下	0.30～0.50	0.30～1.25	0.65以下	—	—
	WR50B1, B WR50C1		0.10～0.19	0.15～0.50	0.90～1.25	0.040以下	0.050以下	0.25～0.40	0.40～0.70	—	V 0.02～0.10	Al 0.01～0.06
	WR50C		0.10～0.22	0.15～0.50	0.90～1.45	0.040以下	0.050以下	0.25～0.40	0.40～0.70	—	V 0.02～0.10	Al 0.01～0.05
西ドイツ	WTSt 37-2		0.13以下	0.10～0.40	0.20～0.50	0.050以下	0.035以下	0.30～0.50	0.50～0.80	—	—	N 0.007 以下
	WTSt 37-3		0.13以下	0.10～0.40	0.20～0.50	0.045以下	0.035以下	0.30～0.50	0.50～0.80	—	—	N 0.009 以下
	WTSt 52-3		0.15以下	0.10～0.50	0.90～1.30	0.045以下	0.035以下	0.30～0.50	0.50～0.80	—	V 0.02～0.10	N 0.009 以下
カナダ	350R		0.16以下	0.75以下	0.75以下	0.05～0.15	0.04以下	0.20～0.60	0.30～1.25	0.90以下	—	—
	(Stel-Coloy) 商品名	350	0.15以下	0.15～0.30	1.35以下	0.04以下	0.05以下	0.20～0.50	0.30～0.50	0.25～0.50	V 0.01 以上	—
		400	0.20以下	0.15～0.30	1.35以下	0.04以下	0.05以下	0.20～0.50	0.30～0.50	0.25～0.50	V 0.01 以上	—
		480	0.22以下	0.15～0.30	1.50以下	0.03以下	0.04以下	0.20～0.50	—	0.25～0.50	V 0.02 以上	—

7. 各国の比較

（1） 降伏点（または耐力）

図—2 は各国の鋼材とその降伏点あるいは耐力について比較したものである．板厚によって異なる場合が多いが，ここではこれらの代表として 20 mm のものを示した．降伏点が 200～400 MPa，すなわち，軟鋼から 50 キロ鋼までの鋼材は各国とも種類が多い．日本の SM 58 に相当するものは，西ドイツ，フランス，カナダにもある．80 キロ鋼は，日本，合衆国のほか，西ドイツ，カナダにもあるが，70 キロ鋼に相当するものは，日本のほかにはないようである．



（① 主要引張部材 38 mm 時，② 単位：J，③（ ）内は試験温度（℃）．）

図—3　寒冷地用鋼材に要求されるシャルピー値

(2) 寒冷地用鋼材の衝撃値

図—3 は，寒冷地用鋼材に要求される衝撃値を国別に比較したものである．要求値は条件によって異なるが，ここでは板厚 38 mm の主要引張部材について示した．日本では北海道に架設される橋梁等がその対象となる．道路橋については「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」の中で詳細に規定され，また，鉄道橋については国鉄の「鋼橋設計内規」の中で規定されている．合衆国では，ASSHTO の指導書（"Guide Specifications for Fracture Critical Non-redundant Steel Bridge Members, September, 1978"）に使用温度区分別に鋼材に要求されるシャルピー値が示されている．

イギリスの場合，BS 5 400, Part 3 に所要衝撃値を算出する 3 つの式が示されている．そのうち主要部材については $C_V=(\sigma_y/355)\times(t/2)$ により求める．ここに，C_V はシャルピー値（J），σ_y は公称降伏応力（MPa），t は板厚（mm）である．試験は架設地の最低温度から BS 5 400, Part 2 に示される最低橋梁温度に換算し，さらに主要部材のときは 5℃ 低い温度で行うようになっている．図—3 に，この方法で計算した BS 4 360 の規格値を示す．

西ドイツの場合，応力の大きさ（高，中，低），重要性（1 等，2 等），引張か圧縮か，温度（−10℃ 以上，−10〜−30℃）によって Ⅰ，Ⅱ，……，Ⅴ に級別しており，これに板厚を加えて鋼材品質を決める．グレードⅠ（高応力，1 等，引張り，−10〜−30℃）とグレードⅡ（温度のみ −10℃ 以上）の 38 mm についてみると，3 RR（特別キルド）の品質のものを用いることになる．したがって，図—3 にはこの品質に要求されているシャルピー値を示した．全体の比較は試験温度が異なっているので単純にはできないが，試験温度も勘案してみると，要求衝撃値は日本の鉄道橋が最も高く，合衆国が最も低いようである．

(3) 耐候性鋼材の化学成分

表—9 に耐候性鋼材の化学成分の規格値を示す．日本については近く改訂される原案を載せた．改訂案では，無塗装用（W）と塗装用（P）に分けられている．W は P に比べ Cu，および Cr が多く，また，Ni 量を規定している．

合衆国の A588 として，ここには代表的な 3 種類を示したが，あと 6 種類あり，Zr や Nb を入れたものである．

イギリス，カナダには高リン系のものと，一般的な Cu-Cr-Ni のものとがある．また，西ドイツは Cu-Cr 系で Ni の規定はない．

（夏目光寿）

あとがき

以上，幹事が入手できた範囲で主要国における現行の構造用鋼の規格を紹介し，終わりにわが国を含めて若干比較検討を加えた．なお，重要な規格でもれたものがある可能性もあり，また，外国における本当の使用状況を知ることはかなり難しいことも付記したい．細かい部分では国による差異は当然認められるが，世界的に見て一般的に使われる鋼造用鋼材の規格にはあまり特異なものはなく，お互いに似ていることがわかる．現在，部分的に進行中であるが，やがて国際統一規格のようなものが実現されれば便利であろうが，一方，技術，生産方式，経済力などの差により，一本化には困難な点があることも想像される．

この報告をまとめるにあたり，それぞれの文末に記した各委員が執筆を分担して，鋼材規格小委員会の議を経た．なお，西ドイツの Leonhardt und Andrä 事務所に滞在中の三ツ木幸子氏（トピー工業(株)），同じく西ドイツ，Kaiserslautern 大学の H. Bode 教授および合衆国の Mr. S.C. Lore (U.S. Steel) から特に貴重な情報を頂いたことを付記する．

（阿部英彦）

1981.7.15・受付／委員長　阿部英彦・*Hidehiko ABE*, 正会員 工博 国鉄鉄道技術研究所構造物研究室長，副委員長　堀川浩甫・*Kosuke HORIKAWA*, 正会員 工博 大阪大学助教授 溶接工学研究所