

建築——構成と材料

丹夫洋
迪正
岡池谷
吉小茶
著

丸善株式会社

建築——構成と材料

丹
夫
洋
迪
正
岡
池
谷
吉
小
茶
著

丸善株式会社

執筆分担

吉岡 丹	1.1～1.4, 1.6, 1.7, 2.1, 2.4, 2.5, 2.7, 2.8, 3章, 4章
小池 迪夫	2.2, 2.3, 2.9, 7章, 9章
茶谷 正洋	1.5, 2.6, 5章, 6章, 8章

著者の現職

吉岡 丹	東京工業大学名誉教授, 宇都宮大学教授 工学博士
小池迪夫	東京工業大学教授 工学博士
茶谷正洋	東京工業大学教授 工学博士

建築——構成と材料

定価 3,500 円

昭和 57 年 1 月 30 日 発行

©1982

著 作 者	よし 吉	おか 岡	まこと 丹
	こ 小	いけ 池	みち 迪
	ちや 茶	たに 谷	お 夫
発 行 者	飯	泉	新 吾

発 行 所 丸 善 株 式 会 社

郵便番号 103 東京都中央区日本橋二丁目3番10号

印刷 日東紙工株式会社・製本 誠光社製本印刷株式会社

3052—2649—7924

序

はじめに本書を上梓するきっかけになったともいえる古い経験を語りたい。

東北大学建築学科で建築材料の講義をしていた頃のこと、ある若い建築家の相談を受けた。幼稚園の床に当時新建材と呼ばれていた硬質のビニルアスベストタイルを張ったという。美しい色彩のタイルで模様をつくり、幼児の目を楽しませようというわけである。しかし冬に入り暖房の季節となって思わぬ苦情がでた。床にじかに坐り、ときには寝ころんで、絵をかくなどして遊ぶ幼児が、しきりにおしっこをうったえるようになったというのである。床が冷えたのである。暖房時に天井付近の室温は 30°C もあるのに、床面では 10°C とはなはだしい差のあることは、日常よく経験することであり、コンクリート床に厚さ 2~3 mm の塩化ビニルタイルを張っただけの床では、坐り寝ころぶ幼児の体が冷えこむのは当然であろう。適当な床材料はないだろうかという相談であった。これは床材料だけの解決は困難である。コンクリート床に根太を転がし、荒板に厚手の合板を張った二重張り下地の上に塩化ビニルを張ることをすすめた。これでどうやら床の冷えは防げたようである。

このようなことを二、三経験して、それまでの脈絡なくただ材料を羅列しただけの自分の講義について抱いていた隔靴搔痒の感に対し、ひとつの暗示を得た思いがしたのである。建築材料は単なる材料ではなく、人間が生活する空間を構成するものだという、ごく当り前のことに改めて気付いたということ、全く迂闊な話である。材料のもつ種々の物性について知ることは勿論大切であるが、それが使われる場所、使われ方、そして他の材料と協力して構成する床

や壁や天井が発揮する性能こそが、さらに大切なのだということである。

それからの講義や研究にはこの考え方を織りこむようにつとめ、材料の性質や工法とともに部位としての性能、さらに人間に及ぼす影響へと内容は次第にひろがるようになり、従来一般構造といわれていた分野も含め、また環境工学の分野の成果も取り入れるようころみたのである。建築材料とはこのような視野をもって扱われるべきものであるという考えに立ったわけである。そこで知友を語らい協力を願ったところ、幸いに小池迪夫、茶谷正洋の両博士がころよく賛同して下さり、計画は進行し具体化へと歩みだしたのである。

以上が本書を生むに至ったいきさつであり、したがって内容は、建築における建築材料の立場を述べ、その概況とそれに影響を及ぼす諸要因をあげ、この基本的な考え方の知識に基づいて、各部位の構成と性能についての理解を深めるよう構成されており、ここに従来にない本書の特色があると考ええる。

