

寒冷地における厚板耐候性鋼材の鋼種選定に関する実験的研究

独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム 正会員 ○岡田 慎哉
正会員 表 真也

1. 目的

近年、合理化鋼橋の開発に伴い、鋼材の板厚が極厚化する傾向にある。板厚 40mm 前後までの鋼板は、従来と同様に現場継手はボルト構造であるが、板厚の増加に伴い、設計上の必要ボルト列数が増加し、道路橋示方書・同解説規定のボルト列数（8 列）を超えるため、現場溶接構造へと移行しているのが現状である。また、道路橋示方書・同解説「鋼種の選定 II 1.6」では、気温が著しく低下する地方では、低温による靱性能の低下を考慮して鋼種の選定に配慮しなくてはならないとされている。低温脆性を評価する方法として、CTOD 試験などが挙げられるが、CTOD 試験は試験方法が煩雑なため品質管理試験には不向きである。そこで、本研究では試験方法が簡便なシャルピー衝撃試験により低温脆性について検討し、寒冷地における厚板耐候性鋼材の鋼種選定について基礎的な検討を行った。

2. 使用温度の算出概要

試験温度を適宜設定し、吸収エネルギーおよび脆性破面率を用いて、破面遷移温度とエネルギー遷移温度を求める。一般には、これらの遷移温度は試験温度を示すものであり、使用温度で表す場合は、WES3003¹⁾の要求遷移温度式により変換をする必要がある。

$$vT_E = T + 166.3 - 0.13\sigma_{y0} - 6\sqrt{t} - 0.45\sigma_{y0} \left(\frac{\sigma}{\sigma_{y0}} + 0.6 \right) \exp \left(- \frac{\sigma_{y0}}{294} \right)$$

$$: \sigma_{y0} > 390 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{式 1})$$

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証値(N/mm²), σ :使用応力度(N/mm²)を表す。

3. 溶接継手部の評価位置検討

溶接継手部では、一般的に図 1 に示すように、母材部 (BM), 熱影響部 (HAZ) および溶接金属部 (Depo) の 3 つに分けられる。この 3 つの部位別のエネルギー遷移温度と使用温度の一例を図 2 に示す。この図からもわかるように、使用温度が最も低くなったのが母材部 (BM) であり、反対に、最も高くなったのが溶接金属部 (Depo) である。したがって、ここでは溶接金属部 (Depo) を対象に靱性評価を行うこととした。

4. 試験概要

本試験では、板厚 55mm および 79mm の 2 種類の耐候性鋼材 SMA490CW-H を用いた。溶接条件を表 1 に示す。開先条件は K 開先とし、溶接は、CO₂-MAG 溶接とした。溶接材料には、耐候性鋼材用溶接材料 (JIS Z 3320 YFA-50W) の普通溶材を用いた。試験片の採取位置は裏面から $t/4$ 位置の溶接金属部 (Depo) とした。試験温度は、-60°C から 60°C の範囲で遷移温度が把握できるように適宜設定した。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 WES3003 に示されている式 1 に適用し、使用温度を算出した。

5. 試験結果

表 2 には各試験体製作時の溶接記録を示す。55mm の試験体は 79mm と比較して入熱量、パス間温度の平均値

キーワード 耐候性鋼材, 低温脆化, 寒冷地, シャルピー衝撃試験

連絡先〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 (独) 寒地土木研究所寒地構造チーム TEL 011-841-1698

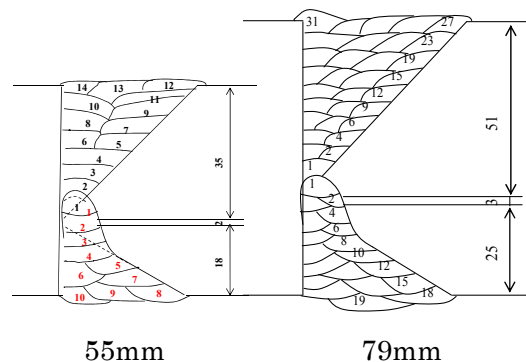


図 1 開先形状

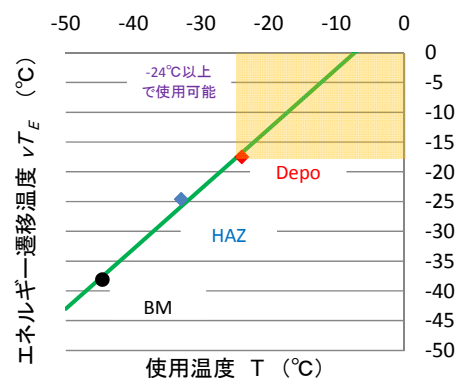


図 2 部位ごとの最低使用温度

表 1 溶接条件

項 目		55mm	55mm	79mm
予熱温度	℃	なし	80℃	50℃
溶接法	--	CO ₂ -MAG溶接		
開 先	角度	K型 40, 55		K型 45, 60
形状	ルートキャブmm	0		0
	ルートフェースmm	2		3
バス間温度	℃	150℃以下		
ワイヤー径	mm	φ 1.2		
CO ₂ 量	l/m	25		
電 流	A	290		280
電 圧	V	35		36
溶接速度	mm/min	180～500		269～541
入熱量	J/mm	1218～3383		1120～2250
バス回数(上側)	回	14		13
バス回数(下側)	回	13	12	31

