鋼構造シリーズ　6

鋼構造物の終局強度と設計

土木学会

B1108159B
土　木　図　書　館

鋼構造物の終局強度と設計

登　録	平成 6年 9月 5日
番　号	第 42311 号
社団法人	土 木 学 会
附属	土 木 図 書 館

土木学会

Ultimate Strength and Design of Steel Structures

edited by

Shigeru KURANISHI

Professor of Civil Engineering

Tohoku University

published by

Subcommittee on Ultimate Strength

Committee on Steel Structures

Japan Society of Civil Engineers

まえがき

構造物の強度設計において、ある荷重下で現れる限界状態を規準にする限界状態設計法は、その合理性と規準の明確さにより設計法の主流となってきているし、これからも主流を占めることは間違いのないことであろう。しかし、幾つかある限界状態の個々の内容となると十分に研究し尽くされ、その知識体系が完成された状態に達しているとは現状ではなっていないと言えよう。また、従来からの許容応力に基づいた設計法は応力という力学的に明確な概念に直接基づいている利点を持っている。しかし、その設計示方書の内容は一応終局強度限界状態を念頭において書かてはいるが、その性格上疲労限界状態やその他製作上必要な事項もすべて含まれた形で書かれている。そのため、それぞれの条項の背景が明かでない欠点を有している。

そこで、昭和63年より、土木学会鋼構造委員会の中に終局強度研究小委員会を設け、土木鋼構造物の設計法が限界状態設計法に移行することを念頭に起き、従来の許容応力度に基づいた規定、現在まで蓄積されてきた無数の構造物の強度に関する研究成果をここでもう一度終局強度限界状態という目で見直し整理することにした。小委員会は材料及び細部構造分科会、部材強度分科会および終局強度設計分科会組織とし、それぞれ主査に倉西茂、福本唀士並びに西野文雄が当たり研究運営を行った。

その結果、その成果を土木学会鋼構造シリーズとして出版し、これから学会でまとめられるであろう鋼構造設計指針の基礎資料として、さらにはこの方面の研究、設計あるいは教育に携わる方々に役立てることにした。関係される委員の方々の大変な努力により、多様な構造物の、多様な要素の終局限界を示すと言う大問題にも拘らず、わが国の現状を捉え、さらに諸外国の規定・研究までも網羅した一応の成果を示すことができた。しかし、強度という膨大な内容と分野を含むこの課題に対し、なおなすべき研究が無数にあることも浮き彫りにしているし、また終局状態という目で十分に整理されていない部分も多いことも明らかにする結果ともなっている。これは限界状態設計法がまだ発展途上にあり、その内容が総ての人の共通理解を得るまでになっていないことも示していると思われる。本書においても各編間あるいは各章間での思想の統一は必ずしも取られてはいない。これは現状ではあらゆる将来への発展の可能性を残し議論したほうがより完成した形に近づくためには必要と考えられたからである。ある意味では示方書の完成はその分野の発展を止める働きをなすことに注意する必要があろう。何はともあれ、本書の出版がこの方面に関する総括的な知識を提供でき、これから作成される設計指針の基礎となり、さらにこれからの研究になんらかの役に立てば幸いである。

出版にあたり、各分科会を主宰し取りまとめられた各主査委員およびそれを助けられた各委員の方々、原稿を献身的な熱意で執筆された委員の方々には大変なご努力を頂きました。特に、その膨大

な原稿を整理しその大部分をオフセット印刷原稿をLATEXで作成された野上邦栄幹事ならびに細部構造に関する原稿を同じく作成された中沢正利幹事には献身的な貢献を頂きました。ここに改めて心から感謝の意を表します。また本出版にあたり土木学会の関係の方々より多大な励まし、援助を頂きました。ここに感謝を表します。

なお、本書の作成に当たり、各編の主たる執筆担当者は下記のとおりである。

本　編	第1編		：森脇, 奈良, 大田, 安波, 佐藤(政), 飯村,
	第2編	第1章	：西村, 奈良, 北田,
		第2章	：三上, 藤井, 滝本, 前川, 宇佐美, 崎元, 桜井, 大南, 川井, 北田, 奈良,
		付 録	：青木, 伊藤, 織田, 当麻, 土屋, 前川, 西村, 宇佐美, 熊谷, 崎元, 山尾, 聖生,
	第3編	第1章	：西野, 野上, 依田,
		第2章	：岩熊, 北田, 久保, 崎元, 野上, 依田, 西村, 宇佐美, 熊谷, 山尾, 聖生,
		第3章	：北田, 酒井, 崎元, 野上, 前田, 盛川, 安波, 柳本,
		第4章	：井浦, 池田, 岩熊, 薄木, 北田, 後藤, 杉本, 野上, 浜田, 彦坂, 前田, 渡辺,
	第4編	第1章	：山田, 大塚, 増田, 酒造, 越後,
		第2章	：長井,
		第3章	：中井,
		第4章	：中井, 長井,
		第5章	：波田, 坂本, 木村
付録編	第3編	第1章	：浜田,
		第2章	：井浦, 岩熊, 薄木, 後藤, 彦坂,
		第3章	：池田,
		第4章	：北田, 前田,
	第4編	第1章	：波田, 坂本, 木村,
		第2章	：川谷,
		第3章	：佐藤(浩), 田井戸

