

## まえがき

コンクリート構造物は、わが国の経済活動、一般市民の快適な生活環境を支える重要な社会基盤施設である。1950年代半ばから始まった高度経済成長によって、公共工事が急増し、これまでに膨大な数のコンクリート構造物が構築され、いまでもほとんどのものが供用され続けている。コンクリート構造物を安全に供用するためには、想定される作用荷重に対して十分な耐力を有するように、また鉄筋ならびにコンクリート等材料の劣化を生じさせないように、形状・寸法、配筋、材料強度などを適切に設定し、耐久性を確保する必要がある。

「設計」という用語は、本来、構造物の要求性能の設定から構造計画（構造形式、施工方法など）、構造詳細の設定（断面形状、材料、配筋など）、性能照査までの一連の工程を意味するが、現在では、設計を構造詳細の設定における断面形状の決定と構造計算ととらえるきらいがある。ただし、この狭義の「設計」を考えた場合にも、その能力は一朝一夕に身につくものではない。大学で基礎的理論・作図手法を学び、社会に出て先輩たちからさらなる実践的な能力を伝授され、一步一步、一人前の技術者に育っていくというストーリーが延々と続いてきたはずである。しかしながら、設計業務の効率化・分業化の推進に伴い、全体を理解して業務を遂行できる技術者が減少していることも事実である。

大学では、土木系の学科・コースがカバーすべき学問領域の拡大により、選択科目の増加や履修方法の多様化が進み、コンクリート構造に関する設計・製図の授業を履修しない学生も増えている。コンクリート構造に関する力学理論を学習しただけで、実社会での適用を垣間見ることなく学生生活を終えることも珍しくない状況になってきた。これでは、公園の小型ボートで大海原に船出するようなものである。昔であれば、社会人となって仕事を始めるときに上司や先輩と組んで設計・施工を行っていたので、OJT（on the job training）と呼ばれる業務を通じての教育により、手戻りしながらも、それぞれの設計のポイントを学び、成長してきた。ところが、近年では、厳しい受注競争や人員削減の影響で、必ずしも十分なOJTを行う余裕が企業にないようである。その結果、経験の浅い若手技術者に業務を任せる場面が増えることとなり、また上司のチェックも中途半端で、単純な設計・施工のミスが増加につながっていると考えられる。

本書では、社会人となって間もない若手技術者ならびに大学でコンクリート構造物の設計を学ぶ学生がこの本を通して設計・製図のポイントを学べる、または復習できるように配慮している。すなわち、代表的な土木構造物（鉄筋コンクリート橋、擁壁、ボックスカルバート）を例題として、これまで習得してきたコンクリート構造に関する基礎知識をもとに、設計・製図の手順や注意すべきポイントを説明している。

本書が、これまであいまいに理解していた設計手順の見直し、正しい設計・製図のポイントを理解する手助けになれば幸いである。

2014年9月

宇治 公隆

# 目 次

## 1. 設計法の概要

1.1 設計法の種類・特徴	1
1.2 おもだった規準類の設計法	2
1.3 強度の設計用値（設計強度）	3
1.3.1 コンクリート	3
1.3.2 鉄筋およびPC鋼材	4
1.4 許容応力度設計法	4
1.4.1 土木学会コンクリート標準示方書	4
〔1〕 許容応力度	5
(a) コンクリート	5
(b) 鉄筋	6
〔2〕 許容応力度の割増し	6
1.4.2 道路橋示方書	6
〔1〕 設計計算に用いる荷重の組合せ	7
〔2〕 許容応力度の割増係数	7
〔3〕 許容応力度	7
(a) コンクリート	7
(b) 鉄筋	8
〔4〕 せん断力が作用する部材の照査	8
1.5 限界状態設計法	9
1.5.1 安全係数	9
1.5.2 材料強度および荷重の設計値	10
1.5.3 安全性の照査	10
引用・参考文献	11

## 2. 鉄筋コンクリート橋の設計例

2.1 鉄筋コンクリート橋とは	12
2.1.1 概要	12
2.1.2 鉄筋コンクリート橋の種類と適用範囲	14

2.2 設計計算例 .....	15
2.2.1 はじめに .....	15
2.2.2 設計フロー .....	16
2.2.3 設計条件 .....	16
【2.2.3の解説 ①】荷重について .....	17
【2.2.3の解説 ②】許容応力度について .....	18
2.2.4 曲げモーメントに対する検討 .....	18
〔1〕単純ばりに生じる曲げモーメントの算出 .....	18
【2.2.4〔1〕の解説】単純ばりに生じる曲げモーメントについて .....	19
〔2〕必要鉄筋量の算出 .....	19
【2.2.4〔2〕の解説】単鉄筋 T 形断面における引張鉄筋量の近似計算 .....	19
〔3〕軸方向引張鉄筋の配置 .....	20
【2.2.4〔3〕の解説 ①】ウェブ内への水平方向の鉄筋配置の考え方 .....	21
【2.2.4〔3〕の解説 ②】鉄筋のかぶりおよびあきの考え方 .....	21
【2.2.4〔3〕の解説 ③】引張鉄筋の鉄筋径と配置間隔について .....	22
〔4〕最小鉄筋量と最大鉄筋量の照査 .....	23
(a) 最小鉄筋量 .....	23
(b) 最大鉄筋量 .....	23
【2.2.4〔4〕の解説】最小鉄筋量と最大鉄筋量について .....	23
2.2.5 せん断に対する検討 .....	24
〔1〕せん断応力度の算出 .....	24
【2.2.5〔1〕の解説 ①】はりに生じるせん断力 .....	25
【2.2.5〔1〕の解説 ②】T 形断面における最大せん断応力度の算定 .....	26
【2.2.5〔1〕の解説 ③】許容せん断応力度 $\tau_{a1}$ および $\tau_{a2}$ について .....	26
〔2〕斜め引張鉄筋の配置区間の検討 .....	27
(a) 斜め引張鉄筋の必要区間 .....	27
(b) スターラップのみを配置する区間 .....	27
【2.2.5〔2〕(b)の解説 ①】せん断力が正負交番する区間の求め方 .....	28
【2.2.5〔2〕(b)の解説 ②】折曲げ鉄筋とスターラップの効果の違い .....	28
【2.2.5〔2〕(b)の解説 ③】折曲げ鉄筋を最初に折り曲げる位置について .....	30
【2.2.5〔2〕(b)の解説 ④】折曲げ鉄筋の折曲げ本数の決め方について .....	30
【2.2.5〔2〕(b)の解説 ⑤】単純ばりに生じる最大曲げモーメントの算出方法 .....	31
(c) 折曲げ鉄筋とスターラップを併用する区間 .....	31
〔3〕斜め引張鉄筋量の算出 .....	31
(a) 折曲げ鉄筋とスターラップを併用する区間 .....	31
【2.2.5〔3〕(a)の解説 ①】折曲げ鉄筋とスターラップを求める際の留意事項 .....	33
【2.2.5〔3〕(a)の解説 ②】折曲げ鉄筋の本数の考え方 .....	33
【2.2.5〔3〕(a)の解説 ③】スターラップ形状について .....	33
(b) スターラップのみを配置する区間 .....	34
【2.2.5〔3〕(b)の解説】スターラップの配置間隔と鉄筋径の考え方 .....	34
(c) 斜め引張鉄筋が計算上不要の区間 .....	34
【2.2.5〔3〕(c)の解説】せん断を受ける部材の構造細目について .....	35
〔4〕はりに生じる最大せん断力 $V_{\max}$ に対する照査 .....	35

