

ま え が き

古来から、「形あるもの、いつかは壊れる」といわれてきた。平家物語の「祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響きあり」なども、仏教思想を背景にした世の移り変わりを見事に表現した言葉として日本人の心にしみ込んでいる。いつかは壊れる橋を、供用後に点検、診断、措置を行って安全に長持ちさせるのが橋の維持管理である。

歴史的に千年を超える石橋が現存することもあって、橋は永久構造物であると思われた時期もあった。欧米に現存する 100 年を超えて現役で使われている橋を見ると、永久構造物という感覚になるのもうなずける。しかし、橋は決して永久構造物ではない。不断の維持管理、あるいは必要に応じて補修・補強されて、はじめて 100~200 年の長寿命を保つことができるのである。

橋の維持管理を行ううえでは、目標とする橋の寿命が必要となる。鉄道橋では、在来線は 60 年、新幹線は 70 年と設計寿命が定められ、設計が行われてきた。一方、道路橋の設計寿命については、これまであまり明確にされてこなかった。理由はいろいろあるが、第二次世界大戦後の復興期から高度経済成長期までは、どちらかといえば急速な道路整備が要求されてきたため、鋼材を節約する意味での経済設計が優先され、維持管理がおろそかになっていたのが一因である。また、「50 年経過した道路橋は、架け替えの予算要求をしてもよい」といった旧大蔵省の通達があり、「道路橋は 50 年程度持てばよい、持たせればよい」といった風潮もあった。

架設後 40 年を過ぎたあたりから、塗替え塗装を省略するようになり、種々の理由をつけて、架け替え要求をするようになった。もちろんすぐに架け替えが認められるわけではないが、何年もその状態で放置された鋼橋には、当然のことながら「過度な腐食」が生じ、それを理由に架け替えられるようになった。

「古い橋は架け替えればよい」といった風潮が続くと、維持管理して長持ちさせる、あるいはそのための技術開発のモチベーションが低下する。

鋼橋の耐久性を損なう劣化の一つに疲労がある。鉄道橋では古くから疲労に対する設計が行われてきた。1964（昭和 39）年に開業した東海道新幹線においても鋼桁や鋼トラス橋の主構造に対して新たに設定した新幹線荷重を用いて疲労設計が行われた。これによって多くの疲労損傷が未然に防がれてきたといえる。

一方、道路橋の疲労に関していえば、1960 年代に土木研究所で検討が行われ、「道路橋の主桁には、疲労照査が不要」との報告が出された。主桁の応力は、死荷重応力が大きく、相対的に活荷重による応力範囲が小さくなるのがその理由であった。これが、「道路橋では疲労設計は不要」といった誤った認識につながり、疲労強度が低い構造詳細が道路橋に使われてしまう流れを生み出してしまった。しかし、1980（昭和 55）年頃から道路橋においても疲労損傷が顕在化してきたことなどを受け、2002（平成 14）年からは疲労設計に関する規定が導入されている。

このように、最近では耐久性に配慮することが当たり前ようになってきてはいるが、過去に蓄積された膨大な数の道路橋の劣化を止められるには至っていない。予算的な制約もあって、すべての橋を健全な状態に維持するのが難しいことがわかってきた。そのため、新しい世紀になる頃から、「維持管理の重要性」や「橋の長寿命化」が頻繁に議論されるようになってきた。2012（平成 24）年 12 月に発生した笹子トンネルの天井板崩落事故の惨事などを受け、2013（平成 25）年度の国土交通白書は、同年を「社会資本メンテナンス元年」と位置付け、古くなった社会資本への対策に重点的に取り組むよう警鐘を鳴らしている。

本書は、材料力学や構造力学などの基礎的な知識を持つ読者を念頭において執筆している。第 I 部では、力学、鋼構造学、橋梁工学、維持管理工学などのなかから、鋼橋の維持管理を考えるうえで知っておくべき内容を抽出し、整理した。維持管理の視点から記述しているため、他の成書とは内容や力点が異なっており、これが本書の特徴の一つである。ついで、鋼橋の耐久性を損なう二大劣化要因である疲労と腐食について解説している。いずれも一つの章に収まる