平成6年7月

土木学会鋼構造委員会
鋼構造終局強度研究小委員会
委員長　倉西　茂

土木学会鋼構造委員会鋼構造終局強度研究小委員会構成

(50 音順、敬称略、○印幹事兼務)

委員長	倉西　茂	東北大学工学部
委　員	青木　徹彦	愛知工業大学工学部
〃	飯村　修	住友金属工業
〃	○岩熊　哲夫	東北大学工学部 (昭和 63 年 6 月～平成 4 年 9 月)
〃	宇佐美　勉	名古屋大学工学部
〃	大田　孝二	新日本製鉄
〃	北田　俊行	大阪市立大学工学部
〃	佐藤　浩一	北海道大学工学部
〃	佐藤　政勝	川崎製鉄
〃	坂井　藤一	川崎重工業
〃	崎元　達郎	熊本大学工学部
〃	名取　悦朗	石川島播磨重工業
〃	中井　博	大阪市立大学工学部
〃	○中沢　正利	東北大学工学部 (平成 4 年 9 月～)
〃	波田　凱夫	摂南大学工学部
〃	西野　文雄	東京大学工学部
〃	○野上　邦栄	東京都立大学工学部
〃	福本　唀士	大阪大学工学部
〃	藤原　稔	建設省土木研究所
〃	彦坂　熙	九州大学工学部
〃	前田　研一	東京都立大学工学部
〃	三上　市蔵	関西大学工学部
〃	三木　千寿	東京工業大学工学部
〃	森脇　良一	岐阜大学工学部
〃	山田健太郎	名古屋大学工学部
〃	依田　照彦	早稲田大学理工学部
〃	吉田　裕	東京工業大学工学部
〃	渡辺　英一	京都大学工学部

分科会構成 (50 音順、敬称略、○印幹事兼務)

材料及び細部構造分科会

主　査	倉西　茂	東北大学工学部
委　員	飯村　修	住友金属工業
〃	○岩熊　哲夫	東北大学工学部 (昭和 63 年 6 月～平成 4 年 9 月)

〃	越後　滋	川田テクノシステム
〃	大田　孝二	新日本製鉄
〃	大塚　久哲	建設省建築研究所
〃	川谷　充郎	大阪大学工学部
〃	木村　一也	本州四国連絡橋公団
〃	佐藤　浩一	北海道大学工学部
〃	佐藤　政勝	川崎製鉄
〃	坂本　良文	新日本製鉄
〃	田井戸米好	石川島播磨重工業
〃	奈良　敬	岐阜大学工学部
〃	中井　博	大阪市立大学工学部
〃	○中沢　正利	東北大学工学部(平成4年9月～)
〃	長井　正嗣	長岡技術科学大学工学部
〃	波田　凱夫	摂南大学工学部
〃	増田　陣紀	武蔵工業大学工学部
〃	酒造　敏広	大同工業大学工学部
〃	森脇　良一	岐阜大学工学部
〃	安波　博道	新日本製鉄
〃	山田健太郎	名古屋大学工学部

部材強度分科会

主　査	福本　唀士	大阪大学工学部
委　員	青木　徹彦	愛知工業大学工学部
〃	伊藤　義人	名古屋大学工学部
〃	○宇佐美　勉	名古屋大学工学部
〃	大南　亮一	川崎重工業
〃	織田　博孝	名古屋大学工学部
〃	川井　豊	川崎製鉄
〃	熊谷　洋司	三菱重工業
〃	桜井　孝昌	豊田工業高等専門学校
〃	聖生　守雄	新日本製鉄
〃	滝本哲四郎	神戸製鋼所
〃	土屋　匡寛	宮地鉄工所
〃	当麻　庄司	北海学園大学工学部
〃	奈良　敬	岐阜大学工学部
〃	西村　宣男	大阪大学工学部
〃	林　正	長岡技術科学大学工学部

