

## まえがき

鋼構造物はコンクリート構造物や土構造物などと並んで、土木構造物の代表である。鋼構造はその軽量さから、大きく、軽やかで、優美な構造物を数多く生み出してきた。日本やアメリカなどの製鋼先進国に加え、世界各国で粗鋼生産量が拡大する中で、鋼構造が必要とされる場面は国内外を問わずこれからも数多くあるものと考えられる。

鋼、あるいは鋼構造は、品質が安定しており、かつ、それが時間を経ても変化しないことが大きな特徴である。また、万が一不具合が生じて、悪い箇所を取り去って新しくするといった外科的な対処が可能である。そのため、維持管理をしっかりとっておけば、鋼構造物の寿命は非常に長いものが期待できるし、過去の鋼構造物がそれを証明している。

鋼構造に限った話ではないが、最近、土木構造物の設計法は変革期にある。そのような中で、2007年度には土木学会から初めて『鋼・合成構造標準示方書』が発刊された。これは、土木学会での長年にわたる鋼構造分野の学術研究成果の集大成である。これを機に、本書では、この『鋼・合成構造標準示方書』を特に意識して記述することとした。同示方書では、従来用いられてきた許容応力度設計法に代わり、部分係数を用いた性能照査型の設計法が採用されている。そのため、本書においても許容応力度設計法に関する記述は最小限に留め、部分係数設計法による照査法について詳しく解説している。また、耐荷力、疲労、腐食などの各項目の説明を、特定の事項に重点を置くことなく、バランス良く記述するよう心がけた。著者の得手不得手もあり、必ずしも最良のバランスに仕上がっている自信はないが、最小限の知識を満遍なく解説することに注力し

たつもりである。

本来は、設計とは別の次元で、鋼構造に関する普遍的な知識について解説するのが教科書の姿であるのかもしれない。その一方で、工学知識の最終的な活用は設計であり、設計について知ること、実社会とのつながりや専門家としての意識が芽生えるという面もある。特に、学生には、設計実務の一端を知ること、土木技術者としての自信と、鋼構造への興味を持ってもらえるのではないかと考えた。そのため、本書では設計手法についてもかなりのページを割いて説明している。どこまで設計技術に踏み込むかに悩みながらの執筆となったため、こちらのほうのバランスについても、いささか心もとないところがある。いろいろとご批判いただければ幸いである。

最後になりますが、本書の執筆の機会を与えていただいた早稲田大学の依田照彦教授に深く感謝申し上げます。また、三井造船株式会社の内田大介博士には情報収集にご協力いただきました。名古屋大学の判治剛准教授と研究室の学生には校正をお手伝いいただきました。株式会社コロナ社の皆様には、多くのご助言と励ましをいただきました。ここに記して感謝いたします。

2011年8月

館石 和雄

## 目次

### 1 章 鋼構造物概論

- 1.1 鋼の特徴 2
- 1.2 鋼構造部材の構成 3
- 1.3 鋼構造物の歴史—橋を中心として 4
- 1.4 土木分野における鋼構造物 7
  - 1.4.1 橋梁（鋼橋） 7
  - 1.4.2 河川・海洋構造物 8
  - 1.4.3 電力施設 9
- 演習問題 10

### 2 章 鋼構造物の設計法

- 2.1 設計の基本 12
- 2.2 照査式のフォーマット 13
- 2.3 おもな設計法 14
  - 2.3.1 許容応力度設計法 14
  - 2.3.2 限界状態設計法 15
  - 2.3.3 部分係数設計法 15
  - 2.3.4 性能照査型設計法 17
- 2.4 設計基準 18
- 演習問題 20

