



考える 建築材料

庫川尚益 著

その選び方には
理由がある!

材料の種類と
選択の要点を整理。
設計の自由度を
高くする1冊。

彰国社

はじめに

● 材料の選び方、使い方を「考える」

私たちはさまざまな建築材料に囲まれて生活している。建築物の床・壁・天井、屋根などにどのような材料が使われているのか、なぜその材料が使われているのか、普段の生活で意識することはあまりないかもしれない。

しかし、それぞれ合理的な理由があり、建物に求められる機能や性能、また各部の構法やコスト、さらに材料の外観やテクスチャーといった感覚的な側面までを総合的に考慮したうえで、設計者が注意深く材料を選定しているのである。

適材適所という言葉が表すように、使用部位にあわせて材料の特徴を活かすような正しい使い方を学ばなければならない。そのためには個別の建築材料の性質を知るだけでなく、他の要因との関係も考慮したうえで、どのような使い方をすればよいか、考える力を身につけることが望ましい。

この本では、材料の性質や選び方について、筆者が設計事務所で培ってきた経験に基づき実務の現場を意識して解説した。

大きく二部構成とし、「I 主に建築を構成する材料」は、木材、コンクリート、鋼材、石材、ガラスといった建築を内外ともに形づくる主要な材料についてまとめた。

「II 主に建築の機能を支える材料」は、セラミックスや鋼材以外の金属材料といった、建築の内部、外部、またその境界において建築の性能・機能を守る材料、また塗料やボードなどの内装材料、さらに防水・断熱・防音など、建築の性能を高め、機能を維持する材料をまとめた。

主な読者として、建築系大学の学生と建築に携わる若い建築家や技術者、および建築士試験の受験生を想定している。そのため本書で学んだ知識を確実にするための確認問題を掲載し、わかりにくいと思われる用語については巻末にまとめた。建築材料の性質や性能を理解するために、最小限知っておかなければならない技術的知識は、初学者向けになるべくわかりやすく解説したつもりである。

本書は拙著『考える建築構法』（彰国社）の姉妹編である。建築を設計するうえでは材料と構法は密接に関連する。本書とともに『考える建築構法』を合わせて読まれることにより、知識を深めていただければ幸いである。

『考える建築構法』に引き続き本書を執筆する機会をいただいた彰国社、および企画段階から校正、出版にいたるまで多大なご協力をいただいた尾関 恵氏に深く感謝したい。ほかにも多くの方々からご教示、ご協力をいただいた。ここに記して深く感謝する。

2016年11月末日 庫川尚益

はじめに 材料の選び方、使い方を「考える」…………… 3

I 主に建築を構成する材料

1章 木材

- 1.1 木材と建築…………… 8
- 1.2 樹木の成長と形成層の働き…………… 10
- 1.3 心材と辺材、早材と晩材、針葉樹と広葉樹…………… 12
- 1.4 木材の性質① 水分と強度…………… 14
- 1.5 木材の性質② 火災対策と腐朽対策…………… 16
- 1.6 構法・部位にあわせた選択…………… 18
- 1.7 製材・集成材の JAS 規格…………… 20
- 1.8 木質建材① 合板、木質繊維板…………… 22
- 1.9 木質建材② OSB、パーティクルボード、LVL、CLT…………… 24

2章 コンクリート

- 2.1 コンクリートと建築…………… 26
- 2.2 コンクリートと鉄筋コンクリート…………… 28
- 2.3 コンクリートの材料…………… 30
- 2.4 コンクリートの調合…………… 32
- 2.5 コンクリートの発注から打設まで…………… 34
- 2.6 フレッシュコンクリートの性質…………… 36
- 2.7 コンクリートの強度…………… 38
- 2.8 硬化したコンクリートの性質①…………… 40
- 2.9 硬化したコンクリートの性質②…………… 42
- 2.10 さまざまなコンクリートの種類…………… 44
- 2.11 セメントの種類…………… 46
- 2.12 セメントの水和反応と凝結・硬化…………… 48

3章 鉄鋼材料

- 3.1 鉄と鋼材…………… 52
- 3.2 鉄の製法…………… 54
- 3.3 鋼材の組織…………… 56
- 3.4 鋼材の防食と表面処理…………… 58
- 3.5 建築用鋼材の種類…………… 60
- 3.6 鋼材の種類と形…………… 62

4章 ガラス

- 4.1 ガラスと建築…………… 64
- 4.2 ガラスの製造方法…………… 66
- 4.3 板ガラスの防火性能…………… 68
- 4.4 板ガラスの省エネルギー性能…………… 70
- 4.5 板ガラスの強度…………… 72

5章 石材

- 5.1 建築と石材…………… 76
- 5.2 石材の種類と用途…………… 78
- 5.3 採石と加工…………… 82
- 5.4 石材の仕上げ加工…………… 84

II 主に建築の機能を支える材料

6章 セラミックス

- 6.1 セラミックタイルの種類と特徴…………… 88
- 6.2 セラミックタイルの製法と使用法…………… 90
- 6.3 テラコッタ、れんが、瓦など…………… 92

7章 金属材料

- 7.1 ステンレス…………… 94
- 7.2 銅および銅の合金…………… 96
- 7.3 アルミニウムとその合金…………… 98
- 7.4 その他の金属と合金…………… 100

8章 塗料

- 8.1 建築と塗料…………… 104
- 8.2 塗料の構成…………… 106
- 8.3 塗料の種類と用途…………… 108

9章 左官材料

- 9.1 左官材料① 材料の構成、モルタル…………… 110
- 9.2 左官材料② 石膏プラスター、漆喰ほか…………… 112
- 9.3 左官材料③ 土壁ほか…………… 114

