

鋼材の基礎

土木構造物用鋼材の種類と基本的諸性能
～厚板を主題として～

本間宏二

新日本製鐵(株)

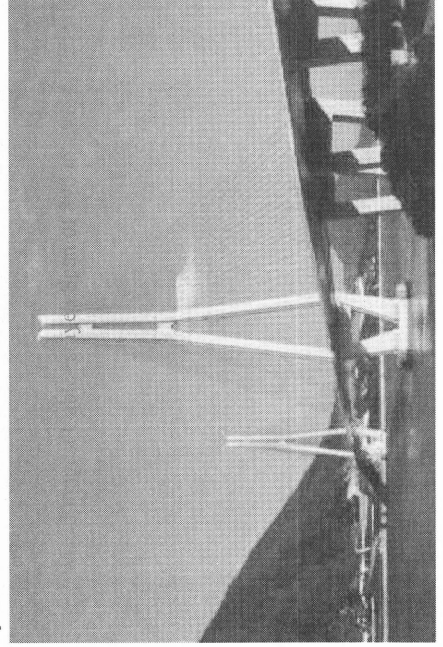
土木構造物用鋼材の種類と 基本的諸性能 ～厚板を主題として～

平成22年12月2日
日本鉄鋼連盟橋梁用鋼材研究会
本間 宏二
(新日鐵)

目次

- 土木鋼構造物と鋼材(厚板)
土木鋼構造物に適用される鋼材と仕様
鋼材の種類と性能
- 鋼材の要求性能と基本特性
鋼材の要求性能
基本特性

土木鋼構造物と鋼材(厚板) (1) 土木鋼構造物に適用される鋼材と仕様

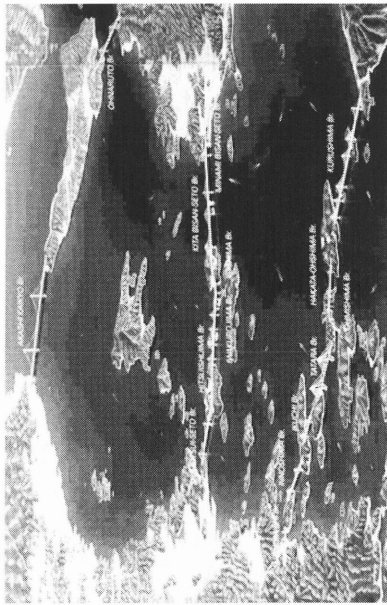


鋼構造物に使用される鋼材と 高強度鋼

鋼種と降伏点及び耐力と許容応力度

Grade	Yield point (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Allowable stress kgf/cm ² (N/mm ²)
SM400	235	400	1,400 (135)
SM490	315	490	1,900 (185)
SM490Y	355	490	2,100 (205)
SM570	450	570	2,600 (255)
HT690	590	690	3,200 (315)
HT780	685	780	3,600 (355)
HT950	885	950	—

高強度鋼 (HT-690,780)が多用さ れた本州四国連絡橋

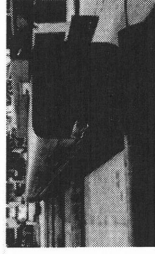


Akashi Strait Bridge
(Span=1990m)



Tatara Bridge
(Span=890m)