## 3 章 鋼 材

---

- 3.1 鋼材の破壊 22
- 3.2 鋼材の応力-ひずみ関係 22
  - 3.2.1 公称応力-公称ひずみ関係 22
  - 3.2.2 真応力-真ひずみ関係 26
  - 3.2.3 降伏条件 28
  - 3.2.4 応力-ひずみ関係の数式モデル 28
- 3.3 じん性 29
- 3.4 鋼材の規格 31
  - 3.4.1 一般構造用圧延鋼材：JIS G 3101 33
  - 3.4.2 溶接構造用圧延鋼材：JIS G 3106 33
  - 3.4.3 形鋼 33
- 3.5 設計材料強度 34
- 3.6 許容応力度 35
- 演習問題 36

## 4 章 引張を受ける部材の力学

---

- 4.1 引張部材とは 38
- 4.2 応力集中の影響 38
- 4.3 部材軸の偏心の影響 39
- 4.4 ケーブル 40
- 4.5 引張耐力 42
- 4.6 軸方向引張力を受ける部材の設計 42
- 4.7 引張部材に関する留意点 44
- 演習問題 44

## 5 章 圧縮を受ける部材の力学

- 5.1 柱の座屈 46
  - 5.1.1 弾性座屈荷重 47
  - 5.1.2 細長比パラメータ 50
  - 5.1.3 有効座屈長 52
  - 5.1.4 不完全さのある柱 53
  - 5.1.5 残留応力の影響 55
  - 5.1.6 柱の基準耐荷力 58
- 5.2 平板（無補剛板）の座屈 60
  - 5.2.1 平板の弾性座屈強度 61
  - 5.2.2 幅厚比パラメータ 63
  - 5.2.3 平板の座屈強度に影響を与える因子 64
  - 5.2.4 平板の基準耐荷力 65
- 5.3 補剛板の座屈 67
  - 5.3.1 補剛板の座屈強度 67
  - 5.3.2 補剛板の基準耐荷力 69
- 5.4 圧縮を受ける部材の設計 71
  - 5.4.1 幅厚比制限 72
  - 5.4.2 全体座屈と局部座屈の連成 73
  - 5.4.3 設計軸方向圧縮耐力 75
  - 5.4.4 軸方向圧縮力を受ける部材の照査 76
- 5.5 圧縮部材の留意点 77
- 演習問題 78

## 6 章 ねじりを受ける部材の力学

- 6.1 単純ねじりとそり拘束ねじり 80
- 6.2 単純ねじり 81
  - 6.2.1 単純ねじりの支配方程式 81

6.2.2	開断面はりの単純ねじり	84
6.2.3	閉断面はりの単純ねじり	86
6.3	薄肉開断面のそり拘束ねじり	88
6.3.1	そり拘束ねじりの支配方程式	88
6.3.2	薄肉開断面のそり関数	90
6.3.3	そり拘束ねじりの直応力	90
6.3.4	そり拘束ねじりの二次せん断応力	92
6.3.5	支配方程式の構築と解	93
6.4	曲げとそり拘束ねじりとの対応関係	95
6.5	ねじり耐力	96
	演習問題	97

## 7 章 曲げを受ける部材の力学

7.1	曲げ耐力	99
7.1.1	降伏モーメントと全塑性モーメント	99
7.1.2	断面の分類	101
7.2	横ねじれ座屈	102
7.2.1	横ねじれ座屈とは	102
7.2.2	横ねじれ座屈モーメント	103
7.2.3	ねじり定数比	105
7.2.4	柱の座屈問題への置き換え	106
7.2.5	基準横ねじれ座屈耐力	108
7.3	曲げモーメントに対する設計	109
7.4	せん断耐力	111
7.4.1	薄肉断面部材の曲げせん断応力	111
7.4.2	開断面のせん断応力	113
7.4.3	せん断中心	114
7.4.4	閉断面のせん断応力	115
7.4.5	基準せん断耐力	116

7.5 ウェブの座屈	117
7.6 ウェブの設計	118
7.7 曲げ部材の留意点	121
演習問題	122

## 8章 組み合わせ外力を受ける部材の設計

8.1 組み合わせ外力とは	125
8.2 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材の照査	125
8.3 せん断力とねじりを受ける部材の照査	127
8.4 軸方向力、曲げモーメント、せん断力を受ける部材の照査	128
演習問題	129