【2.2.5〔4〕の解説】最大せん断力 $V_{\max}$ と全せん断力の照査について	36
〔5〕抵抗モーメントに対する照査	36
【2.2.5〔5〕の解説】折曲げ鉄筋の折曲げ位置の求め方	37
2.2.6 配筋概要	39
2.3 構造細目と配筋図例	39
2.3.1 断面内の鉄筋配置の考え方	39
〔1〕水平方向の鉄筋配置	40
〔2〕鉛直方向の鉄筋配置	41
【2.3.1の解説①】鉄筋のかぶりおよびあきの規定	42
【2.3.1の解説②】純かぶりと芯かぶり	43
【2.3.1の解説③】軸方向引張鉄筋を2段配置する場合の留意点	44
〔3〕スターラップの形状	44
【2.3.1〔3〕の解説】スターラップの定着について	45
2.3.2 軸方向への鉄筋配置の考え方	45
〔1〕鉄筋の曲げ形状	45
【2.3.2〔1〕の解説】フックについて	46
〔2〕鉄筋の定着長	46
(a) 軸方向引張鉄筋の定着長	46
【2.3.2〔2〕(a)の解説①】軸方向引張鉄筋の定着	48
【2.3.2〔2〕(a)の解説②】定着長について	48
【2.3.2〔2〕(a)の解説③】単純ばりの任意の断面に生じる曲げモーメントの算出	49
(b) 折曲げ鉄筋の定着	50
【2.3.2〔2〕(b)の解説①】折曲げ鉄筋の定着について	50
【2.3.2〔2〕(b)の解説②】鉄筋定着長算定位置について	51
【2.3.2〔2〕(b)の解説③】支点部付近の応力状態	52
【2.3.2〔2〕(b)の解説④】種々の形状の鉄筋定着長	53
〔3〕鉄筋の継手	53
【2.3.2〔3〕の解説①】鉄筋の定尺長について	55
【2.3.2〔3〕の解説②】鉄筋の継手	55
【2.3.2〔3〕の解説③】重ね継手について	56
2.3.3 配筋図例（鉄筋コンクリートばり）	57
引用・参考文献	57

### 3. 擁壁の設計例

3.1 擁壁とは	62
3.1.1 概要	62
3.1.2 擁壁の分類	63
3.1.3 擁壁の構造形式の選定	64
3.1.4 擁壁の基礎形式の選定	65

3.2 設計計算例（逆 T 型擁壁）	65
3.2.1 設計条件	65
〔1〕 準拠規準	65
〔2〕 一般条件	65
〔3〕 使用材料	66
〔4〕 許容応力度	66
〔5〕 安定計算に用いる安全率および許容値	66
(a) 転倒に対する安定	66
(b) 滑動に対する安定	67
(c) 支持に対する安定	67
【3.2.1 の解説 ①】 荷重の組合せ	67
【3.2.1 の解説 ②】 載荷重	67
【3.2.1 の解説 ③】 自重	68
3.2.2 断面形状および寸法	69
【3.2.2 の解説 ①】 片持ばり式擁壁の形状・寸法	69
【3.2.2 の解説 ②】 根入れ深さ	70
3.2.3 土圧の計算方法	71
【3.2.3 の解説 ①】 土圧の種類	72
【3.2.3 の解説 ②】 土圧の作用面	73
【3.2.3 の解説 ③】 壁面摩擦角	73
【3.2.3 の解説 ④】 主働土圧の求め方	74
【3.2.3 の解説 ⑤】 擁壁前面の受働土圧	75
【3.2.3 の解説 ⑥】 地震時土圧	76
3.2.4 設計フロー	77
【3.2.4 の解説 ①】 検討の必要性	78
【3.2.4 の解説 ②】 地震時慣性力	78
3.2.5 安定性の検討	80
〔1〕 自重および載荷重	80
(a) 自重	80
(b) 載荷重	81
(c) 地震時荷重（慣性力）	81
〔2〕 土圧	81
(a) 常時土圧	81
(b) 地震時土圧	82
〔3〕 作用力の集計	83
(a) 常時作用力	83
(b) 地震時作用力	84
〔4〕 安定性照査結果	84
(a) 転倒に対する安定	84
(b) 滑動に対する安定	84
(c) 支持に対する安定	85
【3.2.5〔4〕の解説】 擁壁のおもな破壊形態	85
【3.2.5〔4〕(a)の解説】 転倒に対する安定	86

