

既設構造物の鋼材の年代的な特徴とその溶接性について

首都高速道路技術センター 正会員 ○柳沼安俊

首都高速道路公団

平林泰明

首都高速道路技術センター 正会員 澁谷 敦

東京工業大学

フェロー

三木千壽

1. はじめに

現在、供用中の首都高速道路の路線延長は約 270km であり、首都圏の動脈としての役割を担っている。路線の一部の供用年数は 35 年を超え、近年、構造物の老朽化と交通車両の増加という問題と重なり、構造物の定期的な点検業務あるいは補修・補強対策業務の重要性が叫ばれて久しい。補修・補強工事で対象とする材料は過去のものであり、事前にその特性を十分留意する必要がある。現在進行中の鋼製橋脚の補修検討において、ラメラティア発生の可能性がでている。本稿では、首都高速道路の鋼製橋脚に着目し、その竣工年と製鋼技術の推移について整理し、既設橋脚に使用されている鋼材の成分分析および介在物調査結果の一例を示した。

2. 鋼材 JIS 規格の推移

図-1 は、製鋼技術の推移（圧延用鋼塊生産量に対する炉別生産比率および鋼塊・連铸铸片比率）と JIS 規格における SS および SM 材の S 量の推移についてまとめたものである。あわせて、首都高速道路における竣工年別の鋼製橋脚数を示している。製鋼技術については、①平炉から LD 転炉（酸素上吹転炉）へ、②造塊から連続铸造へといった大きな転換期があり、このほか、溶銑脱硫による介在物の減少処理あるいは電磁攪拌による偏析の防止対策など、鋼材製造プロセスの躍進がある。これを受けて、JIS 規格の S 量の規定値の低減が可能となり、現在の安定した鋼材の品質レベルに達している。

鋼製橋脚の隅角部のように板厚方向に高い拘束を受ける部位について溶接補修を行う場合、ラメラティアに対する配慮が必要である。ラメラティアは、①非金属介在物等の影響による板厚方向の延性の低下と②拘束応力や溶接による熱収縮応力など板厚方向応力が重畳することにより発生する。とりわけ前者については、圧延により伸ばされた MnS 系介在物のラメラティアに対する影響度は高いため、鋼材の S 量は溶接性を確認するひとつの目安となる。したがって、図-1 に示すように S 量規定値の推移から言及すれば、昭和 41 年以前の鋼材については溶接時のラメラティアに対する注意が必要である。

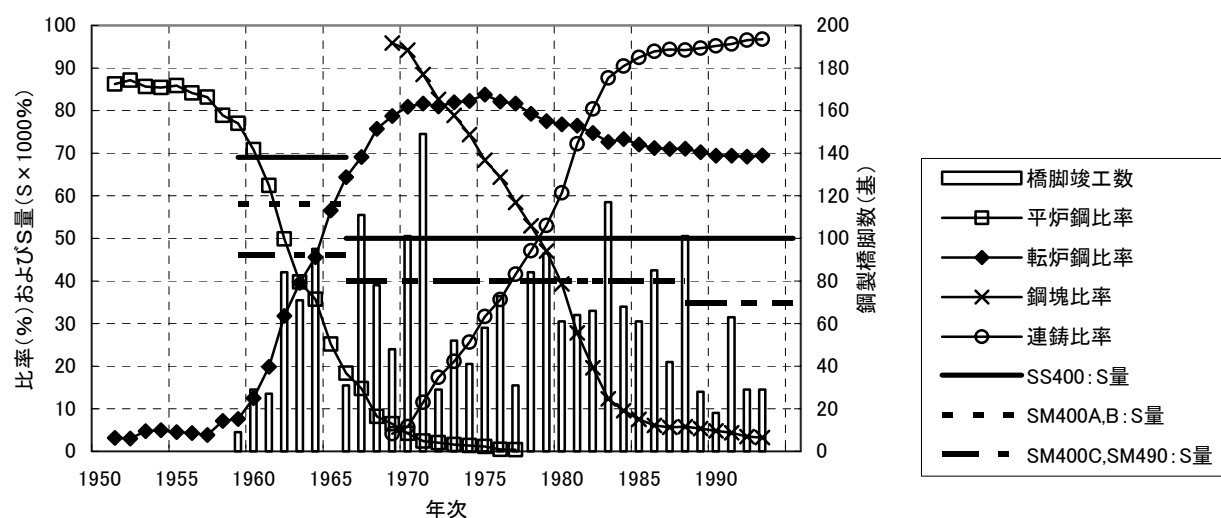


図-1 炉別生産率・造塊連铸比率および JIS 規格における S 量の推移と鋼製橋脚数

キーワード；ラメラティア，補修補強，鋼製橋脚，隅角部

連絡先；（財）首都高速道路技術センター（東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル TEL 03-3578-5757 FAX 03-3578-5735）

3. 鋼材の調査結果

隅角部で疲労損傷が発見された橋脚の補修方法の検討にあたり、橋脚に使用されている鋼材の溶接性、特に板厚方向に高い拘束を受ける部位であることからラメラティアに対する調査を行った。対象橋脚は昭和39年に竣工し、疲労損傷が発見された部位の鋼材の材質はSM60、板厚は34mmである。鋼材にホールドリルで孔をあけ、採取した試料で以下の調査を行った。

- ①成分分析を行い炭素当量 C_{eq} および溶接割れ感受性組成 P_{cm} を算出
- ②線分析（EPMA）を行いAl, Mn, およびSの板厚方向の分布を測定
- ③板の表面、1/4, 1/2, 3/4, および裏面の5視野で光学顕微鏡による介在物の観察

表-1に鋼材の成分分析、炭素当量、および溶接割れ感受性組成の算出結果を示す。現在のJIS G 3106にSM60材の規格はなく、現規格で最も強度の高いSM570材の C_{eq} および P_{cm} の規格値（ C_{eq} :0.44%以下、 P_{cm} :0.28%以下）と比較すると、 C_{eq} は規格値から外れ、 P_{cm} は規格値内にある。

図-2に線分析（EPMA）の結果を示す。Alは板の表裏面から板厚の中央に向け低くなる分布を示し、Mnは全長にわたり一定である。そしてSの分布は板厚内の各所で大きな値を示している。

写真-1に板厚の3/4点（裏面より約9mm）における光学顕微鏡写真（倍率：100倍）を示す。撮影された介在物はMnS系介在物で、他の視野でも同様な形態で確認されている。また、**写真-2**は板の表面より16mmの位置で観察されたMnS系介在物とは異なる介在物で、介在物の形状からAl系介在物と推測される。この介在物は板の裏面より11mmの位置でも観察されている。

以上、S量およびMnS系介在物の存在状況から、この鋼材に対し高い拘束下で溶接を行う場合、ラメラティアの発生の可能性があると考えられる。

表-1 成分分析結果

C	Si	Mn	Cu
0.16	0.40	1.31	0.08
Ni	Cr	Mo	V
0.04	0.04	0.24	0.036
B		C_{eq}	P_{cm}
0.0001		0.46	0.26

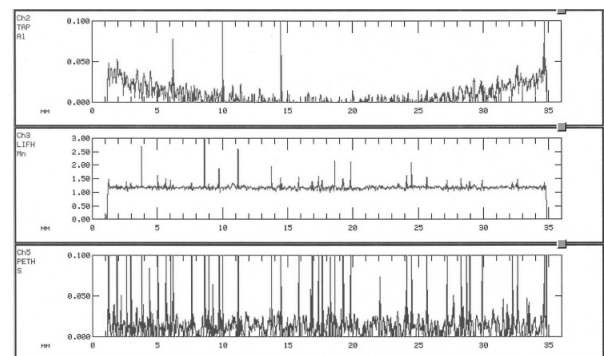


図-2 線分析結果（上段からAl, Mn, S）

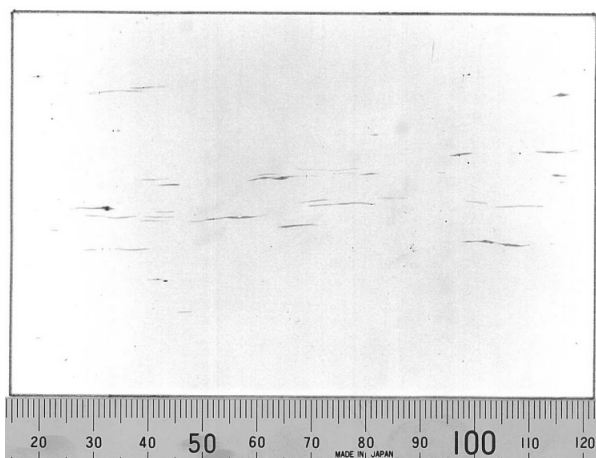


写真-1（倍率：100倍）

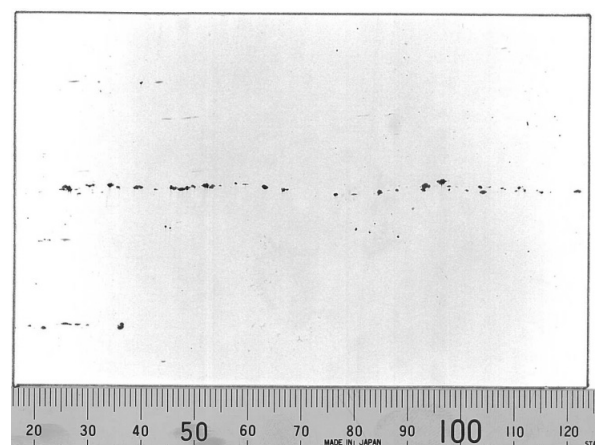


写真-2（倍率：100倍）

4. おわりに

首都高速道路の鋼製橋脚の竣工年と製鋼技術の推移について整理し、既設橋脚に使用されている鋼材の調査結果の一例を示した。今後、さらに古い鋼材の溶接性について調査を行う予定である。