10章 無機質ボード

- 10.1 石膏ボード…………… 118
- 10.2 繊維強化セメント板…………… 120
- 10.3 サイディングとその他のパネル…………… 122
- 10.4 岩綿吸音板とその他のボード…………… 124

11章 繊維・ビニル系材料

- 11.1 畳……………126
- 11.2 カーペット……………128
- 11.3 プラスチック系床材……………130
- 11.4 壁装材料……………132

12章 機能性材料

- 12.1 機能性材料の種類……………136
- 12.2 防水する部位と防水材料……………138
- 12.3 防水工法と防水材料……………140
- 12.4 その他の防水材料……………142
- 12.5 断熱材の性能……………144
- 12.6 断熱材の種類……………146
- 12.7 音響材料……………148
- 12.8 音響材料の種類……………150
- 12.9 防火材料……………152

●学ぶコラム

- ①木材の「欠点」……………50
- ②コンクリート強度の決め方……………51
- ③鉄の錆……………74
- ④ガラスはどうやってはめる？……………75
- ⑤石は何からできているか……………86
- ⑥タイルは恒久的な素材？……………102
- ⑦金属のさまざまな耐食性……………103
- ⑧日本の伝統的な塗料—漆と柿渋……………116
- ⑨変遷する左官工法……………117
- ⑩廃石膏ボードの再資源化……………134
- ⑪建築材料としての畳……………135
- ⑫シーリング材の選び方……………154

●付録

- 理解度確認問題……………156
- 用語解説……………164
- 参考文献……………167

I

主に建築を 構成する材料

木材と石材は人類の歴史とともに歩んできた
親しみのある材料である。
コンクリート、鉄鋼、ガラスは
産業革命以降に現れ、
建築のつくり方を大きく変える材料となった。
これらの素材の特性を理解することが
建築を形づくるうえで重要である。

1.3 心材と辺材、早材と晩材、針葉樹と広葉樹



腐朽しやすい場所には心材と辺材どちらを使うのが適切か。またその理由とは？ 早材と晩材の違いとは？ またその利用方法とは？ 針葉樹と広葉樹は何が違い、どのように使い分けられるのだろうか？
木材の性質を知り、用途にあわせて上手に利用しよう。

1 心材と辺材

1) 辺材

形成層は栄養をつかさどる細胞も生み出している。これが**柔細胞**である。木部の細胞は前述したように木化した時点で生命活動を終えるが、柔細胞は生き続け樹木の各部分に養分を送り続ける。柔細胞が活動を続けている部分を**辺材**と呼び、やや白っぽい色をしているので**白太**ともいう。水分や養分が多く材質が柔らかいので**心材**に比べて腐朽菌に侵されやすい。

2) 心材化

柔細胞も一定期間（数年から十数年といわれる）生きた後にやがて死滅する。死滅するときには防腐効果のある物質（心材物質）を生成すると同時に、細胞壁の繊維がリグニンで固められ材質が硬くなる。これが心材化である。心材（赤身ともいう）が辺材よりも腐りにくく、硬いのはこうした理由によるものである。また心材が辺材より赤みが増すのは心材物質に着色成分が含まれているからである。心材は完全に死んだ組織で生物としての機能は停止しており、通導も止まる。

2 早材と晩材

1) 年輪の形成

形成層の活動が活発な春から夏にかけてできる細胞は、形が大きく細胞壁が薄いため、淡い色合いをしている。この部分が**早材**（春材）である。形成層は夏の終わりごろから活動が鈍り始め、細胞のサイズも小さく壁が厚くなるので色合いが濃い。この部分が**晩材**（夏材、秋材）である。晩秋から冬にかけては細胞分裂は行われず樹木の成長は止まる。早材、晩材がひと組で1年分の年輪になる（図1）。

2) 木目を活かした仕上げ法

スギなどは風雨にさらされると柔らかい早材部が削られ木目が浮き出る（写真1）。早材、晩材の硬さの違いを利用した仕上げに焼杉がある。

3 針葉樹と広葉樹

針葉樹も広葉樹も維管束（管状の組織）をもつ種子植物に分類されている（表1）。両者の違いは種子のもとになる「胚珠」と呼ばれるものがむき出し（針葉樹＝裸子植物）か、包まれている（広葉樹＝被子植物）かによる。

1) 針葉樹

針葉樹にはヒノキやスギなどのように葉先がとがったものが多い。樹形はスギ林などに見られるようにまっすぐ高く上に伸びる。通直で大材が得られ、材質は柔らかく加工しやすい。木造建築の主要材料である。代表的な樹種にスギ、マツ、ヒノキ、ヒバ、ツガ、ベイツガなどがある（写真2）。

2) 広葉樹

広葉樹の葉はサクラやカキのように平べったいものが多い。一般に枝葉が横に広がっている樹形をしている（写真2）。材質は硬いものが多いが、中にはキリやバルサのように柔らかいものもある。広葉樹は道管の分布の仕方に特徴があり、大きな道管が年輪のはじめに数列並ぶものを**環孔材**、同じくらいの大きさの道管が全体に散在しているものを**散孔材**という。環孔材にはナラ、ニレ、タモ、セン、ケヤキ、クリ、シオジなどがある。散孔材にはサクラ、カバ、シナ、ブナ、カエデなどがある。環孔材は年輪に沿って並んだ道管が塗料をよく吸い込み、色が濃くつきやすく木目を美しく見せる効果がある（写真3、4）。塗料の拭き取り仕上げにも適している。

