

討 9

高張力鋼の鋼構造物に対する適用上の問題点とその変遷

石川島播磨 技研

雑 賀 喜 規

1. まえがき

近年、科学技術の進歩は著しく、これにともなって鋼構造物たとえば球形ホルダ、製鉄プラントおよび橋梁などは性能向上の立場からますます大形化の傾向がある。さらにこれらは重量軽減の必要性からその利点を生かすために高張力鋼が多量に使用されている。本報はフュブリケータとして高張力鋼製の各種鋼構造物でこれまでに経験された環境脆化の問題をとりあげ、このために改善の方向にむかった変遷の過程について概説する。

2. 都市ガス用球形ホルダ

T-1 鋼 (Ni-Cr-Mo-V-B-Cu系の80キロ級調質型高張力鋼) が都市ガス用大形球形ホルダに初めて適用されたのは1956年であり、以後国産の調質型高張力鋼が生産されるようになってこれによる球形ホルダの建設が続いた。これに並行して、溶接低温割れの研究が盛んに行われ十分な予熱管理のもとに施工された。

1959-1962年頃、硫化物応力腐食割れ(SCC)の事故が発生した。その後の研究により、Niを含まない方が耐硫化物SCCに有効であることが明らかになり、Cr-Mo系の高張力鋼が開発され適用されるようになった。

さらに溶接性を改善させるため炭素当量を従来の0.60-0.64から0.50-0.54(%)に低めたCr-Mo-V系の高張力鋼が開発され適用されるようになった。

図1は上記3鋼種のHT80の再現HAZ切欠片を硫化物入り加速試験液において遅れ破壊特性を比較検討した結果である¹⁾。これによると明らかにNiを含まない方が耐硫化物SCCにすぐれていることがわかる。

ここにおいて、Cr-Mo系とCr-Mo-V系の明らかな差はみとめられなかった。

HT60についても溶接性改善の立場から、しだいに炭素当量を低くする傾向がある。この一つの例としてクラックフリー鋼の開発をあげることができ、実際に適用されてとくに問題はないようである。

