

寒冷地における鋼材選定法に関する一提案

A Proposal of Selecting Flow of Steels in Cold Regions

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所
 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所
 名古屋大学大学院
 北海道大学大学院
 大阪大学 接合科学研究所

○正会員 表 真也 (Shinya OMOTE)
 正会員 三田村浩 (Hiroshi MITAMURA)
 正会員 廣畑 幹人 (Mikihito HIROHATA)
 正会員 松縄 秀範 (Hidenori MATSUNAWA)
 正会員 金 裕哲 (You-Chul KIM)

1. はじめに

道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）における鋼種の選定では、気温が著しく低下する地方に架設される橋梁や引張力を受ける重要な溶接部材には、低温靱性に関する注意が喚起されている。

ここでは、板厚 40 mm以上の鋼材に対して靱性評価における簡便な試験として用いられているシャルピー衝撃試験を実施する。試験結果を基本に、低温地域において 40 mm以上の厚板を選定する際の、一方法を提案する。

2. 厚板鋼板を用いた低温下でのシャルピー衝撃試験

供試鋼材は、合理化橋梁等で使用頻度の高い SM520C、SM570 とし、低温下での研究報告が少ない、板厚 40mm を超え 100mm までの厚鋼板および厚鋼板同士の溶接継手とした。

2.1 試験条件

図-1 に供試体の開先形状を示す。開先形状は鋼橋の現場溶接において実績の多い、(a) V形開先と(b) K形開先の2種類を用いた。シャルピー衝撃試験は母材、熱影響部、ボンド部および溶接金属部の4箇所に対し、実施した。

2.2 溶接条件

表-1 に溶接条件を示す。3種類の溶接条件は、いずれも完全溶け込み溶接とし、標準的な溶接条件の範囲で設定した。

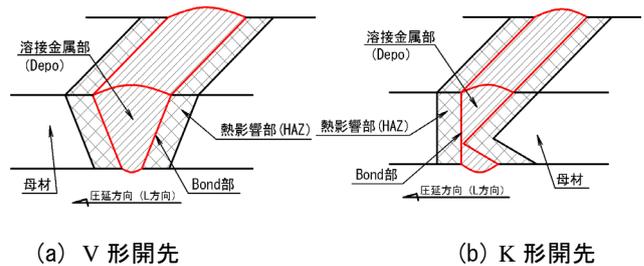
溶接条件-A は電流を高め設定し、施工効率の向上を目的とした。溶接条件-B は窒素(N)の巻き込みを抑え靱性の向上を目的とした。溶接条件-C は、溶接条件-A、Bの施工性と靱性向上の中間的な条件を目標に設定し、ミルシートの母材強度よりも高強度の溶材を用いた。

3. 厚板鋼板を用いたシャルピー衝撃試験結果

表-2 には、シャルピー衝撃試験を実施し、最も靱性が低い結果となった溶接金属部の板厚別最低使用温度を示す。シャルピー衝撃試験より得られたエネルギー遷移温度を基に、母材の最低使用温度を決定する WES3003²⁾ (式(1)) を援用し、溶接部の最低使用温度を算出した。

$$vT_E = T + 166.3 - 0.13\sigma_{y0} - 6\sqrt{t} \frac{17976}{\sigma_{y0}} \left(\frac{\sigma}{\sigma_{y0}} + 0.6 \right)$$

$$: \sigma_{y0} \leq 390 \text{ N/mm}^2$$



(a) V形開先 (b) K形開先
 図-1 供試体の開先形状

表-1 溶接条件

溶接条件		溶接条件-A	溶接条件-B	溶接条件-C
溶接法	—	CO ₂ -MAG溶接		
開先形状	形状図			
	開先角度	度		
	ルートギャップ	mm		
	ルートフェース	mm		
予熱温度	°C	100~150		
パス間温度	°C	230以下		
ワイヤー径	mm	1.2		
CO ₂ 量	l/m	25	30	25
電流	A	320	280	300
電圧	V	34	30	35
溶接速度	mm/min	250~350	250	200~350
入熱量	J/mm	1860~2600	2,000	1800~3150

表-2 最低使用温度（溶接金属部）

材質	溶接条件	溶接材料	最低使用温度 (°C)							備考	
			41 mm	56 mm	69 mm	70 mm	74 mm	77 mm	88 mm		90 mm
SM 520C	A	標準		-26							
	A	標準			-25						
	B	低温用						-60			
	B	標準							-23		※1
SM 570	B	低温用	-57								
	B	標準	-28								※1
	C	標準				-31					
	A	低温用							-20		※1
	A	標準								-22	
SMA 570W	B	標準					-28				

※1: 溶材強度が母材のミルシート強度を下回る選定としたケース

$$vT_E = T + 166.3 - 0.13\sigma_{y0} - 6\sqrt{t} - 0.45\sigma_{y0} \left(\frac{\sigma}{\sigma_{y0}} + 0.6 \right) \exp\left(-\frac{\sigma_{y0}}{294}\right) \quad : \quad \sigma_{y0} > 390 \text{N/mm}^2$$

ここに、

vT_E : シャルピー衝撃試験のエネルギー遷移温度 (°C)

T : 最低使用温度 (°C)、 t : 板厚(mm)

σ_{y0} : 鋼材の降伏点または耐力の保障値 (N/mm²)

σ : 使用応力度 (N/mm²)

SM520C は、低温溶材を用いることで、最低使用温度 -40°C よりも低温域まで、SM570 材は溶接条件 C、母材のミルシート以上の高強度な溶材を用いることで、使用温度 -30°C の温度変化地域まで、適用可能となる結果となった。