【3.2.5〔4〕(b)の解説】滑動に対する安定	87
【3.2.5〔4〕(c)の解説】支持に対する安定	89
<b>3.2.6 部材の検討</b>	90
〔1〕自重および上乗荷重	90
(a) 自重	90
(b) 乗荷重	90
(c) 地震時荷重(慣性力)	90
〔2〕土圧	90
(a) 常時土圧(たて壁)	91
(b) 地震時土圧(たて壁)	92
(c) 常時土圧(かかと版)	93
(d) 地震時土圧(かかと版)	93
〔3〕地盤反力	94
〔4〕たて壁における断面力の算出	94
〔5〕つま先版における断面力の算出	95
〔6〕かかと版における断面力の算出	95
〔7〕応力度照査	95
(a) 曲げ応力度の算出	95
(b) セン断応力度の算出	96
(c) 許容せん断応力度の算出	96
【3.2.6の解説①】たて壁の設計	98
【3.2.6の解説②】つま先版の設計	98
【3.2.6の解説③】かかと版の設計	99
【3.2.6〔7〕(c)の解説①】補正值の設定	101
【3.2.6〔7〕(c)の解説②】底版のせん断力に対する照査	101
【3.2.6〔7〕(c)の解説③】せん断スパンのとり方	102
(d) 応力度照査結果一覧	103
<b>3.3 構造細目と配筋図例</b>	105
<b>3.3.1 構造細目</b>	105
【3.3.1の解説①】定尺鉄筋の使用(定着長と重ね継手長)	106
【3.3.1の解説②】鉄筋の加工寸法	107
【3.3.1の解説③】主鉄筋の断面変化	111
【3.3.1の解説④】配力鉄筋の設置方法	111
【3.3.1の解説⑤】主鉄筋の芯かぶり位置	112
【3.3.1の解説⑥】底版の配筋方法	113
<b>3.3.2 配筋図例(逆T型擁壁)</b>	113
<b>3.4 付帯工, 排水工</b>	120
<b>3.4.1 伸縮目地および, ひび割れ誘発目地</b>	120
<b>3.4.2 排水工</b>	120
〔1〕表面排水工	120
〔2〕裏込め排水工	120
<b>引用・参考文献</b>	121

## 4. ボックスカルバートの設計例

4.1	ボックスカルバートとは	122
4.1.1	概 要	122
4.1.2	ボックスカルバートの種類と適用範囲	123
4.2	設計計算例	123
4.2.1	設計条件	123
[1]	準拠規準	123
[2]	参考資料	124
[3]	構造条件	124
[4]	土質条件	124
[5]	使用材料の基準値および許容応力度	124
[6]	鉄筋配置条件	125
(a)	主鉄筋のかぶり	125
(b)	主鉄筋のピッチ	125
(c)	最小鉄筋量	125
(d)	最大鉄筋量	126
[7]	荷重条件	126
(a)	死荷重	126
(b)	活荷重	126
(c)	土圧	126
(d)	水圧	127
4.2.2	設計フロー	127
4.2.3	浮き上がりに対する検討	127
[1]	浮き上がりの検討	128
[2]	荷重の算定	128
(a)	躯体自重	128
(b)	活荷重	128
(c)	土かぶり荷重	129
(d)	鉛直荷重集計	129
(e)	揚圧力の計算	129
[3]	浮き上がりの照査	129
4.2.4	荷重計算	130
[1]	死荷重	130
(a)	頂版	130
(b)	左側壁	130
(c)	右側壁	130
(d)	底板	130
[2]	鉛直荷重	130
(a)	鉛直土圧	130
(b)	活荷重	130

(c) 水 圧 .....	131
(d) 鉛直荷重集計 .....	131
〔3〕 水平荷重 .....	131
(a) 水平土圧 .....	131
(b) 活荷重による水平土圧 .....	132
(c) 水 圧 .....	132
(d) 水平荷重集計 .....	132
〔4〕 揚 圧 力 .....	133
〔5〕 地盤反力 .....	133
(a) 外力集計 .....	133
(b) 地盤反力 .....	133
〔6〕 荷重の組合せ .....	133
【4.2.4〔6〕の解説】荷重条件について .....	136
<b>4.2.5 構造解析</b> .....	136
〔1〕 解析モデル図 .....	136
【4.2.5〔1〕の解説】剛域について .....	136
〔2〕 格 点 .....	136
〔3〕 部 材 .....	136
〔4〕 材 質 .....	137
【4.2.5〔2〕,〔3〕の解説】格点および部材の設定について .....	138
〔5〕 断面力算定結果 .....	138
<b>4.2.6 応力度照査</b> .....	139
〔1〕 主応力分布と配筋の関係 .....	139
〔2〕 曲げモーメントおよび軸方向力に対する応力度照査 .....	140
(a) 検討断面 .....	140
【4.2.6〔2〕(a)の解説①】断面照査における剛域の扱いについて .....	141
【4.2.6〔2〕(a)の解説②】ハンチがある場合の部材高さ .....	141
(b) 曲げ応力度の算定 .....	142
【4.2.6〔2〕(b)の解説①】発生応力度・必要鉄筋量の算定手順 .....	144
【4.2.6〔2〕(b)の解説②】応力度照査における仮定 .....	144
【4.2.6〔2〕(b)の解説③】曲げ応力度と中立軸の計算方法（曲げモーメントのみを 受ける部材） .....	145
(c) 照査結果（頂版） .....	147
(d) 照査結果（側壁） .....	148
(e) 照査結果（底版） .....	148
〔3〕 せん断力に対する応力度照査 .....	148
(a) 検討断面 .....	148
【4.2.6〔3〕(a)の解説①】せん断応力度の算定 .....	150
【4.2.6〔3〕(a)の解説②】鉄筋コンクリート構造におけるせん断応力度の計算方法 .....	151
(b) スターラップの検討 .....	152
【4.2.6〔3〕(b)の解説①】せん断補強鉄筋（斜め引張鉄筋） .....	153
【4.2.6〔3〕(b)の解説②】トラス理論とせん断応力度（平成24道示Ⅲ） .....	154
【4.2.6〔3〕(b)の解説③】2012コ示でのせん断応力度照査 .....	155