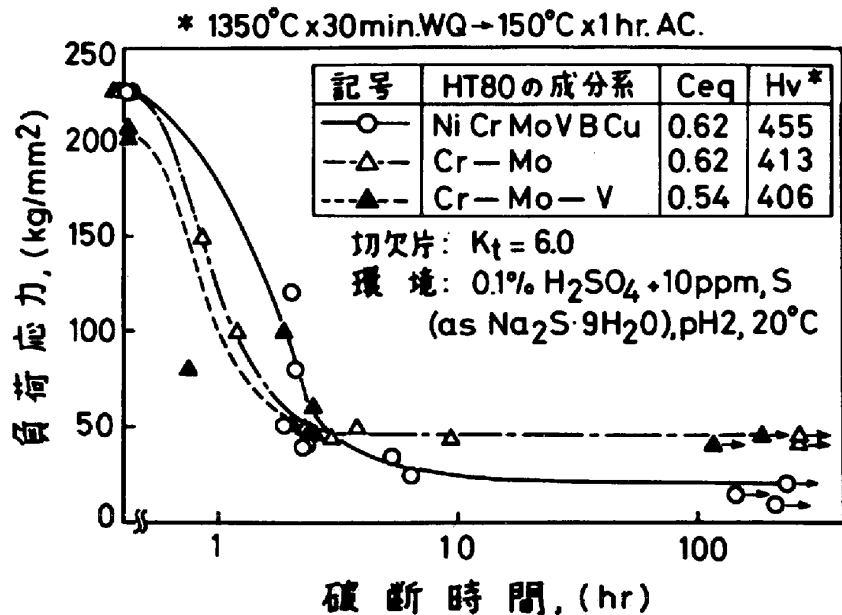


図 1 HT80の成分系と遅れ割れ感受性の関係

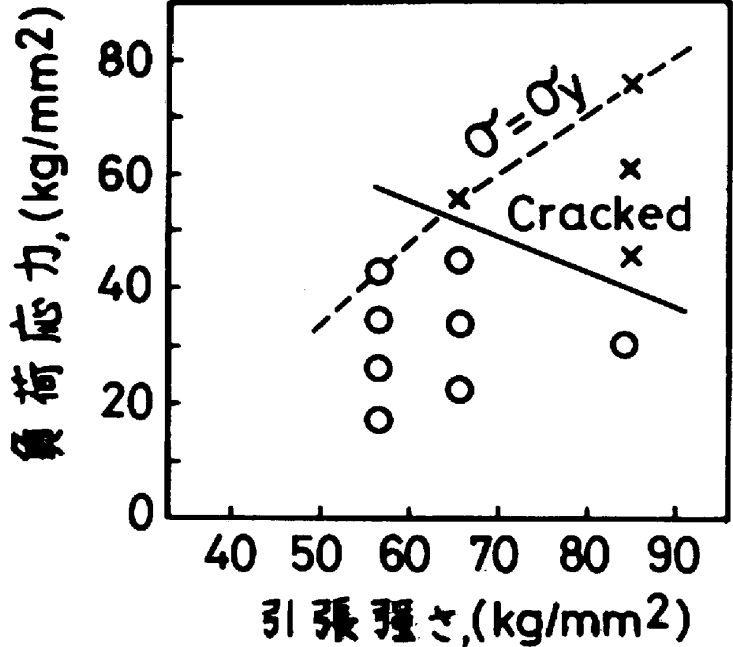
77-A34

3. アンモニア用球形ホルダ

アンモニア用球形ホルダには通常SS材が適用されてきた。一方、球形ホルダの大形化の要求に対処するにあたり、その重量軽減をはかるためHT60が適用されたがアンモニアによるSCCが経験された。このため最近では材料の強度レベルを低くする傾向がある。

図2は4点曲げ試験により強度レベルの異なる各高張力鋼についてアンモニアにおけるSCC感受性を比較検討した結果であり、明らかにHT60以上の場合割れやすいことを示している²⁾。

またHT50の球形ホルダ全体を焼なましすることにより残留応力を軽減し、溶接熱影響部のかたさを低下させてアンモニアによるSCCを防止する方法が適用された事例がある。この場合、定期検査できれつが全く検出されず好成績をおさめたことから、今後このような方法が普及していくものと予想される。



試験条件：タンク内に試験片を装入（1ケ年）

試験片：4点支持曲げ試験片

図2 材料強度と応力腐食割れ感受性

4. 熱風炉

熱風炉のドームの鉄皮には従来SS41が適用されてきた。しかし炉の性能をあげるために、通常より高めの温度で使用する必要性を生じ従来のSS41では

SCCを起すことから耐硝酸性鋼が適用されるようになった。この鋼種としてはコッパーズ鋼が知られている。この組成は通常のSM50BにAと0.4%を添加したものに相当する。最近ではさらにCrなど他の合金元素を添加し耐SCCを向上させた鋼種が開発されている。

表1はSM50B、耐硝酸性鋼のSM50B+0.4%AとおよびAPS10Mの改良リ-ハイ拘束溶接板を60%硝酸アンモニウム沸とう液に浸漬し、SCC感受性におよぼす鋼の組成系および改良リ-ハイ拘束溶接板に対するSRの影響を検討した結果である。これによると、溶接まゝのSM50Bのみが15時間浸漬した時点で割れが発生した。これに550°Cおよび650°C×1hr.FCのSRを施すと割れ発生は防止されSRの効果が確認された。また耐硝酸性鋼のSM50B+0.4%AとおよびAPS10Mは溶接まゝならびにSRを施した場合のいずれにおいてもSCCは発生せず耐硝酸性鋼の方がすぐれていることが確認されている³⁾。

5. 橋梁

HT50が適用された橋梁のすみ肉溶接部において、溶接低温割れの一種であるヒールクラックが経験された。写真1は実験的に再現したヒールクラックの代表例である。これは非拘束T形のすみ肉溶接部において、溶接初温70°C以下でしかも比較的ショートビードで溶接した場合に発生しやすく、この傾向は図3のヒールクラック試験結果に示されている⁴⁾。

またこの割れは次のような特徴があることが知られている。

(1) キルド鋼よりセミキルド鋼の方が割れを生じにくい。したがってSiが影響するようである。Nb, Alなどの影響はみとめられない。

(2) ヒールクラックは予熱を行なうと消滅する。この予熱温度はCeqおよびビード下の最高かたさの高いものほど高くなっている。

(3) ヒールクラックはHT50に限った場合、SH-CCT図上フェライト領域の先端近くを通過する冷却過程を経たものに生ずる低温割れで、部材の剛性および水素が関係している。

