

10
2003 No.979

建築と社会

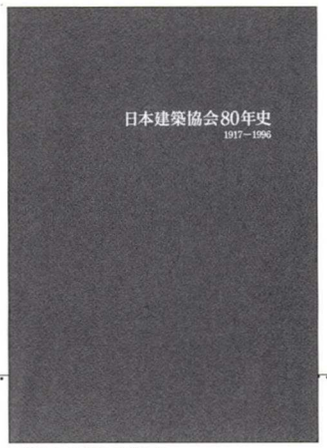
Architecture and Society

日本建築協会

特集：力と楽しくつき合う方法

「日本建築協会80年史1917-1996」

増刷頒布中　頒価　3,000円



A4判・240頁・並製本

1999年７月に発刊した「日本建築協会80年史1917-1996」は、各方面から好評をいただいておりますが、このたび、皆様の強いご要望により、増刷・頒布することにいたしました。大正６年３月30日に関西建築協会として誕生した日本建築協会の80年の歴史を、様々な事業や委員会活動を通じて、また、本会設立者の片岡安、武田五一以降現在までの会員たちの社会活動を通して知ることができる記念誌として、A4判・240頁にまとめています。

とくに、協会草創期の大正・昭和初期の片岡安ら協会のメンバーと当時の大阪市長・関　一との交流を物語る一文は、大阪の都市計画史、あるいは関西の建築人物誌ともなっています。本会の歴史を知るだけでなく、建築を通して、それぞれの時代の雰囲気を身近に感じることができる大変貴重な資料となるものです。

購入ご希望のかたは、下記要領でお申し込み下さい。

＊

申 込 先　社団法人 日本建築協会
〒530-0001　大阪市北区梅田1-1-3-2100
TEL 06-6348-0635　FAX 06-6348-0634

頒　　価　１部3,000円（税・送料込み）

※増刷部数には限りがございますので、お早めにお申し込み下さい。

「日本建築協会80年史」

●日本建築協会の沿革／委員会活動／「建築と社会」の変遷／大正時代から現在までの本会主催の博覧会・展覧会・講演会／よろず相談住宅展／青年建築家・青年技術者顕彰／工高生デザインコンクール入選者etc.

●日本建築協会創立者と会を支えた38人のプロフィール（片岡　安・設楽貞雄・武田五一・池田　實・波江悌夫・竹腰健造・尾崎久助・東畑謙三・塚本猛次・福田朝生・佐野正一・葛野壯一郎・横濱　勉・松本禹象・宗　兵蔵・園部文雄・日高　胖・野村一郎・古宇田　實・松室重光・松井貴太郎・安井武雄・中澤誠一郎・坂　静雄・今林彦太郎・井上新二・松本儀八・池田宮彦・銭高輝之・中西六郎・大林芳郎・鴻池藤一・伊東五郎・竹中錬一・鷲尾健三・松村雄吉・横尾義貫・足立　孝）

●座談会「戦中から戦後初期の協会活動」―尾亀清四郎・大林芳郎・小西　岬・佐野正一・横尾義貫・三品哲夫の6氏による終戦前後の協会活動の証言―

＊

■執筆ワーキンググループ
坂本勝比古／安達英俊／石田潤一郎／植松清志／梅宮弘光／桐浴邦夫／酒井一光／橋寺知子／山形政昭／吉田高子／和田康由

■80年史編纂委員会
長谷部朔郎／安達英俊／近藤達夫／谷淳之介／十倉　毅／原見昌志／和田康由／吉田悦二



「日本建築協会の遺産と功績」（坂本勝比古）より



「草創期の人々」より片岡安の項



すぐれた
業績を対象として
創設された
「日本建築協会賞」
賞牌

第6回「日本建築協会賞」の募集

—10月30日まで、ふさわしい業績の応募をお待ちしております

Ⅰ 日本建築協会賞とは

「日本建築協会賞」とは日本建築協会創立70周年（昭和62年）を契機として、建築業界における総合団体としての協会の性格にもとづき、建築に関するあらゆる分野において社会に貢献した団体または個人に対して、その業績を讃えるとともに、わが国文化の向上と公共の福祉に寄与することを目的として創設された賞です。

Ⅱ これまでの表彰実績

昭和62年の第1回顕彰から平成11年の第5回顕彰まで、計27件の顕彰を行ってまいりました。
詳しくは当協会のホームページ（www.aaj.or.jp）に27件の一覧表を掲載しておりますので、ご参照ください。

Ⅲ 応募要領

●対象

次の要件のいずれかに該当するものを対象とします。**ただし、建築作品は除きます。**

- 会員（団体会員、個人正会員）が推薦、または応募したもの
- 本会支部が推薦したもの
- 関係官公庁、試験研究機関などが推薦、または応募したもの

●募集期間

平成15年**6**月**2**日～平成15年**10**月**30**日

●応募資料

所定の応募様式により、ご応募ください。また、本協会ホームページ（www.aaj.or.jp）にも掲載しておりますので、ダウンロードしてご活用ください。

●資料送付先

〒530-0001 大阪市北区梅田1丁目1番3-2100
大阪駅前第3ビル21階
社団法人 日本建築協会事務局
TEL 06（6348）0635 FAX 06（6348）0634
Eメール kyoukai@aaj.or.jp

Ⅳ 審査

本協会内に「日本建築協会賞選考委員会」を設置して審査・選考を行い、理事会において入賞を決定します。

Ⅴ 表彰

入賞者には平成16年6月ごろ、賞状、賞牌を贈り表彰するとともに、会誌「建築と社会」に掲載して広く顕彰します。

第6回「日本建築協会賞」選考委員会（50音順）

委員長 金多 潔
京都大学名誉教授、前 日本建築協会会長
委 員 井上 豊
大阪大学名誉教授、㈶日本建築総合試験所所長
片倉健雄
元 近畿大学教授
鴻池一季
㈱鴻池組 代表取締役会長兼社長
下笠晃右
大阪地下街㈱ 建設部長
立成良三
㈱大阪住宅サービス 代表取締役社長
堀田修二
鹿島建設㈱ 取締役 関西支店副支店長
松岡憲生
㈱きんでん 専務取締役 大阪支社長
八木俊樹
㈱安井建築設計事務所 常務取締役
和田克朗
㈶日本建築センター大阪事務所 顧問

【参考】 第4回、第5回での受賞実績概要

第4回	1996（H.8）	◇織物文化への貢献	㈱川島織物 取締役社長 南 荘郎
		◇免震建物と免震効果の実証	㈱松村組 取締役会長 松村雄吾
		◇工高教育におけるCADの有効利用と普及に関する研究	秋田県立大曲工業高等学校教諭 黒沢一元
		◇膜構造建築物の技術開発とその実用化ならびに普及	太陽工業㈱ 取締役副会長 能村博正
		（特別賞） ◇実験集合住宅 NEXT21	大阪ガス㈱ 取締役社長 領木新一郎
第5回	1999（H.11）	◇「耐震診断及び改修計画の評定システムの策定と耐震診断の判定機構の確立」	財団法人 愛知県建築住宅センター 理事長 角岡照一
		◇「氷蓄熱及び躯体蓄熱空調システムの開発と普及」	㈱竹中工務店 取締役社長 竹中統一
		◇「建築情報管理に関する実践と啓蒙及び一連の著作等」	建設文化研究所 菊岡倶也
		（特別賞） ◇「永年にわたる都市・建築文化の調査研究・指導および実践により都市文化の向上とまち創りに貢献」	彦根市長 中島 一

平成15年度 建築工事実務講習会

主催　(社)日本建築協会

■趣旨と内容

- 官公庁・設計事務所・建設業をはじめ、設備・営繕など幅広い分野の有能な技術者を養成する目的をもって、講習会を開催します。
- とくに取りつきにくい施工計画と仮設見積、現場実務の基礎である積算業務に重点をおき講義します。
- また、今回は都市環境の変化に伴う法令・規準の改正なども加え、技術の進歩に即応した知識の習得をはかります。
- 「積算業務」では建築数量積算基準にのっとり、また「仮設見積」ではS造・地下１階・地上13階建事務所ビルをとり上げ、わかりやすく解説します。

■申込要領

下記受講申込書の受講希望科目を線で囲み（両科目とも受講される場合は、両方を線で囲んで下さい）、必要事項をご記入の上、受講料を添えて本会編集事業課までお申し込み下さい。（受講料は銀行振込・郵便振替でも可。但し、その場合お払込みいただく前に、必ず受講申込書を郵便かFAXでお送りください。）引換えに受講券をお送りいたします。

※定員に達し次第締切ります。

■申込先

(社)日本建築協会
〒530-0001 大阪市北区梅田1-1-3-2100
（大阪駅前第３ビル21階）
TEL.(06)6348-0633 FAX.(06)6348-0634

- 受付時間　毎日、午前９時半～午後５時半。但し、土・日・祝日を除く。
- 詳細は、事務局編集事業課へお問い合わせください。

■科目・講師

施工計画

- 仮設・地下工事　有光　利治氏
  鹿島建設(株)関西支店建築部生産計画グループ長
- 上部工事・工程　池田　孝夫氏
  大成建設(株)関西支店建築部担当部長

施工計画の良否は、品質を確保し、安全で、能率よく、経済的に本体工事を進める鍵をにぎっています。しかし、その実務はＯＪＴによるものと諦めることが多く、体系立てたノウハウを聴く機会は少ないと思われます。この講習会では、仮設から地下、躯体、仕上、設備にわたり、適切な施工計画の要点や不具合の発生を未然に防止するための技術的内容を、最新の資料と実践的に活用されている複合化工法等の写真等を取り混ぜてわかりやすく解説します。

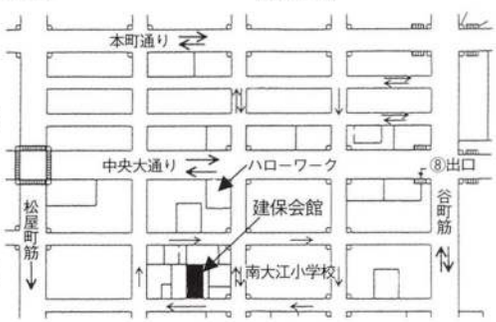
＊

と　き　平成15年11月21日(金)
　　午前9時～午後5時
ところ　大阪府建築健保会館･6階ホール
　　(大阪市中央区和泉町2-1-11)
定　員　100名
受講料　12,000円（テキスト代、消費税を含む）

■受講料振込口座番号

- 取引銀行
  三井住友銀行大阪中央支店
  （普通No.860034）
  UFJ銀行瓦町支店
  （普通No.210054）
  りそな銀行北浜支店
  （普通No.272234）
- 郵便振替
  00910-9-39975

大阪府建築健保会館付近見取図



仮設見積・積算

- 仮設見積　阪井　聡氏
  (株)大林組本店建築生産技術部仮設見積り、施工計画・3グループ長
- 積算業務　髙熊　満氏
  (株)竹中工務店大阪本店見積部見積担当副部長

全体工事費の20%前後を占める仮設工事費の適切な見積りは、工事原価を把握する上で極めて重要です。建物の種類、規模、工事周辺状況等に大きく影響を受ける仮設見積りのまとめ方を実例をまじえてわかりやすく解説します。

＊

企業の厳しいコスト競争に対応する基盤は正しい数量積算知識をもった技術者です。受注や生産管理で数量把握は不可欠な要素として社会的にも益々重要視されてきています。優れた建築技術者として積算基準に沿った実務及びチェックポイントの知識が身につくように実践的な積算手法を加えてわかりやすく解説します。

＊

と　き　平成15年11月27日(木)
　　午前9時～午後5時
ところ　大阪府建築健保会館･6階ホール
　　(大阪市中央区和泉町2-1-11)
定　員　100名
受講料　12,000円（テキスト代、消費税を含む）

キ リ ト リ 線

平成15年度建築工事実務講習会 受講申込書

No.＿＿＿＿

社団法人　日本建築協会　御中

年　　月　　日

郵便番号		受講者氏名	年齢	受講希望科目 ※両科目とも受講される場合は、両方を線で囲んで下さい。	
所在地				施工計画	仮設見積・積算
事業所名（または氏名）				施工計画	仮設見積・積算
担当責任者				施工計画	仮設見積・積算
電話番号				施工計画	仮設見積・積算
受講料支払方法	•事務局へ持参　•現金送金　•銀行振込　•郵便振替　いずれかに○印を付して下さい。				

※受講申込書が足りない場合は、複写して下さい。

旧村山龍平邸と香雪美術館見学会

●旧村山龍平邸洋館部
明治の建築家・河合幾次設計
煉瓦造３階建（３階部分木造）
ハーフ・ティンバーを用いたヴィラ風の洋館
明治42年２月完成
●香雪美術館
昭和48年11月、村山龍平香雪翁の四十年祭を機に財団法人香雪美術館が設立され、翁のコレクションとともに初代理事長村山長挙玉泉翁の蒐集品も加えられ、春と秋、一般に展覧されている。

日　時　2003年**11**月**11**日(火)
14：00―16：30
講　師　坂本勝比古
神戸芸術工科大学名誉教授
集　合　現地／神戸市東灘区御影町郡家字石野285
＊阪急神戸線御影駅徒歩5分
定　員　30人＊申込者多数の場合は抽選
参加費　会員3,000円、一般4,000円＊税込
（美術館入館料含む）
申　込　11月3日(月)までに
①催し名：旧村山邸見学会
②氏名
③会員・一般の種別
④職場名または学校名
⑤参加証郵送先と郵便番号
⑥連絡先電話番号
をお知らせ願います。
＊参加証を11月4日(火)に発送します。
申込先　(社)日本建築協会編集事業課
大阪市北区梅田1-1-3-2100
〒530-0001
TEL.06-6348-0633
FAX.06-6348-0634
e-mail : jigyoka@aaj.or.jp
主　催　(社)日本建築協会
事業委員会見学会小委員会
担当主査　塘　伸夫／東畑建築事務所


旧村山龍平邸／洋館部

阪急神戸線御影駅から東へ徒歩５分、閑静な住宅地のなかに旧村山龍平邸と香雪美術館があります。深い木立におおわれた広大な敷地は長い石塀に囲まれており、いわゆる超大邸宅の偉観に圧倒されます。
今回訪ねる「村山邸」は朝日新聞社の創業者・村山龍平香雪翁の自邸であり、敷地内に隣接する美術館は香雪翁没後、翁の遺志を継いで建設されました。
「村山邸」は和館と洋館部に分かれておりますが、今回は村山家と財団法人香雪美術館の特別のご配慮とご厚意により、洋館部の見学をさせていただくことになりました。講師は今春大津市の「住友活機園」見学時にお世話になりました坂本勝比古先生です。当日、「村山邸」のご説明とご案内をお願いしております。また、「村山邸」見学の後、香雪美術館を見学します。開館30周年記念展第四期「古筆（かな）と茶入・棗」が展覧されています。

話題建築を聞く
（第36回）
見学会合同開催

なんばパークス商業棟

（再掲）



日　時　2003年**10**月**23**日(木)
16：00―18：30
講　師　大井昇二
大林組本店建築設計部長
会　場　JV工事事務所会議室及び現地
定　員　60人
＊申込者多数の場合は抽選
参加費　会員1,500円、一般2,000円
学生半額
申　込　10月15日(水)までに、
①催し名：難波パークス講演・見学会
②氏名
③会員・一般の種別
④職場・学校名
⑤参加証郵送先
⑥連絡先電話番号
をお知らせ願います。
＊参加証を10月16日(木)に発送します。
申込先　(社)日本建築協会編集事業課
大阪市北区梅田1-1-3-2100
〒530-0001
TEL.06-6348-0633
FAX.06-6348-0634
e-mail : jigyoka@aaj.or.jp
主　催　(社)日本建築協会
事業委員会見学・情報小委員会
担当主査　坂本良高／大林組



大井昇二（おおい　しょうじ）
1949年　大阪府生まれ
1972年　大阪市立大学工学部建築学科卒業
（株）大林組入社
現在、本店建築設計部長
主な作品
・高知新阪急ホテル
・大阪ドーム（日建設計と協働）
・近鉄学園前駅ビル
・ホテルモントレ大阪マルイト西梅田ビル
（建築学会作品選集2003）
・なんばパークス商業棟
・ホテルモントレ仙台（H16春竣工予定）

南海難波駅南側の大阪球場跡地の開発として進めてきた（仮）難波再開発A-1地区建設工事（なんばパークス）の１期が、10月７日にグランドオープンした。
今回は、（仮）難波再開発A-1地区建設工事のうち商業棟等建設工事の、企画段階から設計・施工・竣工に至るまでの経緯とその内容をご紹介する。
なんばパークス商業棟は、800％の高密度な容積の中に圧倒的なオープンスペースを形成し、同時に都会のアクティビティを享受できる街にすることを意図している。具体的には、グランドラインから８階に至る商業棟の屋上全体を大きな緑の公園とし、その下層に大きな街を内包した二重の都市構造としている。
なんばパークス商業棟は、米国の商業デザイン事務所の、ジャーディ事務所とコラボレートして進めてきた。３つの大きな体験の場を創出するまでの経緯や、その時のドローイング等を交えて、お話する予定である。
講演会後、新しいミナミの街歩きの楽しめる体験をしていただけるよう、なんばパークス商業棟の見学会を予定している。なお、当日のなんばパークス商業棟の都合により、パークス内での見学は自由見学になることもある。

追悼

大林組名誉会長・元日本建築協会副会長

大林芳郎さんを偲ぶ

日本建築協会名誉会長
佐野正一

大林芳郎さんは昨年から体調を崩され病床に伏されたのち、平成15年７月19日卒然として逝かれた。行年満85才、やるべきことはやり終えての大往生である。別れは痛恨の極みであるが、いまはただご冥福を祈るばかりである。

創業者大林芳五郎の孫に生れた貴方は、いずれ家業を継ぐことになると大方の期待の通り、甲南高校を経て昭和16年３月東京帝国大学工学部建築学科を卒業し大林組に入社した。

翌年兵役で陸軍中部24部隊に応召し、戦争終わって昭和20年12月復員し、応召中に２代社長大林義雄の死去によって社長に就任し復員して直ちに職務に就いた。

私は大学の二期後輩の同門、同郷として以来貴方に兄事して、戦後大組織の責任者の要務に社内外の信望をあつめて力を尽くしている日常の姿に心から敬服した。その時から平成15年６月会長職を自ら解かれるまで、60年近い歳月を社長、会長として務められた、そのなみなみならぬ熱意と優れた統率力には感服するほかはない。

貴方が若い学生だったころは、一見神経質で気弱な印象があったが、実はスポーツを愛好する明るい包容力とたくましさが知られない本来のものだったのかもしれない。この長い人生で病気にも耐え健康な精神で、なによりも人を大切にし、組織を支えるに足る人材を育て、その人材によって巾広く多彩な組織の発展を着々と進めてきたことこそ、貴方の最大の業績と申しあげたい。

戦後の混乱期の建設不振、急激な建設復興、労務や財務の波瀾、そして大きな経済成長、高度な技術レベルへの到達、やがてバブル崩壊と極端な経済不足、幾段階かの大きな屈折を経て昭和の時代は終わり、いま建設不況のなかで自省と自力回復を計っている時期にある。戦争で多くのものを失い、その復興と戦後の施設充足で大いに多忙となった時期は終わり、ひたすら保全の時期に入って建設業全体で将来に亘る体制立て直しの時である。

大林芳郎さん、いまこそ貴方の知恵と行動が望まれる時だったと痛切に感ずる。

業界の向上と社会認識を深めるために、業界の団体である建設業協会が大阪に創設される。貴方はその会長に就任して奉仕と、同時に業界一体となって業界の近代化へ全力を尽くす。会長には関西の各社の首長が歴代就任して関西建設界は力強く発展をすすめる。やがて全国建設業協会も同じ趣旨で活動を始める。ここでも貴方は大きく活躍する。業界全体が行動しなければならない、それが信念だった。

戦後の早い時期欧米に出て建設のあたらしい様相の変化を見、また関係者を派遣して事情調査を積極的に行った上で、ハワイや東南アジア諸国への技術進出を早々と進められた。そのベースに乗って昭和40年代大林ビルはじめ超高層ビルの国内での実現をみている。そして昭和45年の千里丘陵における万博開催には数多くのパビリオンの建設を手がけ、新時代を象徴する大林の建築技術を内外にPRしている。大林組のハイレベルの建築技術を確認する機会となった。

このころ大林組が発行している「季刊大林」はこうした大林組の近代技術を特集紹介しているが、この雑誌では古代からの大型建造物の解析など正面からとりあげてなかなかの労作記事として注目された。公共建築物の理解のために有用で貴重な企画だと思われる。これは明らかに貴方の示唆をうけたものと考え敬意を表したい。それは、この企画に設計が好きで技倆も並々ならぬ持主だった大林芳郎の眼を感ずるからである。「建築は文化を生む、そして文化は建築を形つくる」。それは、貴方の長い願いだったにちがいない。



大林芳郎氏 略歴

1918年　大阪市西区に生まれる
1941年　東京帝国大学工学部建築学科卒業
1941年　大林組に入社、本店設計部に配属
1943年　大林組社長に就任
1948年　大阪建設業協会理事
1949年　日本建築協会副会長
1950年　関西経済同友会幹事
1957年　大阪商工会議所常議員
1958年　関西経済連合会常任理事
1958年　大阪建設業協会会長
1958年　全国建設業協会理事、副会長
1960年　全国建設業協会会長
1960年　中央建設業審議会委員
1961年　海外建設協会理事・副会長
1962年　経済団体連合会常任理事
1964年　内閣総理大臣賞受賞
1967年　日本建設業団体連合会理事
1982年　大阪商工会議所地域振興委員会委員長
1987年　大林組取締役会長・社長に就任
1988年　大阪日仏協会会長
1988年　フランス、シュヴァリエ賞受賞
1989年　大林組取締役会長
2003年　大林組名誉会長
2003年　７月19日逝去（享年85歳）

建築と社会 10 2003
ARCHITECTURE AND SOCIETY
JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL ASSOCIATION OF JAPAN
1917年創刊　第84集／通巻979号

今月の表紙

表紙デザイン／田村昭彦
企画／倉渕奈千子
建築写真／河合止揚

●御堂ビル

設計施工／竹中工務店
竣　工／1965年
所在地／大阪市中央区本町4-1-13

●ファサードをただ一つの要素で構成するのは、とても勇気がいる。このビルは4面ともまったく同じ縦長の窓だけでできており、その数752という。窓のステンレスフレームは壁面より75㎜突出し、リズム感をもって並んでいる。群となった要素は、緻密に計算されたプロポーションとディテールにより、完成度の高い美しいものとなっている。
（倉渕奈千子）

■特集予告
11月号／私の空間作法
12月号／第50回青年技術者
1月号／大阪市住宅局

編集委員会（平成15年度）
■副会長
井上　豊
奥謝野　久
■編集担当理事
上原　正行
岡田　聿之
佐藤友美子
◎設楽　貞樹
竹中　統一
畠山　祐治
広原　盛明
堀田　修二
松村　慶三
■特集小委員会
□計画分科会
★計画系
伊縫　憲幸
小浦　久子
※鈴木　克彦
田中　直人
紅谷　昇平
細田　浩史
松田奈緒子
辻　武之
三宅　次郎
森　康郎
吉村　英祐
★建築計画系
荒木　宏之
江副　敏史
菅野　忠司
小林　優子
桜井　則雄
笹村　欽也
静　茂夫
所　千夏
※野田　隆史
三村　和生
★インテリア・住宅系
加藤　力
小梶　吉隆
佐藤　勝紀
田中　浩介
※高野　直樹
戸井賢一郎
西田　和子
ペリー史子
本山　仁
□構造分科会
稲田　竜也
大氏　正嗣
大住　和正
尾上　清治
金田　興熙
木下　隆嗣
住田　隆二
田中　剛
※田渕　勝道
松村　和夫
向井　洋一
山本　健二
吉川　真次
□設備分科会
※梶井　宏修
河井　康人
河津　隆之
近藤　国夫
近藤　正一
多賀　浩三
田ノ畑好幸
桝井　貴廣
松浦　肇
丸山　和夫
村上幸三郎
□施工材料分科会
植田　実
竹中　秀文
太刀川丈爾
野島　昭博
平田　茂良
※平野　剛
吉田　正友
□法令分科会
岡本　哲夫
坂中　信隆
田村　俊郎
※鶴田　和幸
中島　和也
溝上　省二
■作品作風小委員会
赤木　隆
石塚なぎさ
居内　章夫
井上　雅祐
池上　明
川上比奈子
△倉渕奈千子
寺岡　宏治
鞆野　淳司
中村　文紀
林　孝司
前川　治彦
増田　敬彦
山田　俊紀
■会員企画小委員会
稲木　裕子
大谷由紀子
河崎　敦子
清水　麗子
△髙岡　伸一
髙田　光雄
辰巳　清一
塚口　明洋
辻川ひとみ
福田　瑞穂
■広告企画小委員会
荒本　俊明
池田　孝夫
大迎　敏樹
小山　昭
斉藤　治久
竹内　健介
古畑　健一
前田　衛
横田　和生
△渡邊　浩文
◎委員長　△副委員長　※幹事

印　刷　2003年9月25日
発　行　2003年10月1日
発行人　社団法人日本建築協会
発行所　社団法人日本建築協会
大阪市北区梅田1-1-3-2100
電　話　06-6348-0635
振替口座　00910-9-39975
印刷所　青葉印刷株式会社
日本データネット株式会社
定　価　1200円〔本体価格1143円〕

CONTENTS

特集●　力と楽しくつき合う方法

［総論1］　あらためて力を考える●横尾義貫　18
［総論2］　建築の「見えない力」●柏木浩一　21
［各論1］　●構造物の設計における外力の評価
構造物を形づくる
大空間をおおう建築構造のしくみ●谷口与史也　23
明石海峡大橋の設計●楠原栄樹　25
海に浮かぶ巨大構造物の設計・制御●小池裕二　27
若齢埋立地盤上の長大建築物の設計・制御●多賀謙蔵　29
迫りくる災害（力）に備える・守る
限界状態設計の荷重の考え方●神田　順　31
免震住宅●村井信義　33
風荷重の評価法●巻幡敏秋　35
風の力を利用した高層建築物の振動応答制御装置●向井洋一　38
［各論2］　●特殊な設計条件における荷重
遊戯施設の設計における「ちから」とのつき合い方
—JURASSIC PARK-THE RIDE®の場合—●村上陸太　40
車の転落防止—防護柵の車両衝突に対する考え方—●梶　聡　42
鋼構造物の疲労●川井　豊　44
荷重を測る●熊谷常雄　46
手すり曲げ実験と群集の詰め込み実験に基づく群集圧の計測と群集密度の推定●吉村英祐　48

会告　第6回「日本建築協会賞」の募集．平成15年度建築工事実務講習会．旧村山龍平邸と香雪美術館見学会．話題建築を聞く㊱なんばパークス商業棟　1
追悼　大林芳郎さんを偲ぶ●佐野正一　4
作品作風　JAF関西本部・大阪支部事務所　6
島本町 町営緑地公園住宅　8
サントリー九州熊本工場　10
トヨタカローラ南海 いぶき野店　12
ネッツトヨタ南海 かなおか店　13
gallery　金沢めぐみ幼稚園（谷重義行）●井上雅祐　14
建築の眼　文化人と建築●柏原士郎
～徒然なるままに～我が家の趣味●岸本勝也
NHKニュース●寺岡宏治
三位一体とは●安井　洋　16
法令コーナー　大阪府建築物安全安心実施計画●大原幸三　50
構造の頁　デザイナーと構造設計者のコラボレーションって？
美について考える（その2）●大氏正嗣　51
設備の頁　屋上緑化とヒートアイランド緩和効果●三輪　隆　53
研究最前線を追う　自己構築する生体超分子ナノマシン●大阪大学大学院生命機能研究科プロトニックナノマシングループ　54
やさしいケンチク数学ばなし　—その10—作家・織田作之助の平均点　55
information　秋季企画展・ヴォーリズがのこした建築図面．兵庫県「歴史的建築物シンポジウム」参加者募集．出版記念シンポジウム「建築運動とデザイン思潮」．浮世絵アヴァンギャルドと現代～東京ステーションギャラリー～．歩いて巡る大阪近代建築．からほりまちアート開催．京都CDLでビデオ映像募集．日本図書館協会建築賞—19回受賞作と20回作品募集—．ジェームズダイソン展　56
月間の動き　平成15年8月分　57



作品集

設計・監理■
大林組本店一級建築士事務所

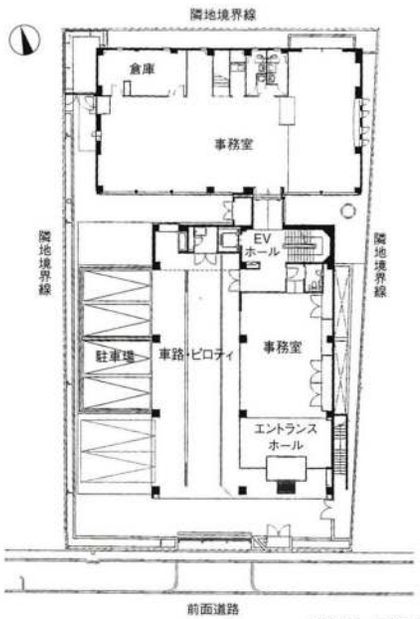
施工■
大林組

JAF関西本部・大阪支部事務所

この建物は、JAF関西本部・大阪支部、JAFロードサービス受付司令センターの業務を担い、関西圏を統括する自社オフィスとして計画されました。

本部機能オフィス・受付司令センターとしての機能の確保と秩序ある外観デザイン、最適の設備と省エネルギー技術の導入、建物高さ10m未満の地上3階建にて必要機能を満たす低階高オフィス（階高3.15m）とすることなどが求められました。外観デザインは、形態・素材・ディテールを可能な限り単純化し、透明感のあるガラスカーテンウォールと清楚な白を基調としたタイル壁面により、シンプルな秩序感の中にも、軽快でモダンなイメージの外観としました。

技術面では、低階高オフィスを実現する技術として、二重床を利用した床下空調システムを採用し、最新のＯＡ対応オフィスの機能確保と快適性を実現しました。また建物の省エネルギーを実現する技術として、南面ガラスカーテンウォールにLow-Eガラス（高断熱ペアガラス）と簡易エアフローシステムを採用し、空調ランニングコストの低減に配慮しました。　（桜井則雄／大林組）



配置図・１階平面図　１：600

所 在 地 —— 大阪府茨木市中穂積2丁目
敷地面積 —— 1,022.42㎡
建築面積 ——　598.34㎡
延床面積 —— 1,906.54㎡
構造規模 —— RC、B1F、3F
工　　期 —— 2002年3月～2003年2月
最 寄 駅 —— JR茨木駅
撮　　影 —— 大川彪／（株）大川



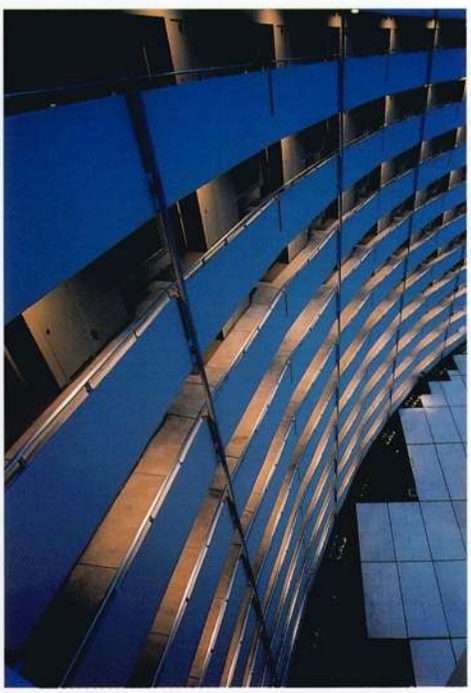






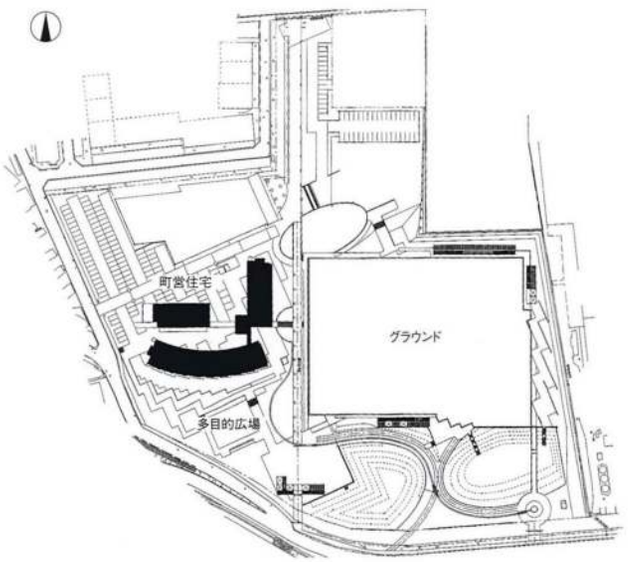








平面図　1：200



配置図　1：1000

作品

基本構想■
島本町・昭和設計
基本・実施設計・監理■
大阪府住宅供給公社・昭和設計

施工■
鴻池・中林共同企業体

島本町　町営緑地公園住宅

工場跡用地での運動公園整備計画の進行に伴い、隣接用地に町営住宅の建設事業が加えられ、「公園と一体整備された町営住宅整備」をテーマとして、構想はスタートした。淀川水系と丹波山地先端の山並みという恵まれた地域環境を「山紫水明」という言葉になぞらえて、自然の曲線を盛り込んだ公園設計プランに、素直に融和する配置計画としている。

「町営住宅」というグレードは、販売のための個性や差別化は不必要とされる。入居が予想される人々の年齢などを考慮すると、アバンギャルドな住環境を強いることも建築家の独善という気がする。結果辿り着いたのは、生活をイメージしやすい従来型３DKタイプのフロンテージを、廊下とバルコニーで900mm歪ませた台形の住戸プランとし、これを並べることで、扇形の住棟配置を構成するという手法である。凹面となった共用廊下では、上下階を含めて、通行する居住者の顔が見える。直線でよそよそしい通常のマンションよりも、棟としての一体感を促し、独居老人などの比率が高いとされる公営住宅のコミュニティ意識を、より高めてくれるものと期待している。景観的なスカイラインも、南側バルコニー側はスーパー堤防を兼ねた公園の築山の曲線に馴染み、逆に北側の包み込むような「やさしさ」は、翼のように「広がる」ことで「積極的な」形態印象を与える計画となった。

建物の色彩は、町並みに同調する「墨色」「利休色」「藁色」などの伝統色を組み合わせ、廉価な材料ながらも、配色による「シック＆モダン」の構成とした。低層部には公園との連続イメージを高揚させるため、暖かい雰囲気と耐久性に富む木材料を床や壁に使用した。

標準設計を旨とする公営住宅に、小さな一石を投じる建物へと昇華されることを願っている。　　（池本　裕・木村達也／昭和設計）

所 在 地 ―― 大阪府三島郡島本町山崎2-1-1
敷地面積 ――135,000.00㎡
建築面積 ――　2,195.01㎡
延床面積 ――　10,575.97㎡
構造規模 ――RC、10Ｆ
工　　期 ――2002年1月～2003年7月
最 寄 駅 ――JR山崎駅
撮　　影 ――清水向山（SS大阪）












SUNTORY

作品
作風

設計・監理■
安井建築設計事務所

施工■
竹中工務店（生産棟・付属棟）
鴻池組（配送センター棟）

サントリー九州熊本工場

本工場は、清らかな水と空気・緑豊かな自然の恩恵を受け、南阿蘇外輪山のふもとにサントリーのビール工場として国内４番目、清涼飲料工場としても同じく４番目の工場として竣工し、この７月に出荷を開始した。

ビールと清涼飲料を生産する食品業界初の本格的ハイブリッド工場にふさわしい「清潔感と品質感」をテーマに設計した。

背後の緑豊かな環境に映える白色系を基調とする色彩と、大きな軒をもつシンプルでシャープなファサードは、阿蘇の大地に磨かれた美味しい水をイメージさせている。

また、環境問題や省エネルギーに取り組んだゼロ・エミッション工場づくりに対応すべく環境への配慮もテーマのひとつとした。太陽光発電システムを利用したエントランスの庇、雨水再利用システムや廃熱回収システムの構築、さらにサントリー自社のウイスキー樽を再資源化したフローリング材をはじめとするリサイクル建材等の積極的な活用は、「環境にやさしいエコ・ファクトリー」の実現と共に、良好な企業イメージの発信に寄与出来るものと考えている。

ユニバーサルデザインの導入にも積極的に取り組んでいる。バリアフリー化をはかった屋外のアプローチ空間や工場見学者通路など、工場見学に訪れる人だけでなく、工場で働く人にも配慮された「人にやさしい工場」の実践に努めている。

（上枝真二、三好裕司／安井建築設計事務所）









所 在 地 —— 熊本県上益城郡嘉島町大字北甘木字八幡水478番他
敷地面積 —— 約400,000㎡
建築面積 —— 約 60,255㎡
延床面積 —— 約 66,727㎡
構造規模 —— S、一部RC、2F
工　　期 —— 2002年１月～2003年２月
最 寄 駅 —— 熊本空港より車で20分
撮　　影 —— 岡本公二（テクニ・スタッフ）／湯川盛昭（エスエス九州）



トヨタカローラ南海 いぶき野店外観



トヨタカローラ南海 いぶき野店 車寄せよりショールームを望む



トヨタカローラ南海 いぶき野店
配置図・平面図 S=1:1000

トヨタカローラ南海 いぶき野店
所 在 地 —— 和泉市いぶき野5
敷地面積 —— 2,829㎡
建築面積 —— 1,221㎡
延床面積 —— 898㎡
構造規模 —— S、RC、1F
工　　期 —— 2003年1月～2003年4月
設　　計 —— 松永成雄
最 寄 駅 —— 泉北高速鉄道線　和泉中央駅
撮　　影 —— 奥脇孝一

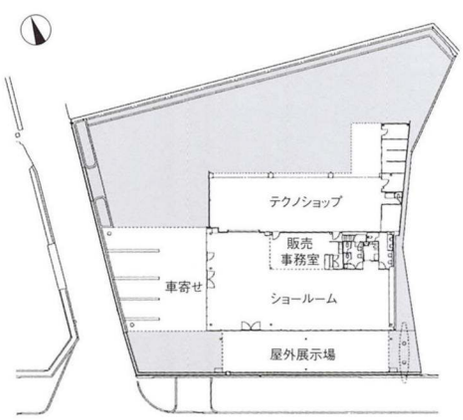
作品風

設計監理■
大林組

施工■
大林組

トヨタカローラ南海　いぶき野店
ネッツトヨタ南海　　かなおか店

この２つの建物は、大阪南部で事業展開する自動車ディーラー（トヨタ久保グループ）の新規戦力を目指すショールームである。
開発テーマは、このグループのDNAともなっている「和」の魅力を表現に活かし、今後の店舗展開においてユーザーに満足し信頼されるサービスを提供する新しいスタイルの店づくりを創造することである。
建物を特徴づけている切妻型の大屋根は、ショールームから外部の屋外展示場や車寄せへと連続していく。建物の性格上、郊外の幹線道路沿いに立地することが多く、この大屋根はシンプルで力強い形態で存在感をアピールしている。
車寄せや屋外展示場に用いられているガラスキャノピーは、外部と内部の中間領域を作り出し、柔らかな光の下で人と車の出会いの場を演出している。
インテリアは車を美しく魅力的に見せることを優先し、金属の素材感・ガラス・モノトーンの色彩による抑制され緊張感のある空間とした。
ショールームからはサービス工場が見通すことができ、サービスの状況を見せることで、ユーザーへの信頼感をアピールしている。
これからのディーラーショップに求められているものは、車を陳列するだけのショーケースではなく、〈人〉と〈車〉のコミュニケーションの場を創り、ユーザーのライフスタイルを提案する店づくりが必要と考えている。　（芝池裕教／大林組）



ネッツトヨタ南海　かなおか店
配置図・1階平面図　S=1:1000

ネッツトヨタ南海　かなおか店
所 在 地 —— 堺市中村町561番1
敷地面積 —— 1,702㎡
建築面積 ——　804㎡
延床面積 ——　930㎡
構造規模 —— S、2F
工　　期 —— 2003年２月～2003年５月
設　　計 —— 芝池裕教
最 寄 駅 —— 地下鉄御堂筋線　新金岡駅
撮　　影 —— 奥脇孝一


ネッツトヨタ南海　かなおか店　外観


ネッツトヨタ南海　かなおか店　屋外展示場


▼ネッツトヨタ南海　かなおか店　ショールーム



gallery

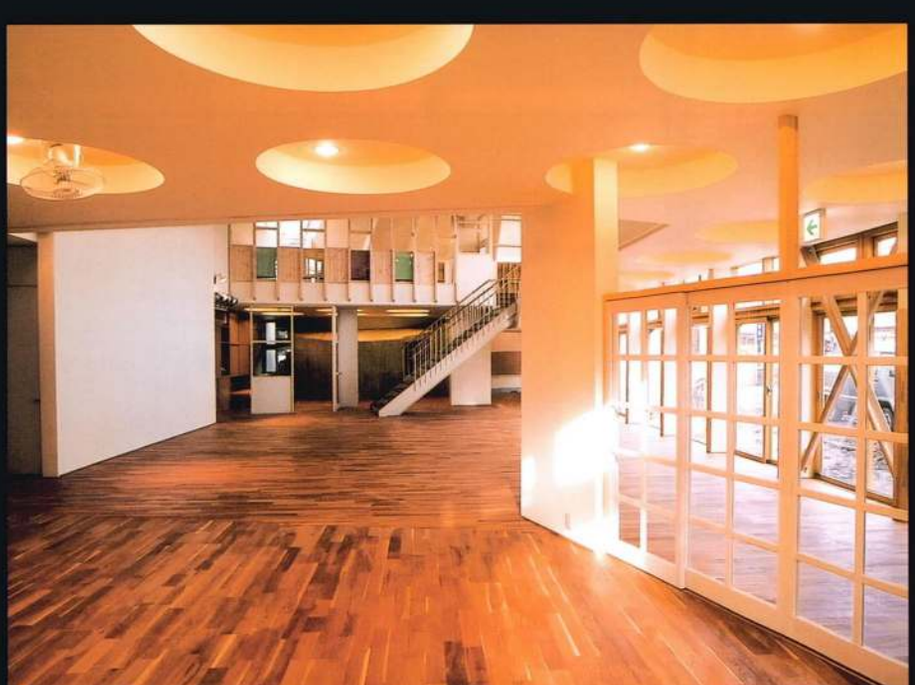
金沢めぐみ幼稚園

設計
谷重義行





幼稚園は地域の集会所、高齢者福祉の移動サロン、ゴスペルクワイヤの活動拠点、演劇・コンサート会場としても利用されている。子供、大人の隔てなく、誰でも心地よく過ごすことができる



建具の開閉によってフレキシブルに使える1階、奥の円形コンクリート内部が絵本室



地元の杉、能登ひばに囲われた絵本室

金沢めぐみ幼稚園：園児定員85名の幼稚園である。教会堂と共有する狭い敷地の中に必要な保育スペースと園庭を確保することは大変であった。3階建ても可能ではあるが、住宅地の景観から園舎が突出しないように、あくまでも2階建ての内で計画することにこだわった。そのため単一機能によって固定された部屋をつくるのではなく、ひとつのスペースが保育のプログラムや時間帯によって多機能に使いこなせる平面・動線計画とした。また画一的な壁や天井に囲われるのではなく、なるべく境界を曖昧にし、それぞれのスペースが緩やかにつながって幼稚園の大きなスペースをつくりだすようにした。子供たちは部屋から部屋へと自由に走り回り園舎全体が大きな遊び場となってる。また、子供に媚びたキャラクターデザインを一切省き、子供を子供扱いしない空間、世代を超えて快適さ、開放感、のびのびさ、心地よさを感じる空間にしている。柱、梁、壁といった構造体の繰り返しそのものが内部の表現になっていて、建物の組み立てを容易に整えることができる。それによって、寸法、光、素材を与えることだけで空間に差異と秩序を与えようとしている。ある意味で一般的な手法ではあるが、空間の多様な関係を築き、人がそれらを理解しひとつの質の中に統一することができる方法であると考えている。

谷重義行
1958　広島県生まれ
1984　(株)設計事務所ゲンプラン東京事務所
1989　国立石川工業高等専門学校講師
2001　谷重義行十建築像景研究室　主宰

撮　影—代官写真事務所
企画編集—井上雅祐（作品作風小委員会）



園庭の中に立つ円形木造の保育・集会室



吹き抜けの遊戯室を挟んで他の保育室を垣間見ることができる。ベンチの間には可動の遊具箱が納まる



2階の天井梁は教会の鐘楼をほぼ中心に扇型に構成されている。天井、床、壁、建具に異なる方向を与えることで、子供たちの自由な知覚をとおしていろいろな体験が生まれる場になっている

建築の眼

文化人と建築

「過去との接触を失う時、人はその魂を見失うのだと思う」とは英国のチャールズ皇太子の書物「英国の未来像」（1989）の中の言葉です。彼は絵や写真を駆使し建築のインターナショナリズムによって、イギリスの伝統的な景観に含まれる静けさや美といった人間的な価値がいかに損なわれてきたかを国民に訴えかけました。ここでの私の関心事は、その主張の内容にもありますが、それ以上に、文化人としての皇太子という立場の方が建築や景観のあり方に強い関心を持ち、国民にその重要性を知らしめようとしたことです。我が国ではクラシック音楽や文学、印象派などの絵画や芸術に造詣深いことが何か文化人の条件のように考えられがちです。しかし、建築に関してはそれほどではない、というのが実状ではないでしょうか。近代の名建築の保存についての意識調査を実施したことがあります。関西モダニズム建築20選にも選ばれた大阪中央郵便局の「取り壊し肯定・保存無関心派」が5割程度もあったことに驚きました。建築や景観が人間の精神構造に与える影響が甚大であることを考えると、その重要性を人々に強く訴えかけることも建築人の責務です。

柏原　士郎　大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻教授

～徒然なるままに～　我が家の趣味

私は若い頃からスポーツが好きで、色々と試みてきた。学生時代から野球、バドミントン、スキー、スケート、山登り、ジョギング、ゴルフなどだが、これから歳を取っても出来るものは何かと考えると、ジョギングかゴルフではないかと思う。そこで遠大な計画をたてて、妻をゴルフ仲間に引き込んだ。そうすることで私も遠慮無くゴルフを楽しむことが出来る。
一年に数回二人でコースへ出るが、その他は別々に楽しんでいる。それは、いっしょに回ると「スイングがどうの、パターが下手だ」と何かと注文をつける。そうすると、妻がいやがり、気まずくなる。だから別々で行くことにしている。
幸いなことに、車で40分くらいの所に「パブリックコース」がある。二人でカートに乗って回ることができる。これは内緒だが、失敗すれば打ち直してみたり、二球ずつ打つこともある。そして、出来るだけ妻には「注文」をつけないことにしている。
ところで、最近クラブを買い換えた。私がゴルフをはじめた30数年前は、若さもあってぶんぶん振り回して球を飛ばしていたが、最近は、クラブも球もよく飛ぶようになり、力を入れなくても200ヤードを超えていく。「高齢者ゴルフ」がしやすくなった。歩けなくなるまで、ゴルフは出来るようになった。これからゴルフをはじめる人に、是非「奥さん」を仲間に入れることをお勧めする。そうすれば、「明日、ゴルフに行くぞ」といっても、反対はされない。次は子供を仲間に…。

岸本　勝也　兵庫県県土整備部まちづくり局営繕課長

NHKニュース

朝のNHKニュースの全国ネット冒頭の映像を楽しみにしています。NHK放送センターの屋上に設置されたカメラが徐々にピントを合わせていくと、美しく弧を描く国立代々木競技場の姿が映しだされ、キャスターの背景としておさまります。その姿を朝のあわただしい時間に見ていますが、毎日その姿形に感心する自分がいます。長形の大きな第一体育館と円形の小ぶりな第二体育館、それぞれ互いにバランスし合うよう配置された絶妙の構成を見るのを、朝の心の糧としています。
この映像を目にすることができるというのはすごいことで、日本建築の質の高さを、全国へそして世界の人へと毎日発信していることにつながっているからです。約40年を経た建築ですが、その流れるような形態と構造美そして日本的な伝統を感じさせるデザインは、衰えることなく私たちの目を楽しませてくれます。
このようにニュース番組の背景として映える建物は、最近できているのでしょうか。別のカメラから捉えた映像は、代々木公園の向こうに見える超高層の建物群を映しだしますが、日本を代表する建築かと問われれば、少し返答に時間がかかります。外国人アーキテクトによる超高層作品も増えており、建物の多様性は広がっております。そういった環境の中から、近い将来日本美を踏まえた現代建築のスカイラインが生まれ、ニュース映像として流れる建物の姿に期待したいものです。

寺岡　宏治　安井建築設計事務所設計部副部長

三位一体とは

今から10年余り前、あるアメリカの施主と会食をした。彼の挨拶のなかで、グッド・クライアント、グッド・アーキテクト、グッド・コントラクターが力を合わせれば、グッド・アーキテクチャーが出来ると言っておられた。グッドの意味合いの範囲は様々であるが、もっともな話である。ところが、これがなかなか難しいものである。
彼は日本の江戸中期の美術愛好家であり、ブルース・ガッフの建築をこよなく愛する人でもあった。彼の主屋は、当然ガッフの設計であり、約6年余りの歳月を費やして完成させたようである。私たちの仕事は、その一部（地下）に茶室とゲストが宿泊できるスペースをつくることであった。ガッフの建物はありとあらゆるところで湾曲しているので、あちらこちらの取合いで問題が生じてくる。施工図なんか存在する余地はなく、現場合わせのみ。彼は、朝と夕方に必ず現場に現れ、ここはどうするのかと尋ねる。私と大工さんとが、こうしたらどうですかというと、にっこり笑って上に上がっていく。この繰り返し。どうも彼はややこしい部分をどうするのか私たちに尋ねて、それを楽しんでいたようだ。彼は、私たちの返答に一度もノーとは言わなかった。ここには、もう一方、日本の設計者がいる。もちろん設計図をもとに施工をしているのであるが、途中、いろいろと変更しなければならないところも出てくる。こういった時の施工者の立場は微妙なところがあり、設計者の協力や理解がなければ、良い結果は生まれないのである。

安井　洋　（株）安井杢工務店代表取締役社長

特集

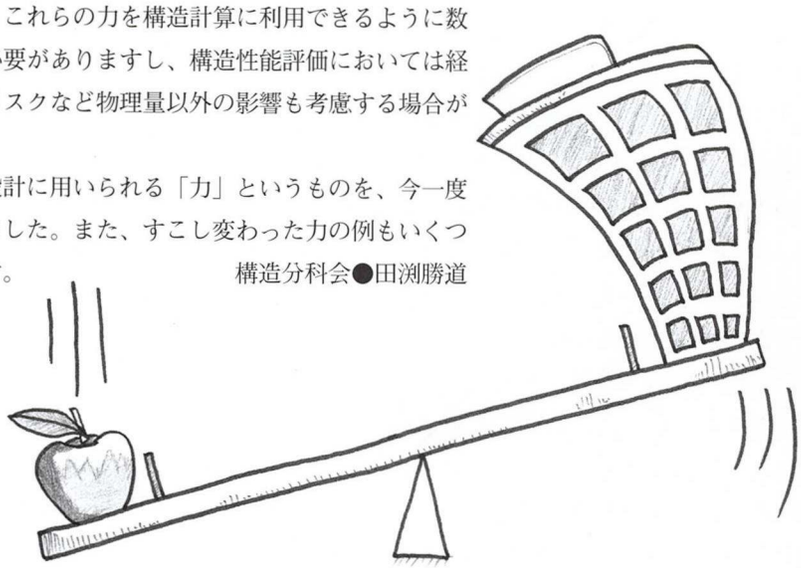
力と楽しくつき合う方法

建物は、建物自体の自重、積載物あるいは積雪などの重量、地震や風などの外乱、構造物を支持する周辺地盤中の土や水による影響など多種多様な作用を受けています。構造設計では、「建物を構成する部材、自然からの作用、構造体に生じる変形」、これらの関係を「力」という尺度により評価を行っています。また、時として特殊な構造物の特殊な現象を評価するために、特殊な荷重に向き合う場合もあります。

構造設計を行うためには、これらの力を構造計算に利用できるように数値化した評価尺度とする必要がありますし、構造性能評価においては経済性や社会が許容できるリスクなど物理量以外の影響も考慮する場合があります。

今回の構造特集は、構造設計に用いられる「力」というものを、今一度見直してみようと企画しました。また、すこし変わった力の例もいくつかご紹介したいと思います。

構造分科会●田渕勝道



総論 1

あらためて力を考える●横尾義貫

総論 2

建築の「見えない力」●柏木浩一

各論 1　構造物の設計における外力の評価

構造物を形づくる

大空間をおおう建築構造のしくみ●谷口与史也

明石海峡大橋の設計●楠原栄樹

海に浮かぶ巨大構造物の設計・制御●小池裕二

若齢埋立地盤上の長大建築物の設計・制御●多賀謙蔵

迫りくる災害(力)に備える･守る

限界状態設計の荷重の考え方●神田　順

免震住宅●村井信義

風荷重の評価法●巻幡敏秋

風の力を利用した高層建築物の振動応答制御装置●向井洋一

各論 2　特殊な設計条件における荷重

遊戯施設の設計における「ちから」とのつき合い方ーJURASSIC PARKーTHE RIDE®の場合ー●村上陸太

車の転落防止ー防護柵の車両衝突に対する考え方ー●梶　　聡

鋼構造物の疲労●川井　豊

荷重を測る●熊谷常雄

手すり曲げ実験と群集の詰め込み実験に基づく群集圧の計測と群集密度の推定●吉村英祐

本特集企画担当

稲田竜也／大氏正嗣／大住和正／金田興熙／木下隆嗣／小西厚夫／住田隆二／田渕勝道／松村和夫／向井洋一／吉川真次

あらためて力を考える

横尾義貫

――われわれ構造設計者は普段、構造設計の中で日常的に力を簡単に使っていますが、地震力ひとつ、積載荷重ひとつをとってみても、どのようにして今に至っているかなど深く考えてこなかったと思います。力をいかに構造設計的に処理していくか、それがうまく決まったときには美しいものが出来上がる。そういった気持ちからもう一度力を見直してみたい、ということで「建築と社会」10月号の特集を組みました。

この特集の冒頭に「あらためて力を考える」というテーマで、力そのものと社会のかかわり方、力と構造や材料、力と人間の感覚などの観点から、横尾先生が今まで考えてこられたことをお聞きしたいと思います。

力学の体系化

横尾　われわれは森羅万象の中から、科学的法則を抽出してきたが、力学はそのひとつである。力はあまねくすべてのものに働いていて、座っているこの椅子、テーブル、また、われわれの姿勢も…これらは力学に支配されており、瞬時といえどもその働きから逃れることはできない。天体も地球も、地上に存在する空気、水、山岳、平野、植物、動物もすべてそうである。力学は普遍的な法則で、万物の存在の第一義である。動物の力学的直感はほとんど生得的なものであるが、きわめて優れている。知的に行動するわれわれ人間も、力学に対するある種の感覚なしには、とうてい生きていくことはできない。この感覚が私の言う力感である。なお、人間の力感は、生得的なものをコアにして重ねられる多様な学習に依存するところが大きい。

われわれ人間が動物と異なる大きな特色は「言語」を持ち、「物づくり」をすることである。われわれホモサピエンスはホモファーベルという別称を持っている。「物づくり」は文明を生み出す。人間は、厳しい氷期が去って気候温和な後氷期に入った１万年ほど前、農耕牧畜が出来るようになり、文明世界が始まった。

文明の成果は、長らく口伝により伝承されていたが、5000年ほど前にメソポタミア―いま世界注目のイラク―で文字が発明され、文書により伝承蓄積されるようになった。それから、文明のレベルは急速に高められた。文明には歴史の示すように、盛衰、興亡がある。しかしそれは地域的で、その生み出した技術はそこでは消滅しても、世界のどこかに継承され、遅速の差はあれ、進歩は続いた。

西欧ではルネサンスが興り、それまでの宗教の絶対的支配から解放され、新たな科学技術の進歩が始まる。さらに産業革命が興り、それ以来、科学技術は飛躍的に発展する。科学に基礎をおく新たな技術の世界、エンジニアリングが形成され、新たな専門技術者、エンジニアが生まれた。ニュートン力学が発見され、それに基づくわれわれの構造力学の体系が形成され、また新しい構造材料とそれを用いた構造がつくり出された。

それまでの風土的構造材料である木材あるいは石・煉瓦を用いた伝統的構造物は、木工・石工の棟梁たちが長い試行錯誤の歴史を経て、形成し伝承してきた経験則と、彼らの持つ構造感によって築造されてきた。構造感とは、構造物に対する棟梁たちの専門家としての力感である。構造感は、ホモファーベルは深浅の差はあれ、誰しも持っているので、ここでは専門家のそれを問題にしておく。

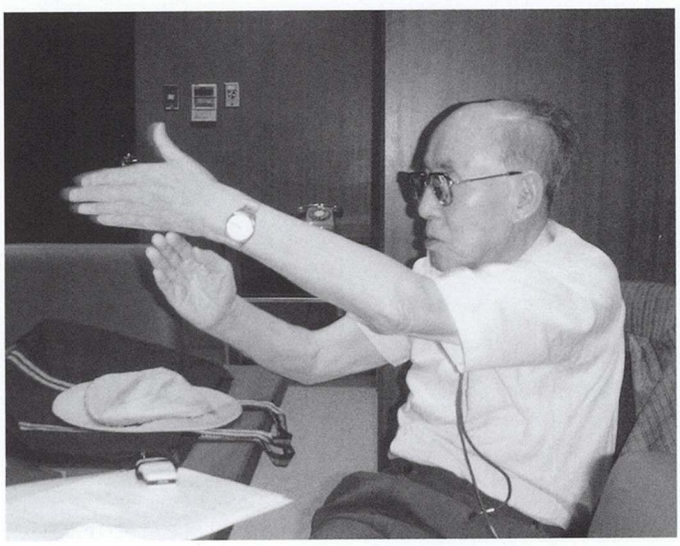
しかし産業革命が生み出した新しい構造材料である鉄鋼を用いた鉄骨構造、またコンクリートと合成した鉄筋コンクリート構造には、新たに設計施工の技術体系が形成され、エンジニアが生まれた。これらの新しい構造の振る舞いは、伝統構造ほどではないだろうが、理想化された理論のモデルのように単純ではなく、やはり複雑である。エンジニアたちは多くの経験、試行錯誤を重ねていき、棟梁たちのように彼らなりの力感―構造感―を持っていた。

しかしコンピュータの近年の進歩は、構造解析・構造設計の可能性を著しく拡大したが、反面、構造設計が多くの場合容易になり、また必要とされた多くの知識がブラックボックスの中に入り、これまでのように構造感を育てる機会が少なくなっている。それでよいのか。これからのエンジニアに課せられた大きな課題である、と思う。コンピュータ時代の構造感の形成についてどう思うか、考え直すべき時がきている、と思う。

力と社会

――力を設計行為に用いる場合、純粋な物理学だけではなく、社会や経済の影響を受けると思うのですが、長いご経験の中でどのように考えておられますか？

横尾　構造設計に、社会や経済の状態は確かに影響を与える。戦争中は鋼材が兵器に用いられるので、建築にまわす余裕がなくなった。しかし格納庫のような大スパン構造が必要である。そこで鉄骨



のトラス構造に代わるものとして、接合部にジベルその他いろいろな工夫をした、木構造が発達した。当時われわれは、これを新興木構造と称した。ことに陸軍での発達は目覚ましかった。この工法の原型は実は第一次大戦のドイツにあった。

戦時下では、一般に構造材料に余裕がなく、できるだけ有効に用いなければならぬ。そのころ極限設計―リミットデザイン―の研究が始まったのは、多分そんな社会的状況が影響したのではないかと思う。今日なお採用されている短期、長期の考え方も戦時下であった。

戦時下には鉄筋コンクリート船の建設が陸海軍で行われたが、建築構造のスラブをそのまま移したような設計で、重たい慣性の大きな船体となり、どうも余り成功したとは思えなかった。しかしヨーロッパでは、スチールメッシュで補強した、いわゆるフェロコンクリートによる薄肉殻のボートが建造された。この構法は戦後も長く用いられた。

話はだいぶ飛躍するが、今日現れ始めている地球温暖化による気候の激変の影響についてである。これからの気象災害には、これまでの統計学的手法はどうも役立ちそうにない。その対策はまさに今世紀の課題である。海面上昇に対する配慮も必要であるが、風、洪水などの自然的外乱の設計レベルを引き上げることも必要だろう。しかしいくらでも高めるわけにはいかぬ。設計レベルを超えた後の状況が研究の対象となるだろう。構造物ではポストクリティカルな挙動が重要となる。いわゆる粘り強さが必要である。

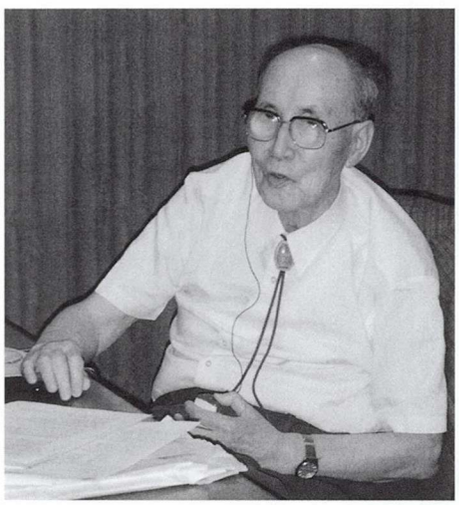
ここでは構造物ではないが、参考までにかつてのわが国の河川で築造された輪中と霞堤の思想を紹介しておく。輪中では、宅地の地盤は田畑より高くし、蔵のそれはさらに高くして、最後の避難所とする。なお舟も用意しておく。霞堤は信玄堤とも言われるもので、堤防を雁行形に下流に開いた形に配置して、洪水を堤の間に遊水させ、大氾濫を防ぐ工夫をしたものである。これからの計画には、構造物についても、このような多重安全性の思想が、示唆を与えるであろう。

力、構造、材料

――力の働きと構造形式、あるいは構造材料とのかかわりについてどのようにお考えですか？

横尾　建築には三つの要素、用、強、美があると言われる。確かに建築の形態はこの三要素によって定まるが、強すなわち構造は、他の要素；用・美とは質的に異なり、建築物を地上に具体的に存在させるものである。ところで、建築物や橋梁のような大きな存在、構造物は、家具や置物のような小物とは異なり、自らの死荷重に積載荷重を加えた重量を支え、しかも安全に地上に存在させること、それ自体、容易ならぬ仕事である。なお今日のコンピュータ世代には、構造が持つこの厳しさが隠されがちであることを指摘しておきたい。

横尾義貫
よこお　よしつら
1914　佐賀県に生まれる
1939　京都帝国大学工学部建築学科卒業
　　佐世保海軍建築部に勤務
1942　京都帝国大学助教授
1948　工学博士（京都大学）
1949　京都大学教授
1964　名古屋大学教授
　　（京都大学教授を併任）
1967　京都大学教授
　　（名古屋大学教授を併任）
1977　京都大学退官
　　豊橋技術科学大学副学長
　　京都大学名誉教授
1980　豊橋技術科学大学教授
1985　豊橋技術科学大学退官
1991　日本建築総合試験所理事長



さて、ここに構造材料の選択、構造形態の決定の重要さがある。前者はさまざまな事情にかかわるのでさて置き、ここでは与えられたものとして、後者について考えてみたい。

私はしばしば、構造材料あるいはそれを用いた構造は、それぞれの構造の論理を持つと、そして建築家・技術者は、数多くの試行を重ねてそれを汲み取り、適正な形態を発見するのだ、と言う。その土地で得やすい構造材料はそれぞれの論理を持ち、その到達した構造形態はその論理が具現したものだ、と見る。世界各地の伝統的建築物に、それを見る。

産業革命がもたらした新構造法―鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造―についても同じような経過が窺える。『SPACE, TIME and ARCHITECTURE』の著者S．ギーディオンによると、建築物では、柱・梁に鉄骨が用いられたのはエンジニアたちによって、倉庫などごく目立たぬ建物に用いられたことに始まる。次第に一般の建築物の骨組に用いられるようになる。しかしそのエレベーションは宮廷建築のごとくであったという。

彼はエレベーションが、鉄骨の骨組構造、梁・柱システムにふさわしい形を採るのは、およそ1世紀を経たシカゴ派の建築であったと言う。シカゴ派の建築の特色として、鉄骨骨組、筏事業およびシカゴウィンドゥ―横長窓―を挙げている。内蔵する鉄骨骨組にふさわしいエレベーションとなり、鉄骨骨組が建築的にも許容されたのである。

私はかつて「建築と社会」（1953年8月号）に投稿した「近代建築構造の発展」において、ギーディオンの所論に従って鉄骨構造の

発展をTOWARD FRAME STRUCTURESとしてとらえ、なお薄肉鉄筋コンクリート構造の発達をTOWARD SURFACE STRUCTURESとして述べた。興味のある方はご参照下さい。

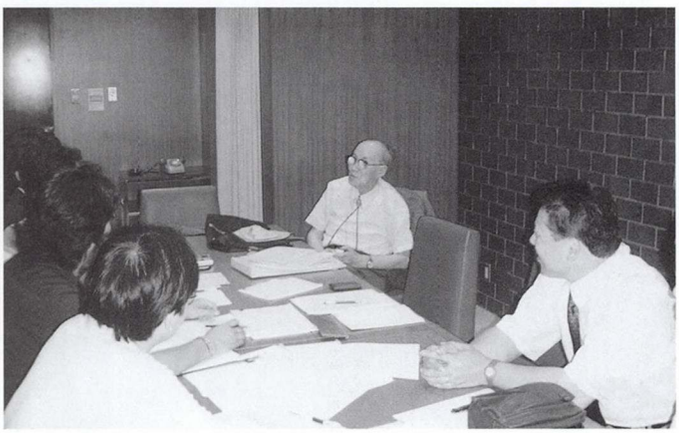
コンピュータ時代は建築物に、形態の自由をもたらした。その評価が定まるには、かなりの時間が必要であろう。いま私に配慮すべきだと感じられることは、ひとつは景観の持つ公共性である。他は、建築家と構造技術者との文字通りのコラボレーション―共同作業―であるだろう。

構造感

――先に、構造技術者がその領域での力感を構造感と名づけ、コンピュータ時代での育成について述べておられましたが、それについてもう少し。また構造設計はバーチャルな領域にシフトしていっているように感じます。

横尾　コンピュータ時代での構造感の育成は、コンピュータの助けを借りなければならぬ。しかしリアルな裏付けのないバーチャルなものは危険だ。それには何といっても現物を見ることが重要である。優れた構造物を観察すること、その際スケッチは理解を助ける。災害があれば赴き、状況をよく観察すること。さまざまな疑似体験。実験への参加。模型の応用等々。

いっぺん未来のために皆さんで話し合ってみませんか。



日　時：　2003年8月24日（日）　14：30～17：00
場　所：　㈱京大会館
参加者：　稲田　竜也　　デザイン・構造研究所
　　大氏　正嗣　　デザイン・構造研究所
　　金田　興熙　　北條建築構造研究所
　　松村　和夫　　松村構造計画
　　向井　洋一　　大阪大学大学院建築工学専攻講師
　　吉川　真次　　鴻池組設計部
　　岡本　達雄　　竹中工務店設計部
　　田渕　勝道　　竹中工務店設計部

注）上記記事は、8人のインタビュアとの話をもとに、横尾義貫氏がご自身で書き起こされたものです。

インタビューを終えて

「あらためて力を考える」というテーマは、あいまいでありましたが、逆に話題が大きく広がり、多くの示唆に富んだお話を伺うことができたと思います。
今回のインタビューにあたりわれわれは、総勢8名で臨んだのですが、横尾先生の存在感に圧倒されどおしでした。8人力で対抗したつもりでしたが、どこかで力感を読みを間違えたようです。(T)

●

インタビューを終え、先生の“構造感”に関する考え方はもとより、豊富な人生経験から、われわれに生き方というものを示唆していただいたように思います。予定時間をオーバーするほど先生のお話は大変盛り上がりましたが、何よりも“元気”をいっぱいいただきました。(Y)

●

今回のテーマ「あらためて力を考える」という、話題としては範囲が広すぎるのではないかと思われるものを横尾先生にぶつけてみましたが、さらに広い考えを持って話していただきました。インタビュー中、そして終了してからも熱く語られる横尾先生に人としての力を感じました。(I)

●

「力」という言葉の持つ幅広い可能性と、幅広すぎるが故にとらえどころのないことをインタビューを通じて再認識することができました。そのとらえどころのない「力」を、私たちがいかに表現していき、また説明していくのか、意外と重い宿題をいただいた気がします。(O)

総論2

建築の「見えない力」

柏木浩一

凡人と、構造家と、猫が、旅をした。処はシチリア島アグリジェント。ようやく辿り着いた日の黄昏どき。崩れ落ちた延べ石に寄り添うように坐り、廃墟を見つめている。

凡人、一人でしきりに頷いている。

西洋史で習ったことの復習。建造物の経過年数と、朽ちり具合の確認。写真で記憶するものと、実物との照合。過去に得た知識を総動員し、一つひとつの検証に忙しい。いや、地球の反対からはるばるやってきた、あこがれの世界遺産。ひょっとすると、感動に涙する糸口を経験の山から探しているのかもしれない。

理屈で世界を認識しようと努め、眼前世界は何も見ていない。

「力が漲っている」と呟く構造家。興奮を隠せない。

2500年もの外力に大半が破壊されながらも、わずかに残る柱と梁。倒壊寸前。最後の力を振り絞って屹立する建築の残滓。

構造家は、そこに、建造物を貫き抜ける悲鳴のような力の流れを見るのか。ひょっとすると、力の流れが矢印付きで見えている。構造家の透徹な眼には、凡人には見えない力が見える力となって映っているようだ。

一方、猫はと言えば、構造家の呟きにも、ただ「ニャーン」。何とも気の無い相づちである。

猫にとって、建築が何千年経っていようが明日に倒壊しようが、関係無い。過去だ、未来だと大騒ぎして振りまわされているのは、人間様の世界。猫は、大宇宙の営みの命ずるままに、今の一瞬一瞬を生きている。泰然自若。「近頃の若い者と一緒にしてもらっちゃ困る」と言いたげに、背筋を伸ばして凛。

こういきたいのだが、実は先程から少々落ち着きがない。廃墟の窪地から、母国の鼠を少しバタ臭くした何とも自信を揺るがすようなにおいが風に乗って漂ってくる。飛び込もうか、やめておこうか。

猫は、人には見えない力に弱いのである。

構造家の「見えない力」

構造家は、凡人に見えない力の流れを本当に見ているのだろうか。

この問いに、認知脳科学者・藤田一郎がヒントを与えてくれる。人が対象物を視覚認識するときの、「拘束条件」と「盲点」である。

人が立体物を見るとき、光の信号として受信されたものが眼球の水晶体レンズで収斂され、奥の網膜に投影される。この凹面上に映された時点で、3次元の立体物は既に2次元の情報。網膜視細胞で電気信号に置き換えられ、ケーブルを介して脳の中を情報の貯蔵庫・大脳皮質へと送られ、過去の情報を参照しながら立体へと復元される。

視覚情報の流れは大雑把にはこのようなもの。だが、この過程で二つの不思議なことが起こる。

一つは、網膜に投影された時点で情報は3次元から2次元へと変わっているのに、なぜ、われわれは何の疑いも持たずに立体物と認識できるのか。

この不思議に、藤田は「拘束条件」で答えている。拘束条件とは、その人の、過去の経験や知識で得た物理世界のルールからくる制約。例えば、通常太陽は上から射してくるから顔写真の黒い部分を下または奥と認識する、といった類である。このように拘束条件を加味することで、始めて2次元情報で立体物と認識できる。その人の経験・知識との協同作業があって始めて成立する作用と言えるのだ。

今一つは、「盲点」の不思議。

網膜には、個々の視細胞から繋がるケーブルが束ねられ脳へと繋がる取り出し口がある。網膜の中央部に位置するこの盲点には、光の信号を受信する視細胞がない。だから、その部分の視覚情報が欠落し、人の視界に丸い空白がぽっかり浮かんでいる。理論的にはそうなるはずが、そうはならない。人は、まるで盲点が無いかのように完全な視界を謳歌する。この盲点部分の欠落した情報を、周囲の視覚情報と脳に蓄積された経験・知識情報が総動員で補完し合い、妥当な線で見ているということになるのだそうだ。

少し深みにはまってしまったようだ。先を急ごう。

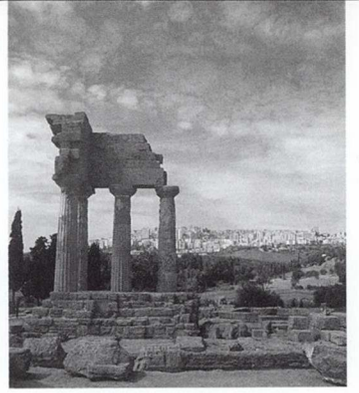
そうそう、凡人に見えない力の流れが、なぜ構造家に見えたのか、だ。

猫は別格としても、凡人と構造家の二人。同じような経験と知識をもって育ってきた人間同士。その二人が同じものを見ても、なぜ差ができるのか。その疑問に答えるのに、もう一つ理屈を要する。そもそも、見る主体の脳の構造がどうなっているのか。その脳が成長の過程で、どういう五感覚の差を呈すのか。

脳障害児の治療で有名なグレン・ドーマンは、長年の臨床経験を基に、脳の構造を、重層的だと結論づける。

新生児が歩行するまでのステップを4段階に分け、ドーマンは説明する。第1段階「移動を伴わない手足をバタバタする運動」は脳の中央部、延髄の機能、魚並みの脳を使うのである。第2段階「腹ばい」は脳橋の機能、サンショウウオや蛙など両生類並み。第3段階「高ばい」は中脳の機能、トカゲやワニなどの爬虫類並み。第4段階「歩行」は脳の外郭部、大脳皮質の機能、これで、やっと人間並み。

これら魚並みから人間並みの4つの重なり合った脳をすべて使っ



て、ようやく大地から、よろよろと立ちあがる。決して、高尚な、知性・理性を司ると言われる大脳皮質部分だけで事足りるわけではない。

歩行一つで、この様である。

一皮剥けば、生物進化のプロセスをすべて含む種々雑多の脳たち。もちろん、あの猫と同種の脳も潜んでいることになるようだ。

失礼の無いように申し添えておくと、猫は昔気質。未だ古い脳を大切にバランス良く操縦しているのだが、たまたま、「第4段階」目の新しいメカだけが不得意ということなのだ。

次に、脳の成長の差。

まず、新生児は、脳の神経回路網が出来つつあるが、肝心の外的情報が不足するからおのずと目も見えない。その後、神経回路網をどんどん構築し、成人脳重量の80%を3歳時点で完成させる。この期間で、視覚・触覚・嗅覚など五感を集中的につくってしまう。成人になっても、脳の可塑性という生物的特質を使って、家庭、社会、自然など、多様な環境に合わせて神経回路網の配線を繋ぎ替えていく。鍛錬した部分をどんどん密にし、時に凡人には想像もつかないような超人的な感覚能力を持ち合わせてくる。例えば、木彫家が「見えている形を、そのまま木から彫り出すだけです」という類だ。

凡人に見えない力の流れが、なぜ構造家に見えたのか。機は熟した。論理の飛躍も承知の上で、思い切って結論を出そう。

2次元情報から立体物。盲点の空白から形象。目の見えない新生児に視覚。鍛錬すると超人の感覚世界。いずれも脳に経験・知識情報が挿入されると、見えないはずのものが見えてくる。

可視世界は、種々雑多な脳たちの各処が経験や知識と一緒になって創り出す個々独自の世界。

そうだと結論付ければ、凡人に見えない力の流れを、構造家が本当に見たとしても不思議は無い。職能を極限まで鍛えることで超人的な神経回路網を持った構造家だけに、力学的な力の流れが見える力となって顕現したのだ。

蛇足ながら、一世を風靡した構造表現主義の建築群。力の流れをこれ見よがしに構造部材に置き換えたもの。あれなら凡人にも力の流れが見えるのではないか。凡人と二人で思いを共有できるのではないか。こう、構造家は乞い願うだろう。

だが、無理である。例の、種々雑多な脳たち。

二人が使用する脳が既に違うのだろう。凡人には、「変わった建物」とは見えても「力が漲っている」とは見えていない。

構造家とは、いや、凡人には見えない世界を見てしまった者は、いつの世にも孤高だ。

猫の「見えない力」

猫の姿がない。

あまりに長い講釈に耐えかねたのか。それとも、一瞬後に起こるかもしれない廃墟の倒壊をいち早く察知し、逃げ出したのか。いやいや、きっと意を決して窪地に飛び込んだのであろう。猫は、いつでも「見えない力」をバランス良く嗅ぎ取っている。

この、猫にはあるのに不足する、いや現代人には決定的に不足する「脳のバランス感覚」を説明するには、少し歴史をさかのぼらなければならない。「我考える、故に我在り」で有名なデカルトの著作『方法序説』の出版。1637年の事件である。

執筆構想の最中、ガリレイが地動説を支持した著作の出版に関して宗教裁判で有罪となり投獄されたという知らせを聞く。投獄の恐怖と出版の野望。葛藤の末デカトルは考えた。精神、即ちローマ法皇庁の専売特許の領域に触れなければ、物体の領域をどういじくっても睨まれないはずである。その制約の中で彼の理論を構築する。これが、「精神と物体の二元論」という今日までに尾を引く世界観の誕生経緯である。その後、ニュートンなどがこの世界観に立脚し、物体の領域だけを飛躍的に発達させる。片肺飛行。やがて、現代でも「科学的アプローチ」と崇め奉られる「数値と論理を全面的に信奉する思考法」に昇華し、ヨーロッパ中に蔓延したのである。結果として、精神の領域、数値や論理に置き換えられづらい領域は進歩から取り残されてしまう。「見えない力」も道連れという訳だ。

人間は、もともと古い脳の使い方が下手である。その上にこの事件。現代のわれわれには、デカルト以前の中世人や古代人に辛うじて見えていたものすら、見えなくなってしまっているのかもしれない。

建築の「見えない力」

だが、それで良いのか。

そもそも精神の領域を置き去りにして異常に発達した、片寄った今日の世界観。無理無いはずが無い。凡人には見えない力を、見える力に変えてしまう構造家だ。すこし鍛錬すればその方面の神経回路網を超人的に変えてしまうなど、たやすいことかもしれない。今からでも遅くない。鍛練の方法を学ぶべき師は、そう、あの猫。

猫は言うだろうか、「お若いの。建築の見えない力を看取したければ、耳に見て目に聞け」と。

参考文献
グレン・ドーマン『親こそ最良の医師』株式会社ドーマン研究所

（かしわぎ　こういち　建築家・姫路工業大学環境人間学部教授）

構造物を形づくる

大空間をおおう建築構造のしくみ

谷口与史也

「力」を感じる能力

そもそも力は目に見えないから厄介である。しかし多くの建築家や技術者にはあたかも見えているかのごとく、彼らは日々の思考を展開しているのではないだろうか。見えていると感じるのは一種の錯覚である。図1の中心部には三角形が在ると感じるのではないだろうか。このような図形認識は人の卓越した能力であるが、構造物における力に対しても同様な脳の働きがあるように思う。昨今の学生の想像力の低下を補うために、3年前から力学的体験を授業に取り入れるよう努力している。本年は**写真1**に示すようなケント紙を用いた制震壁模型の製作であるが、計4回の講評会と実験で、黒板からは学びきれない感覚を身につけている。