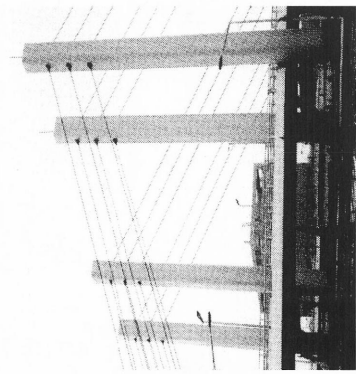
高靱性鋼と冷間曲げ加工



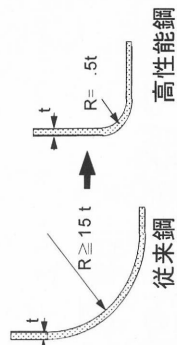
- 靱性値の必要性
- 寒冷地での仕様
- 冷間曲げ加工（歪時効脆化）



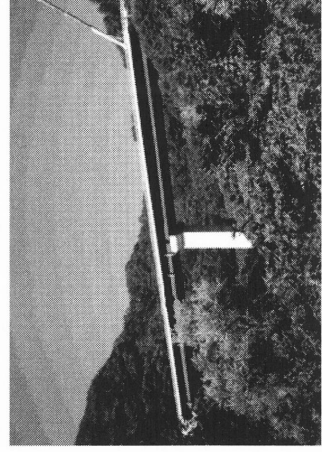
鋼材の冷間曲げ加工規定



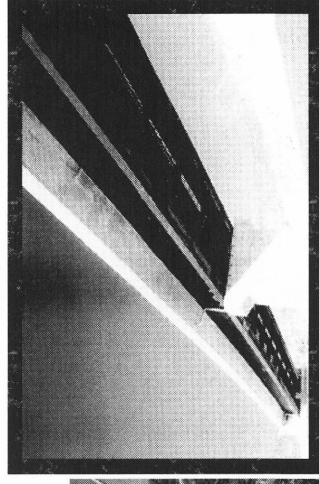
冷間曲げ加工半径の許容値



耐候性鋼

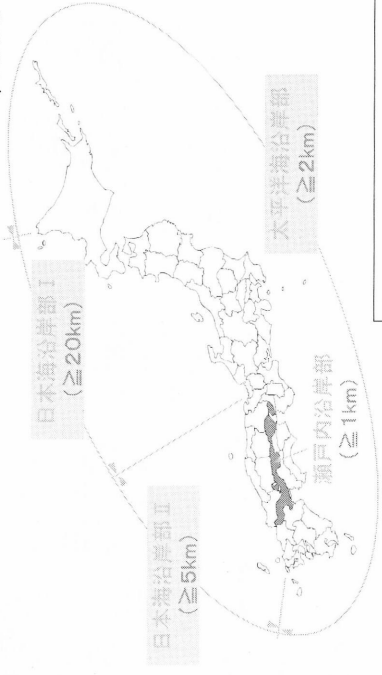


Moriyoshi Akita



Japan Highway Public Corporation
HORONAI-GAWA Bridge

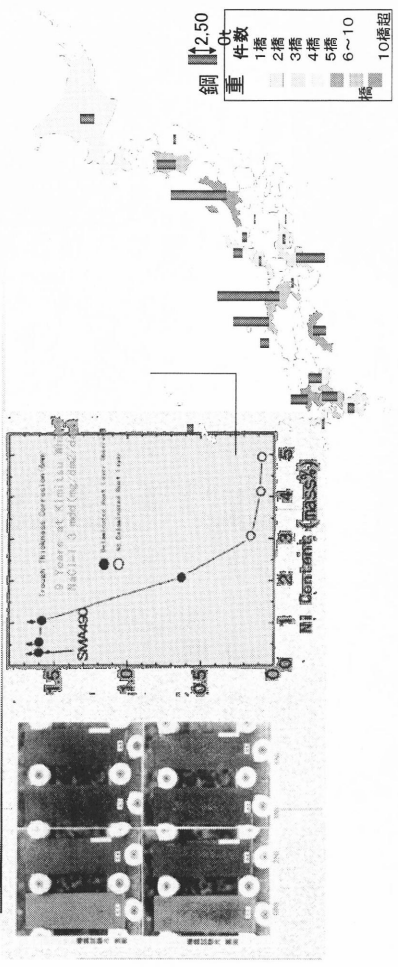
無塗装耐候性鋼橋梁の適用地域区分 (1993年)