また本書は、各材料の個々についての製造方法、物理的性質、機械的性質等についてはその要点を記すにとどめ、詳しくは他の多くの良書にゆずることとし、建築の中で建築材料のあるべき姿の解説に力点を置き、ひとつの流れを示すよう心がけたつもりである。本書による勉学、あるいは講義によって、一般構造や環境工学、さらに防災の分野へと関心はひろがり、建築材料を扇のかなめとして建築全般に対する理解と興味を深めるであろうと考える。

小池、茶谷両博士には、その思うところを自由に書いていただいた。その内容に表現に、また構成にそれぞれ持味があり、私を加え三人三様、これも本書の異色あるところである。

最後に、貴重な研究成果や図表を引用させていただいた多くの方々に深く感謝を申しあげ、本書の出版を快諾された丸善株式会社に記して謝意を表する次第である。

昭和 56 年 12 月 6 日

代表して 吉 岡 丹

目 次

1 建築と材料	1
1.1 建築材料とは	1
1.2 建築の構成	3
1.3 建築材料の分類	4
1.4 建築材料に要求される性能	5
1.5 耐久性	8
耐用年数の研究と計算例 10 修理費の研究と計算例 15	
1.6 規格・標準仕様書	16
1.7 モデュール	18
2 材料計画の要因と材料の挙動	21
2.1 外力および荷重	21
外力および荷重の種類 21 固定荷重 21 積載荷重 22	
積雪荷重 22 風圧力 23 地震力 24	
2.2 空 気	25
空気の成分と大気汚染物質 25 建築材料における空気の利 用 27 空気および汚染物質の材料に対する影響 28	
2.3 水	29
水の組成と性質 29 建築材料における水の利用 30	
建築材料に対する水の影響 30	
2.4 熱	33
熱膨張 34 熱伝導 34 熱伝達 35 熱貫流 36	
2.5 音	38

音の表わし方	38	音の反射・吸収・透過	39	吸音	39
遮音	42				
2.6 光・色	43				
光——視覚——	44	光——建築（採光・遮光）——	46		
材料——色——	53	材料——視覚——	63		
2.7 火	65				
燃焼	65	煙とガスと火災温度	66		
燃焼性による建築材料の分類	68	防火構造・耐火構造	68		
2.8 菌類・虫類	70				
菌類	70	虫類	71	防腐・防虫	72
2.9 化学薬品	73				
天然の化学薬品	73	工業における化学薬品	75		
3 構造と材料	79				
3.1 構造材料としての基本的性質	79				
3.2 構造材料の種類と性質	80				
木材	80	構造用鋼材	85	コンクリート	87
鉄筋コンクリート	95	その他の構造用材料	96		
3.3 構造材料の選択	97				
構造材料と構造形式	97	構造形式の特長	98		
4 床の構成と材料	101				
4.1 ま え が き	101				
4.2 床材料に要求される性質	103				
4.3 床材料の種類と選択	103				
4.4 床 下 地	108				
プラスチック系タイル・シート木造床下地	108				
コンクリート床モルタル下地	110				
4.5 木質系床材とその工法	111				
木質系床材の特質と種類	111	床板張り	111	縁甲板張	
り	112	フローリング張り	112	寄木張り	118
パーティクルボード板張り	119	複合床板張り	119		
4.6 プラスチック系床材とその工法	121				

4.7 陶磁器質タイルとその工法	126
4.8 床用石材とその工法	129
大理石張り 130 花こう岩張り 130 鉄平石（安山岩） 張り 132	
4.9 塗 仕 上 げ 床	132
現場塗りテラゾ 132 人造石研ぎ出し床 134 合成樹脂 系塗り床 134	
5 壁の構成と材料	135
5.1 ま え が き	135
5.2 壁 と 視・触 覚	137
素人と玄人 138 見本と実際 139 幅木と腰壁 141 むくとはりぼて 141 プレハブと目地 142	
5.3 壁 と 力	142
耐曲げ強さ 142 対衝撃性と安全性 144	
5.4 空 気 と 水	145
5.5 断熱・耐熱・防露	146
温度伝導 147 耐火・防火 151	
5.6 音	152
6 天井の構成と材料	155
6.1 ま え が き	155
6.2 天井の構成と材料	156
天井の構成 156 天井の種類 157	
6.3 天 井 の 機 能	160
熱 160 音 161 光 161 火 161 水湿分 162 耐久性 162	
7 屋根の構成と材料	165
7.1 屋 根 の 機 能	165
屋根とは 165 屋根の機能 166	
7.2 屋 根 の 構 成	167
屋根の形 167 屋根の架構 172 屋根ふき工法 172	