(c) 照査結果 .....	156
(d) せん断補強鉄筋量の検討 .....	156
【4.2.6〔3〕(d)の解説①】スターラップの配筋 .....	157
【4.2.6〔3〕(d)の解説②】新しいスターラップ .....	158
4.2.7 配筋概要 .....	158
4.3 構造細目と配筋図例 .....	159
4.3.1 構造細目 .....	159
〔1〕鉄筋かぶりおよびピッチ .....	159
〔2〕配力鉄筋 .....	160
【4.3.1〔1〕の解説①】鉄筋のかぶりとその目的 .....	160
【4.3.1〔1〕の解説②】鉄筋かぶりの設計計算上の留意点 .....	161
【4.3.1〔2〕の解説】配力鉄筋について .....	162
〔3〕鉄筋の曲げ形状およびフック .....	162
〔4〕鉄筋の曲げ加工 .....	163
〔5〕鉄筋の継手 .....	164
(a) 重ね継手 .....	166
(b) ねじふし鉄筋継手 .....	166
(c) モルタル充てん継手 .....	167
(d) 圧着継手 .....	167
(e) ガス圧接継手 .....	167
(f) 突合せガスアーク溶接継手 .....	167
〔6〕鉄筋の定着長 .....	167
〔7〕定着長算定位置 .....	168
〔8〕ハンチ筋 .....	169
4.3.2 配筋図例(ボックスカルバート) .....	170
引用・参考文献 .....	171

## 5. 図面の一般事項と作図法

5.1 図の種類 .....	178
〔1〕一般図 .....	178
〔2〕構造一般図 .....	178
〔3〕構造図 .....	178
〔4〕詳細図 .....	178
5.2 設計図に必要な情報 .....	178
5.3 図の尺度 .....	179
5.4 鉄筋加工表 .....	180
5.5 作図法 .....	181
5.5.1 鉄筋の表し方 .....	181
〔1〕鉄筋を示す線 .....	181

〔2〕 鉄筋の断面 .....	181
〔3〕 鉄筋のフック .....	181
(a) 直角フック .....	181
(b) 半円形フック .....	182
(c) 鋭角フック .....	182
〔4〕 鉄筋の継手 .....	182
(a) 重ね継手 .....	182
(b) 機械継手 .....	182
(c) ガス圧接継手 .....	182
〔5〕 鉄筋端部の曲がり .....	182
<b>5.5.2 作図の方法 .....</b>	<b>183</b>
〔1〕 鉄筋の曲げの表示 .....	183
〔2〕 配筋を示す断面図 .....	183
〔3〕 スターラップの表示 .....	184
(a) 断面図におけるスターラップの表示 .....	184
(b) 主鉄筋と配力鉄筋が作る面におけるスターラップの表示 .....	184
〔4〕 組立筋の表示 .....	185
(a) 断面図における組立筋の表示 .....	185
(b) 主鉄筋と配力鉄筋が作る面における組立筋の表示 .....	185
〔5〕 配筋図における鉄筋位置の表示 .....	186
〔6〕 部分拡大図における鉄筋の表示 .....	186
<b>5.5.3 鉄筋の曲げ加工寸法表示 .....</b>	<b>186</b>
<b>引用・参考文献 .....</b>	<b>188</b>
<b>索 引 .....</b>	<b>189</b>

執筆者一覧（執筆順）

う じ	きみたか	（首都大学東京）	1 章
宇治	公隆		
ほそたに	まなぶ	（大成建設株式会社）	2 章
細谷	学		
ち の	かずひこ	（大成建設株式会社）	3 章
千野	和彦		
さとう	まさみち	（大成建設株式会社）	3 章
佐藤	将路		
はっとり	よしふみ	（大成建設株式会社）	4, 5 章
服部	佳文		
さわかみ	しん	（大成建設株式会社）	4, 5 章
澤上	晋		

# 1.

# 設計法の概要

本章は、現在、わが国で用いられている代表的な3種類の設計法（許容応力度設計法、終局強度設計法、および限界状態設計法）の特徴を整理し、2章以降で習得する各種構造物の設計例や作図上の決まりを理解するための前段として、設計法の基本的考え方、および準拠すべき数値等を記載している。また、構造物を管理・運営する諸機関において採用する設計法は相違しており、それらの概要を述べている。

昭和の初期に許容応力度設計法を基本に土木学会コンクリート示方書が制定された。制定時に確立された手計算が基本で容易に計算できることが求められた設計法から、電算機により合理的かつ高精度に計算・解析できる設計法へと移行した時代の変化、さらには3種類の設計法それぞれにおける安全率の考慮の仕方について記載している。コンクリートおよび鋼材の設計用値を適切に設定できることが設計者に欠かせない能力である。基準類により、また材料により設計値が異なることを理解し、適切な設計方法を習得しよう。

## 1.1 設計法の種類・特徴

規準化され、広く用いられているコンクリート構造物の設計法として、つぎの三つが挙げられる。

- ① 許容応力度設計法
- ② 終局強度設計法
- ③ 限界状態設計法

許容応力度設計法は、材料の応力-ひずみ関係がコンクリートと鋼材のいずれにおいても直線であるとする弾性理論に基づいている。本来、コンクリートは弾塑性材料であるが、正確にそれを反映し、圧縮側コンクリートの応力分布を放物線で表して計算を行うとすれば、計算は非常に繁雑となる。そこで、実務を考慮した、いわゆる、割切りで、コンクリートおよび鉄筋を弾性体と仮定する。許容応力度設計法では、日常の使用状態を念頭に置き、想定荷重によって断面内に発生する応力を材料強度（厳密には「材料強度の特性値」とする。以降、容易な理解のために両者を使い分けている）よりも十分小さく抑えることで、構造物の安全性を確保する。具体的には、コンクリートおよび鉄筋に生じる圧縮応力あるいは引張応力を弾性理論によってそれぞれ計算し、材料強度を安全係数で除した形の許容応力度よりも小さいことを確かめる。なお、材料強度は、コンクリートの場合には設計基準強度、鉄筋の場合には降伏点（降伏強度）と考えればよい。

