

わかり易い土木講座

10

土木学会編集

新訂第七版

コンクリート工学(I)施工

國府勝郎

辻 幸和

下山善秀

序 文

コンクリートについては、りっぱな本、役にたつ本がすでに数多く出版されております。このことを十分承知しながら浅学の筆者らがあえてこの本を書きました理由は、中堅土木技術者を対象とし「わかりやすい」ことを主眼として計画された新企画に意義を認めたからであり、これからコンクリートを勉強される方々、あるいは復習しようとする方々に、わかりやすくコンクリート界の全般の地図をお示しすることに書き甲斐を覚えたからです。必要と思われる事項はできるだけ網羅することに努めるとともに、重要な引用文献を示すことに特に留意いたしました。また従来コンクリート製品というコンクリート工中の重要部門が、コンクリートの専門書中で一般に取り上げられてこなかった不合理をただす意味で、本書では独立の章を設けてやや詳しく取り扱いました。

本書を執筆するに当たっては多くの文献を参考にしました。引用させていただきました著者の方々に心からお礼申し上げます。なお、全般にわたって参考にさせていただいた単行本は次のとおりです。

土木学会：コンクリート標準示方書（委員長 国分正胤）

土木学会：土木工学ハンドブック，第八編，コンクリートおよび鉄筋コンクリートの施工（主査 国分正胤）

吉田徳次郎：コンクリートハンドブック

吉田徳次郎：コンクリートおよび鉄筋コンクリート施工方法

近藤泰夫・坂静雄監修：コンクリート工学ハンドブック

Bureau of Reclamation：Concrete Manual（近藤氏の全訳あり）

さらに詳しくコンクリートの勉強をしようとする方々に上記の本をおすすめする次第ですが、コンクリート関係の示方書指針類の部分的引用を許可された土木学会コンクリート委員会、ACI 関係文献の部分的引用を許可された日本コンクリート会議、ご多忙中に推薦文をいただいた国分正胤先生、および Concrete Manual の転載を許諾された米国の Bureau of Reclamation 当局には特に深甚の謝意を表わすものです。

筆者らの浅学のため、誤りや調査もれがあると思われませんが、ご寛容とご教示を賜わるようお願い申し上げます。

お願い：本書は、JIS、試験方法、標準示方書の詳細についてはできるだけ触れないようにし、土木学会コンクリート標準示方書との重複を避けましたので、コンクリート標準示方書と併用されるようお願いいたします。また、「硬練り」、「軟練り」などのように漢字を用いた方が便利な場合は、教育漢字をできるだけ用いたのでご了承下さい。

1968年3月

樋口 芳朗

村田 二郎

小林 春夫

新訂七版の改訂にあたって

本書は、1968年に初版を刊行して以来40年にわたって、常にコンクリート技術の進歩に即応して改訂を重ね、今回第七版を刊行することができました。初版の故・国分正胤博士の推薦文および初版の著者の序文にあるように、本書はコンクリート工学に関する最新の技術を網羅し、学生および中堅技術者に的確に理解できることを主眼としております。この間に多数の新進の技術者や学生諸君のご愛読をいただきましたことは、著者の望外の喜びであり、同時に責任の重大さを痛感しております。

コンクリート工学は、使用材料の変化と新製品や新工法の開発など常に進歩を遂げており、また最近では性能設計とその照査方法などが重要となっております。性能規定は実務面への導入が進行中であり、コンクリート構造物の安全性と耐久性の確保のため、性能の照査技術の重要性が高まっています。この度、土木学会 [2007年制定]「コンクリート標準示方書」の大改訂、ならびに施工するコンクリートの施工標準に関する考え方の修正、コンクリート関連 JIS 規格の改正などを反映するよう、全面的に改訂しました。