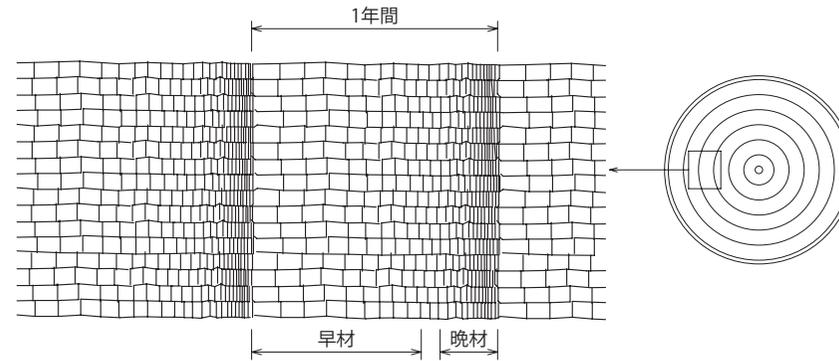


図1 早材と晩材



写真1 風化により晩材の木目が浮き出したスギ



写真2 針葉樹（左：スギ）と広葉樹（右：ケヤキ）

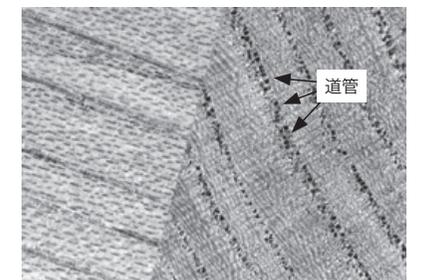


写真3 年輪に沿って道管が集中（ニレ材）



写真4 塗料の吸い込み方の違いで木目が鮮明に現れる（ニレ材）

表1 針葉樹と広葉樹

(写真提供：国立研究開発法人森林総合研究所)

	針葉樹	広葉樹
組織の顕微鏡写真	 針葉樹（ヒノキ）。無数に並ぶ小さな穴は仮道管。仮道管は水の通導と樹体支持の役割を兼任している。	 広葉樹（ケヤキ：環孔材）大きく見えている穴が道管。道管は水を通す役割だけ担う。樹体は木繊維が支持する。
主要樹種	ヒノキ、スギ、マツ、ヒバ、サワラ、ツガ、ベイツガなど	ナラ、ブナ、ケヤキ、サクラ、クリ、キリなど
主な用途	柱、梁などの構造材、下地、造作など建築物のほとんどの部分	床材、壁材、家具、造作など

2.7 コンクリートの強度



コンクリートの強度とは一般に圧縮強度のことである。それはなぜか？ コンクリートの強度理論とはどういうものか？ 材齢（打設後の経過時間のこと）と強度発現にはどのような関係があるのか。コンクリートに力を加えるとどのくらい変形するのだろうか？ 硬化したコンクリートの力学的性状を考えてみる。

1 コンクリート強度

一般に、コンクリート強度といえば圧縮強度のことをいう。これは他の強度に比べて圧縮強度が極めて大きいことによる。圧縮強度がわかれば、他の強度は推定することが可能である（表1）。

1) コンクリートの強度理論

主な強度理論に水セメント比説、セメント水比説がある（表2）。**水セメント比説**はコンクリートの圧縮強度は水セメント比（w/c）によって決まるというもので、D.A. アブラムズが提唱した。**セメント水比説**は圧縮強度とセメント水比（c/w）は直線関係にあるという説で、I. リースが提唱した。コンクリートの強度がセメントと水との割合で決まるという点ではアブラムズと同じであるが、より簡便な1次関数で計算も容易である。コンクリートの調査設計には一般にリースの式が用いられる。

コンクリート強度はセメントペーストの強さ、骨材の強さ、骨材とセメントペーストとの接着力の3条件と、空気量、打設後の養生の状態によって決まる。コンクリート強度について共通していえることは、内部の空隙が少なく密実なコンクリートほど、強度が大きいということである。

2) 圧縮強度

コンクリート強度は材齢4週（28日）の圧縮強度試験による（写真1）。強度は打設直後から1カ月位の間は急上昇し、その後は緩やかに増加する（図1）。

3) 引張強度、曲げ強度、せん断強度

コンクリートの引張強度試験は、試験体を直接引っ張るのではなく、割裂試験により間接的に求める方法による（写真2）。曲げ強度試験は左右の支点間を3等分して上部の2点から载荷する

方法による（写真3）。せん断力の試験方法に関してはJISに規定はない。

4) 付着強度

主に鉄筋に対するもので、凹凸など機械的な抵抗力、鉄筋との接着力、摩擦力によって左右される。丸鋼よりも**異形鉄筋**のほうが付着強度は大きく、一般に水平鉄筋よりも垂直鉄筋、上端筋に比べて下端筋の付着強度が大きい。

5) 疲労強度

コンクリートは繰り返し荷重により、静的状態における強度よりも低い強度で破壊することがある。このときの強度を**疲労強度**という。条件にもよるが普通コンクリートの場合200万回疲労強度は静的強度の65%程度といわれている。

2 ヤング係数、ひずみ度

1) ヤング係数

コンクリートに力を加えると内部に応力が発生してわずかに変形する。応力度をひずみ度で割ったものがヤング係数である。鋼材のような弾性体では応力とひずみの関係は比例限度までは直線になるが、コンクリートの場合は、初期の段階から骨材とペーストの間に微小亀裂が生じて、少しずつ破壊が進むため、応力とひずみは直線関係にならずに最初から曲線を示す。そのためコンクリートのヤング係数は割線の勾配とする。一般に高強度になるほどヤング係数も大きくなる（図2）。

2) ひずみ度

もとの長さに対するひずみの割合をひずみ度という。コンクリートのひずみ度は0.15～0.3%で圧縮強度の大きいコンクリートほど大きい値になる。

表1 コンクリートの強度比較
(圧縮強度を1とした場合)

圧縮	1
引張り	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{13}$
曲げ	$\frac{1}{5} \sim \frac{1}{8}$
せん断	$\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}$
付着	$\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}$