分量ではないため、三部構成とし、第Ⅱ部で疲労について、第Ⅲ部で腐食について詳述した。疲労については、基礎的な事項のほか、比較的最近用いられるようになった技術についても解説している。腐食に関しては、特に防錆・防食技術の分野において、現在でもさまざまな材料や手法が開発されつつあるが、著者なりに重要と考えるものを抽出し、解説を加えている。

橋の不具合によって人命や財産を損ねることがあってはならない。そのためにも今後は、点検、診断、措置、記録といった維持管理サイクルを確実に回していく必要がある。しかし、そのために最も不足しているといわれているのが、それを担う人材である。本書が、これからの鋼橋の維持管理に携わる技術者にとって、少しでも役立つことを願っている。

本書の出版にあたり、コロナ社の皆様には多くのご助言と励ましをいただいた。ここに記して感謝する。

2015年4月

山田健太郎， 館石和雄

目 次

第I部 共通編

1. 概 説

1.1 鋼橋の現状	1
1.2 鋼橋の歴史	2
1.2.1 欧米の鋼橋	2
1.2.2 日本の鋼橋	5

2. 鋼橋の基礎知識

2.1 鋼橋の構造	7
2.1.1 上部構造と下部構造	7
2.1.2 主 構 造	8
2.1.3 床 版	9
2.1.4 床 組	9
2.1.5 対傾構, 横構	9
2.1.6 支 承	10
2.1.7 橋面舗装	12
2.1.8 床版防水	12
2.1.9 排水装置	13
2.1.10 伸縮装置	14
2.1.11 橋梁付属物	15

2.2 鋼橋の形式	16
2.2.1 桁橋	17
2.2.2 トラス橋	18
2.2.3 アーチ橋	19
2.2.4 ラーメン橋	19
2.2.5 斜張橋および吊橋	19
2.3 鋼橋の形状	20
2.3.1 上路橋と下路橋	20
2.3.2 平面線形	21
2.4 静定構造と不静定構造	22
2.5 応力集中	23
2.6 二次応力	25
2.7 リダンダンシーとFCM	28
2.8 鋼橋技術基準の変遷	29
2.8.1 道路橋	29
2.8.2 鉄道橋	32

3. 継手の基礎

3.1 鋼橋に用いられる継手	35
3.2 リベット継手	35
3.3 高力ボルト継手	36
3.3.1 高力ボルト摩擦接合継手	36
3.3.2 高力ボルトの遅れ破壊	37
3.4 溶接継手	38
3.4.1 溶接継手の種類	38
3.4.2 溶接割れ	41
3.4.3 鋼材の成分管理	42

3.4.4	そのほかの溶接欠陥	44
3.4.5	溶接残留応力	44

4. 鋼橋の損傷事例

4.1	疲 勞	46
4.2	腐 食	47
4.3	ボルトのゆるみ, 脱落	49
4.4	衝 突	50
4.5	火 災	52

5. 維持管理の基礎

5.1	維持管理の基本的な考え方	53
5.2	鋼橋の架替え理由	54
5.3	維持管理のサイクル	55
5.4	ライフサイクルコスト	57
5.5	予 防 保 全	58
5.6	アセットマネジメント	59

第 II 部 鋼橋の疲労

6. 疲労の基礎

6.1	疲 勞 と は	61
6.2	疲労強度曲線 (S-N 曲線)	61
6.3	疲労強度に影響を与える因子	63
6.3.1	応力集中 (溶接継手形状) の影響	63