終局強度設計法では、コンクリートおよび鉄筋の塑性を考慮した材料強度を用いる。構造物の設

## 2 1. 設計法の概要

計において、破壊時における安全性を確認することは重要である。想定される荷重に安全係数を乗じて求めた設計荷重の値を用い、部材に作用する曲げモーメントやせん断力などを計算して、それが材料強度をもとに計算した断面耐力（抵抗曲げモーメント、せん断耐力）より小さいことを確かめる。

限界状態設計法では、安全性や使用性において検討すべき限界状態を適宜、照査する。上記のように、許容応力度設計法では常時の作用応力をもとに、また終局強度設計法では終局耐力をもとに、それぞれの安全性を検討しており、安全率は前者の場合は許容応力度において、後者の場合は荷重の設計値において考慮されている。これに対し、限界状態設計法においては、① 材料強度のばらつき、② 荷重のばらつき、③ 構造解析の不確実性、④ 部材寸法のばらつき、⑤ 構造物の重要度や限界状態に達したときの社会的影響を考慮した五つの安全係数を設定し、これらに安全率を分散した形となっている。

許容応力度設計法、終局強度設計法、限界状態設計法における、安全率の拠り所を表1.1にまとめる。

表1.1 各設計法における材料特性ならびに荷重条件の特徴

設計法	材料特性（設計強度）	荷重条件	備考
許容応力度設計法	コンクリート：弾性域 （設計基準強度÷安全係数） 鉄筋：弾性域 （降伏点÷安全係数）	想定荷重	材料強度を安全係数で除した許容応力度をもとに検討する。 常時あるいは地震時の検討で許容応力度および想定荷重を変える。
終局強度設計法	コンクリート：塑性域 （設計基準強度） 鉄筋：塑性域 （降伏点）	想定荷重×安全係数	想定荷重に安全係数を乗じた設計荷重をもとに検討する。
限界状態設計法	コンクリート： [使用限界状態] 弾性域 [終局限界状態] 塑性域 （設計基準強度÷材料係数） 鉄筋： [使用限界状態] 弾性域 [終局限界状態] 塑性域 （降伏点÷材料係数）	想定荷重×荷重係数	材料強度、荷重、構造解析、部材寸法、重要度の5項目に細分化した安全係数をもとに検討する。 使用限界状態の材料特性は許容応力度設計法と同じ考え方で、終局限界状態の材料特性は終局強度設計法と同じ考え方で定められている。

## 1.2 おもだった規準類の設計法

社会基盤施設として、道路、鉄道、港湾、河川、空港、ダム、上下水道、等々さまざまな種類の構造物が構築されている。具体的な構造物としては、橋梁、トンネル、擁壁、カルバート、栈橋、堤防、水門、ダム堤体、地下タンク、浄水場配水池など、いろいろ挙げられる。

発注機関により、さまざまな設計規準が制定されている。日頃、比較的多く目にする規準を挙げると、土木学会コンクリート標準示方書、鉄道構造物等設計標準・同解説、道路橋示方書、道路土工指針などがある。

これらのうち、コンクリート標準示方書と鉄道構造物等設計標準・同解説は限界状態設計法を採用している。限界状態設計法により合理的かつ経済的な構造設計が実現できると考えられ、将来的にはより広く普及していくべきであるが、安全係数の増加等による煩雑さや従来からの許容応力度設計法からの切り替えのタイミングなどが課題となっている。なお、煩雑さに関する懸念は、結局、慣れれば大して問題にならないともいえる。

一方、道路橋示方書、道路土工指針、ほか多くの規準が、許容応力度設計法に従う。許容応力度設計法は、材料特性が弾性域にあることを前提としており、力学的理解がしやすく、設計がシンプルである。この特徴は、多くの設計技術者が比較的容易に設計手法を理解し、間違いなく社会基盤施設を設計するというねらいに合致するものである。

なお、各設計法の細部においては相違する部分もあるが、安全性等を確保するという目的や設計の大まかな流れは変わらない。結局、安全率をどのように考慮するかである。

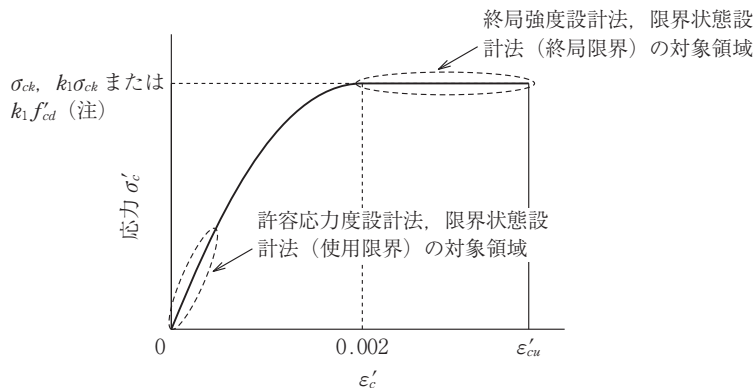
以上のことから、2章以降では、許容応力度設計法をもとにした道路橋示方書、道路土工-擁壁工指針および道路土工-カルバート工指針による構造計算例および構造細目等を紹介している。現状において利用する機会の多い許容応力度設計法を十分習得していれば、限界状態設計法での設計にも柔軟に対応することができる。

### 1.3 強度の設計用値（設計強度）

#### 1.3.1 コンクリート

構造計算において用いる、コンクリート強度の設計用値は、強度の特性値を必要により低減して求める。各設計法において想定しているコンクリート応力の領域を図1.1に示す。