- ① 飛来塩分量 ≤ 0.05mdd
- ② 飛来塩分測定省略可能地域

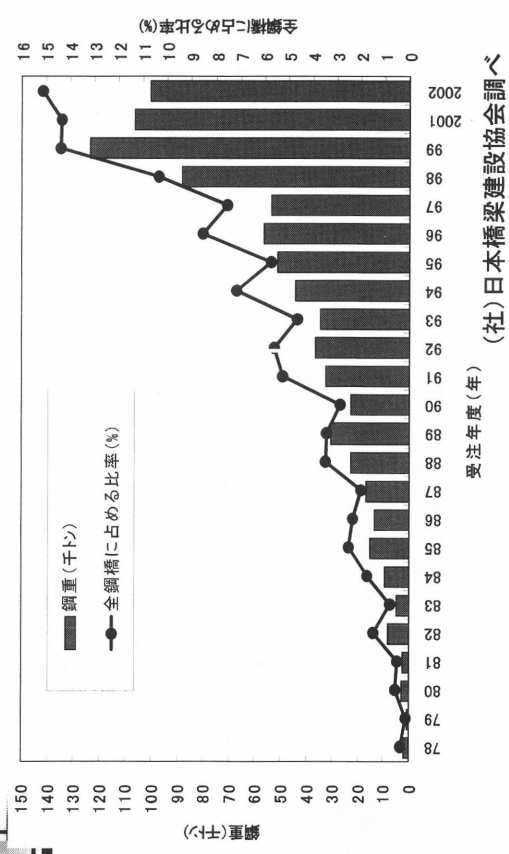
沖縄 (該当地区なし)

Niを高めた耐候性鋼



件数: 80件 ('97年架設~)
総鋼重: 約26, 800ton

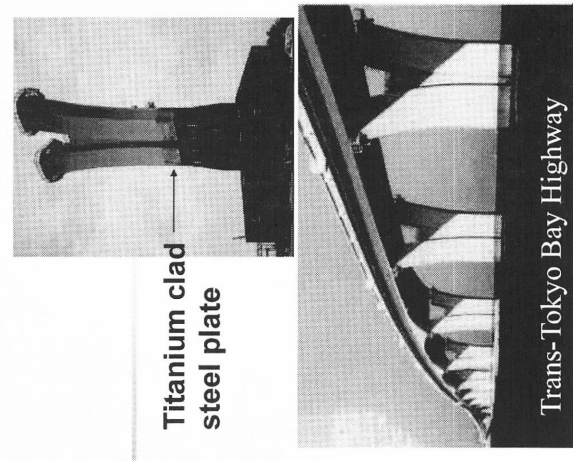
耐候性鋼橋梁の建設量推移



(社)日本橋梁建設協会調べ

チタンクラッド鋼

- クラッド (鎧)
- Titanium
- 高耐食金属による被覆

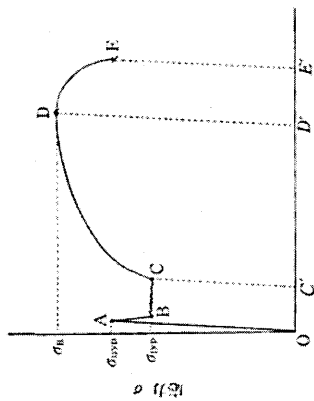


鋼材の要求性能と基本特性 鋼材の基本性能

- 降伏強度、耐力
- 延性(伸び)
- 破壊靱性
- 溶接性(予熱、大入熱)
- Z方向特性(耐ラメラア)
- 疲労強度
- 耐食性(防食法)

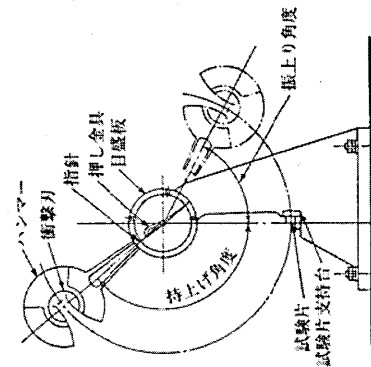
引張試験

- O~A: 弾性域(傾き: ヤング率)
- A: 上降伏点(σ_{u1})
- B: 下降伏点(σ_{l1})
- B~C: 降伏棚
- C~D: 歪硬化域
- D: 引張強さ(耐力)(σ_b)
- D~E: くびれ進行
- E: 破断