6.3.2	鋼種の影響	64
6.3.3	応力比の影響（溶接残留応力の影響）	65
6.3.4	止端形状の影響	65
6.3.5	板厚の影響	66
6.3.6	板厚内の応力勾配の影響	67
6.4	代表的な溶接継手の疲労き裂	68
6.4.1	荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手	68
6.4.2	面外ガセット溶接継手	69
6.4.3	荷重伝達型十字すみ肉溶接継手	70
6.4.4	縦方向溶接継手	70
6.5	線形被害則	71

7. 疲労損傷事例

7.1	桁橋に生じた疲労き裂	74
7.1.1	鋼I桁の垂直補剛材の上端	74
7.1.2	鋼I桁のウェブギャップ板	74
7.1.3	ソールプレート前縁	75
7.2	ゲルバートラスのヒンジに生じた疲労き裂	76
7.3	アーチ橋の垂直材に生じた疲労き裂	76
7.4	鋼製橋脚の隅角部に生じた疲労き裂	77
7.5	鋼床版に生じた疲労き裂	77
7.6	伸縮装置に生じた疲労き裂	78
7.7	付属物に生じた疲労き裂	79

8. 疲労強度の求め方

8.1	疲労試験による方法	80
-----	-----------	----

8.1.1	疲 勞 試 験 機	80
8.1.2	大型疲労試験機による疲労試験	81
8.1.3	小型試験体による疲労試験	82
8.1.4	疲労き裂の観察	82
8.2	破壊力学による方法	83
8.2.1	き裂先端の応力場	83
8.2.2	応力拡大係数の求め方	84
8.2.3	疲労き裂進展解析	89

9. 公称応力を用いた疲労設計

9.1	基本的な考え方	93
9.2	疲労設計荷重	94
9.2.1	鋼 道 路 橋	94
9.2.2	鋼 鉄 道 橋	95
9.3	疲労設計強度	95
9.4	疲 勞 照 査	97
9.4.1	疲 勞 限 設 計	97
9.4.2	繰返し数を考慮した疲労設計	97
9.5	余 寿 命 評 価	98

10. 局部応力を用いた疲労設計

10.1	局部応力の考え方	100
10.2	ホットスポット応力法	101
10.2.1	ホットスポット応力の定義	101
10.2.2	ホットスポット応力の求め方	102
10.2.3	ホットスポット応力に対する疲労設計曲線	103

10.2.4	ホットスポット応力法の適用事例	103
10.3	エフェクティブノッチ応力	104
10.3.1	エフェクティブノッチ応力の定義	104
10.3.2	エフェクティブノッチ応力算出のための計算手法	104
10.3.3	エフェクティブノッチ応力に対する疲労設計曲線	105
10.3.4	エフェクティブノッチ応力法の適用事例	105
10.4	1mm法	106
10.4.1	1mm法の概要	106
10.4.2	1mm応力に対する疲労設計曲線	107
10.4.3	1mm法の適用事例	107

11. 疲労に対する点検・検査・計測

11.1	疲労に対する点検の基本	108
11.2	近接目視点検	108
11.3	非破壊検査	109
11.3.1	磁粉探傷試験	110
11.3.2	浸透探傷試験	110
11.3.3	渦流探傷試験	111
11.3.4	超音波探傷試験	111
11.3.5	放射線透過試験	112
11.4	荷重の計測	113
11.4.1	道路を走行する大型車重量の計測方法	113
11.4.2	荷重計測結果の例	115
11.5	応力の計測	116

12. 疲労対策技術

12.1	基本的な考え方	117
12.2	疲労き裂に対する措置	118
12.2.1	切削によるき裂の除去	118
12.2.2	ストップホール	119
12.2.3	ICR 処 理	120
12.2.4	溶 接 補 修	121
12.3	応力の低減技術	122
12.3.1	当 て 板	122
12.3.2	構造ディテールの改良	123
12.3.3	構造系の改良	125
12.4	疲労強度の向上技術	126
12.4.1	高力ボルト継手への変更	126
12.4.2	止端形状の改良	126
12.4.3	ピーニング処理	128