許容応力度設計法では、強度の特性値（設計基準強度）を安全係数で除した形の許容応力度を用いる。



(注) 許容応力度設計法では  $\sigma_{ck}$ , 終局強度設計法では  $k_1\sigma_{ck}$ , 限界状態設計法では  $k_1f'_{cd}$  を用いる

図 1.1 コンクリートの応力-ひずみ関係

1
2
3
4
5

## 4 1. 設計法の概要

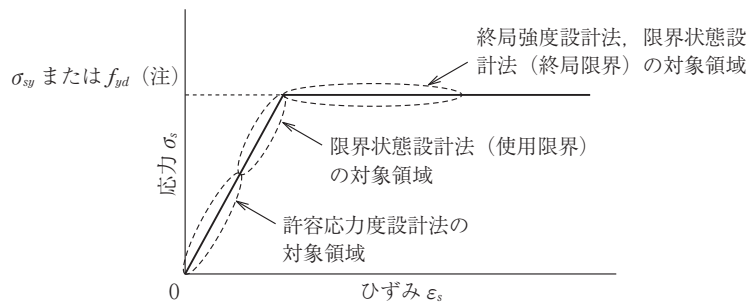
終局強度設計法では、強度の特性値をそのまま設計用値として用いる。

限界状態設計法（終局限界状態）では、強度の特性値（設計基準強度） $f'_{ck}$ を材料係数 $\gamma_m$ （コンクリートを対象とするので $\gamma_c$ を用いる）で除して求めた値を設計圧縮強度の設計用値 $f'_{cd}$ として用いる。一方、限界状態設計法（使用限界状態）では、コンクリートの圧縮強度の特性値の40%を永久荷重における制限値と定めている。また、その他の設計に用いる引張強度、付着強度、支圧強度および曲げひび割れ強度についても、それぞれに対して定められている式で算定した特性値を、コンクリートの材料係数 $\gamma_c$ で除して求める。

なお、終局強度設計法ならびに限界状態設計法（終局限界状態）において、設計用値に係数 $k_1$ を乗じている。 $k_1$ は、おもに円柱供試体による圧縮強度と実部材中の圧縮強度の差を考慮した係数である。

### 1.3.2 鉄筋およびPC鋼材

各設計法において想定している鉄筋応力の領域を図1.2に示す。



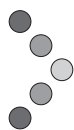
(注) 許容応力度設計法および終局強度設計法では $\sigma_{sy}$ 、限界状態設計法では $f_{yd}$ を用いる。

図1.2 鉄筋の応力-ひずみ関係

許容応力度設計法では、設計用値として許容応力度を用いる。

終局強度設計法では、降伏強度を用いる。

限界状態設計法では、特性値である降伏点を鉄筋の材料係数 $\gamma_s$ で除して求める。なお、使用性に関する限界状態ならびに断面破壊の限界状態の検討に用いるPC（prestressed concrete：プレストレストコンクリート）鋼材の引張降伏強度の設計値 $f_{yd}$ および引張強度の設計値 $f_{ud}$ は、それぞれJIS規格値の0.2%耐力の下限值および引張強度の下限值を材料係数 $\gamma_s$ で除して求める。



## 1.4 許容応力度設計法



### 1.4.1 土木学会コンクリート標準示方書

コンクリート標準示方書の許容応力度設計法について紹介する。ただし、コンクリート標準示方書は1986（昭和61）年版改訂において限界状態設計法に移行し、1996（平成8）年版までは併記、

2002（平成 14）年版では付録として掲載されてきたが、2007（平成 19）年版以降では付録への掲載を取りやめている。そのため、コンクリート標準示方書をもととする場合には 1996 年版または 2002 年版・付録を参考にすることがある。以下、本章では、それぞれ適用した示方書をつぎのように表示する（2001 年制定版から制定年は西暦表示になっている）。

- 平成 8（1996）年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕 → 平成 8 コ示<sup>1)†</sup>
- 2007 年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕 → 2007 コ示<sup>2)</sup>

〔1〕 **許容応力度** 許容応力度設計法は、荷重作用時にコンクリートおよび鉄筋に発生する応力が、材料強度に対し安全率を考慮して定めた許容応力度以下となるよう設計するものである。なお、許容応力度は弾性域にあるため、計算式が容易に誘導でき、理解しやすい。

（a） **コンクリート** 平成 8 コ示におけるコンクリートの許容曲げ圧縮応力度、許容せん断応力度、許容付着応力度を、それぞれ表 1.2～表 1.4 に示す。

表 1.2 許容曲げ圧縮応力度  $\sigma_{ca}'$  [N/mm<sup>2</sup>]（平成 8 コ示）

項目	設計基準強度 $f_{ck}'$ [N/mm <sup>2</sup> ]			
	18	24	30	40
許容曲げ圧縮応力度	7	9	11	14

表 1.3 許容せん断応力度  $\tau_a$  [N/mm<sup>2</sup>]（平成 8 コ示）

項目		設計基準強度 $f_{ck}'$ [N/mm <sup>2</sup> ]			
		18	24	30	40 以上
斜め引張鉄筋の計算をしない場合 $\tau_{a1}$	はりの場合	0.4 (0.25)	0.45 (0.3)	0.5 (0.35)	0.55 (0.4)
	スラブの場合 <sup>*1</sup>	0.8 (0.5)	0.9 (0.6)	1.0 (0.7)	1.1 (0.75)
斜め引張鉄筋の計算をする場合 $\tau_{a2}$	せん断力の場合 <sup>*2</sup>	1.8 (1.2)	2.0 (1.4)	2.2 (1.6)	2.4 (1.7)