このような新しいコンクリート工学の全般を平易に紹介することが、本書の重要な役割であると考えております。読者諸賢の一層のご叱正とご鞭撻をお願いする次第です。

2009年10月

國府 勝郎

1 総論	13	2.3.6 有害物	52	〔演習問題〕	96	5 配合	152
1.1 定義	13	2.3.7 耐久性および すりへり抵抗性	55	3 コンクリートの性質	98	5.1 概説	152
1.2 複合材料としてのコンクリート	13	2.3.8 碎石・砕砂	56	3.1 フレッシュコンクリートの 性質	98	5.2 コンクリートの性能照査	152
1.3 良いコンクリート	14	2.3.9 砂利・砂	58	3.1.1 概説	98	5.2.1 施工性能の照査	152
1.4 身近で優れたコンクリート	15	2.3.10 スラグ骨材	59	3.1.2 ワークビリティ	98	5.2.2 強度の照査	153
1.4.1 工学材料としての特徴	15	2.3.11 再生骨材	60	3.1.3 コンシステンシー	99	5.2.3 耐久性の照査	155
1.4.2 長所と短所	16	2.3.12 その他の副産骨材	61	3.1.4 流動と変形	99	5.2.4 水密性の照査	159
1.5 示方書類, 規格および法律, 資格	18	2.3.13 軽量骨材	61	3.1.5 材料の分離	102	5.2.5 耐火性の照査	159
1.5.1 示方書類	18	2.3.14 重量骨材	63	3.1.6 コンクリートの空気量	105	5.3 配合の設計	159
1.5.2 規格および法律	19	2.4 混和材料	63	3.1.7 凝結	106	5.3.1 概説	159
1.5.3 資格	19	2.4.1 概説	63	3.1.8 フレッシュコンクリートに 生じるひび割れ	107	5.3.2 粗骨材の最大寸法, スランブ および空気量の選定	160
1.6 コンクリート工学の展望	20	2.4.2 ポゾラン	65	3.2 硬化コンクリートの性質	107	5.3.3 水セメント(結合材)比の 選定	161
〔演習問題〕	21	2.4.3 高炉スラグ微粉末	69	3.2.1 質量	107	5.3.4 単位水量, 単位セメント量, 単位粉体量および細・粗骨 材の割合	163
2 材料	22	2.4.4 膨張材	71	3.2.2 圧縮強度	108	5.3.5 各材料の単位量の計算	164
2.1 セメント	22	2.4.5 AE 剤	74	3.2.3 その他の強度	115	5.3.6 配合の調整	166
2.1.1 種類	22	2.4.6 減水作用を有する 混和剤	76	3.2.4 弾塑性	123	5.3.7 配合の表し方	168
2.1.2 ポルトランドセメント	22	2.4.7 水和・凝結を制御する 混和剤	79	3.2.5 体積変化	130	〔演習問題〕	169
2.1.3 混合セメント	34	2.4.8 水中不分離性混和剤	81	3.2.6 耐久性	132	6 施工	170
2.1.4 超速硬セメント	37	2.4.9 防錆剤	83	3.2.7 水密性	138	6.1 施工計画および照査	170
2.1.5 エコセメント	38	2.4.10 発泡剤(ガス発生剤)	83	3.2.8 熱的性質	139	6.1.1 コンクリート施工の概要	170
2.1.6 その他のセメント	39	2.4.11 その他	84	3.2.9 耐火性	141	6.1.2 施工計画	171
2.2 水	40	2.5 鋼材	84	〔演習問題〕	142	6.1.3 コンクリートの施工計画 と照査	171
2.3 骨材	42	2.5.1 概説	84	4 コンクリート構造物の 耐久性・水密性	144	6.1.4 コンクリートの施工性能	171
2.3.1 概説	42	2.5.2 鉄筋	85	4.1 概説	144	6.2 計量および練混ぜ	172
2.3.2 粒度	44	2.5.3 PC鋼材	89	4.2 中性化に関する照査	145	6.2.1 バッチングプラント	172
2.3.3 単位容積質量および 実積率	49	2.5.4 鉄骨	95	4.3 塩害に関する照査	146	6.2.2 計量	173
2.3.4 密度	50	2.5.5 連続繊維補強材	95	4.4 凍結融解作用に関する照査	148	6.2.3 ミキサ	173
2.3.5 吸水率および表面水率	50			4.5 化学的侵食に関する照査	149	6.2.4 投入順序および練混ぜ時間	176
				4.6 水密性に関する照査	149	6.2.5 練直しと練返し	176
				〔演習問題〕	151	6.2.6 コンクリートの流動化	176