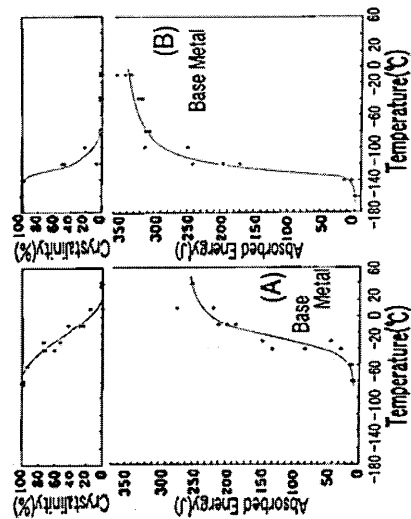
シャルピー試験

- 金属材料衝撃試験方法
- 衝撃吸収エネルギー(J)
- 試験温度
- 延性破壊と脆性破壊



シャルピー試験結果の例

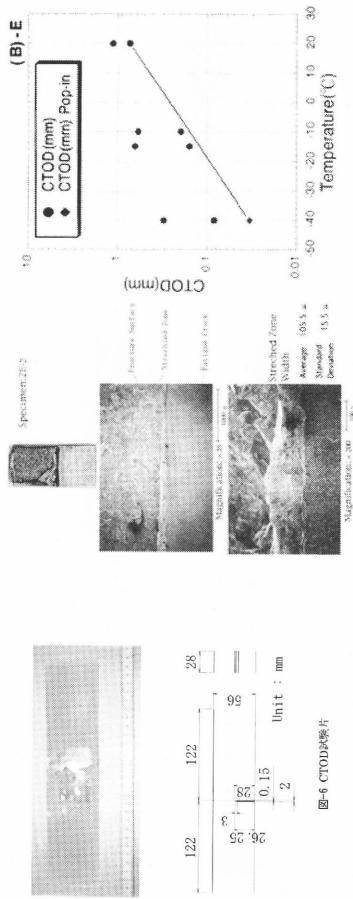
- 横軸: 試験温度($^{\circ}\text{C}$)
- 縦軸(1): 脆性破面率
- 縦軸(2): 吸収エネルギー
- 上部棚と下部棚
- 遷移温度
- 27J、47J



CTOD試験

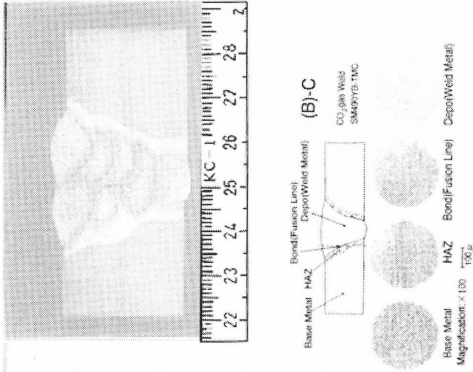
(Crack Tip Opening Displacement)

- きれつ先端の開口変位量



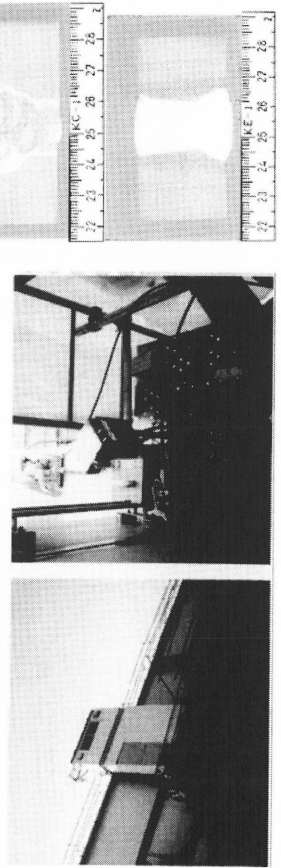
溶接継手と熱影響部(HAZ)