表2 コンクリートの強度理論

<p>D.A. アブラムズの水セメント比説</p> $F_c = \frac{A}{B^x}$ <p>A, B: 実験定数 x: 水セメント比 (w/c)</p>	<p>圧縮強度 (N/mm²)</p> <p>水セメント比 (%)</p>
<p>I. リースのセメント水比説</p> $F_c = A + Bx$ <p>A, B: 実験定数 x: セメント水比 (c/w)</p>	<p>圧縮強度 (N/mm²)</p> <p>セメント水比</p> <p>水セメント比 (%)</p>

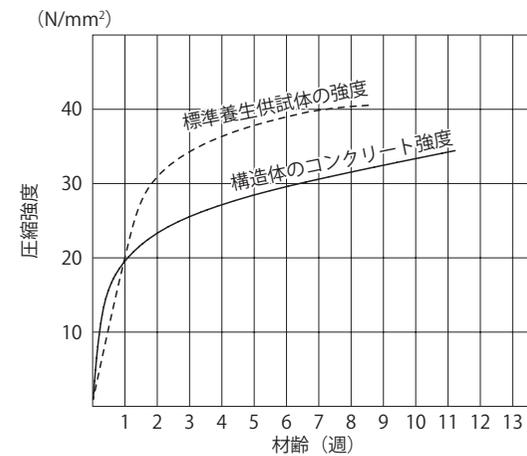


図1 材齢と圧縮強度の関係

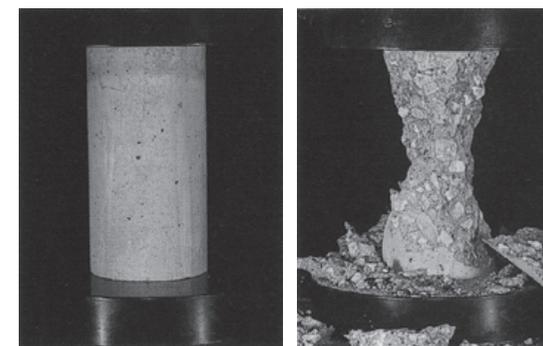
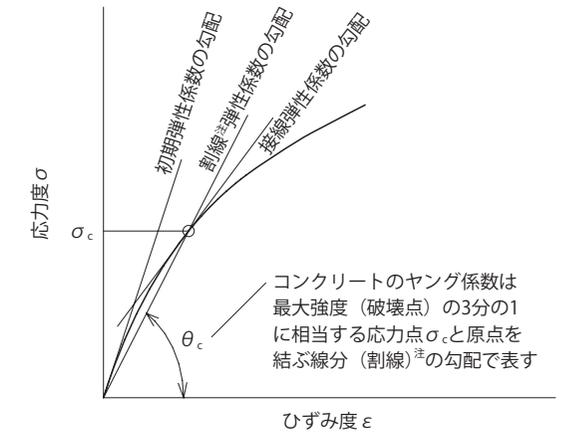


写真1 コンクリートの圧縮強度試験
(出典：セメント協会「セメントの常識」2013年)



注：曲線状の2点を結ぶ直線のこと

図2 応力ひずみ度曲線

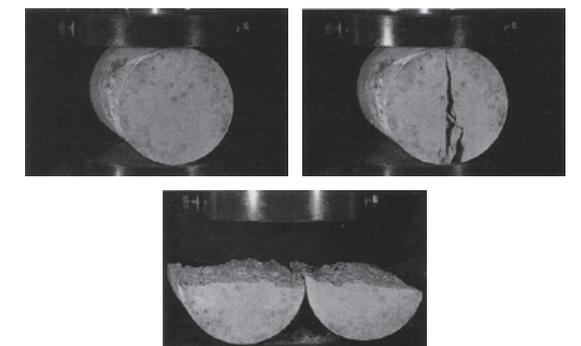


写真2 コンクリートの割裂引張強度試験
(出典：セメント協会「セメントの常識」2013年)

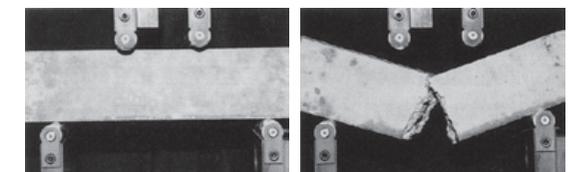


写真3 コンクリートの曲げ強度試験
(出典：セメント協会「セメントの常識」2013年)

3.2 鉄の製法



鉄は近代材料であるが、古代からある材料でもある。鉄の製造の歴史は古い。制御技術を駆使して、製法は近代化されてはいるが、基本的な製造方法は昔からそう変わっていない。高炉製品だけでなく、資源を有効利用するため、使用済みのスクラップからでも良質の鋼材が製造できるようになった。

1 鉄の原料

1) 鉄鉱石

鉄 (Fe) は地球の地殻内で酸素と結び付いた酸化鉄の状態では約 6.71% 存在する。鉄を大量に含む鉱石が鉄鉱石で、鉄分は約 60% 含まれる。

鉄鉱石には赤鉄鉱 (Fe_2O_3)、磁鉄鉱 (Fe_3O_4)、褐鉄鉱 ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) などがあるが、すべて輸入による (オーストラリア約 61%、ブラジル約 28%、その他 11%、2014 年)*。鉄鉱石から鉄を取り出すためには鉄鉱石、コークス、石灰岩を炉内で加熱して鉄の成分を溶出させる (図 1)。

2) コークス

鉄鉱石は直径 5mm 以下の粉末状のものであるため、そのまま投入すると炉内で目詰まりを起こす。そのため少量の**コークス粉**、石灰粉を混入して焼き固めた (焼結) **焼結鉱** (図 1 ①) を使う。