屋根防水工法 177

8 開口部（建具）の構成と材料	181
8.1 ま え が き	181
8.2 建 具 の 形 態	185
扉の開き方 185 開き戸の構造 186 引戸 187 引戸の構造 187 建具の組合せ 187 特殊な出入口 188	
窓 188 カーテン・ブラインド 191	
8.3 建 具 金 物	192
丁番 193 錠 (lock) 193 引手・取手 193	
レール・戸車 194	
8.4 建 具 の 材 料	194
木材 194 アルミニウム 196 スチール 198 耐候性高張力鋼 199 ステンレススチール 199 銅 199	
複合パネル 200 シール材 200 ガスケット 200	
8.5 開 口 部 の 性 能	203
気密性 204 雨仕舞 206 耐風圧強度 210 面内変形性（層間変位） 211 断熱性・防湿性 214	
遮音性 216 防火性など建築基準法による開口部 218	
コスト 219 建具材料の性能 219 建具金物の耐久性 221 開口部の安全性と快適性 221	
9 接合の方法と材料	223
9.1 接合の機能と形式	223
接合の機能 223 接合の形式 224	
9.2 機 械 的 接 合	224
くぎ接合 224 ねじによる接合 226	
9.3 溶 接	229
溶接の長所 229 溶接の短所 230 溶接法の種類 230	
溶接継手の種類 234 高分子材料の溶接および溶剤溶着 236	
9.4 接 着	237
接着とぬれ 237 接着と分子間力 239	
9.5 シ ー リ ン グ	241
不定形シーリング材 242 定形シーリング材 244	

1——建築と材料

1.1 建築材料とは

一般に建築と呼びならわされているものは、種々の材料によって構築された建築物のことである。しかし、人間が建築物を利用してさまざまな生活行動をするのは、この建築物の中につくられた空間である。その空間は人間の要求に応じた機能をもっている。たとえば音楽堂オーディトリウム、学校の教室、病院の手術室、住宅の寝室等々は、それぞれに要求される機能をもった空間である。これらの空間をそれにふさわしくつくり出すには、設計意匠とそれを実現するに適した多くの材料によらなければならない。ここに材料と空間とは不可分の関係にあるといえる。

伊東忠太博士* (1867～1954) に次のような至言がある。

「ローマの詩人の句に、『健全なる精神は健全なる肉体に宿る』がある。これを建築についていえば、精神は意匠であり、肉体は材料ということになろう。」

博士がこの言をなされた当時は、今ほど建築の学問分野が分化していなかったが、これを現代にいえば、材料から構造、設備、環境工学等々が分化進展したことになろう。健全とは健康で安全、すなわち建築空間において人間の生活活動は健康に行われ、建築物は地震、台風、火災等に安全であるということを

* 東京帝国大学教授、大倉集古館、築地本願寺の設計者。

意味しよう。

ここに建築において材料のもつ役割の極めて大きいことが理解される。したがって材料の進歩が建築の進歩を大きくうながすことも自明の事であろう。木材、石材などの自然の材料、れんがのような人工材料としては初歩的な材料から、現在の建築を構成する鋼材、コンクリート、ガラス、プラスチックへの材料の開発進歩は、現代の建築の質と量を、大きく進展させてきたのである。