## 9章 溶接継手

9.1 溶接とは	131
9.2 溶接継手の種類	131
9.2.1 溶込みによる分類	131
9.2.2 板組みによる分類	133
9.2.3 溶接部の各部名称	135
9.3 溶接残留応力	135
9.4 溶接継手の強度	137
9.4.1 溶接部の有効断面	137
9.4.2 溶接継手の破壊形態	139
9.5 溶接継手の設計耐力と照査	141
9.5.1 完全溶込み溶接継手の設計耐力	141
9.5.2 すみ肉溶接継手または部分溶込み溶接継手の設計耐力	141
9.5.3 設計照査	142
9.6 溶接継手の留意点	142
演習問題	143

## 10 章 高力ボルト継手

---

- 10.1 高力ボルト接合のメカニズム 145
  - 10.2 高力ボルトの材質と種類 146
  - 10.3 高力ボルト摩擦接合継手の力学挙動 147
  - 10.4 高力ボルト摩擦接合継手の耐力 148
    - 10.4.1 すべり耐力 148
    - 10.4.2 母板および連結板の耐力 150
  - 10.5 高力ボルト摩擦接合継手の設計耐力と照査 151
    - 10.5.1 設計すべり耐力と照査 151
    - 10.5.2 母板と連結板の設計耐力と照査 154
  - 10.6 高力ボルト摩擦接合継手の留意点 156
- 演習問題 157

## 11 章 腐食と防食

---

- 11.1 鋼の腐食 159
  - 11.2 腐食環境 161
  - 11.3 防食法の種類 161
  - 11.4 塗装 163
    - 11.4.1 塗装材料 163
    - 11.4.2 塗装系 164
  - 11.5 耐候性鋼材 166
  - 11.6 その他の防食法 169
    - 11.6.1 溶融亜鉛メッキ 169
    - 11.6.2 金属溶射 169
    - 11.6.3 電気防食 170
- 演習問題 171

## 12 章 疲 勞

---

- 12.1 疲 勞 と は 173
- 12.2 疲労強度曲線 (S-N 線) 175
- 12.3 疲労強度に影響を与える因子 176
  - 12.3.1 平均応力の影響 176
  - 12.3.2 止端形状の影響 177
  - 12.3.3 板 厚 の 影 響 177
  - 12.3.4 鋼 種 の 影 響 178
- 12.4 設計疲労強度 178
- 12.5 変動振幅応力の取扱い 181
- 12.6 疲 勞 照 査 183
- 演 習 問 題 185

## 13 章 製 作

---

- 13.1 鋼 の 製 造 法 187
- 13.2 鋼の組織と相変態 188
- 13.3 熱による鋼材特性の調整 190
  - 13.3.1 冷却速度の影響 190
  - 13.3.2 熱 処 理 190
- 13.4 溶 接 施 工 192
  - 13.4.1 おもな溶接方法 192
  - 13.4.2 溶接入熱と冷却速度 195
  - 13.4.3 硬 さ 195
  - 13.4.4 溶接部の組織 196
  - 13.4.5 溶 接 割 れ 197
  - 13.4.6 その他の溶接欠陥 201
  - 13.4.7 溶 接 変 形 201
  - 13.4.8 溶接施工の留意点 203

13.5	高力ボルト摩擦接合継手の施工	204
13.5.1	摩擦接合面の処理	204
13.5.2	ボルト軸力の管理	205
13.6	接合方法の利点・欠点	206
13.7	非破壊検査	207
13.8	高性能鋼材	209
	演習問題	211

引用・参考文献	212
---------	-----

演習問題解答	214
--------	-----

索引	220
----	-----

# 1 章

## 鋼構造物概論

### ◆本章のテーマ

鋼および鋼構造物の特徴を、コンクリートをはじめとする他の材料と比較しながら述べる。また、鋼橋を対象にしてその歴史の変遷の概要を説明し、最後に代表的な土木鋼構造物について簡単に紹介する。土木鋼構造物の大まかなイメージをつかんでもらうことが本章の目的である。