第 III 部 鋼橋の腐食

13. 腐食の基礎

13.1	腐食のメカニズム	131
13.2	腐食形態の分類	132
13.3	腐 食 環 境	133
13.4	腐食の進展 (腐食速度)	136

14. 防 錆 ・ 防 食 法

14.1	防錆・防食法の種類	138
14.2	塗 装	139
14.3	耐 候 性 鋼 材	142
14.4	溶融亜鉛メッキ	144
14.5	金 属 溶 射	145
14.6	構造ディテールの改良	146

15. 腐 食 損 傷 事 例

15.1	漏水による腐食	147
15.2	塩分による腐食	148
15.3	見えない・見にくい箇所の腐食	148

16. 腐食に対する点検・調査・計測

16.1	腐食に対する点検の基本	150
16.2	腐食環境の調査	150
16.2.1	飛来塩分量の測定	150
16.2.2	付着塩分量の測定	151
16.2.3	小片鋼板の大气暴露	152
16.2.4	腐 食 セ ン サ	152
16.3	皮膜に対する調査	153
16.3.1	膜 厚	153
16.3.2	付 着 強 度	154
16.3.3	そのほかの計測	154

16.4 残存板厚の測定	155
16.4.1 機械的測定	155
16.4.2 超音波板厚計	155

17. 腐食に対する維持管理

17.1 基本的な考え方	157
17.2 腐食環境の悪化防止	158
17.3 防食性能の回復・改良	158
17.3.1 素地調整	158
17.3.2 塗替え塗装	161
17.3.3 防食性能の向上	162
17.4 腐食した部材に対する対策	162
17.4.1 補修・補強の要否	162
17.4.2 腐食部材の力学性能	163
17.4.3 耐荷性能の回復・補強	164

付 録	166
引用・参考文献	174
索 引	178

1

概 説

1.1 鋼橋の現状

「鉄橋」と呼ばれる橋では、古くは鋳鉄、錬鉄といった素材が用いられたが、現在では鋼 (steel) が一般的に使われている。鋼を使った橋を鋼橋 (steel bridge) と呼ぶ。鋼は、大量生産によって入手しやすく、強度も高い。鋼橋はコンクリート橋に比べて死荷重を小さくできるため、耐震上も有利であり、スパンの長い橋に適する。また、工場で製作して架設現場で組み立てるため、一般に現場工期が短く、現場作業が少なくなる。そのため、都市内の高架橋にも多く用いられてきた。

わが国の道路橋は、2011 (平成 23) 年時点で、長さ 15 m 以上のものだけで約 15 万 7 千橋ある。そのうち、橋梁数で約 4 割、道路延長で約 5 割が鋼橋である¹⁾†。すなわち、鋼道路橋の数は約 6 万橋となる。鉄道橋は 2011 (平成 23) 年時点で約 13 万橋あり、そのうちの約 4 万橋が鋼橋である²⁾。

図 1.1 に、わが国に現存する鋼道路橋の数を架設年別に示す。第二次世界大戦以前に建設された橋もあるが、大半が戦後に建設されたことがわかる。特に、1960 年代から 1980 年代にかけての高度経済成長期に、多くの橋が建設されている。1980 (昭和 55) 年までに建設された橋は全体の約 6 割を数えており、例えば 2030 年には、それらがすべて建設後 50 年を超えることになる。これらの橋の安全性をどのように確保していくかが、いま、重要な課題となっている。

† 肩付き番号は巻末の引用・参考文献を示す。

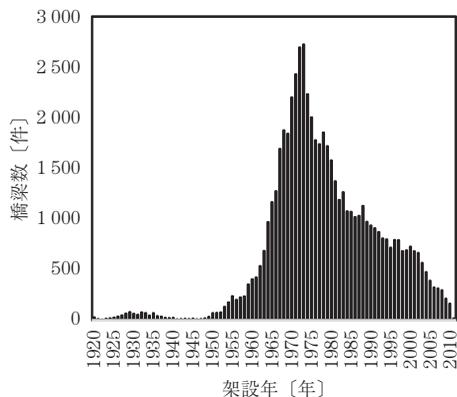


図 1.1 鋼道路橋の架設年分布
(文献 1) 中のデータより作成)

