

鉄道橋に用いられた古い鋼材のひずみ付与時の材料特性への影響

鉄道総合技術研究所 正○相原修司 正 池田 学

JR 西日本 正 中山太士 正 木村元哉

1. はじめに

鉄道事業者においては、架道橋と呼ばれる道路を跨ぐ橋梁において、桁下空頭制限高を超えた車両等の進入により、年間数例の列車抑止を伴う鋼桁への衝突事故が発生している。公共交通機関である鉄道にとって、事故後早期の列車運転再開は重要な課題であるが、具体的な管理基準が望まれている。

筆者らは、車両等の衝突時における鋼桁の変形量等で定量的に運転再開可否（抑止継続・徐行・抑止解除）が判定できる指標を策定することを目的として研究を行っており、現在までに鋼桁の下フランジが曲げ上がるような変形パターンに限定すれば、鋼桁のひずみ硬化の影響により耐荷力には問題が無いことを確認している。

一方、鋼材がひずみを付与された場合、もうひとつの特徴的な事象として靱性が低下することが知られている。しかし、過去に鋼材の冷間曲げ加工の制限値を設定するために検討された事例はあるが、古い鋼材について検討した事例は無い。

そこで、本報告では、鉄道橋に使用されていた古い鋼材について、ひずみ付与後の靱性確保の点から許容ひずみ（曲げ半径）を設定することを目的に、ひずみ付与後の材料特性への影響について検討した結果を述べる。

2. 試験内容および対象鋼材

今回、鋼材に付与するひずみは目的に応じて2パターン設定した。パターン1で付与するひずみ量は、車両等が鋼桁に衝突した事例を調査し、最大の曲げ半径が10t（ひずみ5%に相当²⁾：tは板厚）であったこと、文献1)によれば、予ひずみが5%を超えるとシャルピー値の大きな低下は見られないことから3%、5%、7%の一樣引張とした、なお、運転再開可否を判断する指標を設定するという目的からひずみ時効処理は行わなかった。パターン2は、車両等が鋼桁に衝突した後に行われる矯正作業を考慮した。これは、通常では熱間矯正を行うが、古い時代の橋梁では下フランジが薄板複数枚で構成されており、補修の際に加熱矯正が難しいことから常温矯正を行っている事例があることから、変形と矯正を模擬した2方向のひずみを付与した鋼材で機械的性質がどう変化するかを確認した。なお、このパターン2ではひずみ時効脆化も影響も確認するために、ひずみ時効処理（250℃で1時間）を行っている。

詳細な試験内容と対象鋼材を表-1に示す。

表-1 試験内容一覧（2004年の現行材除いて表示）

鋼 材 試験内容	1898(明治31)年	1914(大正3)年	1930(昭和5)年	1964(昭和39)年	備 考
化学成分分析	○	○	-	○	年代別の性質の比較
【ひずみ付与パターン１：0,3,5,7%の一樣引張 時効処理無】					
引張試験	○ (3,5,7%引張ひずみ)	○ (ひずみ無し)	○ (3,5,7%引張ひずみ)	○ (3,5,7%引張ひずみ)	ひずみ種類およびひずみ
シャルピー衝撃試験	○ (3,5,7%引張ひずみ)	○ (ひずみ無し)	○ (3,5,7%引張ひずみ)	○ (3,5,7%引張ひずみ)	量による比較
【ひずみ付与パターン２：0%,5%引張・圧縮,5%引張 5%圧縮,5%圧縮 5%引張 時効処理有】					
引張試験	○ (5%引張ひずみのみ)	-	-	○	ひずみ種類による比較
シャルピー衝撃試験	○ (5%引張ひずみのみ)	-	-	○	ひずむ時効処理考慮

キーワード 衝突、鋼桁、材料特性、ひずみ時効脆化

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL042-573-7280

3. 試験結果

3.1 ひずみ付与パターン1における材料特性について

鉄道橋として使用されていた各年代の鋼材を収集し、一様な引張ひずみ3%（曲げ半径15t：tは板厚）、5%（曲げ半径10tに相当）、7%（曲げ半径8tに相当）を与えた場合のシャルピー値を図-1に、破面遷移温度を図-2にそれぞれ示す。

図-1から、明治31年と昭和5年の鋼材は、0におけるシャルピー値で昭和39年以降の鋼材の16%程度であること、SM-B材で規定されているシャルピー値の27Jを満足できていないことから、非常に靱性の低い鋼材であることがわかる。また、ひずみ量が増加するのに伴い靱性は低下していくが、昭和39年の鋼材は7%（曲げ半径8tに相当）、平成16年の鋼材は5%（曲げ半径10tに相当）まではJISにおけるSM-B材の規格値を満足している。図-2の破面遷移温度についてもほぼ図-1と同様な傾向を示しており、昭和5年以前の鋼材と昭和39年以降の鋼材とで、靱性に関する明確な違いが確認できた。

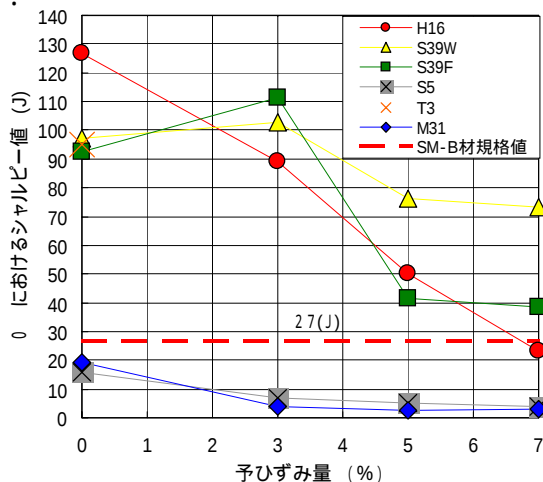


図-1 予ひずみとシャルピー値の関係

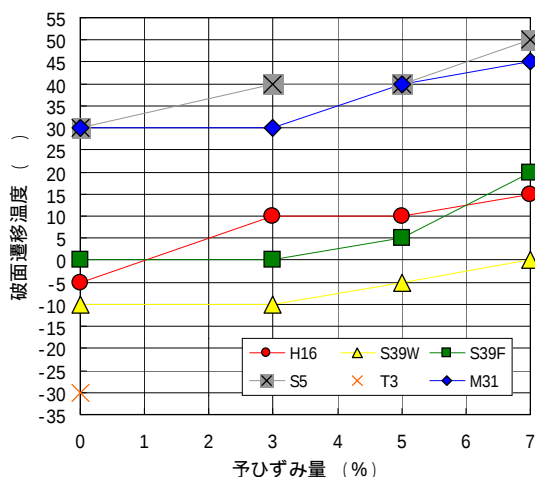


図-2 予ひずみと破面遷移温度の関係

3.2 ひずみ付与パターン2における材料特性について

ひずみ時効処理（250℃で1時間）を行うと、自然時効における半年以上に相当する¹⁾とされている。ひずみ付与パターン2では、明治31年と昭和39年の鋼材を使用し、ひずみ付与後の時効処理と常温矯正を模擬したひずみを付与後の時効処理を行った場合の鋼材の材料特性について比較した（図-3）。

同じ昭和39年の鋼材の予ひずみ5%で時効処理を行わない場合のシャルピー値は56%の低下率だが、ひずみ時効処理を行った場合、83%の低下率とさらに27%も高くなった。また、冷間矯正を模擬したひずみを与えた場合は、さらに10%程度シャルピー値が低下した。

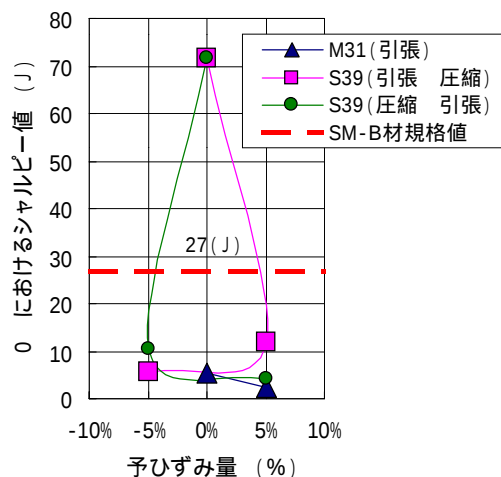


図-3 時効処理および冷間矯正とシャルピー値の関係

4. おわりに

今回の試験は、実橋に使用された鋼材の撤去条件や構造、腐食状況などにより全ての試験体までをカバーしきれなかったこと、材料特性はひずみ速度にも影響されるといわれていることから、今後も実橋に使用された鋼材の収集によりデータ数を増やしていきたい。また、ひずみ速度と材料特性の関係についても明らかにしていきたいと考えている。なお、今回の試験にあたっては、住友金属テクノロジー㈱のほか関係各位に多大なご協力をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献 1)堀川浩甫：冷間塑性加工に伴う構造用鋼材のひずみ時効脆化，土木学会論文報告集 第300号，1980.8

2)構造物設計事務所（鋼構造）：JRS（鋼鉄道橋）改訂の要点，構造物設計資料 No.69，1982.3