### ◆本章の構成（キーワード）

- 1.1 鋼の特徴  
強度, 重量, 耐久性, 加工性
- 1.2 鋼構造部材の構成  
薄肉断面, 補剛材
- 1.3 鋼構造物の歴史 — 橋を中心として  
材料の変遷, 長大橋, ライフサイクルコスト
- 1.4 土木分野における鋼構造物  
鋼橋, 水門, 海洋構造物, 水圧鉄管, 鉄塔

### ◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 鋼の特徴
- ☞ 鋼部材の特徴
- ☞ 鋼橋の歴史
- ☞ 土木鋼構造物の種類

## 1.1 鋼 の 特 徴

鉄 (Fe, iron) に 0.3 ~ 2 % 程度の少量の炭素 (C) が含まれた合金を炭素鋼 (carbon steel) または鋼 (steel) と呼ぶ。鋼はきわめて身近な構造材料であり、土木、建築、船舶、プラント、自動車をはじめとするさまざまな分野で、大量かつ広範囲に使用されている。また、鋼でできた部材によって構成された構造物を鋼構造物 (steel structure) という。鋼構造物のうち、土木分野で用いられるものを土木鋼構造物と呼ぶこととする。

土木構造物は大規模であるため、それに用いる材料は、力学的な性能が高いことに加えて、大量にかつ容易に入手できることが求められる。また、使用期間が長いこと、長期にわたって品質が安定していることも重要である。価格が安いほうが望ましいことはいうまでもない。鋼はこれらの条件を満たす材料の一つであり、土木構造物では、コンクリートと並んで使用量が多い。

強度と重量との比を比強度といい、鋼はコンクリートに比べ、比強度が大きいことが特徴である。もちろん、アルミニウムやチタンなどの金属材料や CFRP などのプラスチック系材料など、鋼よりも比強度が高い材料は数多く存在するが、価格、供給性、力学性能などの観点から、土木構造物に一般的に用いられるには至っていない。鋼部材はコンクリート部材よりも比強度が高いため、同じ強度を得るために必要な材料が少なく済み、軽量の構造物を作ることができる。そのため、自重が支配的となる長大構造物、耐震性が要求される構造物、軟弱地盤上の構造物などにとって鋼部材は有利である。また、部材の大きさが制約を受ける場合に鋼部材が選択されることも多い。

鋼は伸び能力に富んだ材料であり、通常的环境下で使われる限り、破断するまでに非常に大きな伸びを期待することができる。例えば不慮の要因によって構造物に過大な外力が作用した場合、部材が伸びたり曲がったりして機能上の支障が生じることはあっても、荷重の再分配によって構造物全体の急激な崩壊は免れることができる。これは鋼構造の非常に大きな利点である。

品質が安定しており、均質であることも大きな特徴である。また、切断、孔

あけや曲面加工が可能で、接合も比較的容易であるため、施工性に優れるとともに、設計の自由度が大きい。材料のリサイクル性が高いことも大きな利点である。

一方で、コンクリートと比較すると価格が高い。また、鋼材そのものの特性は時間が経っても不変であるが、腐食が生じて断面が減少すると安全性などを損なうことがあるため、腐食への対策が必要である。

## 1.2 鋼構造部材の構成

図 1.1 に代表的な鋼部材の例を示す。図 (a) は I 桁の例であり、曲げを受ける部材に用いられる。上下の水平の板をフランジ (flange) といい、それをつなぐ垂直の板をウェブ (web) または腹板という。フランジは主として曲げに、ウェブは主としてせん断に抵抗する板である。いずれも比較的薄い鋼板が用いられ、鋼部材の断面はそれを集成することによって構成されるのが特徴である。これを薄肉断面、薄肉構造などという。薄肉であるため、図 (a) に示すウェブのように、垂直補剛材や水平補剛材によって板を補剛する必要がある場合が多い。