4. 鋼材選定方法の一提案

4.1 低温下における鋼板の使用区分

北海道における鋼種選定は、従来から架橋地点の最低気温に応じた選定を原則としてきた。

従来の鋼種選定表は、板厚 40mm 以下の鋼板を対象として実施した既往実験¹⁾を基に、(社)日本溶接協会規格 WES3003²⁾ G 種の要求遷移温度式を適用して得られた使用区分とされている。

本報告では、靱性評価における CTOD 試験に代わる簡便なシャルピー衝撃試験結果を基本として、低温地域に用いる鋼種の選定におけるひとつのフローを提案する。

4.2 鋼種の選定フロー

図-2 に鋼種選定フロー図を示す。鋼種選定フロー図は、低温下における厚板溶接継手の溶接金属部に対するシャルピー試験結果を基本として、作成した。

本図 (1) ~ (4) の解説を以下に示す。

- (1) 板厚 40mm を超える SM520C、SM570 以外の鋼種で脆性破壊に対する安全性が検証されている場合は使用してもよいものとする。
- (2) 設計に用いる温度変化範囲に対して -30°C を境界として制約を設けた。図-3 には北海道の最低気温分布図と設計に用いる温度変化範囲³⁾を示す。
- (3) 鋼種選定に制約を伴うとは、WES3003²⁾の靱性判定において、架橋地点の最低遭遇温度に相当する遷移温度を満たすことで、採用しようとする厚鋼板の溶接金属部に対して破壊試験を実施し、靱性の検証が必要なことを示す。
- (4) 構造形式の見直しとは、溶接継手 (工場、現場) の回避や継手位置の発生応力の低減等を示す。

5. まとめ

- (1) SM520C は低温溶材を用いることで、最低使用温度 -40°C よりも低温域まで、SM570 材は溶接条件 C、母材のミルシート以上の高強度な溶材を用いることで使用温度 -30°C の温度変化地域まで適用可能となる結果となった。
- (2) 低温下におけるシャルピー衝撃試験結果を基本に、低温地域における鋼種の選定フローを提案した。

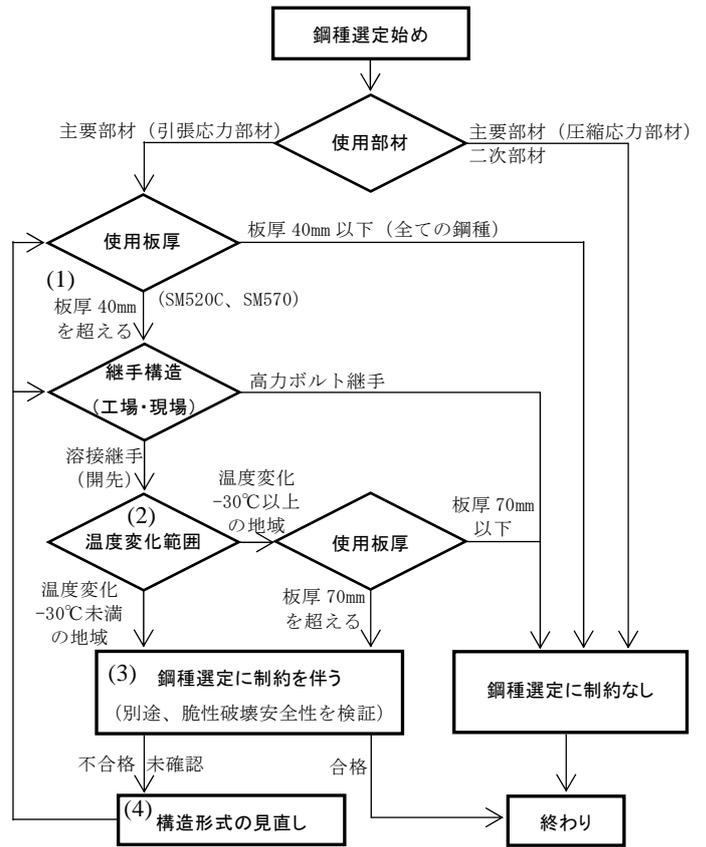


図-2 鋼材の選定フロー図

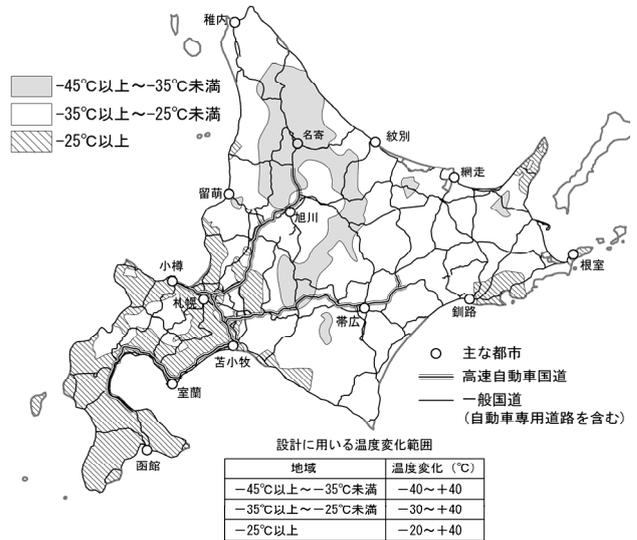


図-3 北海道の最低気温分布図

〔参考文献〕

- 1) 北海道開発局土木試験所構造研究室：鋼材の低温域における溶接性と安定性に関する試験調査 (鋼材のシャルピー衝撃試験結果の整理集計)、1985.
- 2) 社団法人 日本溶接協会：WES3003 低温用圧延鋼板判定基準、1995.
- 3) 北海道開発局 道路設計要領 第2集橋梁、p3-7-11、2011.