表 2 溶接記録

溶接条件	55mm 予熱なし		55mm 予熱有り		79mm 予熱有り	
	入熱	バス間温度	入熱	バス間温度	入熱	バス間温度
単 位	J/mm	℃	J/mm	℃	J/mm	℃
バス数(上側)	14		13		31	
最 大	2699	147	2904	148	2250	149
最 少	1016	14	1296	82	12.1	40
平均値	1579	104	1814	132	1780	99
バス数(下側)	10		13		19	
最 大	2674	143	2924	149	2230	144
最 少	925	81	1168	81	11.2	53
平均値	1613	127	1639	137	1360	105

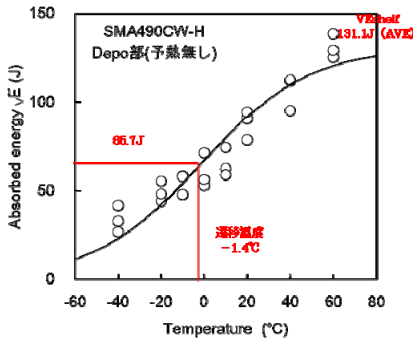


図 3 板厚 55mm の吸収エネルギー遷移曲線(予熱なし)

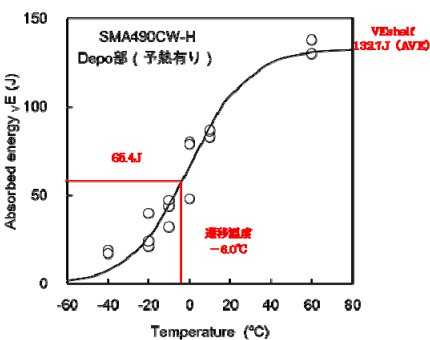


図 4 板厚 55mm の吸収エネルギー遷移曲線(予熱有り)

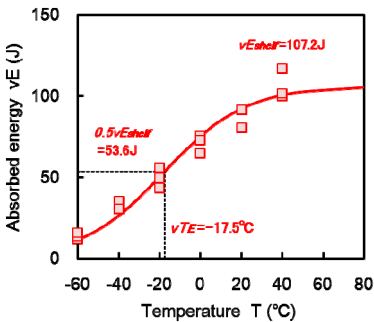


図 5 板厚 79mm の吸収エネルギー遷移曲線(予熱有り)

は 2~3 割高い条件であった。シャルピー衝撃試験の結果を図 3~5 に示す。その結果、遷移温度は、板厚 55mm では-1.4℃(予熱なし)、-6.0℃ (予熱有り)、板厚 79mm では遷移温度が-17.5℃ (予熱有り) となった。この結果を式 1 に代入して使用温度を算出した結果、板厚 55mm では-16.2℃、-20.8℃、板厚 79mm では-24.0℃となった。一般的に遷移温度は、板厚が薄くなると遷移温度が低くなるが、本研究では異なる結果となった。

本研究で対象としている溶接金属部 (Depo) の使用温度は、溶接対象の板厚よりも、使用する溶接条件の遷移温度に依存することが考えられる。

6. まとめ

本研究では、寒冷地における厚板耐候性鋼材の鋼種選定について基礎的なデータを得る目的で板厚の異なる溶接継手における溶接金属の遷移温度をシャルピー衝撃試験より求め、使用温度を WES3003 により算出した結果、以下の結果が得られた。

- 1) 溶接継手の遷移温度は、母材部<熱影響部<溶接金属部となり、遷移温度が高い溶接金属部を評価することで、溶接継手の低温脆性を評価することが可能である。
- 2) エネルギー遷移温度を WES3003 に適用して使用温度を算出した結果、板厚 55mm では-16.2℃(予熱なし)、-20.8℃(予熱有り)、79mm では-24.0℃となった。
- 3) 溶接金属部の使用温度は、板厚よりも使用する溶接材料の遷移温度に依存することが考えられる。
- 4) 寒冷地における耐候性鋼材の鋼種選定には、溶接条件や使用する溶接材料に影響を受けることが考えられるため、溶接条件や溶接材料を適切に選定する必要がある。

謝辞：本研究に関して終始ご指導ご鞭撻を頂きました、大阪大学 金裕哲教授、名古屋大学 廣畑幹人助教に心より感謝致します。

参考文献

- 1) 社団法人日本溶接協会：WES3003 低温用圧延鋼板判定基準，1995.