高炉用のコークスは粘結性のある石炭をコークス炉で蒸し焼きにしてつくる (②)。コークスには高温を発生させるための燃料として、また鉄から酸素を取り除く還元剤としての役割がある。炉内を溶けた鉄が移動したり、燃焼で生じた還元ガスの上昇を妨げないように、隙間が必要になるので、簡単につぶれないような強度も必要になる。

石灰石 (③) はケイ酸など岩石質の物質やその他の不純物を取り除く作用がある。

2 鉄の製造

1) 高炉

鉄の製造に用いられる**高炉** (④) は、高さが 50m 以上にもなる円筒状の溶鉱炉である。鉄鉱石とコークスを高温下で化学反応をさせて鉄鉱石の酸素を取り除くとともに、溶解プロセスを経て鉄 (銑鉄⑤) を取り出す。コークスの燃焼で生じ

た一酸化炭素や水素などの高温ガス (還元ガス) は炉内を上昇し鉄鉱石の鉄を溶かしながら酸素を奪う。こうして溶出した銑鉄は炉底にたまる。

2) 転炉

高炉で溶け出した銑鉄は転炉 (⑥) に送られ酸素を吹き付けて炭素を取り除くとともに酸化物、リン、硫黄など不純物を取り除き鋼とする (⑦)。

3) 電気炉

鉄は再資源化に向いている材料であり、使用済みの鉄を再び鋼材として再利用している。鉄スクラップ (⑧) を溶かして、酸素や硫黄を取り除いて鋼を製造するのに使われるのが電気炉 (⑨) である。高炉材 (高炉→転炉) に比べて、一般に電炉材の生産・設備規模は小さいので、サイズの小さい製品や小ロットに向いている。

3 製品化の流れ

1) 半製品 (鋼塊) の製造

溶けた鋼が冷えて固まる前に成形して鋼材にするが、一気に鋼材として製品化するのではなく、連続鑄造設備 (⑩) に送って、ある程度の鋼の塊にした鋼片をつくる。この鋼片を切り分けて**ビレット**、**ブルーム**、**スラブ**という形状の異なる半製品にする (⑪)。

これらの半製品はいわば**形鋼**や**鋼管**などを製造するための原料といってもよく、再加熱して使用目的に応じた形に成形して製品とする (図 2)。

2) 半製品から製品に

鋼材の成形方法にはロールに材料を挟んで押し付けて伸ばす「**圧延**」、たたいて所要の形に成形する「**鍛造**」、所定の断面形状に押し出す「**押し出し**」などがあるが、形鋼や鋼管などほとんどの建築用鋼材は圧延成形による (写真 1～3)。



