

Q1:鋼床版の疲労き裂に対する今後の対応について具体的な対策や方向があれば教えてください。

A1:鋼床版の疲労き裂は、道路橋の重要な問題である。今回の講演でこれまでの知見の一部を紹介したが、現在精力を上げて取り組んでいる。

床版は、自動車輪荷重が直接載荷し、その繰返し数が極めて多いことから疲労上厳しい部材であるが、特に鋼床版は溶接による薄板集成構造であるため荷重に対する挙動が複雑であり、また、局部的には剛性が小さくデッキ直下や部材交差部に設けられるスカーラップなどの切欠き部で局所的に大きい応力が繰返し発生していることが疲労損傷に繋がると考えられる。

道路橋の疲労設計は主に、応力度による疲労照査、および、構造ディテールによる疲労設計に分けられる。応力度による疲労照査は、鋼製部材の継手に対して公称応力の変動範囲に基づいて定められた許容値（疲労設計曲線）を用いて疲労耐久性の評価を行うものである。鋼床版においては、自動車荷重によって生じる応力に対する舗装の剛性、輪荷重のばらつき（大きさ、載荷位置）の影響が大きいことに加えて、公称応力に対して関係づけられている許容値（疲労設計曲線）に適用する応力の大きさおよび繰返し回数の評価（算出）方法が確立されておらず、設計計算で得られる応力範囲を基にした疲労耐久性の照査は困難な状況にある。そこで、経験的に疲労に対する耐久性の高い構造ディテールを採用することで疲労耐久性を確保する方法が一般には採用されている。

一方、疲労によるき裂の発生を防止するためには部材に生じる応力変動の回数と大きさを小さくすることが有効であることは明白であり、鋼床版のき裂損傷対策としても輪荷重載荷に伴う鋼床版の作用応力変動を低減することが有効であると考えられる。

現在、輪荷重の載荷に対する鋼床版の各部に生じる応力変動を抑制する方法の一つとして、デッキ部材の剛性を高くする方法が検討されているが、これにはデッキ板を厚くする以外にも温度依存性の高いアスファルト混合物に替えて、SFRCなどのコンクリート舗装、樹脂モルタルなどを用いることによって舗装の剛性を向上させる方法などが考えられている。特に舗装による剛性確保策については施工性や新しい舗装構造の耐久性などの課題が残されている。また床版上面からの工事が必要な対策については、施工時の交通に与える影響の低減が大きな課題である。

今後とも、現象の解明と有効かつ合理的な対策法の確立に向けた活動が行われるものと考えている。

Q 2 : 桁端切欠部を補強する際に桁についている補剛材などの制約条件によって補強板の寸法が十分に確保できない時はどのような補強を行うのが良いのか。

A 2 : 補強板による補強構造の具体的な設計法は、

「道路構造物の補修要領 第1部 鋼構造物 平成17年4月 阪神高速道路」
に記載されており参考になる。阪神高速道路管理技術センターから、以下のアドレスより入手可能である。

<http://www.tech-center.or.jp/japanese/index.html>

原則として、これらを参考に所要の寸法を満足する補強板による補強設計を行うことが望ましいが、構造的制約によってこれらによることが困難な場合には、個別の条件に対して適当な構造を検討する以外にない。なお桁端部の補強構造については応力状態が複雑となるため照査内容に応じて適切な計算モデルの設定に注意が必要である。またFEM解析などによる応力性状や挙動の確認を行うことも有効である。

Q 3 : 古い鋼材の溶接性に関して、何年代以前だと溶接性が低いと判断すればよいか。大まかなレベルでも構わないので教えてほしい。

鋼材の溶接性には様々な要因が関連する。例えば鋼材のみをとっていても溶接性に影響する製鋼技術も製造条件も時代の変遷につれて変化しており年代のみによる一概な評価は困難である。溶接可能性の判断に影響する代表的な条件には以下のようなものがある。

- ・ 溶接しようとする鋼材の成分
- ・ 風、温度などの環境および溶接姿勢などの溶接施工条件
- ・ 板組や隣接する継手構造などに関連する溶接部の拘束条件
- ・ 溶接部の平坦性など組立て精度
- ・ 溶接中の部材変形の影響
- ・ 交通振動の影響など溶接時の部材の応力状態