- 一般的溶接法: 被覆アーク溶接 (炭酸ガス他)
- 硬さ
- 溶接熱影響部 (HAZ) 靱性

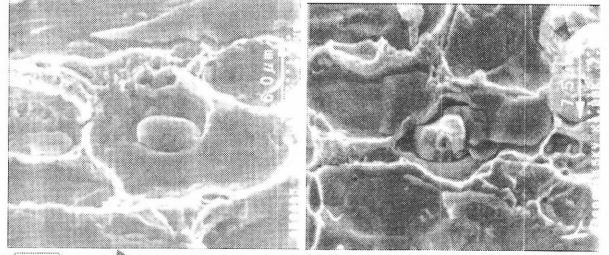


大入熱溶接用鋼材

- 溶接効率化
- 複数パスを1回で
- エレクトロガス溶接法
- 鋼桁ウェブの現場溶接
- 入熱量15万J/cm



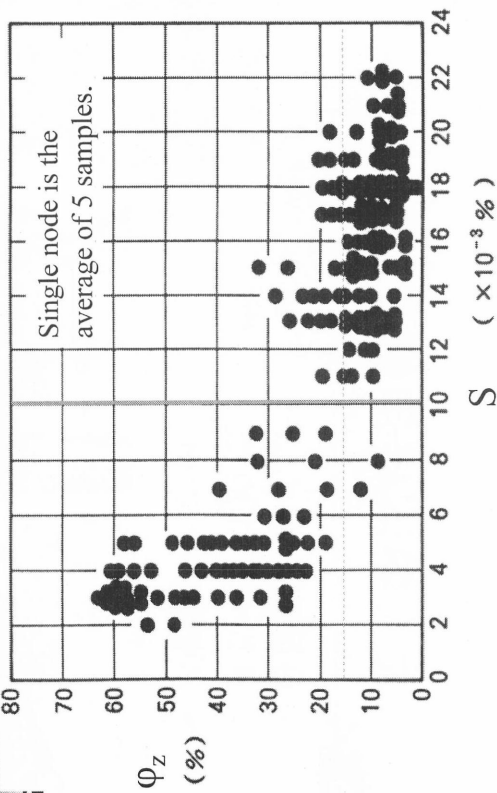
ラメラテア



- 主として鋼材の不純物であるMnSがラメラテアの原因になる。Al₂O₃

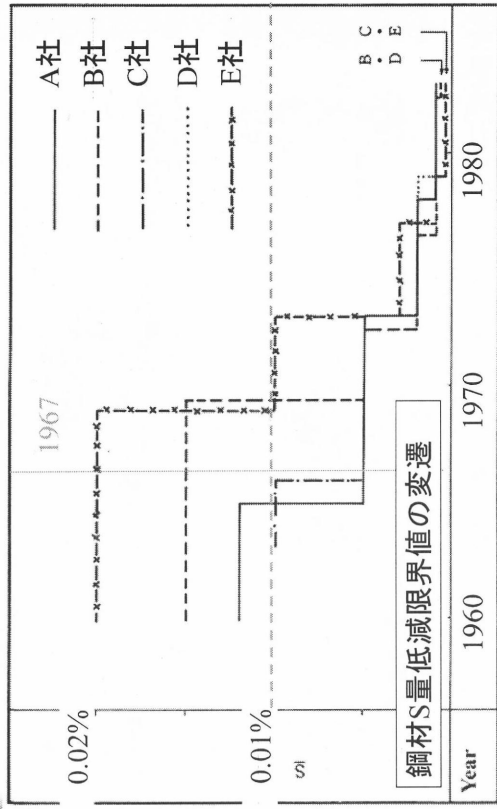
耐ラメラテア特性

鋼材中のS量増加とともにZ方向引張試験での板厚方向絞り値(ϕ_z)低下傾向にある。

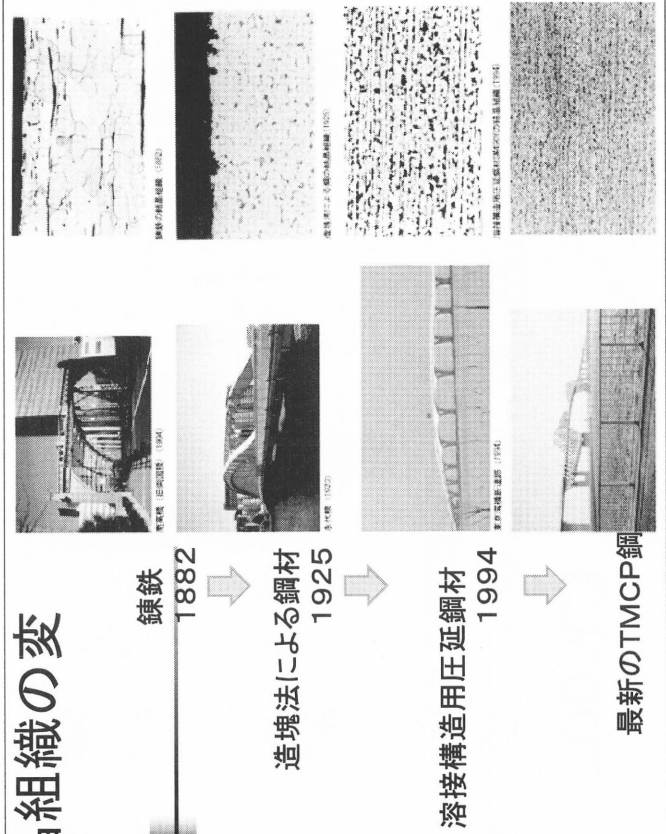


材料の年代的変遷

1975年頃までは、S値が高い鋼材も作られていた。



結晶組織の変遷



橋梁用高性能鋼材BHSの開発コンセプト

- 我が国鉄鋼製造技術の進歩を反映した橋梁用途の競争力ある高性能鋼材を開発する
- 最新の熱加工制御技術(TMCP)を活用し結晶粒を細粒化して高強度・高じん性、高溶接性を実現する
- 橋梁の製作・設計での経済性の高い、国際的にも競争力ある鉄鋼材料とその活用により鋼構造の発展に寄与する

橋梁用高性能鋼材BHSとは (Bridge High-performance Steel)

高強度のみならず、溶接施工性や種々の材料品質・機械的性質の向上を含めた優れた特徴を有する橋梁用の革新的鋼材

- (1) 高強度 (降伏点500,700 N/mm²) (効率的な部材断面設計, 鋼材重量低減に効果)
- (2) 予熱省略, 予熱温度低減, 溶接大入熱化、溶接パス間温度規定緩和
(溶接施工性・効率の向上)
- (3) シャルピー吸収エネルギーや破壊じん性値の改善
(ぜい性破壊に対する安全性の向上)
- (4) 至時効脆化を考慮した冷間曲げ加工の適用範囲拡大
- (5) 耐ラメラア性向上 (板厚方向の特性改善)
- (6) 圧延直角方向の特性改善 (板取りの自由度向上, 歩留まり向上)
- (7) 耐候性能の付与

橋梁用高降伏点鋼板

2008年 JIS G 3140 制定

2水準の高強度の鋼材規格で構成。降伏点は500N/mm²、700 N/mm²と、従来の降伏点420~460N/mm²(JIS G 3106 SM570)と比較して大幅に強度アップ

SBHS 鋼の降伏点または耐力、引張強さ、シャルピー吸収エネルギー

種類の記号	鋼板の厚さ mm	降伏点又は耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	シャルピー吸収 エネルギー, J
SBHS500 SBHS500W	6 ≤ t ≤ 100	500 以上	570 ~ 720	100 @-5°C *
SBHS700 SBHS700W	6 ≤ t ≤ 75	700 以上	780 ~ 930	100 @-40°C **

※ Vノッチ圧延直角方向

我が国橋梁用鋼材のJIS制定として40年ぶり
(1968年 JISG3114溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材以来)

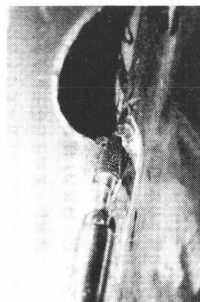
鋼桁の疲労

道路橋疲労設計

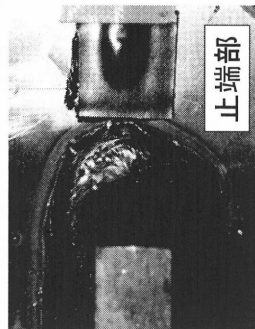
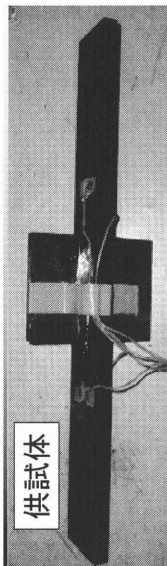
鋼桁の疲労損傷

道路橋で主に発生

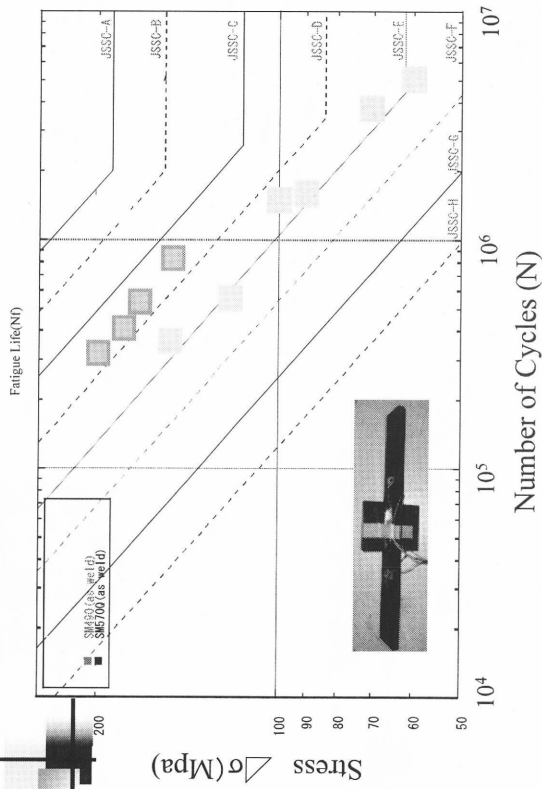
新幹線で主に発生



疲労試験方法



疲労試験結果例(S-N線図)



防食

防食法	塗装 (A-1 System)	重防塗装 (C-4 System)	耐候性鋼	NI系高耐候性鋼
	Conventional Coating	Fluorine Type Coating		
耐久性 (年)	マイルドな通常環境	60	SMA490W SMA490W-Mod SMA570W	SMA490W-Mod SMA490W-Mod SMA570W-Mod
	やや厳しい環境	15	100年以上	---
	飛来塩分の多い厳しい環境	10	45	100年以上 (飛来塩分量による)
	N.A.	30	使用不可	100年以上 (飛来塩分量による)

Ref. Japan Bridge Construction Association, 2001

鋼材の材料試験ビデオ

- (1) 引張試験 (6分)
- (2) シャルピー衝撃試験 (5分)

出所: (社) 鋼材倶楽部 (現日本鉄鋼連盟)