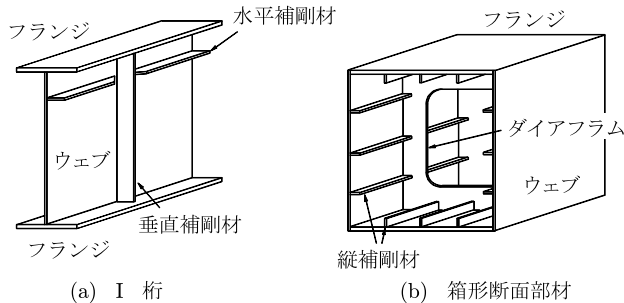


図 1.1 代表的な鋼部材の構成

図 (b) は箱形断面部材の例であり、桁などの曲げ部材や柱などの圧縮部材に用いられる。この場合にもウェブやフランジには必要に応じて補剛材が配置される

ほか、ねじり剛性の確保などの目的で、一定の間隔で**ダイアフラム** (diaphragm, 隔壁) が設けられる。

鋼部材は薄肉構造であるがために、重量を軽くすることができる。また、不具合が生じた箇所を部分的に交換したり、補強部材を追加することなども可能であり、補修・補強工法の自由度が高い。一方で、薄肉構造であるがゆえの注意点もある。薄板は面外方向への剛性が小さいため、座屈に対して十分な配慮が必要である。また、面外方向への変形や振動が大きい場合、応力集中によって疲労損傷が生じたり、騒音（低周波騒音も含む）が発生したりするので、注意が必要である。

### 1.3 鋼構造物の歴史 — 橋を中心として

橋に用いられる鉄製の材料は、鑄鉄から錬鉄を経て、19世紀後半から鋼に移行してきた。

世界で最初の鉄製の橋は、1779年に完成したイギリスの Coalbrookdale にある橋（アイアンブリッジ）であるとされている（図 1.2）。鋼よりも炭素含有量の多い鑄鉄で製造された支間約 30 m のアーチ橋である。その後、炭素含有量の少ない錬鉄が製造されるようになり、リベットを用いて錬鉄橋が架けられるようになった。19世紀中頃になると、ベッセマー法、トーマス法など、現代の製鋼技術につながる技術が開発され、鋼の大量生産が可能となった。1874年に



図 1.2 Coalbrookdale 橋



図 1.3 ブルックリン橋

は鋼を用いた最初の大規模橋であるイーズ橋がアメリカで完成したのをはじめ、1883年のアメリカのブルックリン橋（図 1.3）、1890年のイギリスのフォース鉄道橋（図 1.4）など、鋼を用いて次々と大規模橋梁が建設されるようになった。

わが国の鉄製の橋で最古のものは、1868年（明治元年）の長崎のくろがね橋である。支間 21.8 m の錬鉄製の桁橋であったとされるが、現存していない。当時は材料や部材自体を欧米から輸入し、技術者も外国人に頼っていた。初めて国産の鉄材を使用して架けられたのは、東京の弾正橋である（1878年）。この橋は富岡八幡宮脇に移設して保存され、八幡橋と呼ばれている（図 1.5）。わが国で初めて本格的に鋼が用いられたのは、天竜川橋梁（1888年、東海道本線）であるといわれている。この橋は現存しないが、その一部が1917年に移設され、箱根登山鉄道の早川橋梁として現在も使用されている。



図 1.4 フォース鉄道橋



図 1.5 八幡橋

その後、材料、技師ともに、徐々に国内でまかなわれるようになっていき、1923年に発生した関東大地震の復興事業の際には、それまでに培ってきた技術の蓄積が存分に花開くこととなった。隅田川に架かる永代橋（1926年、図 1.6）、清洲橋（1928年、図 1.7）などの名橋は、その際に架設されたものであり、マンガンを含んだ高張力鋼が使用されている。