しかし一方、建築の要求が材料の進歩をうながしたことも事実である。高い精度をもつ大型 H 形鋼の開発が、超高層ビルの建設を容易ならしめたこと、冷房負荷を軽減するための熱線吸収ガラスの開発等々、数多くその例をあげることができる。そして現在も建築の要求による新材料の開発研究は多方面で行われている。

さて、建築物はきびしい自然条件に耐えて、人間とその生活を健全に守りつづけなければならぬ。したがって建築物を構成する材料には、後述するように多種多様な性能が要求される。しかしこれら要求性能を 1 つで満足する完全な材料はない。適材適所というが、建築物における適材とは、ある部位に要求される性能を完全とはいかないが、かなりの程度まで満たす機能をもつもの、あるいは不完全な材料をいくつか複合して要求機能を与えたものということになる。さらに建築物は数多くの材料を技術的に巧妙に組み合わせで構成するものであるから、材料は物性的に適材である以上に、その加工性や組立施工性においても、また構成後の部位としての性能においても適材でなければならないのである。

次に建築材料は大量に使用されることから、生産量が大きで安価なことが必要条件になってくる。現代建築の代表的な材料であるコンクリートは、セメント、砂、砂利および水を混ぜ合わせてつくる極めて安価な材料で、原材料はそれぞれ大量に生産され安価で容易に入手できるものである。このことは人工衛星や宇宙船に使われるある特定な高性能で高価な材料と比較すればよく理解されよう。また現在、高性能の計算機やラジオが軽量小型化されて、ポケットに入るまでになっているが、建築は人間の活動する場であって、どのように性能

のよい材料で構成しても小型化は不可能で、自動車がマッチ箱程度になり得ないと同様であり、むしろ現代の建築は大型化に向いつつあって、材料を大量に使用するようになってきている。ここに建築材料においては、その量と価格が無視できない条件となっている。

さらに、建築材料が他分野の材料と著しく異なる点は、材料とその構成が人間の心理や生理に大きな影響を与えることである。たとえば、すべりやすい床では歩行感が悪く疲労し、時には転倒による障害を起こす。また断熱性の悪い床では足の冷えの生理現象が起こる。弾力性のない硬い体育館の床では競技はやりにくいばかりでなく、足の関節を痛めることにもなる。これらは床材料とその構成が人間に及ぼす影響の例であるが、他の部位においても同様に、触覚、視覚、聴覚、嗅覚を通して人間の心理や生理に微妙なしかし無視できない影響を与えていることは、材料の選択とその構成にあたって注意しなければならないことである。

1.2 建築の構成

建築空間は基本的には床、壁、天井および屋根で構成される。これらを一般構造部といい、空間の要求機能を果たす主要な部分である。この空間を安全に維持するためには、柱、はり、耐力壁、床などの建築物の骨組となる主体構造部と、これらに作用する力を安全に地盤に伝える基礎とが必要となる。しかし屋根、壁、床は場合によって主体構造部となり、一般構造部と明確に区別できないことも多い。空間にはさらにその機能をより十分に果たすために種々の設備が設けられるが、これも最近では一般構造部に組み込まれる（カーテンウォールや天井のシステム化）傾向もでてきている。このような傾向は、建築の工業生産化（建築の各部を部品化して規格を定めて量産化し、品質の安定、現場労務の軽減、工期の短縮などを目的とする）に伴って今後一層強くなるものと思われる。

建築各部の部品化の基礎となる考え方は、建築を構成する材料を単一の素材

としてとらえるよりも、それらが組み立てられて建築物の一部となったときに、その空間に対して果たす機能構成材としてとらえる方が有効であるとする。これが部品要素あるいは建築要素（building element）という考え方であり、JIS（日本工業規格）ではこれを部位という語で表わしている。建築空間の要求する性能を実現するために、単一の素材の物性からではなく、材料・構法・工法を包含してとらえようとするのである。したがって部位には、柱、はり、床の主体構造部から基礎、壁、屋根、床、天井や階段、カーテンウォールなどの一般構造部、設備も含まれてくる。