鋼は、火災などの影響を受けなければ、基本的に材質は経年変化しない。表面が化学的に変化する腐食と、繰返し荷重が作用するとき生じる疲労、および二つの部材が擦れ合うことによる摩耗が劣化要因となる。まずはこれらの劣化が生じないような設計を行うことが大切であるが、鋼橋の維持管理では、もしこれらの劣化が生じた場合には、それを早期に見つけ、腐食には塗替え塗装による防錆・防食、疲労や摩耗には適切な補修・補強、部材交換などを行っていくことになる。

1.2 鋼橋の歴史

1.2.1 欧米の鋼橋

世界で最初に鉄で橋をつくったのは英国である。産業革命で大量生産が可能になった鑄鉄 (cast iron) を用いて、石造アーチに代わる橋をつくった。それが世界遺産にも登録されているアイアンブリッジである (図 1.2)。竣工は 1779 年で、日本では安永の時代、第 10 代将軍の徳川家治が治めていた頃である。英国では、その後、水路橋、道路橋、鉄道橋、鉄道駅や建物にも鑄鉄が使われるようになった。

鑄鉄は、伸びが小さく、硬くてもろい性質を持つが、それを改良した錬鉄



図 1.2 世界最初の鑄鉄橋，
アイアンブリッジ（1779年）

（wrought iron）では引張強度と伸びが向上した。錬鉄を用いたアイバーチェーン（両端に孔のあいた板を重ねてピンでつなぐ鎖）を吊り材として用いたコンウェイ吊橋（1826年，図 1.3），メナイ吊橋（1826年，図 1.4），クリフトン吊橋（1864年，図 1.5）などがつくられてきた。また，英国では鉄道の発展とともに，鉄道橋も数多く架けられた。例えば，1848年に完成したハイレベルブリッジ（図 1.6）は，鉄道，道路併用橋として現在も用いられている。



図 1.3 コンウェイ吊橋（1826年）



図 1.4 メナイ吊橋（1826年）



図 1.5 クリフトン吊橋（1864年）



図 1.6 ハイレベルブリッジ（1848年に
ジョージ・スチーブンソンが建設）

英国では、その後も鉄道網の拡張に伴って、1893年のフォース鉄道橋（図1.7）のように約7万トンの鋼を用いた巨大トラス橋も出現した。写真で包帯のように見えるのは、補修や塗替え塗装を行っている箇所であり、このように不断の維持管理が行われて、いまでも現役として供用されている。

欧州の他の国でも鉄鋼生産量の増加に伴って、それまでの石造りの橋に代わって、鋼橋が建設されるようになった。例えば、ハンガリーのブダペストにある鎖橋（図1.8）は、1849年に完成したアイバーチェーンを用いた吊橋で、英国の技術が使われている。この橋は第二次世界大戦中に破壊されたが、ほぼ同じ形で再建されていまに至っている。



図 1.7 フォース鉄道橋（1893年、塗替え塗装工事中）



図 1.8 ブダペストの鎖橋（1849年、吊橋のケーブルがアイバーチェーンで鎖のように見える）

米国でも産業振興に伴い鉄道および道路網が拡張され、大きな河川をわたる長大橋も建設されてきた。米国では J. Roebling により鋼製のロープが開発され、それを吊橋のケーブルとして用いることで、長大吊橋の建設が可能になった。1883年に完成したニューヨークのブルックリン橋がその代表例である。ニューヨークには、そのほかにウィリアムスバーグ橋（1903年）やマンハッタン橋（1909年）など、100年を超える長大橋がいくつか存在する。20世紀末には、「次の世紀につなげる」ための大規模な補修・補強工事が実施された。

