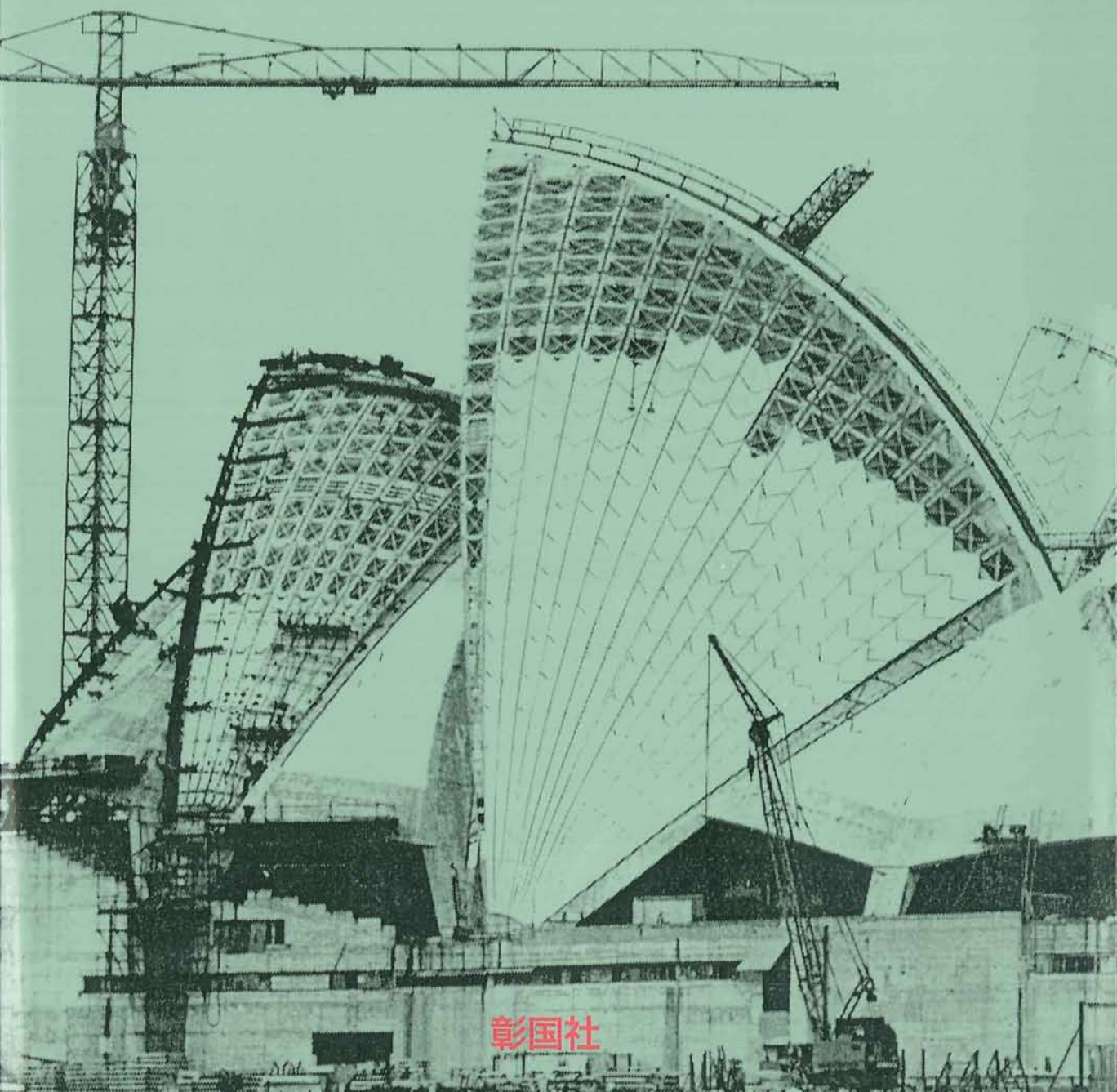


図説

建築構造のなりたち

日本建築構造技術者協会 編



彰国社

まえがき

阪神大震災後、社会での建築構造への関心が高まり、建物のもつ性能が問われるようになってきています。これまで建築構造については、なかなか世間に知られておらず、また構造に関して容易にひもといてみる書もほとんどありませんでした。そこでこの機に、日本の構造技術者が技術の発展、建物の質の向上を目指して集まって出来た日本建築構造技術者協会で、社会に対し建築構造技術についての理解を少しでも高めていただこうと、数式を用いず、図、絵を使ったわかりやすい内容の書を世に出す企画をしました。