〃	藤井　堅	広島大学工学部
〃	前川　幸次	金沢大学工学部
〃	三上　市蔵	関西大学工学部
〃	山尾　敏孝	熊本大学工学部

終局強度設計分科会

主　査	西野　文雄	東京大学工学部
委　員	井浦　雅司	東京電機大学理工学部
〃	池田　清宏	東北大学工学部
〃	岩熊　哲夫	東北大学工学部
〃	薄木　征三	秋田大学鉱山学部
〃	北田　俊行	大阪市立大学工学部
〃	久保　全弘	名城大学理工学部
〃	後藤　芳顕	名古屋工業大学工学部
〃	酒井　克己	東京鉄骨橋梁製作所
〃	崎元　達郎	熊本大学工学部
〃	杉本　博之	室蘭工業大学工学部
〃	○野上　邦栄	東京都立大学工学部
〃	浜田　純夫	山口大学工学部
〃	彦坂　熙	九州大学工学部
〃	前田　研一	東京都立大学工学部
〃	盛川　勉	横河ブリッジ
〃	安波　博道	新日本製鉄
〃	柳本　泰伴	住友金属工業
〃	依田　照彦	早稲田大学理工学部
〃	渡辺　英一	京都大学工学部

目　次

第１編　材料

1.　設計基準における使用鋼材の歩み……1
　1.1　土木分野……1
　1.2　建築分野……23
　1.3　諸外国……25
2.　高張力鋼に関する現状調査……31
　2.1　使用実績……31
　2.2　最近の研究状況……36
3.　示方書・規定の見直しと設計強度に対する提案……41
　3.1　道路橋示方書における許容応力度の安全率と鋼橋のたわみ規定……41
　3.2　設計用値の見直しと設計強度の設定に関する提案……43
　3.3　今後の検討課題……50

第２編　部材強度

1.　部材の強度……53
　1.1　設計フォーマット……53
　1.2　面内力を受ける板要素の基本強度……64
　1.3　１方向圧縮を受ける補剛板要素の基本強度……81
　1.4　２方向面内力を受ける補剛板の極限強度の簡易照査法……96
2.　構造物の強度……114
　2.1　曲線桁……114
　2.2　並列桁……117
　2.3　局所荷重を受ける桁……122
　2.4　ラーメン構造……128
　2.5　アーチ構造……144
　2.6　シェル構造……153
付録：鋼構造物設計指針の改訂案……158
1　基本方針……158
2　材料および部材の強度……163
3　限界状態の照査……187

第３編　終局強度設計

1.　構造設計論……199
　1.1　概説……199

1.2　終局強度設計の基本的な考え方 200
1.3　骨組構造物の終局強度設計の現状 202
2.　終局強度設計法 209
2.1　概説 209
2.2　弾性微小変位解析に基づく設計法 210
2.3　弾性有限変位解析に基づく設計法 235
2.4　弾塑性有限変位解析に基づく設計法 253
3.　解析例による検討と解析法の問題点 270
3.1　アーチ 270
3.2　吊橋の塔 289
3.3　解析法の適用に関する問題点と課題 296
4.　最近の話題と今後の展望 303
4.1　鋼構造物のダクティリティーを考慮した設計法 303
4.2　最適設計を考慮した設計法 321
4.3　部材接合部の挙動を考慮した骨組の設計 330
4.4　$P-\Delta$法によるラーメン構造物の設計 341

第4編　細部構造

1.　継手 349
1.1　まえがき 349
1.2　高力ボルト継手の終局強度について 349
1.3　高力ボルト引張接合について 361
1.4　溶接継手の終局強度について 369
2.　格点構造 377
2.1　トラスとアーチの格点構造 377
3.　ラーメン隅角部とアンカー部 385
3.1　ラーメン隅角部 385
3.2　ラーメンアンカー部 404
4.　支点上補剛材・ダイヤフラム、及び中間ダイヤフラム・対傾構 411
4.1　プレートガーダの端支点上の補剛材 411
4.2　箱桁の支点上ダイヤフラム 416
4.3　中間ダイヤフラム　－剛度規定とその背景 424
4.4　中間対傾構 429
5.　吊橋のケーブル構造 432
5.1　調査研究活動の概要 432
5.2　調査結果に基づく現状の把握 433

目　次

付録編

第3編

1. 合成構造物の設計 1
2. 有限変位解析と設計 15
3. 初期不整が耐荷力に及ぼす影響の確率論的評価 59
4. 解析法の実用化における問題点 64

第4編

1. 吊橋のケーブル構造 89
2. 掛け違い部の構造 117
3. その他の細部構造 126