例えば、鋼材成分では、溶接割れの生じやすさに MnS 系の非金属介在物の状況が影響するため鋼材中の S 量が溶接性の目安の一つであるが、下図の S 量規定値の推移からも、1966 年以前の鋼材は特に溶接時のラメラティアに注意が必要と考えられる。¹⁾ また、国内の製鋼技術も同時期に同じではなく S 量も脱硫技術が概ね確立された 1975 年頃までは様々なレベルの鋼材が供給されていたと考えられ、一概に年代のみで評価することは危険である。このように鋼材成分についても個々の対象毎に化学成分調査による炭素当量 (Ceq) や

割れ感受性（Pcm）の確認なども行い溶接の適否を検討するのがよい。

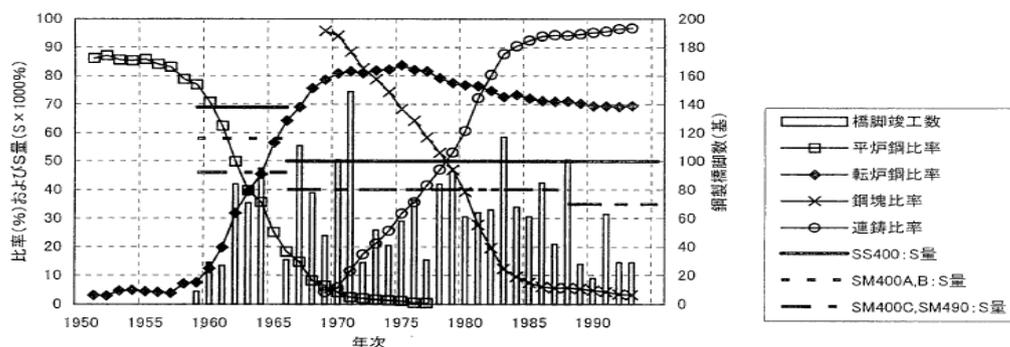


図 炉別生産率・造塊連铸比率および JIS 規格における S 量の推移と鋼製橋脚基数

■参考文献

- 1) 三木ら：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，第 57 回土木学会年次学術講演会

■JIS 規格の変遷

(1959)シャルピー吸収エネルギー衝撃試験規定・・・SM41,SM50 に B,C の規格

(1966)JIS 規格の改定・・・S 量の低減→1975 頃：脱硫技術の確立

SM 材のシャルピー吸収エネルギー衝撃試験が現行規定と同等

(1968)SMA 材の追加

(1991)SI 単位系に変更

Q 4：き裂の発生が溶接による残留応力の影響である可能性について、検討された事例があれば教えてほしい。

例えば、

- 1) 「高田嘉秀：疲労亀裂発生寿命におよぼす溶接残留応力の影響，川田技報Vol.4/JAN.,1985」
- 2) 「実橋における溶接残留応力の測定、橋梁と基礎1986.3」

などがある。

Q 5 : 既設橋への現場溶接に関して、溶接性に関する検証を行った場合でも、基本的に現場溶接は不可という見解になるのか。

溶接性には、Q 3 への回答にあるように様々な要因が影響するため特に既設橋への現場溶接にあたっては注意が必要である。もちろん、条件さえ整えば現場溶接は可能であるが、①所要の施工品質を確実に得ることができる施工条件を整え、②所要の品質で溶接を実施し、③所定の品質が満足していることを検査等で検証すること、は非常に困難な場合が多いと考えられる。

また、既設橋に溶接により補修・補強を行うにあたっては、施工中・施工後の応力分担の考慮方法など、設計上の評価についても特段の注意が必要である。

既設橋の補修・補強にあたって現場溶接を行う場合の留意点については代表的なものを挙げても以下のように多くある。

- ・溶接時の応力分担

溶接施工時の既設部材の断面欠損（溶融した部分は応力が分担出来ない状態となること）や施工後の応力分担を考慮する。

- ・既設ボルトとの干渉

溶接部に近接した既設高力ボルト継手にすべり等の悪影響が生じないようにする。

- ・施工品質の前提となる部材や施工環境の条件

既設部材の条件および施工時の外力等の作用や環境の条件を考慮した上で必要な溶接施工品質が確実に得られる方法で設計する。特に溶接部の疲労耐久性などの性能は許容できる内部きず寸法など厳しい品質要求があるため、組立て精度や溶接姿勢などの条件が重要となる。また、既設橋の検査では姿勢や空間に制約が多く品質検査と結果の評価方法についても事前に十分な確認が必要である。

以上