

鋼鉄道橋の溶接部から発生した亀裂に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 新田 昭彦
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 小野 桂寿
 (株)ピーエムシー 正会員 小芝 明弘
 JFE テクノリサーチ(株) 金子 忠男

1. はじめに

平成 18 年 1 月, 鋼鉄道橋の I ビーム桁において, その腹板に亀裂が入る事象が発生した(図 1)。このとき, 当該橋りょうでは付帯物の設置作業を行っており, 橋桁腹板にボルト孔を削孔し, そこにボルトを締結した瞬間に亀裂が発生し, 上下フランジ首部まで進展したものである。事故後に調査を行ったところ, 今回のボルト孔削孔箇所近傍にリベット孔を溶接埋め補修した跡があり, 亀裂はこの孔淵に沿うように発生していたことがわかった。このことから, この亀裂は溶接に起因して発生したものであると考えられた。

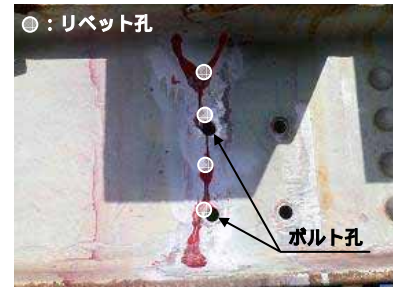


図 1 亀裂発生状況

今回のような溶接補修部に起因して亀裂が発生する事象は初めてである

ため, この亀裂発生の原因を明らかにすることを目的とし, 当該桁交換によって発生した鋼桁に対して各種試験を行ったので報告する。

2. 試験結果

本桁の取得年は 1928 年であるが, 転用桁である経緯を持つため, その材質を含め原因究明のための試験を行った。試験項目および目的は表 1 のとおりであり, 以下に試験結果を述べる。

表 1 試験項目および目的

試験項目	試験目的
引張試験(JIS Z 2201)	鋼材の力学特性の把握
化学成分分析	鋼材の靱性や溶接性などの推定
溶接部組織試験	溶接割れなどの内部欠陥の有無の特定
破面解析	亀裂の起点の特定 亀裂の進行方向の特定 亀裂の特性の特定(延性的・脆性的・長期的など)
シャルピー衝撃試験	鋼材の靱性の評価

2.1 引張試験

まず桁の強度が十分であったかを調べるため, JIS1A 号引張試験片を作成し万能型材料試験機により引張試験を行った。試験結果は表 2 のとおりである。これから, 本桁の引張強さは 408.0kN/m² 程度であり, 現在鉄道橋で一般的に使用されている SS400 および SM400 と同程度の強度であることから十分な強度を有していたと考えられる。

2.2 化学成分分析と溶接部組織試験

一般的に錬鉄やベッセマー鋼などの古材は溶接性が悪いとされている¹⁾。本桁は 1928 年以前製作の古材であることから溶接性が悪いと考えられ, そのためその溶接性を調べるため化学成分分析を行った。その結果が表 3 であり, これから本桁は溶接構造用圧延鋼材(SM400B)と比べてリン(P)と硫黄(S)を非常に多く含んでいることがわかる。P と S は鋼成分の中でも不純物にあたり, その量が多いほど

表 2 引張試験結果

試験体	降伏点(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)	伸び(%)
1	269.1	401.7	27.1
2	268.2	404.7	28.2
3	267.9	417.6	26.5
	ave=268.4	ave=408.0	ave=27.3

表 3 化学成分分析結果

試験体	化学成分(%)				
	C	Si	Mn	P	S
試験体	0.070	<0.002	0.41	0.089	0.069
SM400B	0.20	0.35	0.60~1.40	0.035	0.035

キーワード 鋼桁, 溶接, 亀裂

連絡先 〒963-0853 宮城県仙台市宮城野区東六番丁 31 番 2 号

東日本旅客鉄道(株) 仙台土木技術センター TEL 022-266-2397

靱性が低下し、溶接に対して割れ感受性が上昇する。したがって、本桁は溶接性の悪い鋼材であったと考えられる。

そのため、次に溶接部断面を切り出し、溶接部組織試験により溶接状態を調べた。その結果(図2)、本溶接部には融合不良とそれから派生する溶接割れが散在していたことがわかり、このことから本桁は溶接性の悪い鋼材であったと考えられる。また、この溶接はリベット孔の全断面を溶接埋めするのではなく、まず孔径に合わせて鋼片を挿入し、その後鋼片を固定するために肉盛溶接し、その表面をグラインダー処理して滑らかにしたものと推察され、桁と鋼片の間にはスリットがあり、これが材質的な欠陥となっていたと考えられる。