対策としては予熱を行なうとともにビードを長めにするると現場的に容易に防止できる。

上記の研究結果が以後の施工に反映されたため、この種の事故は防止された。また長大橋に対してHT60, HT70およびHT80の適用が続いているが、十分な予熱管理が行なわれており、この種の事故は発生していない。

表1 硝酸塩応力腐食割れの試験結果(改良リ-ハイ溶接板による)

鋼種	熱処理	60% Ca(NO ₃) ₂ , 115°C 中浸漬時間(hr)		
		0	15	30
SM50B	as-welded	○	×	×
	〃	○	×	×
	550°C x 1hr, FC	○	○	○
	〃	○	○	○
耐硝酸性鋼 (SM50B + 0.4%Al)	as-welded	○	○	○
	〃	○	○	○
	250°C x 1hr, FC	○	○	○
	〃	○	○	○
APS10M (2Cr-0.2Mo-1Al)	as-welded	○	○	○
	〃	○	○	○
	550°C x 1hr, FC	○	○	○
〃	650°C x 〃	○	○	○
	〃	○	○	○

割れの検出方法: 肉眼検査, カラーチェック, 磁粉探傷試験による。

○ : 割れなし × : 割れ検出



(x 6)

写真 1
ヒールクラックの代表例

6. まとめ

以上、高張力鋼が適用されている代表的な鋼構造物においてファブリケータとして経験された環境脆化の問題とその変遷について概説した。これらを通して、今後の課題としては鋼構造物の環境を十分に考慮した材料の選定、工手法ならびにその開発研究が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 雑賀, 深川, 大山, 「80 Kg / mm² 級高張力鋼の遅れ破壊 (第4報)」, 日本金属学会秋期大会発表 (1973)
- 2) 篠崎, 川本, 見城, 「液体アンモニア貯蔵用タンクの応力腐食割れ」, 腐食防食協会春期講演発表 (1975)
- 3) 雑賀, 深川, 大山, 未公表資料
- 4) 木原, 稲垣, 堀川, 栗山, 「50 Kg / mm² 級高張力鋼すみ肉溶接部の割れについて - <ヒールクラックについて> -」, 溶接学会秋期大会発表 (1969)

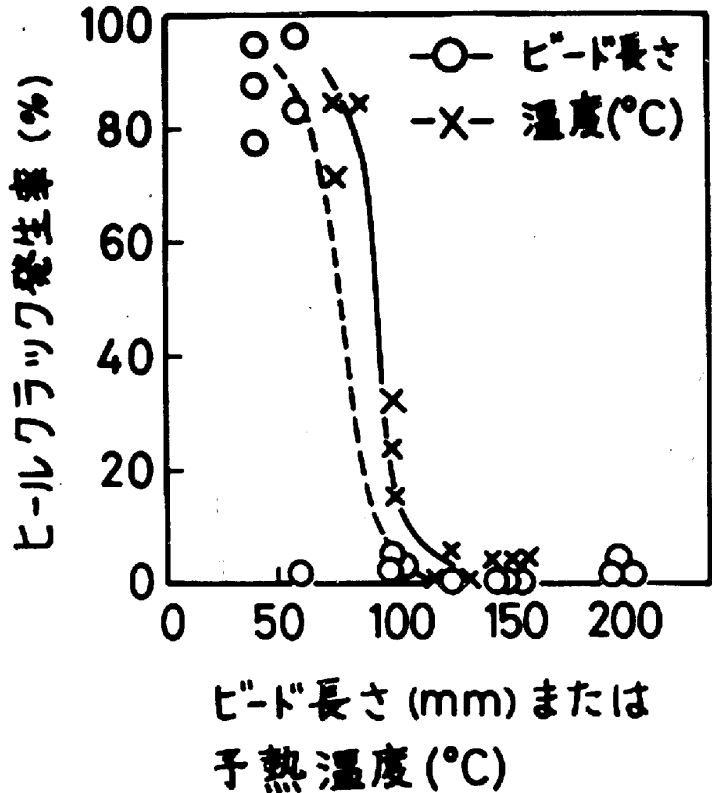


図 3 ヒールクラック感受性におよぼすビード長さおよび予熱温度の影響