(社)日本建築構造技術者協会は、1981年に構造家懇談会として発足し、その後社団法人となり、現在3,500人の会員を擁する団体です。社団法人になって5年を機に、5周年記念として記念事業特別委員会を設け、いくつかの事業を行いました。その中の一つに会員と社会のつながりを考え、専門学校・大学などを訪問する際の会員の講演活動用にスライド・OHP・パネルなど、建築構造の解説用の資料を作成しました。今回これらに手を加え、図や写真を多用し、建築を理解しようとしている人、建築の分野の仕事を目指す人、建築学科の学生、すでに建築界に従事している方々などを対象に、近代建築における建物および建築構造のなりたちを解説した単行本にまとめました。

本書の構成は「いろいろな構造」「建物の作り方」「骨組と材料」「自然現象と建物災害」の4部に分けられており、建物はどのような構造から成り立っているのか、あるいはどのような考え方で構築されているのか、どうやって作り上げていくのか、あるいは建物を構成する骨組の仕組みやその材料は何を使って作られるのかなどが、やさしく紹介されています。建物のもつ性能のゆえんにふれることができるものと考えます。また、地震などによって引き起こされる過去の多くの災害の経験から構造骨組は改良されてきていますが、災害の状況を知ることにより、建物の性能を発揮するには何が大切なのかなど、多くの教訓を得ることができます。

われわれ建築物の構造設計に携わる技術者の想いが図説となって現われています。この書が社会の中で広く読まれることを希望するものです。

目次

まえがき……3
執筆者リスト……6

いろいろな構造 構造種別……7

1 鉄骨造……8

- 1-1 超高層建物……8
- 1-2 張弦梁構造……10
- 1-3 鉄骨造アーチ構造……11
- 1-4 鉄骨造タワー……12
- 1-5 鉄骨造トラス構造屋根……13
- 1-6 スペースフレーム……14
- 1-7 鉄骨造の接合部……15

2 鉄筋コンクリート造……17

- 2-1 鉄筋コンクリート造……17
- 2-2 鉄筋コンクリートの施工……18
- 2-3 鉄筋の配置……18
- 2-4 柱の帯筋の役割……20
- 2-5 鉄筋の定着……20
- 2-6 鉄筋の継手……21
- 2-7 コンクリートの耐久性……22
- 2-8 鉄筋コンクリート造の建物……22

3 プレストレストコンクリート造……25

- 3-1 PC 構造……25
- 3-2 PC 圧着工法によるドーム……26
- 3-3 PC 造と高強度材料……27
- 3-4 プレストレスの導入方法……27
- 3-5 場所打ち PC 構造の建物……28
- 3-6 PC 定着具……29

4 鉄骨鉄筋コンクリート造……30

- 4-1 SRC 構造……30
- 4-2 SRC 部材……31
- 4-3 SRC 造大規模ビル……31

5 木造……32

- 5-1 木造立体トラス構造……32
- 5-2 木造格子シェル……34
- 5-3 五重塔……36
- 5-4 無線木塔……37
- 5-5 木製コースター……37

6 組積造……38

- 6-1 組積造……38
- 6-2 アーチ構造……39
- 6-3 石造の教会……39
- 6-4 れんが造の建築……40
- 6-5 ブロック造の建物……42

7 膜構造……43

- 7-1 ケーブル膜構造……43
- 7-2 空気膜構造……44

7-3 ケーブルドーム構造……45

7-4 膜の接合部……46

建物の作り方……47

1 作り方の流れ……48

- 1-1 仮囲いを作る……48
- 1-2 杭を打つ……48
- 1-3 杭を埋める……49
- 1-4 杭を作る……49
- 1-5 土を掘る……50
- 1-6 下から作る……51
- 1-7 上から作る……52
- 1-8 地下水とたたかう……52
- 1-9 水をくみ上げる……53
- 1-10 柱・梁で作る……54
- 1-11 パネルで作る……55
- 1-12 薄い板を重ねる……56
- 1-13 重ねた材木を組み上げる……56
- 1-14 型枠を立てる……57
- 1-15 鉄筋を継ぐ……58
- 1-16 コンクリートを打つ……58
- 1-17 コンクリートを締め付ける……59
- 1-18 鉄骨を吊り上げる……59
- 1-19 鉄骨を建てる……60
- 1-20 溶かして継ぐ……60
- 1-21 ボルトで継ぐ……61
- 1-22 継ぎ目を検査する……61
- 1-23 床を作る……61
- 1-24 鉄骨と鉄筋を使う……62
- 1-25 タワークレーンを上げる……63
- 1-26 タワークレーンを解体する……63

2 建物の工夫した作り方……64

- 2-1 組み上げる……64
- 2-2 よじって上げる……66
- 2-3 せり上げる……68
- 2-4 継ぎ足す……70
- 2-5 張り付ける……72
- 2-6 吊り上げる……74
- 2-7 そろえる……76
- 2-8 工場をジャッキアップする……78
- 2-9 積み上げる……80
- 2-10 大きくして吊り上げる……82
- 2-11 積み重ねる……84
- 2-12 膨らませる……86
- 2-13 重ねて作る……88
- 2-14 引っ張って浮かす……90
- 2-15 足元を押す……92
- 2-16 押し上げる……94
- 2-17 ブロックにして架ける……96
- 2-18 引張り上げる……98
- 2-19 つなぎ合わせる……100
- 2-20 締め付ける……102
- 2-21 移動させる……104
- 2-22 並べる……106
- 2-23 バランスさせる……108

- 2-24 積木を締め付ける……110
- 2-25 膜で屋内にする……112
- 2-26 地中深く掘る……114
- 2-27 山留めを利用する……115
- 2-28 重ねる……116
- 2-29 プラットホームを作る……118

骨組と材料……119

1 力の種類……120

- 1-1 圧縮力と引張り力……120
- 1-2 曲げモーメントとせん断力……121

2 部材と骨組……124

- 2-1 吊り構造とアーチ構造……124
- 2-2 トラス構造……125
- 2-3 鉛直力を受けるラーメン構造……126
- 2-4 水平力を受けるラーメン構造……126
- 2-5 プレース付きラーメン構造……127
- 2-6 ドーム構造……127
- 2-7 シェル構造……128

3 材料特性と構造……129

- 3-1 鋼材とコンクリート材……129
- 3-2 いろいろな材料特性……130
- 3-3 いろいろな構造形式……131
- 3-4 材料特性と構造形式……132

自然現象と建物災害……133

1 風……134

- 1-1 災害を起こす風の種類……134
- 1-2 台風……134
- 1-3 局地風……134
- 1-4 風の正体……135
- 1-5 タコマ橋の崩壊……135
- 1-6 風の強さとその状況……136
- 1-7 台風による災害例……136
- 1-8 竜巻の正体……137
- 1-9 竜巻が建物に与える力……137
- 1-10 竜巻による災害例……137
- 1-11 風対策——高層建物……138
- 1-12 風対策——防風施設……138
- 1-13 風対策——形状の工夫……139
- 1-14 風対策——地形の影響……139

2 降雨……140

- 2-1 降雨災害の種類……140
- 2-2 200 年最大日降水量……140
- 2-3 斜面崩壊災害例(1)……140
- 2-4 斜面崩壊災害例(2)……141
- 2-5 地滑りの災害例……142
- 2-6 斜面崩壊はどうして起こるか……142
- 2-7 崩壊はどのような降雨条件で起こるか……143
- 2-8 斜面崩壊の対策例(1)……143
- 2-9 斜面崩壊の対策例(2)……143

- 2-10 洪水災害例(1)……144
- 2-11 洪水災害例(2)……144
- 2-12 洪水の対策例(1)……145
- 2-13 洪水の対策例(2)……145
- 2-14 地下水位上昇の災害例……146
- 2-15 地下水位上昇の災害対策例……147
- 2-16 地下水位上昇の災害例……147
- 2-17 地下水位上昇の対策例……147

3 降雪……148

- 3-1 38 豪雪の災害……148
- 3-2 56 豪雪の災害……148
- 3-3 折板屋根の災害……149
- 3-4 雪の降り方……149
- 3-5 雪の重さ……150
- 3-6 雪の積もり方……151
- 3-7 雪荷重を減らす……152
- 3-8 融雪装置……153

4 火災……154

- 4-1 火災災害の種類……154
- 4-2 ガス爆発災害例……154
- 4-3 火災災害の事例……155
- 4-4 火災の継続時間……156
- 4-5 熱に対する鋼材の性質……156
- 4-6 SM 50 B の高温強度……157
- 4-7 SM 50 B の加熱後の強度……157
- 4-8 スライス曲げ強度分布……157
- 4-9 防災の課題と対策……157
- 4-10 耐火構造の範囲……158
- 4-11 耐火塗料の発泡のメカニズム……158
- 4-12 火災に強い構造部材……159
- 4-13 ガス爆発の荷重への対策……159

5 地震……160

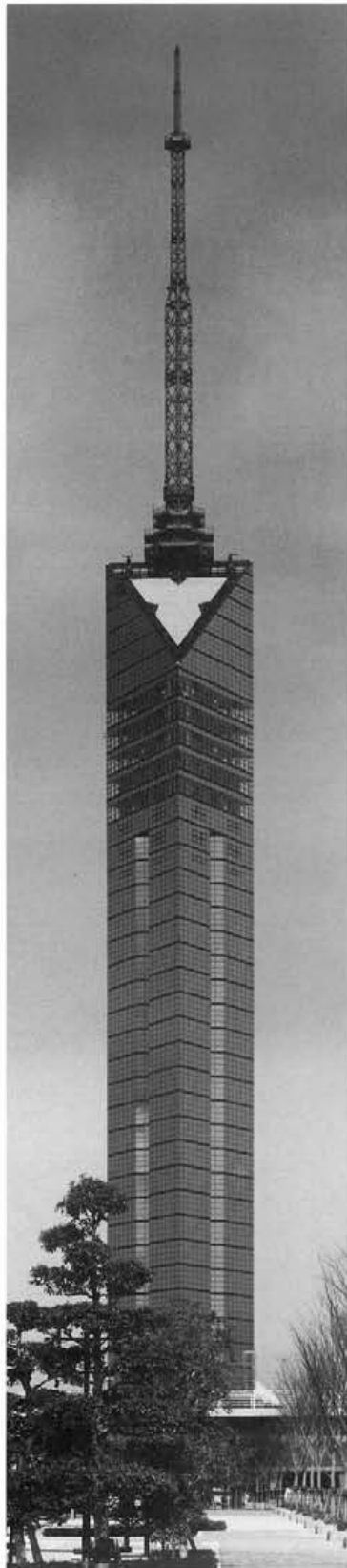
- 5-1 地震の分布……160
- 5-2 護岸背面の陥没……161
- 5-3 噴砂……162
- 5-4 崩壊……163
- 5-5 せん断亀裂……164
- 5-6 集合住宅 1 層部層崩壊……165
- 5-7 集合住宅 1 階柱頭部曲げ破壊……166
- 5-8 8 層建物：4 層崩壊……166
- 5-9 8 層建物：6 層崩壊……167
- 5-10 鉄筋コンクリート商業建物の崩壊……167
- 5-11 鉄骨造アパートの層崩壊……168
- 5-12 残留水平変形が顕著な鉄骨建物……168
- 5-13 柱-梁接合部の損傷(梁端部の破断)……169
- 5-14 筋かい材の損傷(筋かい交差部での破断)……169
- 5-15 木造 2 階建住居の倒壊……170
- 5-16 路地をふさいだ崩壊建物……170
- 5-17 神社建物の倒壊……171
- 5-18 各所で見られるブロック塀の倒壊……171
- 5-19 窓ガラスの破損……172
- 5-20 大規模火災……172
- 5-21 火災跡と焼け止まり線……173

1-4 鉄骨造タワー

福岡タワー
日本では東京タワーをはじめ数多くのタワー（塔）が建設されていますが、その多くは鉄骨造です。鉄骨が軽量で強度が高い特性をいかしたものです。この福岡タワーも、鉄骨造のブレース構造となっています。鉄骨は強度が大きいので部材の断面が小さくてすむため、剛性が不足して暴風によって揺れやすくなります。このタワーでは、頂部に制振装置を設置して揺れを小さくするよう配慮されています。

下の写真は、福岡タワーの内部骨組です。水平面にも鉛直面にもブレースが規則的に配置され、全体がチューブのようになっています。

設計者：日建設計
写真提供：日建設計



1-5 鉄骨造トラス構造屋根

関西国際空港 旅客ターミナル
この建物は、大阪湾泉州沖に建設された関西国際空港旅客ターミナルビルです。国際コンペで

選ばれて設計された建物で、鉄骨の構造体がデザインと調和して現われています。この写真にあるターミナルビルは、全長1.7 kmに及ぶ中央部分のメインターミナルビルと、両サイドにあるウイングよりなっています。