第二次世界大戦を経て、1960年頃からは、高度経済成長とともに橋の建設数も急増し、設計、製作、架設の技術が進歩した。従来の鋼よりも高強度の鋼材が求められるようになり、1964年には  $500 \text{ N/mm}^2$ 、1967年には  $600 \text{ N/mm}^2$  クラスの鋼材が道路橋示方書に取り入れられた。接合方法としてリベットに代



図 1.6 永代橋



図 1.7 清洲橋

わって高力ボルトが用いられるようになり、また、溶接が本格的に使われるようになった。これらにより、箱桁、鋼床版などの新しい構造形式が実用化し、トラス橋やアーチ橋においては長支間化が実現した。

当時は鋼材の使用量を抑えたほうが経済的であったため、図 1.8 に示すように、必要最小限の材片と部材とを組み合わせることで、できるだけ鋼重を最小化する構造形態が模索された。その結果、比較的剛性の低い鋼橋が建設されることとなり、これはのちに交通量や荷重の増大により疲労損傷が顕在化することになった遠因である。

橋梁に耐候性鋼材が使われ始めたのもこの年代であり、1967年には耐候性鋼を使用した本格的な無塗装橋梁として、村中小橋、知多2号橋（ともに愛知県）が架設された。

1974年の港大橋（大阪府）には、わが国で初めて  $800 \text{ N/mm}^2$  クラスの高張力鋼が本格的に使用され、その後の本州四国連絡橋建設への足がかりとなった。



図 1.8 1960年代の代表的な鋼橋



図 1.9 明石海峡大橋

## 索引

<b>【あ】</b>		<b>【か】</b>		許容応力度	allowable stress	14		
圧縮部材	column	46	開先溶接	groove weld	132			
後座屈強度	post-buckling strength	64	外部電源方式	impressed voltage system	170			
安全係数	safety factor	12	重ね継手	lap joint	140			
<b>【い】</b>				荷重	load	12		
板厚効果	thickness effect	177	荷重係数設計法	load factor design, LFD	13			
一定振幅応力	constant amplitude stress	181	荷重抵抗係数設計法	load and resistance factor design, LRFD	13			
<b>【う】</b>				荷重伝達型十字継手	load carrying cruciform joint	134		
ウェブ	web	3	荷重非伝達型十字継手	non-load carrying cruciform joint	134			
裏はつり	back gouging	203	ガスシールドアーク溶接	gas-shielded metal arc welding, GMAW	193			
<b>【え】</b>				硬さ	hardness	195		
延性破壊	ductile fracture	22	完全溶込み溶接	full penetration weld	132			
<b>【お】</b>				<b>【き】</b>				
応答値	response	12	犠牲防食作用	sacrificial corrosion protection	160			
応力集中	stress concentration	39	脚長	leg length	138			
応力振幅	stress amplitude	175	強度	strength	12			
応力範囲	stress range	175	局部座屈	local buckling	60			
応力比	stress ratio	175						
遅れ破壊	delayed fracture	147						
						鋼		
						steel	2, 188	
						高温割れ	hot crack	198
						鋼構造物	steel structure	2
						高サイクル疲労	high cycle fatigue	174
						公称応力	nominal stress	22
						形状係数	shape factor	100
						ケーブル	cable	40
						限界状態	limit state	12
						限界状態設計法	limit state design, LSD	15
						<b>【こ】</b>		
						くびれ	necking	24
						<b>【け】</b>		
						許容応力度設計法	allowable stress design, ASD	14
						き裂	crack	173
						き裂進展寿命	crack propagation life	175
						き裂発生寿命	crack initiation life	175
						金属溶射	metal spray coating	169

公称ひずみ nominal strain	22
拘束応力 restraint stress	201
拘束度 restraint factor	199
降伏 yielding	23
降伏応力 yield stress	23
降伏基準 yield criterion	28
降伏条件 yield condition	28
降伏棚 yield plateau	24
降伏比 yield ratio	25
降伏モーメント yield moment	100
高力ボルト high strength bolt	146
固有ねじり中心 torsional center	89
コンパクト断面 compact section	101
<b>【さ】</b>	
細長比 slenderness ratio	51
細長比パラメータ slenderness parameter	52
座屈 buckling	46
座屈応力 buckling stress	51
座屈荷重 buckling load	50
座屈係数 buckling coefficient	62
サブマージアーク溶接 submerged arc welding, SAW	194