6.3 運搬および打込み	177
6.3.1 運搬	177
6.3.2 運搬装置	178
6.3.3 打込み	181
6.3.4 締固め	181
6.4 表面仕上げ	182
6.5 養生	183
6.5.1 概説	183
6.5.2 湿潤養生	183
6.5.3 温度制御養生	184
6.6 継目	185
6.6.1 打継目	185
6.6.2 伸縮継目	186
6.6.3 ひび割れ誘発目地	187
6.7 防水工	187
6.8 鉄筋工	188
6.8.1 鉄筋の加工	188
6.8.2 鉄筋の組立	188
6.8.3 鉄筋の継手	190
6.9 型枠および支保工	190
6.9.1 一般	190
6.9.2 型枠の設計	190
6.9.3 取りはずし	191
6.9.4 特殊型枠および特殊支保工	192
[演習問題]	193
7 品質管理および検査	195
7.1 概説	195
7.2 コンクリートの品質管理	196
7.2.1 概説	196
7.2.2 材料の受入れ検査	196
7.2.3 コンクリートの製造設備の 性能検査	198
7.2.4 現場配合の調整および コンクリートの 管理抜取検査	199

7.2.5 管理図および ヒストグラム	204
7.3 コンクリートの受入れ検査	206
7.3.1 概説	206
7.3.2 打込み前の コンクリートの検査	207
7.3.3 圧縮強度の検査	208
7.3.4 プレキャストコンクリート 製品の検査	214
7.4 施工の検査	216
7.5 コンクリート構造物の検査	216
[演習問題]	219
8 維持管理	220
8.1 劣化の種類	220
8.2 診断・点検	220
8.3 補修および補強	224
[演習問題]	226
9 レディーミクストコンクリート	227
9.1 総論	227
9.2 工場の選定	228
9.3 レディーミクスト コンクリートの発注	228
9.4 レディーミクスト コンクリートの品質	230
9.5 レディーミクスト コンクリートの配合	233
9.6 レディーミクスト コンクリートの製造と 運搬	234
9.6.1 製造設備	234
9.6.2 計量	234
9.6.3 運搬	234
9.6.4 品質管理	234
9.7 レディーミクスト	

コンクリートの検査	235
[演習問題]	235
10 各種コンクリート	236
10.1 コンクリート補強構造の種類	236
10.2 寒中コンクリート	237
10.3 暑中コンクリート	239
10.4 マスコンクリート	240
10.5 水密コンクリート	243
10.6 高流動コンクリート	244
10.7 高強度コンクリート	245
10.8 膨張コンクリート	246
10.9 軽量骨材コンクリート	247
10.10 吹付けコンクリート	248
10.11 プレパックドコンクリート	249
10.12 水中コンクリート	249
10.13 海洋コンクリート	250
10.14 舗装コンクリート	251
10.15 ガムコンクリート	252
10.16 グラウト	253
10.17 その他	254
[演習問題]	256
11 プレキャストコンクリート	257
11.1 総論	257
11.1.1 概説	257
11.1.2 特徴	257
11.1.3 製品 JIS	258
11.2 プレキャストコンクリート 製品の製造	260
11.2.1 材料および配合	260
11.2.2 鋼材の組立およびかぶり	261
11.2.3 締固めおよび成形方法	262
11.2.4 プレストレストコンクリート 製品の製造方法	262
11.2.5 促進養生	263