- ※ 1 押抜きせん断に対する値
  - ※ 2 ねじりの影響を考慮する場合には、この値を割り増してよい。
- （注） 括弧内は軽量骨材コンクリートの値。

表 1.4 許容付着応力度  $\tau_{oa}$  [N/mm<sup>2</sup>]（平成 8 コ示）

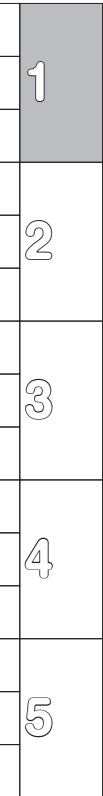
鉄筋の種類	設計基準強度 $f_{ck}'$ [N/mm <sup>2</sup> ]			
	18	24	30	40 以上
普通丸鋼	0.7 (0.45)	0.8 (0.55)	0.9 (0.65)	1.0 (0.7)
異形鉄筋	1.4 (0.9)	1.6 (1.1)	1.8 (1.3)	2.0 (1.4)

（注） 括弧内は軽量骨材コンクリートの値。

許容曲げ圧縮応力度は、設計基準強度の約 1/3 の値が設定されているが、これが作用荷重に対して約 3 倍の安全率を有しているものではないことに注意しなければならない。

許容せん断応力度として、 $\tau_{a1}$  と  $\tau_{a2}$  の 2 種類が設定されている。 $\tau_{a2}$  は常時作用する荷重で斜めひび割れが生じないようにするための上限値であり、 $\tau_{a1}$  はコンクリートにより十分な余裕を持って斜めひび割れの発生に抵抗できる値である。

† 片付き番号は、章末の引用・参考文献の番号を表す。



## 6 1. 設計法の概要

許容付着応力度は、鉄筋とコンクリートが一体となって挙動できるようにするためのもので、コンクリート強度のほか、鉄筋の種類も考慮して設定される。

許容応力度に関する詳細については、適宜、関連する図書<sup>1), 3)</sup>を参照されたい。

(b) 鉄筋 平成8コ示における鉄筋の許容引張応力度を表1.5に示す。JIS G 3112に適合する鉄筋の許容引張応力度を、以下の①～③のように定める。なお、許容圧縮応力度の値は以下の③としてよい。

- ① ひび割れの影響を考慮する一般の構造物の場合、表中(a)欄の値とする。なお、鉄筋の腐食などの原因となる有害な曲げひび割れの発生を防止するため、引張強度の高い鉄筋(SR 295, SD 390)においては(c)欄の値と相違したものをを用いる。
- ② 繰返し荷重の影響が顕著な道路橋スラブや鉄道橋主桁などの構造物の場合、(b)欄の値とする。
- ③ ひび割れによる影響を考慮しなくてよい地震時などの場合、(c)欄の値とする。また、許容引張応力度を大きく設定するのが安全側の評価となるような、重ね継手の重ね合わせ長さや鉄筋の定着長を算出する場合にもこの値を用いる。

表1.5 鉄筋の許容引張応力度  $\sigma_{sa}$  [N/mm<sup>2</sup>] (平成8コ示)

鉄筋の種類	SR 235	SR 295	SD 295 A SD 295 B	SD 345	SD 390
(a) 一般の場合	137	157 (147)	176	196	206
(b) 疲労強度より定まる場合	137	157 (147)	157	176	176
(c) 降伏強度より定まる場合	137	176	176	196	216

(注) 括弧内は軽量骨材コンクリートの値。

[2] 許容応力度の割増し 地震や温度変化などを考慮する場合、コンクリートおよび鉄筋の許容応力度を以下のように割り増してよい。

- ① 地震の影響を考える場合、1.5倍まで高めてよい。
- ② 温度変化および収縮を考える場合、1.15倍まで高めてよい。
- ③ 温度変化、収縮および地震の影響を考える場合、1.65倍まで高めてよい。
- ④ 一時的な荷重または、きわめてまれな荷重を考える場合には、1.4.1 [1] [a] に示したコンクリートに対する許容応力度の2倍、および1.4.1 [1] [b] に示した鉄筋に対する許容応力度の1.65倍まで高めてよい。

なお、道路橋示方書では、各種荷重の組合せを考慮して割増し係数を定めており、1.4.2 [1] および [2] をもとに適切に定める必要がある。

### 1.4.2 道路橋示方書

道路橋示方書は平成24(2012)年に改訂され、許容応力度設計法をもとにしている。道路橋示方書は、「I 共通編」「II 鋼橋編」「III コンクリート橋編」「IV 下部構造編」「V 耐震設計編」から成っている。本書では、「III コンクリート橋編」の中の特徴的な項目について紹介する。なお、



# 索 引

<b>【あ】</b>		乾燥収縮	136	材料強度の特性値	10
あ き	16, 117	基本定着長	46, 168	材料係数	9
アーチカルバート	123	逆 T 型	64	材料表	119
圧縮弦材	154	極限支持力度	89	作用の特性値	179
圧縮斜材	154	許容圧縮応力度	7, 125	死荷重	126
圧縮ひずみ	144	許容安全率	128	軸方向引張鉄筋	16
圧着固定方式	166	許容応答値	179	試行くさび法	72
圧着継手	167	許容応力度	124	自重	68, 128
安全係数	2, 179	——の割増し	6	地震	136
安全性の照査	10	許容応力度設計法	1, 127	地震時慣性力	78
異形鉄筋	164	許容支持力度	89	地震時土圧	76
異形棒鋼	163	許容せん断応力度	5, 25, 125	湿潤単位体積重量	124
石 積	64	許容引張応力度	6, 125	地盤種別	80
一般図	178	許容付着応力度	6	地盤反力	133
維ひずみ	144	許容曲げ圧縮応力度	5, 125	地盤反力度	89
浮き上がり	127	杭基礎	65	絞り圧着加工	167
裏込め排水工	120	空気量	179	締め付け圧着加工	167
鋭角フック	158, 162	組立筋	185	尺 度	179
液性限界	127	組立鉄筋	116	主圧縮応力	139
鉛直土圧	126	クーロンの土圧	72	終局強度設計法	1
鉛直土圧係数	126	限界状態設計法	2, 179	終局限界状態	4
応力度	147	剛 域	136	重力式	64
応力度照査	139	鋼材材質	180	主応力	139
帯鉄筋	166	公称直径	40	主応力分布	139
折曲げ鉄筋	16, 153	剛性ボックスカルバート	123	樹脂固定方式	166
温度変化	136	構造一般図	178	主鉄筋	139, 162
<b>【か】</b>		構造解析係数	9	主働土圧	72
解析モデル	136	構造細目	16, 159	受働土圧	72
かかと版	69	構造図	178	主引張応力	139
格 点	138	構造物係数	9	純かぶり	40, 160
重ね合わせ長さ	54	降伏強度	1	衝 撃	127
重ね継手	53, 166	降伏点	1	使用限界状態	4
重ね継手長	105, 167, 168	合力作用点	154	詳細図	178
荷重係数	9	コンクリート擁壁	63	照査結果	179
荷重条件	126	混和材	179	芯かぶり	105, 125, 159
荷重の組合せ	7	混和材混入率	179	伸縮目地	120
荷重の特性値	10	<b>【さ】</b>		水 圧	127
ガス圧接継手	167	最外縁鉄筋	160	水平土圧	126
ガスシールドアーク溶接	167	載荷重	67	スターラップ	16, 106, 139, 153
風荷重	136	最小かぶり	160	スランプフロー	179
片持ばり式擁壁	69	最小スターラップ量	156	ずれ力	150
活荷重	126	最小スランプ	179	静止土圧	72
滑動力	87	最小せん断応力度	24	静止土圧係数	126
かぶり	16, 125	最小鉄筋量	23, 125	責任技術者	179
カルバート	123	最小曲げ内半径	186	施工誤差	161, 179
環境条件	179	最大せん断応力度	24	設計荷重	10
含水比	127	最大鉄筋長	164	設計基準強度	1, 125
		最大鉄筋量	23, 126	設計強度	10
				設計限界値	179

