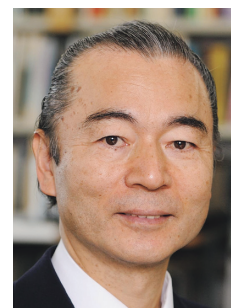


## 特別寄稿

# 鋼材の癖を読み、鋼橋の長寿命化を図る

早稲田大学理工学術院創造理工学部社会環境工学科  
依田 照彦



最近、幸田文の短編「材のいのち」を読んだ。「木は生きている」との文章で始まる。この文章の木は立木ではない。生命を終えた後の材を指す。木には立木の時の命と木材になってからの命がある。どんな良材、どんな強い材にも、寿命があり、寿命が尽きれば終わる。

この文を読んだ後、鋼材も切り出した木材と似ているところがあるのではないかと思った。鋼の板材は、木材と同じで、加工された材である。木構造の木組みでは、木の癖を読めとよく言われる。鋼板を組み合わせて鋼部材・鋼橋を製作するときにも癖を読めといえるように思う。鋼板の場合は、木材ほど癖はないように思われるかもしれないが、そうではない。本文では、鋼材の特徴とは言わずに、鋼材の癖という表現を使うことにした。鋼材の特徴では、平均的な意味しか伝わらない。鋼材の癖と呼ぶことで、バラツキやカタヨリがあることに注意を払いたいとの思いである。

鋼板製作時の圧延方向に始まって、鋼板の切断・孔あけ・溶接など多くの工程で癖が見られる。鋼板同士を溶接した時の鋼部材の代表的な癖は初期不整と呼ばれ、残留応力、初期たわみ、偏心、目違いなどである。これらは、独立ではなく、互いに関連している。鋼桁の腹板などの薄い鋼板に補剛材を溶接したとき、補剛材間の腹板が溶接ひずみの影響で板の面外方向に変形し、横から見たときに、初期たわみが見られることがある。専門用語では、やせた馬のあばら骨のように見えるので“やせ馬”と呼ばれている。通常、このようなやせ馬は熱を加えて矯正され、生かされる。そこで、現実には鋼板の面外方向の変形を見たとき悩むことは、この面外変形が溶接時あるいは組立時に生じた変形であるのか、あるいは架設後の力学的要因で生じた変形であるのか、どのように見極めればよいかという問題である。



写真1 ミネソタの崩落前の鋼トラス橋 (I-35W)  
(出典：ミネソタ大学)

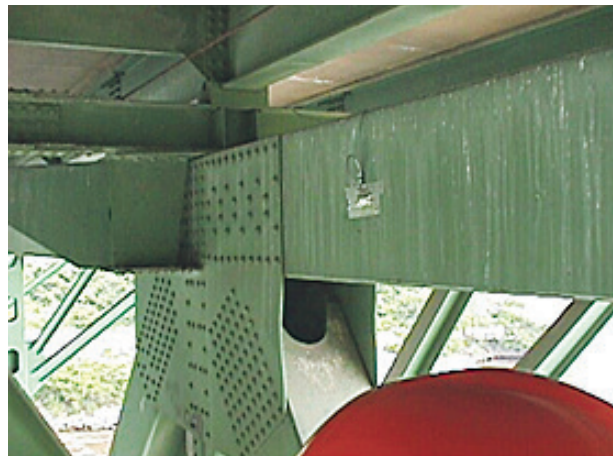


写真2 I-35Wのガセットプレートの面外変形  
(出典：MN/DOT)

見極めが大切である例を示す。2007年8月1日にアメリカのミネソタ州で起きた鋼トラス橋（写真1）の崩落事故である。この鋼トラス橋はトラスの格点部のガセットプレートに写真2のような面外変形があったのである。一見すると初期不整（初期たわみ）に見えるが実は力学的要因による。初期の不整であるのか、そうでないのか、この差を見極めるためには構造力学の知識が必要不可欠である。

また、木材では、接合部が弱点になる。実は鋼材も同じで、接合部が弱点になりやすい。溶接継手、ボルト継手、どれをとっても、接合時に継手固有の癖が出る。これらの癖をよく知って、鋼部材の構成を考える必要がある。日本でも明治時代に入って、トラスの格点構造をめぐってイギリス方式とアメリカ方式の技術的衝突があった。当時、イギリスは剛結式トラス（リベット結合）を採用し、アメリカはヒンジ式トラス（ピン結合）を採用するという技術的相違があった。鉄道事業は、イギリス人の指導下で開始されたこともあって、初期の鉄道橋は、イギリスからの材料輸入、イギリス人の技術指導で架設された。このため、トラスの格点構造は剛結であった。やがて、製作や架設技術との関連からヒンジ構造が理想的であるとの判断により、アメリカ方式の優位性が認められ、明治30年頃より、ヒンジ構造であるアメリカのピントラス（プラット式、クーパー式）に格点構造が変わった。しかしながら、大正時代に入ると、ピン結合の鉄道トラス橋は振動が大きく、欠陥を生じやすかったため、大正4年以降、格点構造はピンからリベット（剛結）へ移行した。それに伴い、プラットトラスからリベット結合に好都合なワーレントラスへとトラスの形式も再び移行し、道路橋もその傾向を引き継ぐことになった。このように常に良い構造を追求する習慣は時代を越えて続いている。新たな設計思想、求められる要求性能、新構造形式など、多様な鋼橋が造られる可能性が増している現在、先人に学ぶことは多い。

さらに、架設時の鋼材の癖が直接影響してくる時期は、補修・補強時である。鋼材を取り外したり、鋼材を取り付けたりするとき、鋼橋の現状が当初設計図とは違っていることに気づく。鋼橋の経年変化が現れてくるからである。経年変化によって、鋼部材は形状も応力状態も当初の設計図通りではない。癖を読み解いて、鋼橋の補修・補強を実施する必要がある。経年劣化には、当然、カタヨリやバラツキがあるので、鋼橋の初期状態に戻って、癖を見極め、補修・補強を行うことになる。このようにして、鋼材の癖が読み解ければ、耐荷性・耐久性・使用性を考える上で鋼橋のどこに注目すればよいか自然に分かってくると思う。

癖を見抜く技を身につける方法の第一は、鋼橋が好きになることである。好きになるだけであれば、ベテランの技術者も若手の技術者も同じ土俵に立てる。作曲家のドボルザークは、大の鉄道愛好家であったので、走行中の列車のかすかな音の違いから列車の不具合に気づき、事故を未然に防いだという。好きこそものの上手なれである。癖を見抜く技術はひとえに技術者にかかっている。技術の継承あるいは若手技術者の育成では癖を見抜く技術の伝承が非常に大切である。したがって、日々の仕事の中で、若い技術者に鋼材の癖の見方を勉強する機会が与えられることが望まれる。やはり大工の匠の技と同じで、現場で現物の現状を見ないと癖を見る目は養えないように思う。この癖を見る目が、やがて、新たな鋼橋の長寿命化技術、そして新しい鋼橋の形を生み出すような気がしている。勿論、このイノベーションを担うのは、若い技術者であることは言うまでもない。鋼橋の未来が楽しみである。

本原稿は2017.2.16受領