②コークス*1



④高炉*1

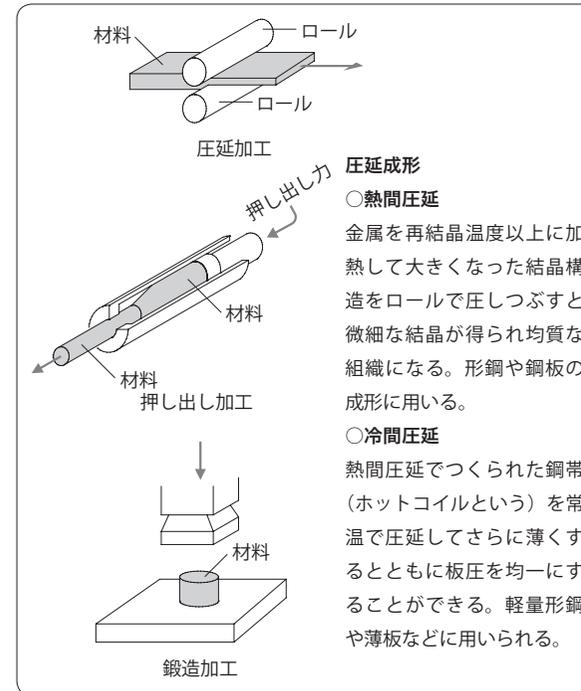


図 2 成形加工



写真 1 薄板製品*1



写真 2 H形鋼*1



写真 3 鋼管*1

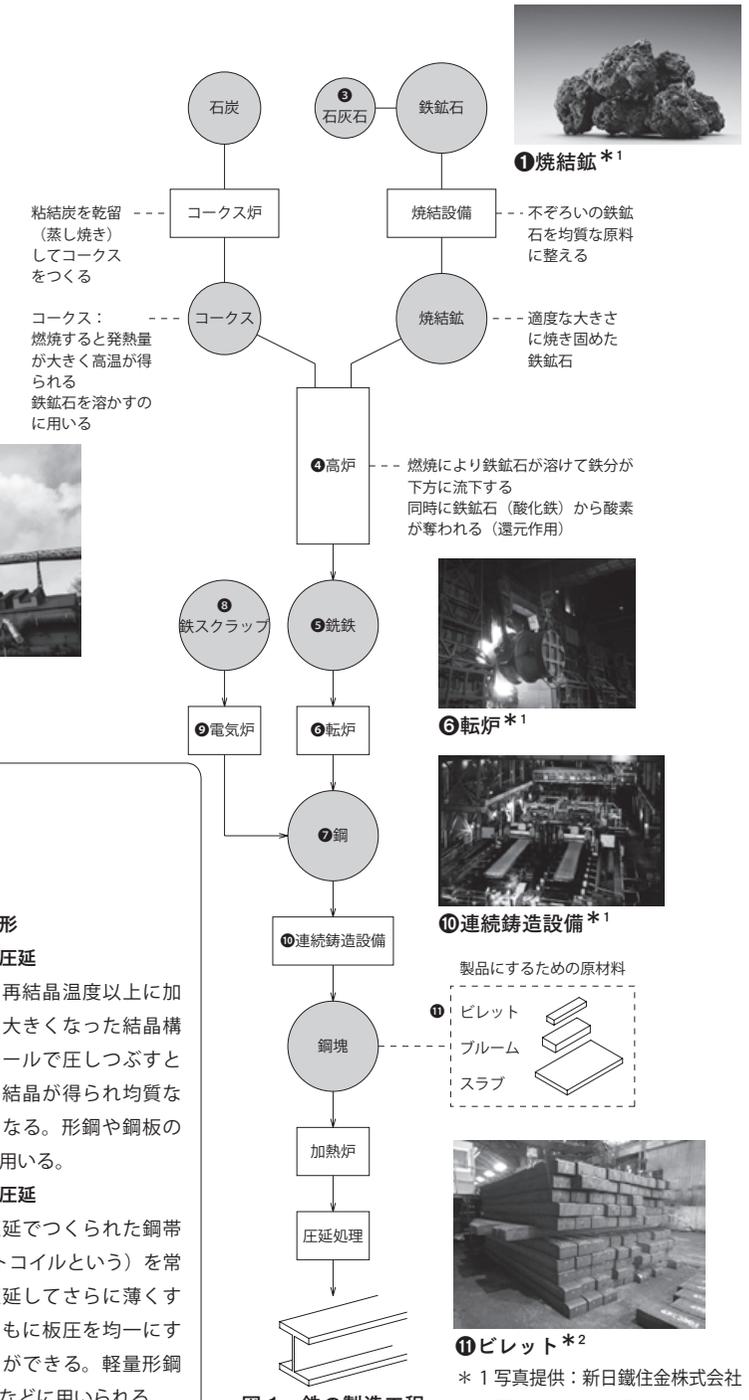


図 1 鉄の製造工程

4.5 板ガラスの強度



ガラスはもともと破損しやすい材料である。一方で現代の都市にはいたるところにガラスが使われている。私たちはガラスが容易に破損しないように、また破損しても人体に危険が及ばないようにしなければならない。板ガラスの強度設計は何を目標に行えばよいのか。考慮すべき事柄は何か。

1 板ガラスの強度設計

ガラスに作用する外力には風圧力、衝撃力などがある。強度設計は外力に対して破損しない、破損しても二次的被害を生じないことを目標にする。

板ガラスの安全性については表1のような事柄を考慮する必要がある。衝撃力については主に人体とガラスの衝突を想定したショットバッグ試験における落下高さ(図1)を目安にしている。

開口部まわりは特に安全性が求められる(図2)。耐風圧設計は外部の窓ガラスを選定するのに必要になる。建物の高さや地域、周囲の地上面が平坦であるか、建物などが多い場所であるかなどを勘案して設計荷重を求め、適切なガラスを選定する(図3)。

2 板ガラスの種類

1) 強化ガラス (JIS R 3206)

板ガラスを熱処理してガラス表面に強い圧縮応力層をつくり、破壊強さを増加させ、かつ破損したときに細片となるようにしたもの。板ガラスを軟化温度近く(650~700°C)まで加熱した後、ガラスの両面に常温の空気を吹き付けて急冷して、表面に圧縮応力を生じさせる方法で製造する。

フロートガラス、磨き板ガラス、型板ガラス、熱線吸収・反射板ガラスなどを強化ガラスに加工できる。またガラスの種類によっては曲面加工することもできる。

強化ガラスは人体の衝突などで破損しても鋭利な破片が飛散しないので学校など安全性を重要視する施設やガラスドア、自動ドアなどに使用されることが多い。耐風圧強度は同じ厚さのフロートガラスの約3倍以上あるが、熱処理の影響で通常の板ガラスに比べて反射像のゆがみが大きくな

る。また強化加工後のガラスは切断できない。

使用上の注意として、何らかの原因で一部に破損が起ると、表面の圧縮応力層と内部の応力のバランスが崩れて、一瞬に粒状に全面破砕することがある。開口部が開放状態になるため破損時に人が転落する可能性のある場所に使用しないこと、合わせ加工をするなどの配慮が必要である。

2) 倍強度ガラス (JIS R 3222)

強化ガラスと同様な方法でつくられるが破損時には粒状にならずに通常のガラスに近い割れ方になる。同じ厚さのフロートガラスの約2倍の耐風圧強度、熱割れ強度がある。用途としては、主に高層ビルの外装で特に熱割れの生じやすいパンドレル部や、同じガラス厚さで強度の異なるガラスを組み合わせる場合などがある。

3) 合わせガラス (JIS R 3205)

2枚以上の板ガラスの間に接着力の強い合成樹脂中間膜を挟み、圧力窯に入れて高温(120~130°C)で全面圧着したもので、破損しても、破片の大部分が飛び散らないようにしたものである。

中間膜を挟むことで衝撃物が貫通しにくく防犯ガラスとして使用できる。中間膜にはPVB(ポリビニルブチラール)という軟質の樹脂フィルムを使用し、厚さは30、60、90mil*というものが多い。

降雨などでガラスの端部が長時間水に浸かると中間膜が白濁したり剥離する恐れがあるので、シーリングなどで止水するとともに水抜き機構を備えたサッシを使用する。

4) ポリカーボネート樹脂板 (JIS K 6735)

押し出し成形したポリカーボネート(PC)製の板で、衝撃に強いことが最大の特徴である。浴室のドアなどにガラスの代替品として使われることも多い(表2)。

表1 板ガラスの安全性について考慮する事柄

(写真提供: 旭硝子株式会社)

種類	内容	対策
飛散防止	破損時の破片を飛散させない。	網入りガラス、合わせガラス、網・線入りガラスなど。
耐貫通性	ガラスを破壊した加撃物が貫通しない。	合わせガラス、網・線入りガラスなど。
破片	破壊時のガラスの破片を鋭利にしない。	強化ガラス
破損防止	衝撃に対するガラスの強度を増す。	強化ガラス、合わせガラス、倍強度ガラスなど。
衝突安全性	人体や物がガラスに衝突しない対策を施す。	開口部周辺の設計上の配慮。
破片落下対策	破片が落下した場合の安全対策を施す。	建物周囲および庇設置などの配慮で防止する。
脱落防止	地震などで枠がゆがんでもガラスが脱落しない。	枠への止め付け方(グレイジング)に配慮する。