1.2.2 日本の鋼橋

日本は江戸時代の鎖国政策により、産業革命で大きく進歩した欧米の技術に触れることが少なかったため、近代科学技術のレベルに大きな差が開いていた。江戸末期 1853 年の黒船来航は、まさに太平の眠りを覚ますに十分であった。そのことに気付いた政府により、江戸末期から明治にかけて欧米で学んだ多くの留学生や、欧米から雇われた外国人教師、技師の尽力によって、わが国の近代化が進められることになった。その頃、輸入ではあるが、いくつかの鉄橋が架けられた。1872（明治 5）年には新橋～品川間に鉄道が開業し、1878（明治 11）年には国産の第 1 号の道路橋である弾正橋（現 八幡橋）（図 1.9）が架けられた。その後、鉄道網や道路網の拡張に伴って、多くの鉄橋が架けられていったが、そのうちのいくつかは現在でも使われている。



図 1.9 弾正橋（現 八幡橋）
（1878（明治 11）年）

1923（大正 12）年の関東大震災では、木造の橋が火災で落橋したこともあり、帝都復興に向けて多くの鋼橋が設計、架設された。隅田川にかかる清洲橋（図 1.10）、白鬚橋（図 1.11）、勝鬨橋（図 1.12）などは、この時期に建設されたものである。

第二次世界大戦後には欧米における道路交通の重要性を認識して、高速道路とそれにつながる道路網の建設が始まった。1962（昭和 37）年の名神高速道路の一部開通に始まり、東名高速道路や全国的高速道路網の建設が急ピッチで進められた。また、1964（昭和 39）年の東京オリンピックを契機に、都市内の交通混雑の解消を目的に、高架橋を主体とした都市内高速道路（首都高速道路、阪



図 1.10 清洲橋（1928（昭和 3）年）



図 1.11 白鬚橋（1931（昭和 6）年）



図 1.12 勝鬨橋（1940（昭和 15）年）

神高速道路）が整備されていった。

高速道路網については、その後も全国で 14 000 km のネットワークをつくるべく建設が進み、2014（平成 26）年現在で、約 9 000 km の延長となっている。最初に建設された名神、東名高速道路などは、建設後約 50 年が経過し、種々の変状が見られるようになってきた。そのため、1988（昭和 63）年頃から特に国道を中心に、10 年ごとに道路橋の点検が行われた。点検によって判明したことは、道路橋の劣化や損傷が顕著に見られたことである。どちらかといえば建設を重視してきて、適切な維持・管理や補修・補強を怠ってきたことが、顕著な劣化や損傷の原因の一つであり、21 世紀に入り、維持管理をより重視する方向に変わってきた。

2

鋼橋の基礎知識

2.1 鋼橋の構造

2.1.1 上部構造と下部構造

鋼橋の各部の名称を図 2.1 に示す。鋼橋は上部構造（super-structure）と下部構造（sub-structure）とに大別できる。

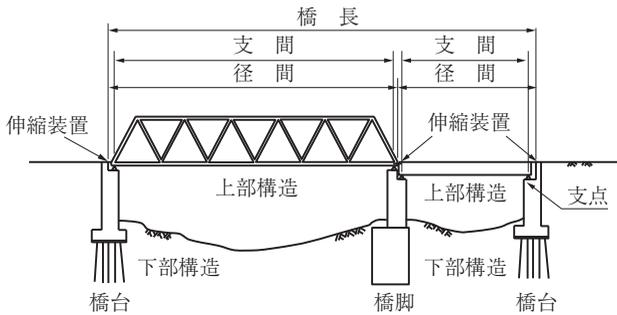


図 2.1 鋼橋の各部の名称

上部構造は橋台や橋脚の上に張り渡される橋の本体部分のことをいい、路面や軌道上の荷重を下部構造に伝える役割を担っている。下部構造は地盤内や地盤上に設置され、橋梁全体にかかる力を地盤に伝える。下部構造には、橋の両端に設置する橋台（abutment）や、橋の中間部を支える橋脚（pier）、地中に設けられる基礎（foundation）がある。下部構造は鉄筋コンクリートでつくられることが多いが、都市内高架橋などで空間や地盤の制約が厳しいところでは鋼