設計作用の組合せ	179	鉄筋加工表	118, 180	プレキャスト製品	122
設計水平震度	78	鉄筋かぶり	159	プレグラウト法	167
設計せん断力	152	鉄筋コンクリート橋	12	プレストレストコンクリート橋	12
設計耐用期間	179	鉄筋長	180	フレーム構造	136
設計断面耐力	10	鉄筋の呼び名	180	ブロック積	64
設計断面力	10	鉄筋番号	180	平均せん断応力度	8, 152
設計付着応力度	168	鉄筋量	147	——の最大値	8
切断長	180	土 圧	72, 126	平面フレームモデル	136
全せん断力	35	特性値	179	平面保持	144
せん断応力度	150	トラス理論	154	——の仮定	142, 144
せん断キー	88	トルク固定方式	166	壁面摩擦角	73
せん断スパン比	101			偏心距離	86
せん断抵抗力	87	<b>【な】</b>		飽和单位体積重量	124
せん断破壊	139	斜め引張鉄筋	16, 25, 153	ポストグラウト法	167
せん断補強鉄筋	139, 153	斜め引張鉄筋量	155	ボックスカルバート	122, 123
せん断力	24	斜めひび割れ	139	骨組構造	136
粗骨材	125	根入れ深さ	70		
——の最大寸法	179	ねじふし鉄筋継手	166	<b>【ま】</b>	
<b>【た】</b>		<b>【は】</b>		曲げ加工	164, 186
耐火性	160	パイプカルバート	123	曲げ形状	162
耐久性	160	配力鉄筋	105, 160, 162	曲げ内半径	41, 163
たて壁	69	場所打ちコンクリート	122	曲げ破壊	139
単位混和材量	179	幅止め筋	186	曲げひび割れ	139
単位セメント量	179	半円形フック	158, 162	曲げモーメント	12
弾性理論	1	ハンチ	125	水結合材比	179
弾塑性材料	1	ハンチ筋	169	水セメント比	179
断面1次モーメント	150	ひずみ	144	水抜き孔	121
断面2次モーメント	136	ピッチ	125, 159	もたれ式	64
地域別補正係数	78	引張鉛直材	154	モーメントシフト	169
千鳥配筋	185	引張弦材	154	モルタル充てん継手	167
千鳥配置	166	引張主応力	154	門形カルバート	123
中間帯鉄筋	158, 166	引張鉄筋比	125, 145	<b>【や】</b>	
中立軸	143, 144, 147	必要定着長	167	ヤング係数	125
直接基礎	65	必要鉄筋量	144, 147	ヤング係数比	125, 144
直角フック	162	ひび割れ	139	有効高さ	143, 145
突合せガスアーク溶接継手	167	ひび割れ防止筋	104, 106	雪荷重	136
継 手	16, 164	ひび割れ誘発目地	120	揚圧力	128
つま先版	69	被覆アーク溶接	167	要求性能	179
釣合い鉄筋比	126	標準フック	162	擁 壁	62
低減定着長	168	表面排水工	120	呼び名	40
抵抗曲げモーメント	28	部 材	138	<b>【ら】</b>	
定尺鉄筋	106	部材係数	9	輪荷重	127
定 着	16	付着応力度	168	レディーミクストコンクリート	125
定着長	105, 167	普通丸鋼	163		
鉄筋加工図	188	フック	45, 162		

**【F】**

FEM 解析 139

— 編著者略歴 —

宇治 公隆 (うじ きみたか)

1980年 東京都立大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻修了

1980年 大成建設株式会社勤務

1993年 博士(工学)(横浜国立大学)

2000年 東京都立大学大学院工学研究科助教授

2005年 首都大学東京大学院工学研究科准教授

2006年 首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授

現在に至る

実例で学ぶ 鉄筋コンクリート構造物の設計・製図

— 実務に役立つ重要ポイント —

Design and Drawing for Concrete Structures Illustrated with Example

— Important Matters in Practical Work —

© Kimitaka Uji, Yoshifumi Hattori 2014

2014年12月26日 初版第1刷発行

★

検印省略

編著者 宇 治 公 隆

著者 服 部 佳 文

細 谷 学

千 野 和 彦

澤 上 晋

佐 藤 将 路

発行者 株式会社 コロナ社

代表者 牛来真也

印刷所 新日本印刷株式会社

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 978-4-339-05241-1 (中原) (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