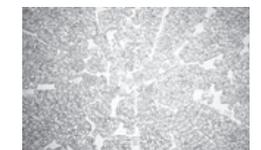
フロートガラス



網入りガラス



合わせガラス



強化ガラス

板ガラスの破壊形状と貫通イメージ

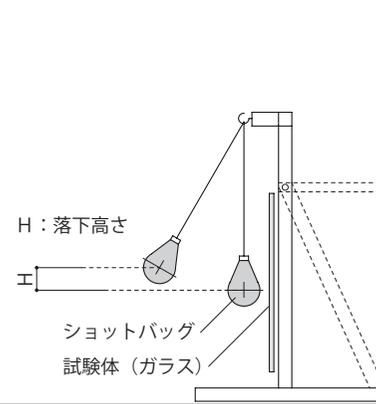
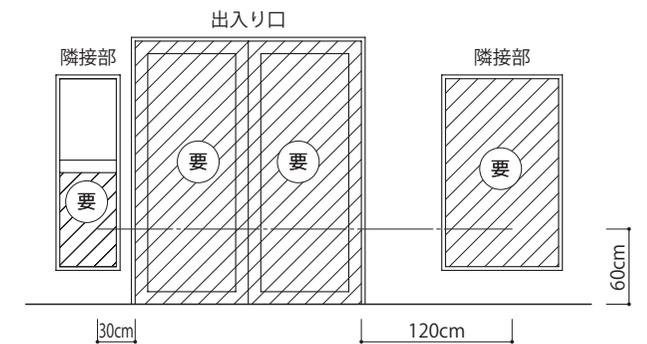


図1 ショットバッグ試験



(要): 安全設計を必要とするガラス

図2 安全設計を必要とするガラスの部分の例

(出典: 日本建築防災協会「ガラスを用いた開口部の安全設計指針」より作成)

表2 ポリカーボネート樹脂板の特徴

種類	一般用、耐食用、耐摩耗用
形状	平板、型板、波板
光線透過率	厚さ4mmのもので85%以上。同じ厚さのフロートガラスは約90%。
比重	比重は1.2で板ガラス(2.5)の約半分。
耐衝撃強度	極めて大。人体や飛来物の衝突、ハンマーなどの衝撃に対してはほぼ割ることがない。
加工性	板ガラスよりも切断や穴あけの加工がしやすい。
線膨張係数	$68 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と板ガラス($8.5 \sim 9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)の約8倍。
耐候性	耐候性に劣り経年により黄変することがある。紫外線で劣化する。
硬さ	表面に傷がつきやすい。
防火・耐熱性	難燃性があり着火しても自己消火する。150°C以上で軟化する可能性がある。
用途	簡易な建築物の屋根材、トップライトや手すりの腰板、スケートリンクのフェンスなど耐衝撃強度が求められる場所に広く使用されている。

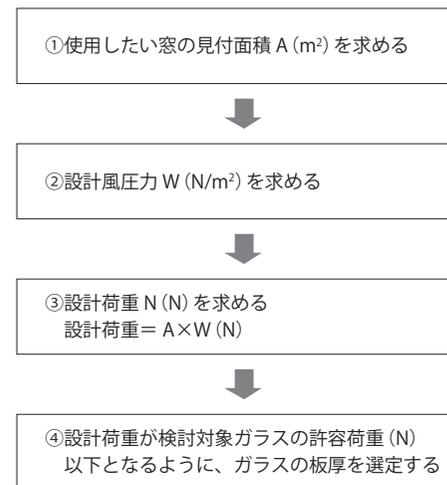


図3 耐風圧設計の手順

* mil: ミル、1ミルは1000分の1インチ=0.25mm

5.3 採石と加工



昔の人は重くて大きな石を運び出し建築材料にしてきた。それは石の見立てや加工を専門にする石工といわれる職人たちの知恵や経験によっていた。山から切り出された石は、どのようにして割ったり鋸で挽いたりして、壁や床材になるのだろうか。

1 石目を利用した採石法

石を岩山から切り出すには、**節理**や**石目**といった自然にある石の割れ目や割りやすい部分を知り採石する方法がとられている。

1) 節理 (joint) と石目 (rift)

火成岩の生成過程で、マグマの冷却にともなう収縮と圧力によって自然に割れ目が入る。この割れ目を節理といい、採石は節理を利用して行う。

同じ火成岩でも花崗岩は安山岩よりも節理の間隔が比較的大きいので大材を得やすい。節理には柱状節理と板状節理があり、板状節理が著しく発達したものが安山岩の一種の鉄平石で、薄く剥かれるように割れる。鉄平石はアプローチなどの敷石としてよく使われている。このように節理の間隔や方向で、切り出す石塊の最大サイズが決まる。

石を割るためには節理だけでなく石目を活用する方法がある。石目とは石材を加工する際の割れやすい面(劈開面)のことで、主成分の長石の劈開面に相当する方向に現れる。花崗岩は比較的、石目がわかりやすいといわれており、節理のある方向と一致する場合が多い。

石目というのは石工職人が経験的に使用している用語である。石目の位置や方向は一見してわからないことが多く、判別には熟練を要するといわれている。石目を見極めながら加工することで、無駄を減らし歩留まり*が良くなる。

石目に沿って複数の小孔をあけて鉄製のくさび(矢という)を打ち込んで所要寸法に割ることを**矢割**と呼んでいる。

2) 石理 (texture)