索 引

【あ】		下限界応力拡大係数範囲	89	繰返し数を考慮した疲労設計	93
アセットマネジメント	60	重ね合せの原理	84	グリットブラスト	158
アーチ橋	19	荷重経路冗長性	28	クロスカット法	154
当て板	122	荷重伝達型十字溶接継手	40	【け】	
アノード	131	荷重非伝達型十字溶接継手	40	ゲルバー構造	22
【い】		カソード	131	研削材	158
異種金属接触腐食	132	活 膜	160	【こ】	
板厚効果	66	角回し溶接	39	銅	1
一振動子探触子	155	下部構造	7	高温割れ	42
一定振幅応力	71	渦流探傷試験	111	銅 橋	1
インピーダンス	154	下路橋	20	公称応力	23, 93
【う・え】		完全溶込み溶接	38	孔 食	133
ウェットキャンドル法	151	【き】		合成桁	17
上塗り	140	犠牲防食作用	144	構造冗長性	28
エフェクティブノッチ応力	104	基 礎	7	構造的応力集中	101
【お】		橋 脚	7	拘束度	43
応力拡大係数	84	橋軸直角方向	8	光沢度	154
応力拡大係数範囲	89	橋軸方向	8	高力ボルト継手	36
応力集中	23	橋 台	7	【さ】	
応力集中係数	23	橋梁マネジメントシステム	60	鋳	131
応力振幅	62	曲線橋	21	サンドブラスト	159
応力範囲	61	局部応力	100	【し】	
応力比	62	き裂進展寿命	61	支 間	8
遅れ破壊	37	き裂進展速度	89	支間長	8
オープンブラスト	160	き裂発生寿命	61	色 差	154
【か】		近接目視点検	108	軸 重	113
海塩粒子	134	金属溶射	145	事後保全	59
開 先	38	【く】		支 承	10
格 点	18	グライнда処理	126	下塗り	140
		クラッド	138	止 端	40

止端角	66	炭素当量	43	バキュームブラスト	160
止端半径	66			バーグラインダ	126
磁粉探傷試験	110	【ち】		暴露試験	152
斜角桁	22	鋳 鉄	2	箱桁橋	17
斜角探傷法	112	中路橋	20	柱	15
斜 橋	21	超音波板厚計	155	破断寿命	61
斜張橋	19	超音波探傷試験	111	鋇桁橋	17
沓	10	超音波探触子	111	ハンマピーニング	128
十字溶接継手	39	超音波ピーニング	128	【ひ】	
重防食塗装系	140	直 橋	21	非合成桁	17
主 桁	17	直線橋	21	ピーチマーク	82
主構造	8	【つ】		ピーニング処理	128
冗長性	28	突合せ溶接継手	38	非破壊検査手法	109
床 版	9	吊 橋	19	表面被覆	138
上部構造	7	【て】		飛来塩分	134
上路橋	20	低温割れ	42	疲 勞	61
ショットブラスト	158	ディスクグラインダ	126	疲労き裂進展解析	89
伸縮装置	14	電気防食	139	疲労限	63
浸透探傷試験	110	【と】		疲労限設計	93
【す】		等価応力範囲	73	疲労寿命	61
垂直探傷法	112	凍結防止剤	136	【ふ】	
すきま腐食	133	同時載荷係数	94	封孔処理	145
ストップホール	119	塗 装	139	幅員方向	8
スパン	8	塗装系	140	部材冗長性	28
すみ肉溶接	38	塗膜剥離剤	160	腐 食	131
【せ】		ドライガーゼ法	151	腐食環境	133
静定構造	22	トラス橋	18	不静定構造	22
線形被害則	73	【な】		付着塩分	151
せん断遅れ	26	内的冗長性	28	部分溶込み溶接	38
【そ】		中塗り	140	ブライマー	140
総重量	113	【に・ね】		ブラスト法	158
層状剥離錆	143	二次応力	25	ブルオフ法	154
素地調整	158	二振動子探触子	155	プレートガーダー橋	17
ソールプレート	75	熱影響部	40	【へ】	
【た】		【は】		平均応力	62
対傾構	10	排水装置	13	平均腐食速度	136
耐候性鋼材	142	破壊力学	83	変動振幅応力	71
縦 桁	9			【ほ】	
縦方向溶接継手	39			放射線透過試験	112