作用 action	12
<b>【し】</b>	
仕上げ toe finishing	177
支圧接合 bearing type connection	145
止端 weld toe	135
磁粉探傷試験 magnetic particle testing, MT	207
シャルピー吸収エネルギー Charpy absorbed energy	30
シャルピー衝撃試験 Charpy impact test	29
十字継手 cruciform joint	134
純断面 net section	38
純鉄 pure iron	188
照査 verification	12
真応力 true stress	26
浸透探傷試験 penetrant testing, PT	207
真ひずみ true strain	27
<b>【す】</b>	
ストランド strand	40
すべり耐力 slip strength	148
すみ肉溶接 fillet weld	132
スレンダー断面 slender section	101

**【せ】**

ぜい性破壊 brittle fracture	22
性能照査型設計法 performance based design, PBD	17
接線係数理論 tangent modulus theory	56
遷移温度 transition temperature	31
遷移曲線 transition curve	31
線形被害則 linear damage rule	183
全塑性モーメント plastic moment	100
全体座屈 global buckling	60
せん断遅れ shear lag	121
せん断中心 shear center	115
せん断流 shear flow	87

**【そ】**

総断面 gross section	38
相当応力 equivalent stress	28
塑性 plastic	24
塑性断面係数 plastic section modulus	100
塑性ヒンジ plastic hinge	100
そり warping	80
そり関数 warping function	82

そり拘束ねじり warping torsion	80	張力場作用 tension field action	118	熱影響部 heat affected zone, HAZ	196
そりねじり剛性 warping torsional rigidity	94	<b>【つ】</b>		熱処理 heat treatment	191
そりねじり定数 warping torsional constant	94	突合せ継手 butt joint	134	<b>【の】</b>	
<b>【た】</b>		<b>【て】</b>		のど厚 throat thickness	137
ダイアフラム diaphragm	4	低温割れ cold crack	198	のど断面 throat section	139
耐候性鋼材 corrosion resisting steel, weathering steel	166	低サイクル疲労 low cycle fatigue	175	伸 び elongation	25
耐 力 resistance	12	手溶接 manual welding	193	ノンコンパクト断面 non-compact section	101
縦方向継手 longitudinal joint	134	電気防食 cathodic protection	170	<b>【は】</b>	
多パス溶接 multipass weld	132	<b>【と】</b>		バイモーメント bi-moment	95
単純ねじり pure torsion	80	等価応力範囲 equivalent stress range	183	バウジンガー効果 Bauschinger effect	26
弾 性 elastic	24	等価細長比 equivalent slenderness ratio	107	破壊じん性 fracture toughness	29
弾性係数 elastic modulus	23	特性値 characteristic value	15	柱 column	46
炭素鋼 carbon steel	2	塗 装 painting	163	破断寿命 failure life	175
炭素当量 carbon equivalent	198	トルシアボルト torque-shear bolt	206	幅厚比 width-to-thickness ratio	62
断面係数 section modulus	99	<b>【ね】</b>		幅厚比パラメータ width-to-thickness ratio parameter	64
断面二次半径 radius of gyration	51	ねじり torsion	80	<b>【ひ】</b>	
<b>【ち】</b>		ねじり剛性 torsional rigidity	84	ひずみ硬化 strain hardening	24
鋳 鉄 cast iron	188	ねじり定数 torsional constant	84	非弾性座屈 inelastic buckling	56
超音波探傷試験 ultrasonic testing, UT	208	ねじり定数比 torsional constant ratio	106	引張強度 tensile strength, ultimate strength	24
調質鋼 heat treated steel	191	ねじり率 torsion rate	81	引張接合 tension type connection	146