11.3 工場製品各論	266
11.3.1 くい類	266
11.3.2 橋りょう類	267
11.3.3 擁壁類	268
11.3.4 のり面被覆類	268
11.3.5 暗きょ類	268
11.3.6 路面排水溝類	269
11.3.7 舗装ブロック類	270
11.3.8 その他	271
[演習問題]	272
12 試験	273
12.1 概説	273
12.1.1 使用材料の試験	273
12.1.2 コンクリートの試験	273
12.1.3 構造物の試験	274
12.2 骨材の試験	274
12.2.1 アルカリシリカ 反応性	274
12.2.2 塩化物含有量	276
12.3 フレッシュコンクリート の試験	277
12.3.1 試料の採取方法	277
12.3.2 コンシステンシー	278
12.3.3 空気量および 単位容積質量	281
12.3.4 プリーディング	282
12.3.5 凝結硬化速度	283
12.3.6 配合分析	283
12.3.7 コンクリート中の 塩化物含有量	283
12.3.8 断熱温度上昇および 熱定数	284
12.4 硬化コンクリートの試験	285
12.4.1 供試体の作り方	286
12.4.2 圧縮強度	286

12.4.3 引張強度	290	12.6 鋼材の試験	301
12.4.4 曲げ強度	291	12.6.1 鉄筋の試験	301
12.4.5 付着強度	292	12.6.2 継手試験	302
12.4.6 非破壊試験	293	12.6.3 PC鋼材の試験	303
12.4.7 弾塑性的性質	295	[演習問題]	304
12.4.8 耐久性	297	解答	306
12.4.9 透過性・多孔性	299	引用・参考文献	317
12.5 グラウト・注入モルタル等に 関する試験	300	索引	324

1 総論

コンクリートは、鉄鋼とともに建設材料のうち最も重要な基幹的材料である。広義のコンクリートはアスファルトコンクリートやプラスチックコンクリートを含むが、通常はセメントコンクリートを指している。本書はセメントコンクリートの材料、性質、配合、施工、試験などについて述べている。

1.1 定義

(1) コンクリート (concrete) は、セメント、水、細骨材、粗骨材および必要に応じて混和材料を練り混ぜ、締固め等を行って成形し、セメントの水和反応によって硬化・一体化したものである。なお、モルタル (mortar) はコンクリートから粗骨材を除いたもの、セメントペースト (cement paste) はモルタルから細骨材を除いたものである。コンクリートの圧縮強度は大きい、引張強度は圧縮強度の1/10程度である。

(2) 鉄筋コンクリート (reinforced concrete) は、引張に対する補強材として鉄筋を埋め込んだものである。さらに、引張力を受けるコンクリート部分に高張力鋼線・鋼棒を配置し、これを緊張してコンクリートにプレストレス (圧縮応力) を導入し、コンクリートの引張抵抗を高めた構造形式をプレストレストコンクリート (prestressed concrete) という。形鋼と鉄筋で補強した構造形式を鋼コンクリート合成構造 (composite member) という。引張に対する補強材としては、鉄筋、高張力の鋼線、鋼より線、鋼棒のほか、炭素繊維などの連続繊維補強材が用いられる。

(3) 鋼材等で補強しないコンクリートを無筋コンクリート (plain concrete) という。コンクリートの収縮ひび割れ、その他に対する用心のためだけに鋼材を配置したものも無筋コンクリートに分類される。

1.2 複合材料としてのコンクリート

(1) コンクリートは、1.1定義および図1.1にも示すように、細骨材 (砂) および粗骨材 (砂利) の粒状物を、セメントペースト (接着剤) で堅固に一体化したものであり、図1.2に示す切断面から、骨材間がセメントペーストで接着・充て

ような試験を両引き試験といい、鉄筋およびコンクリートに引張応力が生じ、鉄筋コンクリート曲げ部材の引張側と類似の状態となる^{3-25,26)}。



図 3.33 両引き供試体

鉄筋に与えた引張力は、付着によってコンクリートに伝達され、コンクリートに引張応力が生じる。コンクリートの引張応力 σ_t は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{U}{A_c} \int_0^x \tau_0(x) dx = \frac{4p}{\phi} \int_0^x \tau_0(x) dx \quad (3.18)$$