1.3 建築材料の分類

建築材料の分類は従来から、成因、化学組成、使用目的などによって分けられている。

① 成因による分類

天然材料：木材、竹材、草類、石材、砂、砂利など。

人工材料：セメント、コンクリート、ガラス、金属、窯業製品、プラスチックなど。

② 化学組成による分類

無機材料：石材、セメント、ガラス、窯業製品、金属（鉄鋼類、非鉄金属）など。

有機材料：木材、竹材、草類、アスファルト、プラスチックなど。

しかし現在の建築材料の中には、この分類では処理できないものが多く生産されている。木毛セメント板（マツ類から製造した木毛とセメントに水を加えて混合し圧縮成型する）や FRP（ガラス繊維強化プラスチック：不飽和ポリエステル樹脂をガラス繊維で強化したもの）などがその例である。

本書では建築を構成して空間の機能を果たすという使用目的によって、次のような分類をとる。

構造材料：主体構造および基礎に用いられて種々の荷重に耐える材料。セメ

ント、コンクリート、鋼材、木材、石材など。

仕上材料：一般構造部に用いられて建築部位の機能的要求を満たす材料。これはさらに部位別に次のように分けられる。

屋根材料 かわら、スレート、アスファルトなど。

床 材 料 石材、セラミックタイル、プラスチック、木材類など。

壁 材 料 ボード類、石膏プラスター、石灰、セメントモルタル、塗料など。

天井材料 ボード類、木材類、金属板など。

これらの仕上材料の取付けを容易にし、また強度を補い、表面の不陸（ふろく）をなくし正しく保持する目的で、各部位にはそれに適した下地が構成され、さらに要求機能に応じて断熱、吸音、防水などの機能をもつ材料が併用される。このように仕上材料は下地と機能材料と一体となって各部位の一般構造部を構成する。

1.4 建築材料に要求される性能

建築材料に要求される性能は、その材料が構成する部位に要求される性能と密接に関係する。JIS A 0030 では壁、床、天井および屋根の部位の性能（構造耐力に関するものを除く）について表 1.1 のように示しているが、その項目のいかに多種多様であるかが理解されよう。これらのうちから、それぞれの部位に応じて、要求される性能を検討してゆくことになる。たとえば玄関ホールの床材料としては、耐摩耗性、耐水性、感触・防滑性などを取り上げることになる（表 4.1）。

さらに JIS では、これらのうち試験方法の定まっている主要なものについて、測定項目、測定単位 および 級別を示している（表 1.2）。しかしこれも表 1.1 に示した項目のうちのわずかであり、今後の研究にまたねばならないものが多く残されている。

表 1.1 部位の性能 (JIS A 0030)

性能の種別	作業因子	性能項目	測定項目	性能項目の意味
作用因子を制御するための性能	光	反 射 性 光 沢 性	光反射率	光を反射する程度 光沢の程度
	日 射	日射反射性	日射反射率	直接日光による屋根面の熱さ れにくさ
	熱	断 熱 性	熱貫流抵抗	常温における熱の貫流に対す る抵抗の程度
		蓄 熱 性	熱 容 量	温度の変動しにくさ
	音	遮 音 性 吸 音 性 発 音 性	透過損失 吸 音 率 衝撃音レベル	空気伝ばん音を遮る程度 音を吸収する程度 たたいた音あるいは衝撃音が 発音しない程度
		衝撃音遮断性	標準曲線上の音 圧レベル差	歩行などによって起こる発音 が直下階に伝わらない程度
	水	防 水 性 (透 水 性) (吸 水 性) 撥 水 性 排 水 性 防 湿 性 調 湿 性	水密圧力	雨水などの水を通さない程度 水を吸水しない程度 水をはじく程度 水が円滑に排水される程度
			透湿抵抗 単位吸湿量	湿気を通さない程度 湿気を吸収または発散する程 度
	空 気	気 密 性 (透 気 性) 小屋裏換気性	気密抵抗	気圧差によって生ずる空気の 透過に対する抵抗の程度 小屋裏空気の換気性
建物の存続と安全に関する性能	振 動	防 振 性		振動が伝わらない程度
	人・物	帯電防止性		静電気がたまらない程度
	放射線	放射線遮断性	放射線吸収率	
	力	耐分布圧性	単位荷重	各部位にかかる分布荷重によ る曲げ力に耐える程度
		変 形 能	許容変形能	性能を劣化させずに変形に追 従する能力
		耐せん断力性	面外せん断耐力 面内せん断耐力	面外せん断に耐える程度 面内せん断に耐える程度
		耐局圧性	局圧荷重	局圧に耐える程度