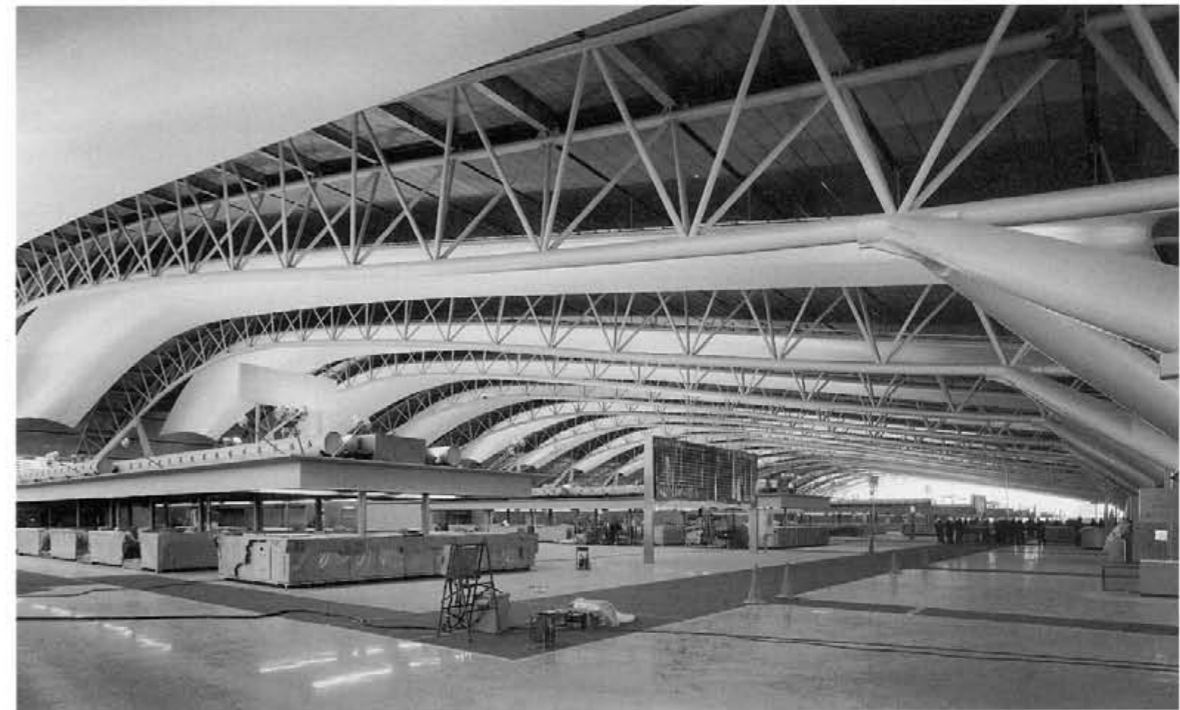


下の写真は、メインターミナルビルの最上階の内部です。天井に見えている流麗な曲線の梁は

全長 140 m のトラス梁で、最大スパン 82.8 m です。このように細い部材を組み合わ

せて、全体として大きな梁を形成していくことができるのも鉄骨造の特徴です。

設計者：レンゾ・ピアノ、バリ空港公団、日建設計、日本空港コンサルタンツ（監理）、オーヴ・アラップ（構造）
写真提供：日建設計



4 鉄骨鉄筋コンクリート造

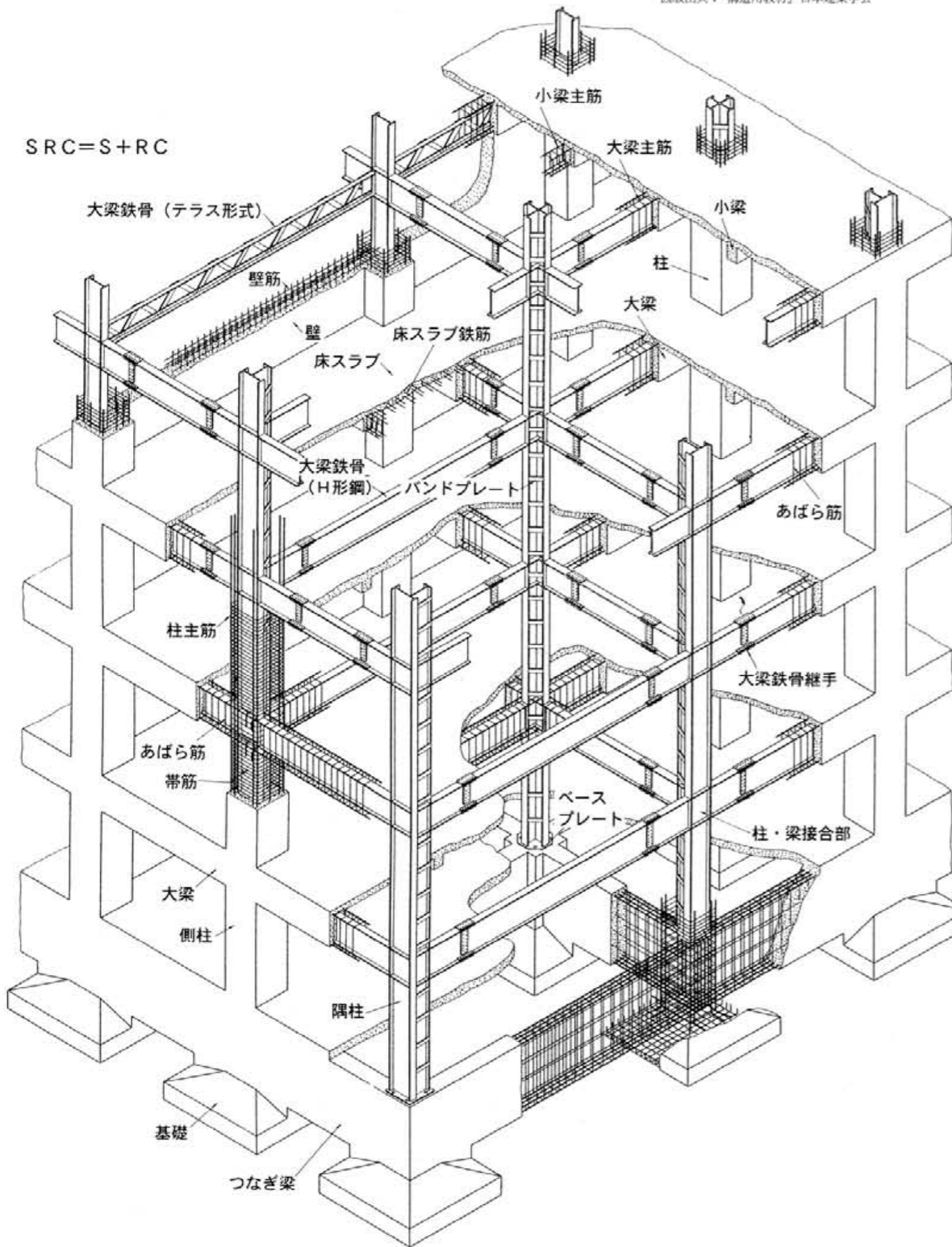
4-1 SRC 構造

SRC 構造（鉄骨鉄筋コンクリート構造）は、鉄骨構造（S 構造）と鉄筋コンクリート構造（RC 構造）を組み合わせたものです。

剛性も耐荷能力も大きい剛強な部材とすることができるので、おもに大規模なビル建物の柱や梁部材に適用されます。

図版出典：『構造用教材』日本建築学会

SRC=S+RC

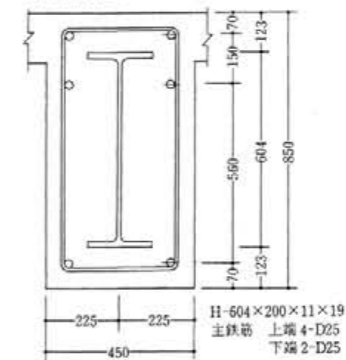


4-2 SRC 部材

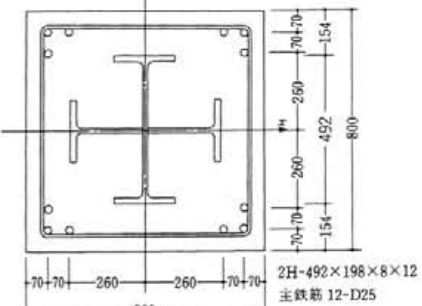
典型的な SRC 部材の例です。梁は H 形鋼などの周辺に主筋やあばら筋を配置します。柱は H 形鋼を十字形に組み合わせた断面などの周辺に主筋と帯筋を配置します。柱と梁の接合部で鉄筋が鉄骨に当たる部分には、あらかじめ鉄骨に孔をあけて鉄筋を通すなどの配慮が必要です。

図版出典：(下)『構造用教材』日本建築学会

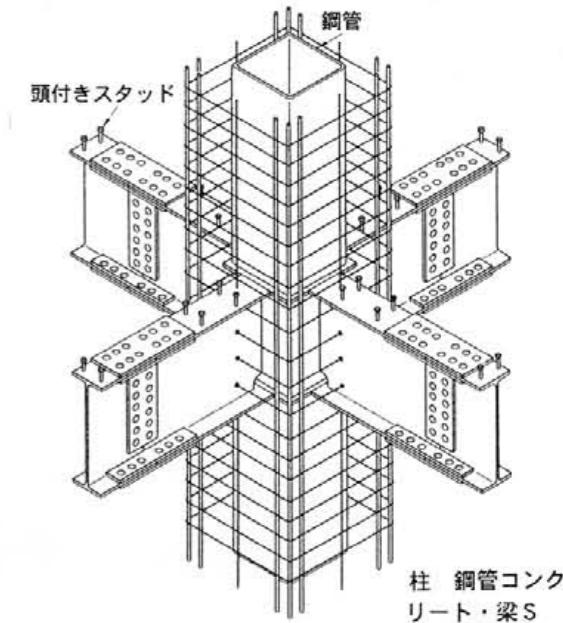
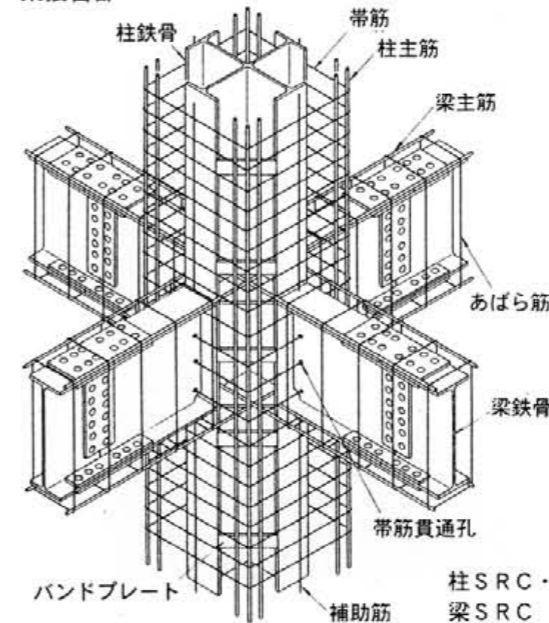
梁断面例



柱断面例



柱・梁接合部



4-3 SRC 造大規模ビル

この写真は高さ約 60 m の大規模ビルの施工状況を示しています。鉄骨工事が先行し、鉄筋工事と型枠工事が進んでいる様子です。このあと、コンクリート打設工事が行われます。



2-2 よじって上げる

水戸芸術館展望塔

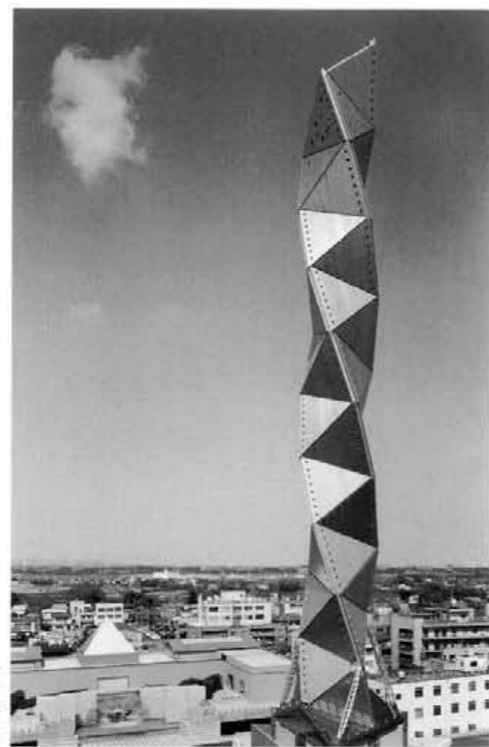
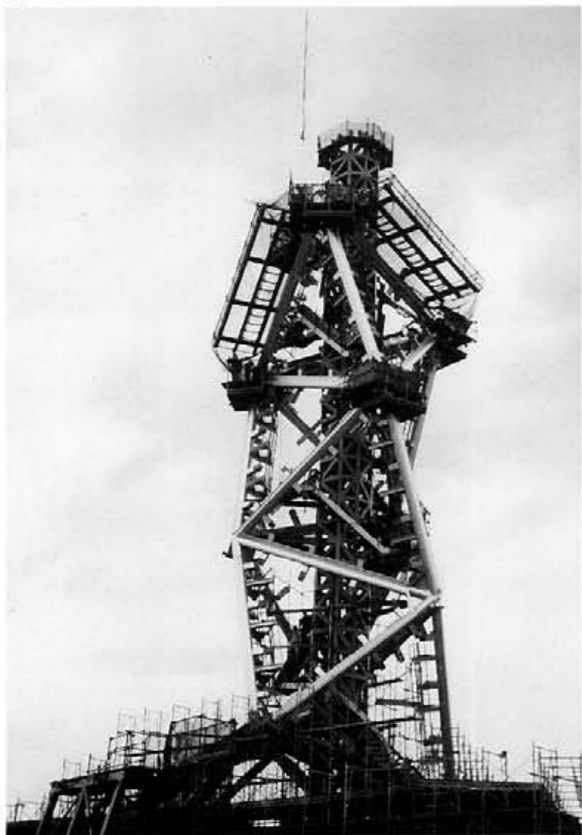
所在地：茨城県
 設計者：磯崎新(意匠)、木村俊彦(構造)
 施工者：大成建設、竹中工務店ほかJV
 構造種別：鉄骨造
 規模：高さ100m、地上4階
 建物概要：水戸市の市政100周年を記念して建設された水戸芸術館の、高さ100mの展望塔です。構造的には、正三角形を規則的に積み重ねた立体トラスですが、各部材は節点において剛接合されています。
 全景写真・完成写真撮影：朝国社
 施工写真提供：大成建設



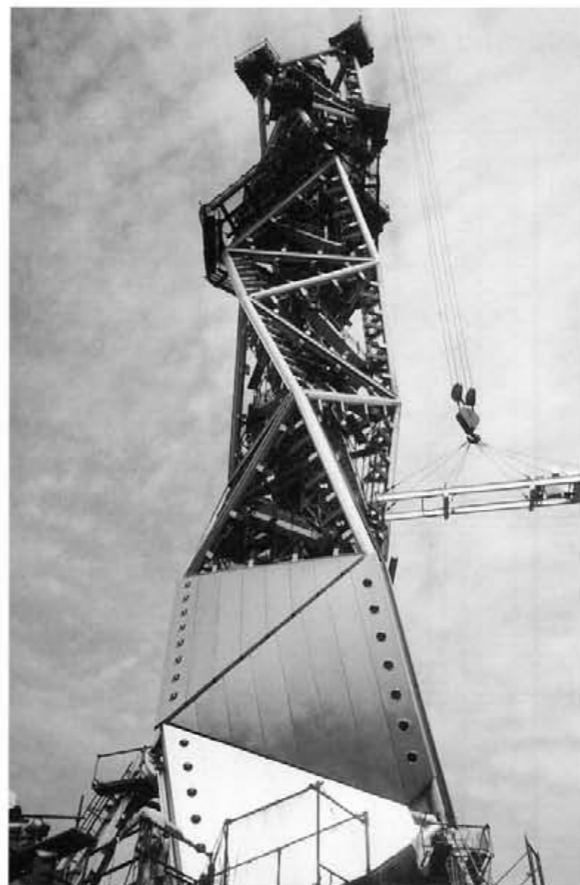
断面図

水戸市が、平成1(1989)年に市政100周年を迎えたのを記念して芸術館および100mの高さをもつ展望塔を建設しました。展望塔は、三重螺旋形状をした正三角錐を規則的に積み重ねた形です。工法は、大型ホイールクレーン工法を採用しました。

施工状況

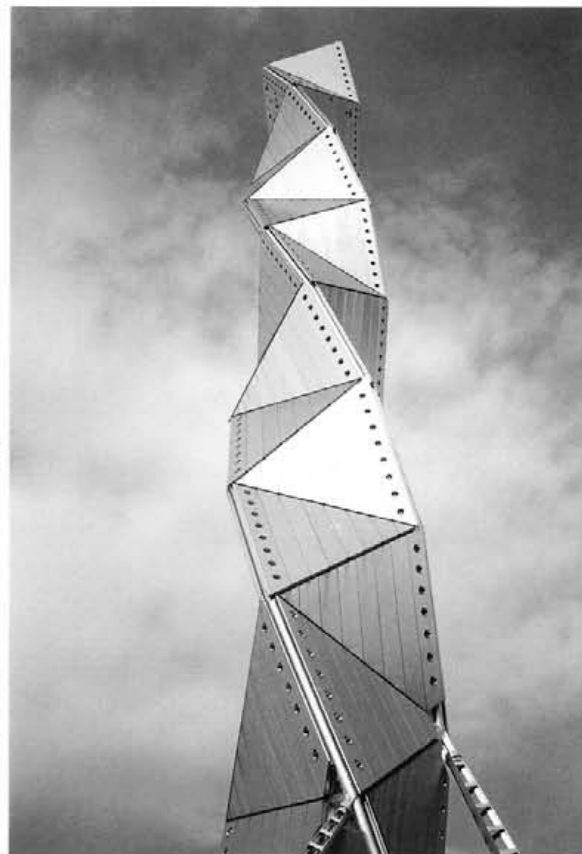


水戸芸術館展望塔の全景



立体トラス(正三角錐)の地組の組立て形状は、鋳鋼ブロックを頂部に配し、下側に3本の鋼管を溶接しました。地組立てブ

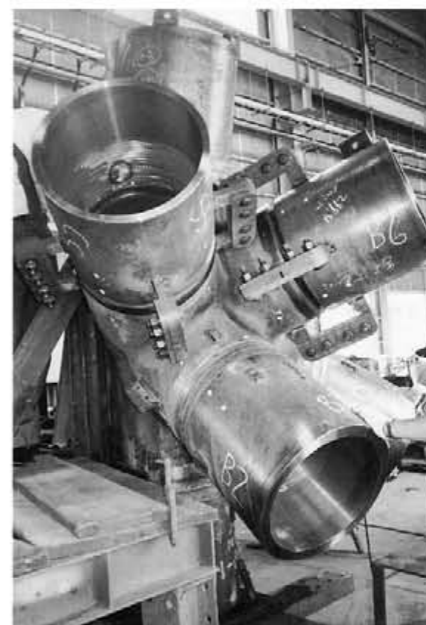
ロックを410t吊りの大型ホイールクレーンにより下層から上層の順に建方を行いました。なお、エレベーターシャフトの建



方は、若干先行して行いました。外装パネルは、あらかじめ地上で1辺約9.6mの三角形下地鉄骨を組み立て、厚さ3.2mm

のチタン鋼板を取り付けた後、立体トラスの建方に追従して、410tホイールクレーンとバランスビームを用いて行いました。

節点部状況



立体トラスは、1本の垂直な円筒に内接します。1節点に付く3本の足は地上で溶接して吊り上げますが、建方時にその3本の足他端側は、すでに組み上がっているいずれかの接合金物に現場溶接となります。1節点分を一体構造の鋳造金物とすることで、品質および精度を確保できました。ここに示す写真は、鋼管と鋳造金物の仕口部の溶接性確認実験です。