ここに、 A_c : コンクリート断面積、 U : 鉄筋の周長、

p : 鉄筋比 (A_s/A_c)、 τ_0 : 付着応力、 ϕ : 鉄筋の直径

この引張応力がコンクリートの引張強度 f_t を超過すれば、ひび割れが発生する。式 (3.18) において、付着のよいものほどコンクリートの引張応力が大となり、ひび割れ間隔が狭くなる。ひび割れの幅はひび割れ間隔にほぼ比例するから、ひび割れ間隔が狭いほど鉄筋コンクリートの耐久性において有利となる。

図 3.33 において、ひび割れの発生しない最大のノッチ間隔を最大ひび割れ間隔とみなすことができる。このように両引き試験は、付着特性とひび割れの分散性の関係を試験するものである。図 3.34³⁻²⁶⁾は、両引き試験によって求めた最大ひび割れ間隔 l_{max} と ϕ/p の関係の例である。

図 3.33 において、ひび割れの発生しない最大のノッチ間隔を最大ひび割れ間隔とみなすことができる。このように両引き試験は、付着特性とひび割れの分散性の関係を試験するものである。図 3.34³⁻²⁶⁾は、両引き試験によって求めた最大ひび割れ間隔 l_{max} と ϕ/p の関係の例である。

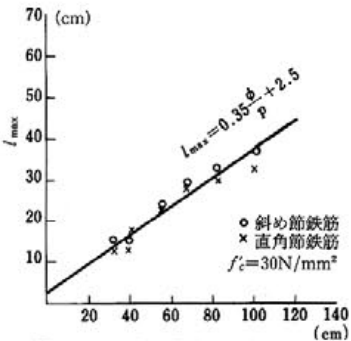


図 3.34 ϕ/p と最大ひび割れ間隔の関係

G. 組合せ応力を受けるコンクリートの強度

- (1) 2方向スラブやアーチダムなどでは、これらに用いるコンクリートの強度は、組合せ応力を受けるときの強度を用いて設計するのが合理的である。
- (2) 三軸圧縮応力を受けるコンクリートの強度は、側圧が大きいほど著しく大となり (図 3.35)、側圧 σ_3 と破壊時の軸圧 σ_1 との関係は、次式で与えられる³⁻²⁷⁾。

$$\sigma_1 = b\sigma_3^c + a \quad (3.19)$$

ここに、 a, b, c : 定数

(3) 二軸圧縮応力を受けるコンクリートの圧縮強度は、立方体供試体の相対する2面に側圧 σ_2 を加え、これに直交する方向に軸圧 σ_1 を加え、破壊まで載荷して求められる (JIS A 1139「直方体によるコンクリートの二軸圧縮試験方法」による)。

単軸圧縮強度を f'_c とし、 σ_2/f'_c に対する σ_1/f'_c の関係曲線を描けば、図 3.36³⁻²⁸⁾ に示す相互作用図が得られる。この図より、側圧 (σ_2/f'_c) が増すと、はじめは二軸強度 (σ_1/f'_c) も増大するが、 $\sigma_2/f'_c = 1/2 \sim 2/3$ で $\sigma_1/f'_c = 1.4$ の最大値を示し、 $\sigma_2/f'_c = 1$ では $\sigma_1/f'_c = 1.2$ に低減する。

(4) はり供試体の軸方向に引張荷重を与え、これと直角方向に圧縮荷重を加えたときの破壊時のコンクリートの引張応力および圧縮応力をそれぞれ σ_1 および σ_3 とすれば、これらの間には実用上

次の関係がある³⁻²⁹⁾。

$$\sigma_1/f_t + \sigma_3/f'_c = 1 \quad (3.20)$$

ここに、 f_t : 引張強度

f'_c : 圧縮強度

3.2.4 弾塑性

A. 応力-ひずみ曲線

(1) コンクリートは完全な弾性体ではないから、応力とひずみの関係は曲線となり、小さい荷重に対しても残留ひずみ γ が残る (図 3.37)。全ひずみ ϵ から残留ひずみを差し引いたものを弾性ひずみ δ という。