性能の種別	作用因子	性能項目	測定項目	性能項目の意味
建物の存続と安全に関する性能	力	耐ひっかき性	安全衝撃エネルギー 摩 耗 量	ひっかきに耐える程度
		耐衝撃性		衝突物などによって起こる衝撃力に耐える程度
		耐摩耗量		摩耗に耐える程度
	熱	耐振動性		振動に耐える程度
		耐 熱 性		熱によって起こる変質, 変形, 破壊などに耐える程度
		耐 寒 性		寒さによって起こる変質, 変形, 破壊などに耐える程度
	水	耐 水 性		水によって起こる変質, 変形, 破壊などに耐える程度
		耐 湿 性		湿気によって起こる変質, 変形, 破壊などに耐える程度
	薬 品	耐薬品性		①油脂類によって起こる変質, 変形などに耐える程度 ②酸, アルカリによって起こる変質, 変形などに耐える程度 ③アルコールによって起こる変質, 変形などに耐える程度 ④塩類によって起こる変質, 変形などに耐える程度 ⑤その他, 化学性物質によって起こる変質, 変形などに耐える程度
	火	耐 火 性	加熱時間 防火材料の種別	火災に耐える程度
		難 燃 性		燃えにくさの程度および燃焼によって起こる煙や有害ガスを発生させない程度
		耐引火性, 着火性	引火着火温度	引火または着火のしにくさの程度
	紫外線	耐紫外線性		紫外線によって起こる変質などに耐える程度
	ほこりなど	耐 汚 性		①汚れの付着しにくさの程度 ②汚れの目立ちにくさの程度 ③汚れのおちやすさの程度
	虫	耐 虫 性		虫に侵されたり, 発生させない程度
	ねずみ	耐 そ 性		ねずみに侵されない程度

性能の種別	作用因子	性能項目	測定項目	性能項目の意味
建物の存続と安全に関する性能	菌	耐食性		菌などに腐食されない程度
	耐久	耐久性	耐久年数	経年によって起こる変質、変形などに耐える程度
人間などに対する感覚または使用に関する性能	(触れる)	感触性 防傷害性		人が触れたときのはだざわり感覚の程度 ①硬さ、軟らかさ ②滑らかさ、粗さ ③暖かさ、冷たさ 人間に対して傷害を与えない程度
	人・物 (歩行) (見る)	防衝撃性 防滑性 意匠性		物を落としたとき、それを安全に保つ程度 滑りにくさの程度 人が見たときの意匠感覚の程度 ①色 ②質感 ③模様 ④光沢 ⑤形状・寸法
	人	防振動性		人に不快な振動を与えない程度

(備考) 括弧内の作用因子は人間の行為、感覚についてのものである。

1.5 耐久性

建築物の耐用年数を縮める要因(表 1.3)や考え方(図 1.1)はさまざまであるが、1つの建物や材料には、常に唯一の耐用年数しか実現しない。物理的耐用年数と、効用持続・経済的・社会的耐用年数が一致した時最も無駄がなかったといえる。経済的な考え方では生活活動としての減価償却費算定のために短かくしがちだし、消費活動としての建物や材料評価の場合には長めにしがちの傾向がある。経過年数と残存耐用年数の和が全体の耐用年数である。

部分的な修理費(図 1.4)を投じて耐用年数を延長できるが、新しくした部