必要最小剛比 minimum stiffness ratio	69	放射線透過試験 radiographic testing, RT	208	有効長さ effective length	137
非破壊検査手法 non-destructive testing, NDT	207	補剛材 stiffener	67	有効幅 effective width	70
被覆アーク溶接 shielded metal arc welding, SMAW	192	補剛板 stiffened plate	67	<b>【よ】</b>	
疲労 fatigue	173	ボルト継手 bolt joint	145	溶接 welding	131
疲労限 fatigue limit	176	ボンド bond	196	溶接金属部 weld metal, deposited metal	196
疲労寿命 fatigue life	175	<b>【ま】</b>		溶接欠陥 weld defect	201
疲労損傷比 fatigue damage ratio	182	摩擦接合 friction type connection	145	溶接残留応力 welding residual stress	135
疲労破壊 fatigue fracture	22	<b>【み】</b>		溶接性 weldability	192
<b>【ふ】</b>		ミーゼスの降伏条件 von Mises' yield condition	28	溶接継手 weld joint	131
腐食 corrosion	159	<b>【め】</b>		溶接ビード weld bead	135
部分係数 partial factor	13	面外ガセット継手 out-of-plane gusset joint	134	溶接棒 electrode	192
部分溶込み溶接 partial penetration weld	132	面内ガセット継手 in-plane gusset joint	134	溶接ポジション welding position	203
フュージョンライン fusion line	196	<b>【や】</b>		溶接割れ weld crack	197
フランジ flange	3	焼き入れ quenching	191	溶接割れ感受性指数 cracking parameter	199
<b>【へ】</b>		焼きなまし annealing	191	溶接割れ感受性組成 cracking parameter of material	199
平均応力 mean stress	175	焼きならし normalizing	191	溶融亜鉛メッキ hot dip galvanizing	169
変動振幅応力 variable amplitude stress	181	焼き戻し tempering	191	横座屈 lateral buckling	103
<b>【ほ】</b>		ヤング率 Young's modulus	23	横倒れ座屈 lateral buckling	103
ポアソン比 Poisson's ratio	26	<b>【ゆ】</b>		横ねじれ座屈 lateral buckling	103
		有効座屈長 effective length	52	予熱 pre-heating	200

余盛 reinforcement	135	ラメラテア lamellar tear	197	累積疲労損傷比 cumulative fatigue damage ratio	183
<b>【ら行】</b>					
ライフサイクルコスト life cycle cost, LCC	7	流電陽極方式 galvanic anode system	170	ルート root	135
		リラクセーション relaxation	204	レインフロー法 rain flow method	182

<b>【A-H】</b>					
ASD allowable stress design	14	MIG 溶接 metal inert gas welding	193	S-N 線 S-N curve	175
GMAW gas-shielded metal arc welding	193	M T magnetic particle testing	207	<b>【T】</b>	
HAZ heat affected zone	196	<b>【N-S】</b>			
<b>【L】</b>					
LCC life cycle cost	7	NDT non-destructive testing	207	T 字継手 tee joint	134
LFD load factor design	13	PBD performance based design	17	TIG 溶接 tungsten inert gas welding	194
LRFD load and resistance factor design	13	P T penetrant testing	207	TMCP thermo-mechanical control process	209
LSD limit state design	15	R T radiographic testing	208	<b>【U】</b>	
<b>【M】</b>					
MAG 溶接 metal active gas welding	193	SAW submerged arc welding	194	U T ultrasonic testing	208
		SMAW shielded metal arc welding	192	<b>【数字】</b>	
				0.2 % 耐力 0.2 % proof stress	24

— 著者略歴 —

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 構 造 学

Steel Structures

© Kazuo Tateishi 2011

2011年9月26日 初版第1刷発行

検印省略

著者 たて いし かず お  
          館 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 978-4-339-05622-8 (中原) (製本:愛千製本所) G

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・乱丁本はお取替いたします