応力-ひずみの関係式には各種のものがあるが、次に二、三の例を示す。

ただし便宜上、相対応力 $\eta =$

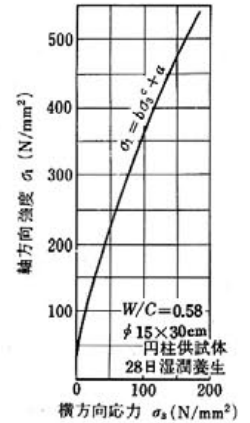
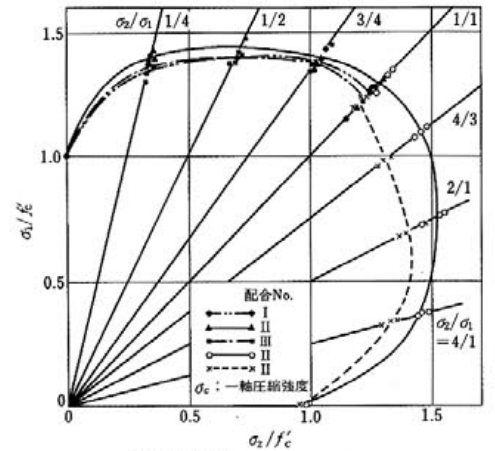


図 3.35 三軸圧縮試験における破壊時の横方向応力と軸方向応力の関係



一軸圧縮強度¹⁾

配合No.	I	II	III
試験時の強度 ²⁾ (N/mm ²)	33.5	51.0	67.8

1) 最大主応力方向が打込み方向と平行
2) 材齢140~170日

図 3.36 三軸圧縮試験における相互作用図

$$\gamma_p = \frac{1}{1 - 1.645 \frac{V}{100}} \quad (5.3)$$

ここに、 V ：現場コンクリートの圧縮強度の変動係数（％）

その他の強度の照査も、上記の圧縮強度の照査に準じて行えばよい。

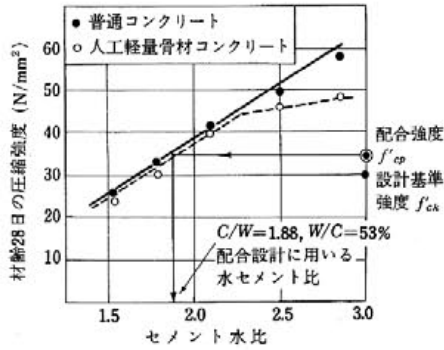


図 5.1 C/W- f_c 線

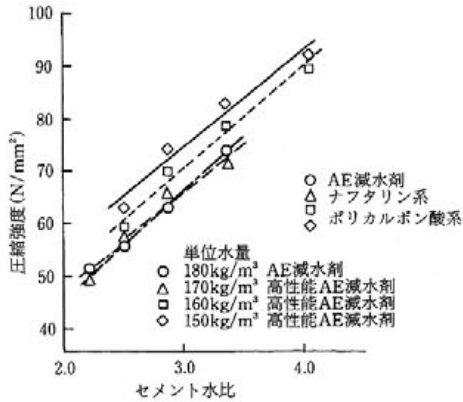


図 5.2 セメント水比と圧縮強度の関係⁵⁻²⁾

上のコンクリートから造った供試体による試験値の平均値を用いる。なお、AEコンクリートの場合は空気量1％当り、圧縮強度が4～6％程度低減することを考慮するか、または所定の空気量を有するAEコンクリートを試料として実験を行う。

(2) 式(5.2)に示すように、コンクリートの圧縮強度はセメント（結合材）水比のある範囲内で直線関係が成立することはよく知られている。図5.1⁵⁻¹⁾はその一例であって、人工軽量骨材コンクリートの場合は、約40～50 N/mm²を境にして勾配の異なる2直線で表されることに注意を要する。また、示方書〔施工編〕では、式(5.2)の適用範囲を60 N/mm²以下としているが、最近の研究⁵⁻²⁾によれば、強硬な骨材を用いる場合は、100 N/mm²近くまで直線関係が成立することが明らかにされている（図5.2参照）。