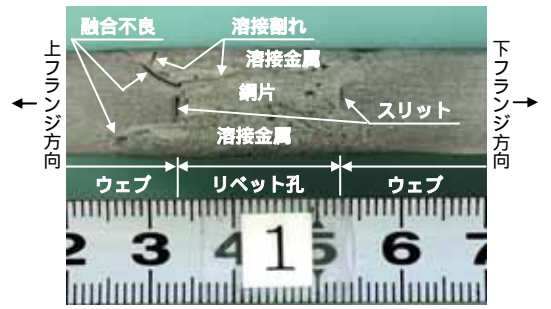


図2 溶接部断面

2.3 破面解析

亀裂発生の原因を明らかにするためには、破壊の起点を特定する必要があると言える。そこで亀裂発生の際緯を考慮し、ボルト孔周辺の破面部から試験片を採取し、走査型電子顕微鏡(SEM)により破面撮影(1,000倍)を行った。なお、撮影はボルト孔を境にして、上フランジ方向と下フランジ方向に数箇所ずつ行った。その結果、ボルト孔より上フランジ側の亀裂は上フランジ方向へ、下フランジ側の亀裂は下フランジ方向へ脆性的に進展したことがわかった。このことから、この亀裂はボルト孔表面近傍の溶接部の欠陥が起点となって発生したと考えられる(図3, 4)。

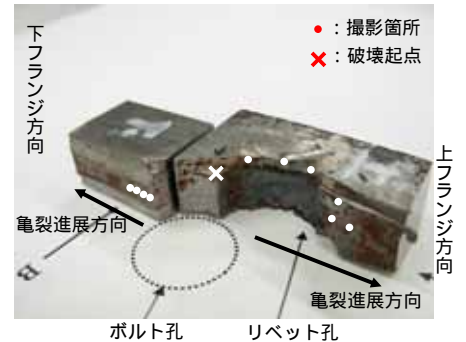


図3 破面撮影箇所

2.4 シャルピー衝撃試験

一般的に鋼材は延性的な破壊形態を示す。しかし上述のとおり、本桁はPとSの含有量が多いため靱性が低いと考えられ、その破壊形態も脆性的なものであった。鋼材の靱性は、亀裂の進展しやすさに大きく影響するものである。そこで、本桁の靱性を評価するためシャルピー衝撃試験を行った。試験温度は、化学成分分析結果を考慮して決定したものである。その結果(表4)、0度のシャルピー吸収エネルギーは3Jであり、SM400Bの1/9と極めて低いものであった。また、延性・脆性破壊遷移温度も、通常の鋼材は0度付近であるのに対して、本桁は80度付近と非常に高いことがわかった。これらのことから、本桁は靱性が低く、脆性破壊を起こしやすい鋼材であったと考えられる。

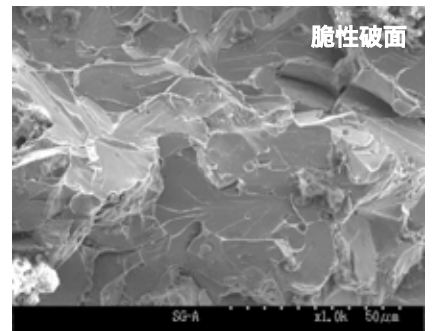


図4 SEM 破面写真

3. まとめ

以上から、本桁は十分な強度を有していたが靱性が低く溶接性の悪い鋼材であり、これに必ずしも好ましくない方法で溶接補修したため溶接部に無数の欠陥が形成されたと考えられる。そして、そこに重複してボルト孔を削孔し板厚方向にボルト締結力を導入したことに靱性の低さおよび支点拘束による内部応力も加わり今回の亀裂が発生したものと考えられる。そのため、この結果は古い共用桁の維持管理に反映するためにもマニュアルに整備していく予定である。

表4 シャルピー衝撃試験結果

試験温度 (度)	脆性破面率 (%)	吸収エネルギー(J)	
		試験体	SM400B
0	100	3	27
60	55	38	—
80	50	55	—
100	7	78	—
160	5	78	—

【参考文献】

1) (財)鉄道総合技術研究所編, 鋼構造物補修・補強・改造の手引き, (財)研友社, 平成4年, p.271