石材表面の構成組織の状態を**石理**という。石理は石材の見栄えの良しあしに関係する。花崗岩は結晶質の石理となり、結晶質の大きさの違い

によって大(中、小)御影などと呼んでいる。同じ火成岩でも玄武岩は非結晶質の石理でつや消しの鈍い光り方になる。堆積岩の石理は成因の関係から凝灰岩(大谷石など)のような粗い目のものから砂岩のように砂質のもの、粘板岩(玄昌石など)のように微粉質のものなどがある。

2 原石の加工

採石場は**石丁場**とか単に**丁場**ともいう。巨大な岩石はいくつかの工程を経て床や壁の建材になり、建築用ではそのほとんどが板材になる。採石場で小割りにされた石塊は消費地に運ばれ、原石としてストックヤードに保管される。原石は通常野積みされるが、大理石のように酸性雨などに侵される石材は屋内に保管される。

原石から現場のニーズに応じてさまざまに加工される。かつては加工はつるはし、矢、のみなどを用いてすべて手作業で行われていたが、現在は工程の大部分が機械化されるようになっている。大鋸などで所要の厚さに切断して各種の表面仕上げを施す。大鋸には図1のようなギャングソーのほかに丸鋸、ワイヤソーなどを使うことがある。原石からとれる挽き割り材の最大寸法は石種にもよるが、概ね3m×1.2m~1.5mが目安である。最終製品としての石材の寸法はこれらの寸法の何等分という決め方をすると、材料が無駄なく使えることになる。したがって、設計の際には使用する原石の大きさを確認しておく必要がある。

所要の厚さにした板の表面仕上げは**磨き仕上げ**と**粗面仕上げ**に大別される。その後石材は設計図に基づき所要の寸法に切断して現場で取り付けられるが、取り付け方法によって穴あけなどの加工が必要になるものもある(5.4節参照)。

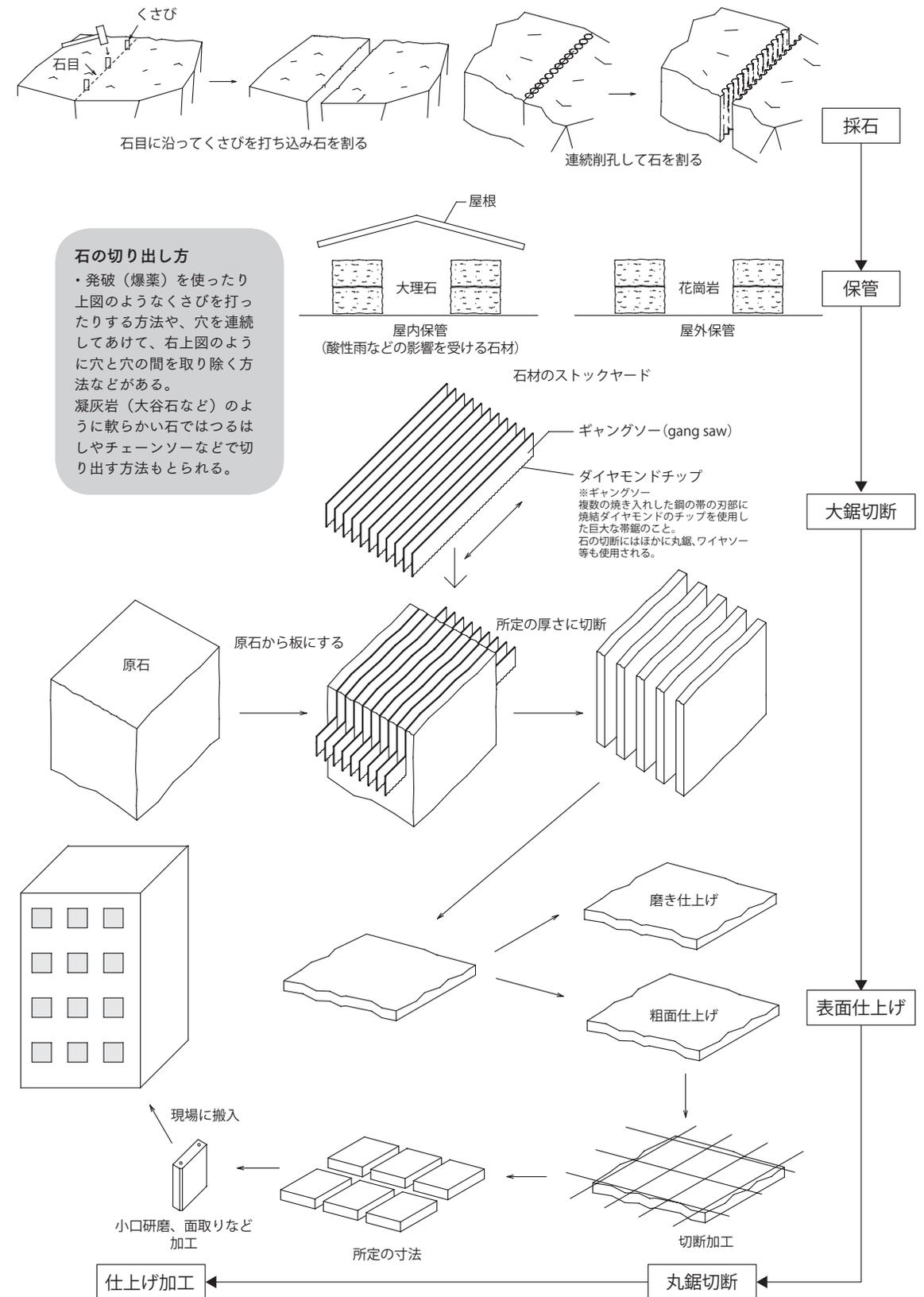


図1 原石から建材になるまでの流れ