防水層	13	溶接金属	40		
防錆・防食法	138	溶接欠陥	44	【ら】	
保護性錆	142	溶接後熱処理	42	ライフサイクルコスト	57
舗装	12	溶接残留応力	44	ラメラテア	41
ホットスポット応力	101	溶接止端処理	126	ラーメン橋	19
ボンド	40	溶接継手	38		
		溶接ビード	40	【り】	
【ま】		溶接補修	121	リダンダンシー	28
膜厚計	153	溶接割れ	41	リベット継手	35
膜応力	67	溶接割れ感受性指数	43		
摩擦接合	36	溶接割れ感受性組成	43	【る】	
		溶融亜鉛メッキ	144	累積疲労損傷比	72
【め】		横桁	9	ルート	40
目違い	26	横構	10		
面外ガセット溶接継手	39	横リブ溶接継手	39	【れ】	
面外曲げ応力	67	余寿命	98	レインフロー法	71
面内ガセット溶接継手	39	予熱	42	錬鉄	2
		予防保全	58		
【ゆ・よ】		余盛	40		
床組	9				

【A】		【I】		【R】	
ACM 型腐食センサ	152	ICR 処理	120	RT	112
【B】		【L】		【S】	
BMS	60	LCC	57	S-N 曲線	62
【E】		【M】		【T】	
ET	111	Miner 則	73	T 字溶接継手	39
【F】		MT	110	【U】	
FCB	28	【N】		UT	111
FCM	28	NDT	109	~~~~~	
【G】		【P】		【数字】	
GVW	113	Palmgren-Miner 則	73	1 mm 法	106
【H】		Paris 則	89	200 万回疲労強度	63
HAZ	40	PT	110		
		PWHT	42		

— 著者略歴 —

山田 健太郎 (やまだ けんたろう)
1969年 名古屋大学工学部土木工学科卒業
1971年 名古屋大学大学院工学研究科修士
課程修了 (土木工学専攻)
1975年 米国メリーランド大学土木工学科
博士課程修了, Ph.D.
1976年 名古屋大学助手
1978年 名古屋大学講師
1979年 名古屋大学助教授
1988年 名古屋大学教授
2010年 名古屋大学名誉教授
2010年 中日本ハイウェイ・エンジニアリン
グ名古屋株式会社顧問
名古屋産業科学研究所上席研究員
現在に至る

舘石 和雄 (たていし かずお)
1986年 東京工業大学工学部土木工学科卒業
1988年 東京工業大学大学院総合理工学研究
科修士課程修了 (社会開発工学専攻)
1988年 東日本旅客鉄道株式会社勤務
1990年 東京工業大学助手
1994年 博士 (工学) (東京工業大学)
1995年 東京工業大学講師
1997年 東京工業大学助教授
1997年 東京大学助教授
2000年 名古屋大学助教授
2003年 名古屋大学教授
現在に至る

鋼橋の維持管理

Maintenance of Steel Bridges

© Kentaro Yamada, Kazuo Tateishi 2015

2015年6月18日 初版第1刷発行



検印省略

著者 山田 健太郎
舘石 和雄
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05244-2 (安達) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の
無断複製・転載は著作権法上での例外を除
き禁じられております。購入者以外の第三
者による本書の電子データ化及び電子書籍
化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします