

## はじめに

この本は、これから建設工学の勉強を始めようとする方々のための教科書、あるいは建設工事の実務にたずさわっている方々が念頭においておくべき要点を示す参考書として書いたものであり、

1. 固有の建築材料を除く主要な建設材料について「なじみ」を覚えるとともに、建設材料全般についての要を得た「地図」を頭の中に入れること（粗骨材と細骨材の境界がコンクリート工学では5mm、アスファルト工学では2.5mm、土質工学では2mmなどといった人災的現象についても、一応心得ておいた方がよいと思われる）
2. 材料の組合せ・施工・構造等との関連で、建設技術者として頭を働かせるべき重要な要点を、成功例・失敗例等を通して具体的に知ること

などの諸点に配慮いたしました。

我が国は「もの」的に考えた場合には資源小国に過ぎませんが、「あたま」的に考えると世界有数の資源大国であり、環境・資源・エネルギー問題が一段と厳しさを増しつつある今日では、「あらゆる資源」の本当に生きた活用をはかる教育と実践がいよいよ要望されつつあります。また貴重な「もの」資源のロスを招くだけでなく、何より大事な人命のロスを生じかねない事故の防止は、最優先的に取り上げられなければならないと思われまふ。事故の一種とみなすことのできる公害を防ぐことが重要なことは言うまでもありません。

小冊子で広範多岐にわたる上記の事柄につき詳細に述べるなどということが不可能なことはいうまでもないことであり、注記その他により限られたスペースをできるだけ充実するよう努力しました。個々の対象についてさらに詳しく調べようとする方々は、本書で紹介した各材料についての専門書・教科書の関連学協会等を利用してご勉強下さい。

本書のような性格の本において主張できるオリジナリティーは、全体的な構

成・配置・取捨等についてだけであって、個々の内容については先人の成果を忠実に紹介するだけとあってよいでしょう。可能な範囲で転載の許可を頂くよう努力しましたが、引用ないし参照させて頂いた著者の方々に改めて深甚の謝意を表さなければなりません。特に米国内務省 Bureau of Reclamation の Office of Design and Construction 所長である H. G. Arthur 氏からは Concrete Manual 中の図の転載を快諾されただけでなく、お手紙とともに新版（第8版）をご恵送頂きました。旧版より大版になって一段と充実した Manual のインキの香をかきながら、ご芳情をかみしめた次第です。また、本書を仕上げるにあたり、宮崎忍、木崎正森、宮村正四郎各氏他の出版社の方々、秘書の浅香京子嬢に色々ご努力頂きました。記して深謝する次第です。

一応書き終えましたが、不満足な点が少なくないことについては筆者自身重々承知いたしております。厳しいご叱正・ご批判を賜りますよう心からお願いする次第です。

1976年8月

本郷にて 樋口 芳朗

## 改訂にあたって

土木学会「コンクリート標準示方書」，同「学会規準」および JIS 規格などが，改訂および改正されました。また，用語の表記方針も改められました。これらに伴い，今回は内容を大幅に見直し，改訂を行ないました。

貴重な資料を引用させて頂いた多くの方々に深甚の謝意を表わす次第であります。

2005年2月

辻 幸 和  
辻 正 哲

## 『お断わり』

1. キーワード的なものは、太字にするとともに目次に入れました。
2. 常用漢字は、最大限に活用しました（スペース節約の意味もありますが、表意文字である漢字の利用が世界に冠たる日本人の勘のよさを養っている積極的な意味を重視することとしました）。常用漢字でないものも、

凹（おう）・凸（とつ）・杭（くい）・隙（げき）・珪（けい）・桁（けた）・勾（こう）・  
滓（さい）・鞞（じん）・脆（ぜい、もろい）・塑（そ）・填（てん）・洞（どう）・梁（はり、りょう）・枠（わく）

などのように、よく用いられるものは採用しました。

また、2語続く漢字の中間のひらがなは、活用がない語（複合語が名詞の場合）については、できるだけ省略しました（読み違えても余り害はないし、ここでもスペースの節約と勘の養成に軍配をあげたいと思います）。

3. SI単位を採用しました（建設技術者としては「質量」と「力」は違うことを認識する意味でkgとNを区別しました）。

なお、力・応力（圧力）についての換算表を付録に示しておきましたので、参考にしてくださいと思います。

# 目 次

## 概 論

1. 建設材料概論	3
1.1 建設材料の役割	3
1.2 建設材料の分類	4
用途	機能
1.3 建設材料の性質	4
1.3.1 作業性	4
1.3.2 強度(強さ)	4
応力	強度(強さ) 許容応力度 静的強度
降伏点(降伏強度・耐力・保証応力)	衝撃強度
衝撃値	クリープ強度 クリープ限 疲労(疲れ)
強度	疲労(疲れ)限(度) N回疲労強度
1.3.3 変形に関する性質	7
ひずみ	残留ひずみ クリープひずみ 弾性係数
ポアソン比	伸び能力(伸び性) 残留ひずみ 剛性
1.3.4 耐久性	9
1.3.5 その他の性質	9
質量	密度 単位(容積)質量 吸水性 透水性
親水性	含水率 吸水率 比熱 熱伝導率
熱膨張係数	音の強さ デシベル 反射率
透過率	吸音率 遮音率 硬さ
1.4 規格・法律・示方書(仕様書)類	12
日本工業規格(JIS)	
1.5 情 報	12
2. 新技術の創造	15
重要発明	

## 3. 事故防止 17

## 各 論

## 4. 木 材 21

## 4.1 概 要 .....21

長所 短所 木材加工品 針葉樹 広葉樹  
 軟材 硬材 日本農林規格 (JAS) 素材 丸  
 太 さま角 製材 木口 板目 まさ目  
 乾燥法 特殊処理法 木材加工品 合板 フロー  
 リング 集成木 繊維板 パーティクルボード

## 4.2 性 質 .....26

密度 気乾密度 繊維飽和点 気乾含水率 強  
 度 弾性係数 釘の保持力 疲れ限度 着火点  
 自然発火点

## 5. 土 石 29

## 5.1 概 要 .....29

石材 粘土製品 岩石 土

## 5.2 各 論 .....30

コンクリート用骨材 天然骨材 人工骨材 死  
 石 骨材の粒度 細骨材 粗骨材 粗骨材の  
 最大寸法 粒度 粒度曲線 粗粒率 有害物  
 含有量 骨材の耐久性 絶(対)乾(燥)状態 (空)  
 気(中)乾(燥)状態 表(面)乾(燥飽水)状態 湿潤  
 状態 吸水率 表面水率 有効吸水率 骨材  
 の密度 真密度 見掛け密度 絶乾密度 表  
 乾密度 実積率 砂のふくらみ すりへり減量  
 コンクリート用碎石 砕砂 スラグ骨材 海砂  
 軽量骨材 重量骨材 アスファルト混合物用骨材  
 粗骨材 細骨材 フィラー ロックフィルダムの  
 堤体材料用岩石 フィルロック ベントナイト  
 膨潤 チクソトロピー 泥水

## 6. 鉄鋼 43

## 6.1 概要 .....43

鉄金属 炭素鋼 合金鋼 低合金鋼 ステンレス鋼 高炭素鋼 特殊鋼 高炉 鋳鉄 高炉スラグ 転炉 電気炉 製鋼炉 鋼 連続铸造法 鋼片 鋼材 圧延 鍛造 铸造 圧延鋼材 熱間圧延 冷間圧延 鋼片 条鋼 形鋼 シートパイル レール 棒鋼 線材 連続圧延方式 熱間押し出し方法 鋼板 鋼帯 鋼管 継目無鋼管 溶接鋼管 特殊鋼の用途 二次加工品 表面処理鋼板 軽量形鋼 線材製品 ピアノ線材 鋳鉄 溶鉄炉 ねずみ鋳鉄 球状黒鉛鋳鉄 グクタイトル鋳鉄 可鍛鋳鉄 鋳鋼 炭素鋼鋳鋼 構造用低合金鋼鋳鋼 鍛鋼 鍛錬成形比

## 6.2 性質 .....51

炭素含有量と変態 熱処理 強さ 伸び率 構造用鋼材の機械的性質 延性破壊 一様伸び 局部伸び 脆性破壊 シャルピー衝撃試験 遷移温度 靱性 切欠き脆性 疲労限 高温脆性 青熱脆性 赤熱脆性 耐候性鋼 耐摩耗性 表面硬化 高力ボルト 溶接 溶接性 溶接割れ 溶接技術検定 溶接継手部 欠陥 割れ 溶接金属 熱影響部 溶接入熱量 入熱量 炭素当量 溶接割れ感受性 割れ感受性指数 高温割れ 水素脆性 大型試験片 寸法効果 溶接構造用高張力鋼 非調質型 焼ならし 調質型 焼入れ 焼戻し 合金元素の影響

## 6.3 用途 .....60

橋梁 橋床 鉄道施設 道路施設

## 7. セメント 61

## 7.1 概要 .....61

セメント 水硬性セメント ポルトランドセメント

	普通ポルトランドセメント 早強ポルトランドセメント 超早強ポルトランドセメント 中庸熱ポルトランドセメント 低熱ポルトランドセメント 耐硫酸塩ポルトランドセメント 白色ポルトランドセメント 混合(ポルトランド)セメント 高炉セメント シリカセメント フライアッシュセメント 特殊セメント アルミナセメント 膨張セメント 超速硬セメント コロイドセメント マイクロセメント 油井セメント ポルトランドセメントの製造方式 乾式 湿式 新焼成方式キルン サスペンション プレヒーター付きキルン セメントクリンカー 石こう ポルトランドセメントの主な化合物 珪酸三カルシウム 珪酸二カルシウム アルミン酸三カルシウム 鉄アルミン酸四カルシウム JIS化されたセメントの規格値	
7.2	性 質	65
	ポルトランドセメントの主成分 水和 トベルモライト 凝結 始発 終結 セメントゲル 硬化 結合水 ゲル水 水素結合 化学的結合 水和熟 マスコンクリート 風化 強熱減量 偽凝結 毛細間隙 乾燥収縮 水密性 凍結 エトリンガイト	
7.3	用 途	70
8.	混和材料	71
8.1	一 般	71
8.2	コンクリート用混和材料	71
	混和材料 混和材 混和剤 塩化物イオン量 ポゾラン ポゾラン反応 フライアッシュ 高炉スラグ微粉末 潜在水硬性 微粉末効果 膨張材 AE剤 エントレインドエア エントラップトエア 減水剤 AE減水剤 硬化促進剤 電食 コールドジョイント 急結剤 凝結遅延剤 発泡剤 防水剤 減水剤 高性能減水剤 流動化剤 高性能AE減水剤 水中不分離性混和剤	

9.	コンクリート	79
9.1	概 要	79
	コンクリート モルタル セメントペースト フレッシュコンクリート 硬化コンクリート 鉄筋コンクリート プレストレストコンクリート 無筋コンクリート レディーミクストコンクリート プレキャストコンクリート コンクリート工場製品 コンクリートの長所 コンクリートの短所	
9.2	性 質	80
9.2.1	フレッシュコンクリートの性質	80
	コンシステンシー 材料分離 プリーディング ワークビリティ ワークブル プラスティシティ プラスティック フィニッシュビリティ ポンプビリティ レイタンス 豆板 ジャンカ エントレインドエア プロクター 振動限界 沈下 収縮ひび割れ プラスティック収縮ひび割れ 再仕上げ	
9.2.2	硬化コンクリートの性質	87
	コンクリートの質量 圧縮強度 標準養生 促進養生 セメント水比法則 セメント空隙比法則 積算温度 初期凍害 前置時間 ホットコンクリート 高温高圧養生 引張強度 曲げ(引張)強度 割裂引張強度 ヤング係数 体積変化 収縮ひび割れ 耐久性能 気象作用 耐凍害性 酸・硫酸塩(海水を含む)等の作用 損食作用 電食作用 アルカリ骨材反応 アルカリシリカ反応 化学的安定性の試験 物理的安定性 透水係数 水密性	
9.3	配合設計	103
	コンクリートの配合 配合設計 試し練り 割増し係数 示方配合 現場配合	
9.4	各種コンクリート	107
9.4.1	レディーミクストコンクリート(生コン)	107
	長所 短所 荷卸し 品質管理 管理限界 管理図 呼び強度	

9.4.2	プレキャストコンクリート	111
	コンクリート工場製品 長所 短所 継手 陸 路用コンクリート製品 水路用コンクリート製品 上部構造用製品 土構造用製品	
9.4.3	補強されたコンクリート	114
	鉄筋コンクリート プレストレストコンクリート プレストレス 繊維(補強・混入)コンクリート ガ ラス繊維 GFRC 炭素繊維 CFRC 鋼繊維 SFRC 鉄網モルタル フェロセメント	
9.4.4	軽量骨材コンクリート	115
9.4.5	寒中コンクリート, 暑中コンクリート	116
9.4.6	水中コンクリート	118
	トレミー 水中不分離性コンクリート	
9.4.7	その他	120
	海洋コンクリート 有害な化学作用を受けるコンクリ ート 電流の作用を受けるコンクリート 火災の作 用を受けるおそれのあるコンクリート 放射能遮蔽コ ンクリート 水密(的な)コンクリート ポーラスコ ンクリート プレパックドコンクリート グラウト 真空(処理)コンクリート 吹付けコンクリート ポ リマー含浸コンクリート ポリマーセメントモルタル 高流動コンクリート 舗装コンクリート 単位粗骨 材容積 ダムコンクリート	

## 10. 歴 青 125

10.1	概 要	125
	歴青 タール アスファルト 石油アスファルト ストレートアスファルト ブローンアスファルト 蒸留法 セミブローイング法 ブレンド法 脱水 素 重縮合 アスファルトコンパウンド カット バックアスファルト アスファルト乳剤	
10.2	性 質	127
	アスファルテン レジン オイル ゾル型 ゲ ル型 ゾルゲル型 水中油滴型 油中水滴型 カチオン アニオン ノニオン SC MC RC コンシステンシー 針入度試験器 軟火点	

針入度指数 伸度 引火点 燃焼点 セイボルト  
 フロール秒試験 エングラー度試験 改質アスファルト  
 ゴム入りアスファルト ゴム化アスファルト  
 ゴム入りアスファルト乳剤 熱硬化性樹脂を用いたア  
 スファルト 触媒アスファルト

10.3	用 途	132
11.	アスファルト混合物	133
11.1	概 要	133
	加熱アスファルト混合物 常温アスファルト混合物 アスファルトコンクリート マスチックアスファルト アスファルト安定処理混合物	
11.2	性 質	133
	安定性 たわみ性 耐摩耗性 水密性 耐候性 耐薬品(抵抗)性 すべり抵抗性	
11.3	配 合 設 計	134
	配合設計 設計アスファルト量 マーシャル安定度 試験	
12.	合成高分子	137
12.1	概 要	137
	高分子材料 合成有機高分子材料 合成樹脂 モ ノマー 重合反応 ポリマー プラスチックス 熱可塑性樹脂 熱硬化性樹脂 架橋 自消性 合成ゴム ゴム弾性 加硫 添加材料 添加剤 充填材 補強材 繊維材料 粒子材料	
12.2	性 質	141
	合成樹脂 長所 短所 合成ゴムの性質 接着 剤の可使時間 強度	
12.3	用 途	144
	管 工業用接着剤 エポキシ樹脂 エポキシ注入 法 塗料 レジンコンクリート 止水板 目地 材 遮水膜 防砂膜 フィルム 地盤注入用ゲ	

13.	レジンコンクリート	149
13.1	概 要	149
	レジンコンクリート フィラー 長所 短所	
13.2	性 質	150
14.	複合グラウト	153
14.1	概 要	153
14.2	セメント薬液(ケミカル)同時注入用グラウト	153
	セメント注入 薬液注入 セメント薬液同時注入用 グラウト セメント水ガラスグラウト	
14.3	セメントアスファルト (CA) グラウト	157
	参考文献	159
	付 録	
	付録 1 SI 単位について	163
	付録 2 付図, 付表	165
	索 引	213

# [概 論]

## 韓非子より

天下に信教、三あり。一に曰く、智も立つること能はざる所あり。二に曰く、力も挙ぐること能はざる所あり。三に曰く、彊も勝つこと能はざる所あり。故に堯の智ありと雖も、衆人の助なくんば大功立たず。烏獲の勁あるも、人の助を得ざれば自ら挙ぐること能はず。賁育の彊あるも、法術なくんば長生することを得ず。故に、勢得べからざるあり、事成るべからざるあり。故に烏獲は千鈞を軽しとして、其の身を重しとす。其の身千鈞より重きにあらず、勢便ならざるなり。離朱は百歩を易しとして、眉睫を難しとす。百歩近くして眉睫遠きにあらず、道可ならざるなり。故に明王は烏獲を窮するに其の自ら挙ぐること能はざるを以てせず。離朱を囚むるに、其の自ら見ること能はざるを以てせず。可勢に困りて易道を求む。故に力を用ゐること寡くして功名立つ。 (p. 17 参照)

## 複合材料 [composite material]

単一素材では得ることの困難な特性を、複数の素材を組み合わせで複合化することによって得るようにした材料を、複合材料という。組合せを巨視的なものだけでなく微視的なものも含むことにすると、現在用いられているほとんど全部の材料が複合材料になってしまふという基本的な曖昧さを、この用語は有している。複合化の目的は、強度その他の力学的性質、耐久性・表面性能・遮断性能等の物性、成形性・加工性等の作業性、経済性等の改善である。

# 1. 建設材料概論

## 1.1 建設材料の役割

材料とは「ものをつくるもと」であり、英語の material は「重要な」という意味も有している。一般に「産業の米」として重視されてきたのは当然であり、計画・設計・施工の段階を経て構造物および施設を造りあげ、運営・維持にあたる責任者としての建設技術者が、建設材料の現状を適確に把握しておくことは極めて重要である。

建設材料と構造物の進歩は相互依存関係にあり、鋼とコンクリートという材料の高強度化がプレストレストコンクリートという新構造物の実用化の原動力になったというような事例は多いし、逆に橋梁スパンの長大化という要請が溶接性に優れた新高強度鋼の開発の原動力になったというような事例も多い。本書は土木界を主対象として書かれている。土木構造物は高価な公共施設であって破壊した場合の影響が大きいし、気象その他の厳しい環境に長期間耐える必要のある場合が多いので、一度信頼を受けた土木材料のライフサイクルは長期にわたるといふ保守的な性格を有している。土木技術者は、本質的に保守的であるべき土木界にあることを十分わきまえた上で、開発された新材料の把握と新材料の開発の方向指示という進歩的な努力をする義務を有していることを忘れてはならない。

## 1.2 建設材料の分類

建設材料を分類するにあたっては、橋梁用・トンネル用・鉄道用・道路用・ダム用等といった用途別分類とか、構造強度用・防水用・表面保護用等といった機能別分類によることも考えられるが、種々の点から結局具体的な「もの」別に分類して論じるのが最も有利であると判断されるので、本書では「もの」別の分類に従って記述することとした。

## 1.3 建設材料の性質

建設材料に対して要求される基本的性質は、作業性・強度・伸び能力・耐久性などについての所要の工学的性質，経済性，入手の容易性等である。以下工学的性質について概述する。

### 1.3.1 作業性〔workability, practicability〕

作業性において難点のある材料は，その他の点で非常に優れていても，実用に供することは困難である。特に建設工事においては野外の悪条件下で未熟練者を使って作業せざるをえない場合も少なくないので，作業性には特に留意する必要がある。鉄鋼における溶接性やコンクリートにおけるワーカビリティが重視されるのは，当然といわなければならない。

### 1.3.2 強度（強さ）〔strength〕

1. 応力・強度(強さ)・許容応力度 材料を構成している分子間には，力が作用して平衡を保っている。外力が働くと分子間の距離が変わって材料は変形するが，これをひずみ〔strain〕を生じたという。また材料は元の状態に戻ろうとして内力を生じるが，これを応力〔stress〕という。単位面積当りの応力を応力度

F-1 誤り一度もなきものはあぶなく候。「葉穩（はがくれ）」