(3) 式(5.2)における定数 A および B は、セメントの種類や骨材の品質などによって相違するので、既往の資料がない場合には試験によって定める。その場合には、適切と思われる範囲内で3種以上の異なった水セメント（結合材）比のコンクリートを用いる。試験における誤差を少なくするため試験値は、2バッチ以上

(4) 種々の要因により、現場コンクリートの圧縮強度は、ある程度変動することは避けられない。したがって、要求された設定値（設計基準強度）を保証するためには、現場におけるコンクリートの品質のばらつきを考慮に入れた安全係数（割増し係数） γ_p を用いる必要がある。

表 5.3 正規偏差 k と不良率 p との関係

k	0	0.5	0.674	0.842	1.0	1.282	1.5	1.645	1.834	2.0	2.054	2.327	3.0
p	0.500	0.308	1/4	1/5	1/6	1/10	0.067	1/20	1/30	0.023	1/50	1/100	0.0013

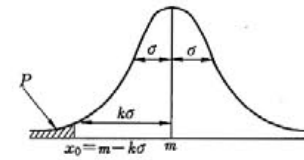


図 5.3 正規分布する品質

いま、平均値が m 、標準偏差が σ の分布をする品質において、平均値より標準偏差の k 倍だけ小さい品質 $x = m - k\sigma$ 以下の品質が生じる確率 p （図 5.3）は、品質の分布が正規分布する場合、表 5.3 のようになる。したがって、品質の分布が正規分布する場合、ある品質 x_0 未満の品質が生じる確率を 5％以下としたい場合は、平均の品質 $m \geq x_0 + 1.645\sigma$ とすればよい。

品質の変動を変動係数（％） $\left(V = \frac{\sigma}{m} \times 100\right)$ で表せば、

$$m \geq \frac{x_0}{1 - 1.645 \frac{V}{100}} \quad (5.4)$$

示方書〔施工編〕では、「現場コンクリートの圧縮強度試験値は設計基準強度 f'_{ck} を下回る確率を 5％以下とする」ことを規定しており（不良率 5％以下とは、不良品の出現確率が 20 回に 1 回以下で、ほとんど下回らないことを意味している）、また管理状態で製造されたコンクリートの圧縮強度は正規分布することが認められているので、式(5.4)において、 $x_0 = f'_{ck}$ 、 $m = f'_{cp}$ 、 $\gamma_p = f'_{cp}/f'_{ck}$ を用いれば、安全係数 γ_p は式(5.3)で表される。

5.2.3 耐久性の照査

A. 中性化速度係数の照査

コンクリートの中性化速度係数の照査は、式(5.5)によることを原則とする。

$$\gamma_p \frac{a_p}{a_h} \leq 1.0 \quad (5.5)$$

ここに、 a_h ：コンクリートの中性化速度係数の特性値（mm/√年），4.2 の式

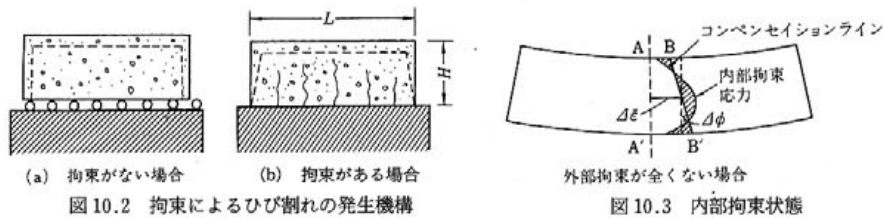


図 10.2 拘束によるひび割れの発生機構

図 10.3 内部拘束状態

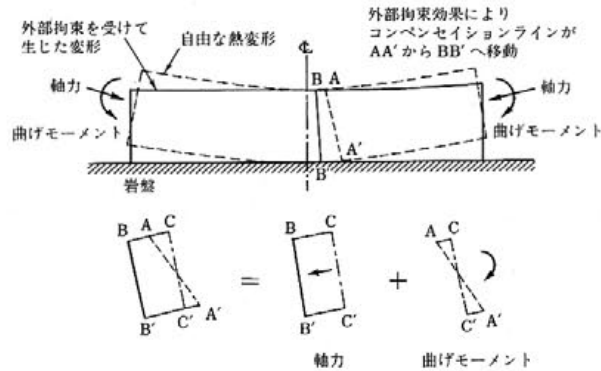


図 10.4 外部拘束状態

(12) 温度ひび割れ指数 マスコンクリートの温度ひび割れ解析方法は、JCI マスコンクリート温度応力研究委員会から“CP ひび割れ幅法”が、また有限要素法による方法が提案されている。解析の流れは、①使用するコンクリートの温度上昇特性の把握、②構造体における温度分布解析、③拘束条件に応じて発生する温度応力解析、④コンクリートの強度発現などを構造体の位置および経時変化について計算し、⑤発生する温度応力 $\sigma_t(t)$ に対するコンクリート引張強度 $f_{tk}(t)$ の比である温度ひび割れ指数 I_{cr} に基づいて照査する。温度ひび割れ指数が大きいくほど、ひび割れ発生の確率 (図 10.5) は小さい。

$$I_{cr}(t) = f_{tk}(t) / \sigma_t(t)$$

$$I_{cr}(t) \geq \gamma_{cr}$$

ここに、 $I_{cr}(t)$: 温度ひび割れ指数、 $f_{tk}(t)$: 材齢 t 日におけるコンクリートの引張強度 (N/mm²)、 $\sigma_t(t)$: 材齢 t 日におけるコンクリートの最大主引張応力度 (N/mm²)、 γ_{cr} : ひび割れ発生確率に関する安全係数。一般に 1.0~1.8 としよ。

(13) 温度解析結果のみを用いて、簡易にひび割れ指数を算定する場合には、次式

を用いてもよい。

$$I_{cr}(t) = 15 / \Delta T_i \quad \text{内部拘束応力が卓越する場合}$$

$$I_{cr}(t) = 10 / (R \cdot \Delta T_o) \quad \text{外部拘束応力が卓越する場合}$$

ここに、 ΔT_i : 内部の最高温度時での内部と表面との温度差 (°C)、 ΔT_o : 部材平均最高温度と外気温平衡時温度との差 (°C)、 R : 外部拘束の拘束度。軟らかい岩盤 0.5、中程度の硬さの岩盤 0.65、硬い岩盤 0.8、既設のコンクリート 0.6 としよ。

(14) 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率との関係は、一般に表 10.3 を参考としよ。

表 10.3 一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数 γ_{cr} の参考値

ひび割れに対する目標	ひび割れ発生確率	安全係数 γ_{cr}
ひび割れを防止したい場合	5%	1.75以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	25%	1.45以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	85%	1.0以上

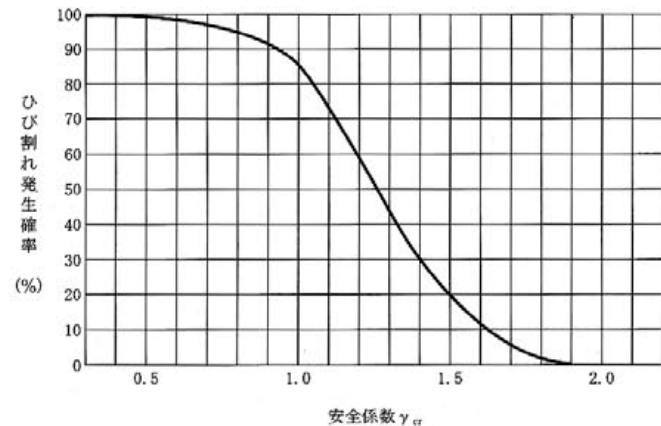


図 10.5 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率

10.5 水密コンクリート

(1) 水密コンクリートを造るには、粗骨材の最大寸法、コンクリートの水セメント比、混和材の使用、締固めおよび養生などに留意するとともに、透水の原因と