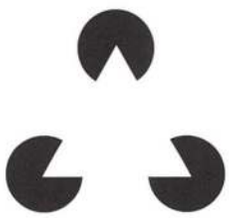


図1　錯覚図形

さて、このような稚拙な力学的感覚をプロのレベルにまで引き上げるにも、実体験が必要であろう。構造設計者は数値とアウトプットされる断面寸法との関係、施工者は建物スケールと部材の大きさとの関係、建築家は空間とそれを形づくる部材寸法との関係などに日々体験を積んでいることであろう。しかし構造物がスケールアウトするとき、最も注意しなければならない。培った力学的感覚は、いつまでも精度良く安心感を提供してくれないからである。

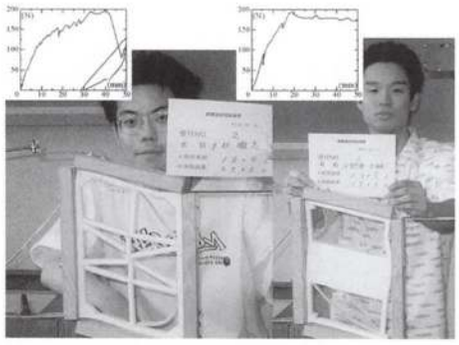


写真1　制震壁の実験

基本荷重抵抗システム

構造物が最終的に何で壊れるかを考えると、常に重力との闘いであるといえる。重力に対する荷重抵抗システムは図2[1]に示すように、アーチに代表される圧縮・引張抵抗型と、ビームに代表される曲げ・せん断抵抗型の2つに大別できる。前者は形態抵抗システムであり、後者は非形態抵抗システムである。すなわち形態とはFormとForceを表しており、形状と断面力状態は密接な関係といえる。

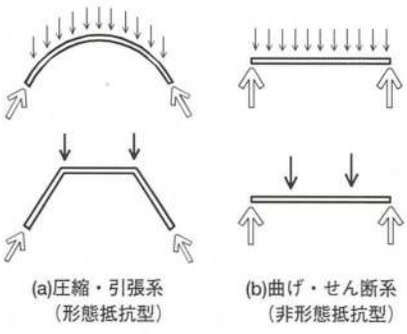


図2　基本荷重抵抗システム

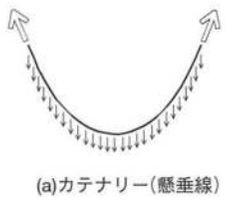


図3　カテナリー



写真2　スペイン，グエル公園回廊

形態抵抗形状の最も単純なものは、図3[2]に示す紐を吊り下げたときに生じる懸垂曲線（カテナリー）である。この場合の外力は自重であり、自重は紐の張力のみによって支持点に伝えられている。もちろん紐の中間に力をかけて引き下げると形状は変化するが、この変形後の形状も、新たな力に対する形態抵抗形状である。このカテナリーの天地を反対にしてできるのがカテナリーアーチであり、自重を圧縮力によって支持点へ伝える構造である。したがって自重に対する圧力（合力）線はカテナリーと一致する。実際には圧縮力が作用するので、座屈などを防ぐために断面を大きくしなければならない。換言すれば、すべての荷重に対する圧力線に沿った形状は形態抵抗形状であるといえる。**写真2**に示すガウディによるグエル公園の回廊は有名な例である。

実際に多用される円弧アーチの場合、自重による圧力線はアーチ形状と一致しない。圧力線が断面の中心よりずれている部分では曲げモーメントが発生しており、もし別の荷重によって圧力線が断面よりはみ出す場合には、その曲げがさらに大きくなり、アーチの崩壊へとつながる。すなわち、等分布荷重に対してアーチは材軸方向の直応力のみで抵抗できる材料効率の良い荷重抵抗システムであるが、偏分布荷重に対しては脆弱であるといえる。

円環や球殻に内圧が作用する場合の釣り合い（図4、5）は、次に示すように非常に簡単な式で表せる。

$$T = w \cdot r, \quad N = p \cdot r / 2 \qquad (1 \cdot a, b)$$

ここで、T;アーチの軸力、w;半径方向等分布荷重、r;曲率半径、
N;一様な張力、p;半径方向等分布荷重（内圧）

両式を比較すると、球殻は直角な2方向に引っ張っていると理解できる[3]。スパンが大きい場合には自重などの鉛直荷重でも十分近

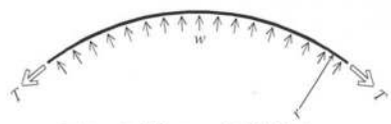


図4　円弧アーチの釣り合い

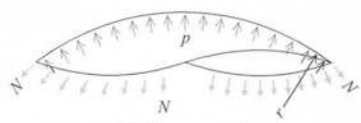


図5　球形シェルの釣り合い



写真3　アーチによるカバードブリッジ

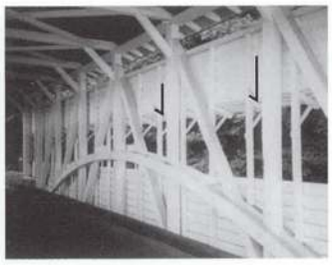


写真4　ビームトラスによるカバードブリッジ

似式として利用できる。

非形態抵抗のビーム構造の大きな特徴は、スパン中央より荷重作用点がずれると曲げモーメントが小さくなり（せん断力はその反対）、しかも支持点で水平反力が生じないことである。圧力線は存在しなく、曲げモーメントとせん断力で荷重を支持点に伝えている。したがって材料効率は良くないが偏載荷重に強いといえる。橋はこの2つの基本荷重抵抗システムをうまく調整することによって実現されるといえる。

ここで、数年前視察旅行に出かけた際に見た、構造技術者の「力」を感じる能力が混乱している例を紹介したい。**写真3**、4はアメリカ北東部に現存している木造橋である。写真3の主体構造はアーチである。アーチのカーブと直交するように束材が取り付けられていることからも分かる。これに対して写真4の束材は垂直に設置されており、主体構造はアーチから束材を含むビームトラスへと移行している。しかし当時（19世紀中頃）、アーチを取り除くことは構造技術者の培ってきた安心感に背くものであったと想像できる。

空間構造のしくみ

ラーメン構造に代表される骨組構造を重層構造物とし、対して大空間をおおう建築構造を空間構造物と呼ぶが、2つの基本荷重抵抗システムの空間構造物における位置づけを論じる。

空間構造の基本構成は**図6**[4]のように表せる。基本要素は引張、圧縮、曲げの3つに分けられる。破線で囲った部分は立体抵抗型であり、3次元的な力の流れが生じるものである。形態抵抗のカテナリーとアーチはケーブルネットとラチスシェルへ移行し、さらに面的なテントやシェルへと展開する。同様に非形態抵抗のビームは交差梁、スラブへと移行する。シェルやスラブは20世紀中頃より、立体トラス構造にとって代わられる。また最近ではケーブルなどの引張要素とアーチやビームを組み合わせたハイブリッド構造、ハイブリッド化によって安定した構造となるテンセグリティーや張力安定トラスなども考案、実現されている。

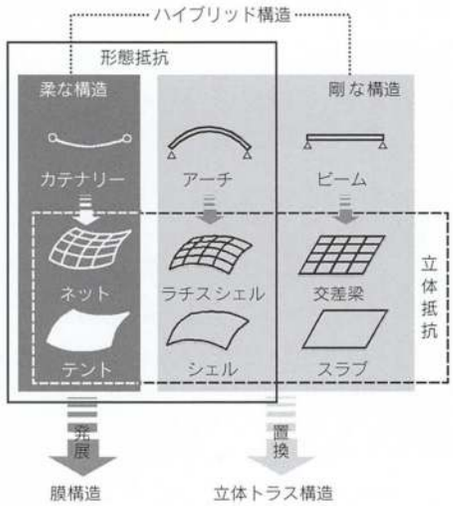
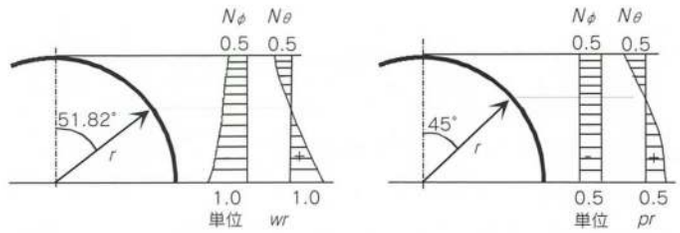


図6　空間構造の基本構成



(a) 一定厚さのシェル自重による応力分布　(b) 鉛直等分布荷重による応力分布

図7　球形シェルの応力分布

ている。

最後に、2つの空間構造物の応力分布を紹介して筆を置く。**図7**[5]は等厚球形シェルの自重と等分布荷重による応力分布である。N_ϕとN_θはそれぞれ経線方向と緯線方向の直応力で、wは単位面積当たりの重量を表している。図7（a）で頂部より約52度、（b）では45度を超えると緯線方向に引張応力が生じている。この範囲内でシェルを利用する場合には圧縮応力のみとなる。またシェル頂部の応力状態はいずれも式（1b）を満たしていることが分かる。

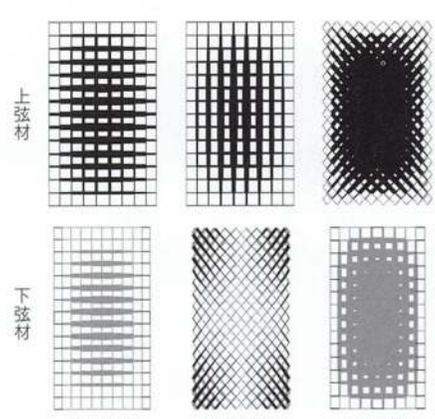


図8　二層立体ラチスシリンダーの部材軸力分布

図8は、外周ローラー支持で鉛直等分布荷重を受ける二層屋根型ラチスシリンダーの軸力分布を示す。ＳＳ型は上下弦材ともに平面計画に対して平行直角になっている。ＳＤ型は下弦材が45度方向に斜行しており、ＤＳ型は逆に上弦材が斜行している。充実なシリンダーシェルではアーチ方向の応力が大きくなるが、このようにラチスシェルでは直交する母線方向の断面力が大きくなることがある。すなわち、格子形状によって応力分布状態が大きく変化しており、したがって剛性と強度も異なる。立体抵抗に潜むもうひとつのしくみを解明する必要がある。

参考文献

1）斎藤公男監訳，渡辺富雄・岡田章訳，アンガス・Ｊ・マクドナルド著：建築の構造とデザイン，丸善，平成8年
2）川口衞，阿部優，松谷宥彦，川崎一雄：建築構造のしくみ，彰国社，1990
3）日置興一郎：構造力学Ⅱ，朝倉書店，昭和52年
4）M. SAITOH and A. OKADA: Conceptual Design of Tension Structures, Proc. of Seiken-IASS Symposium on Nonlinear Analysis and Design for Shell and Spatial Structures, 1993, Tokyo, JAPAN, pp.465-472.
5）坪井善勝監修，名須川良平訳，Pedro B. J. Gravina著：回転シェルの理論と計算，宇野書店，1966

（たにぐち　よしや　大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻助教授、博士（工学））

構造物を形づくる

明石海峡大橋の設計

楠原栄樹

1998年4月に開通した明石海峡大橋（**写真1**）は、塔と塔の間の距離（支間長）が1,991m、全長3,911mの世界最大の吊橋である。本橋が完成するまでは、イギリスのハンバー橋が支間長1,410mで世界一であったことから、約1.4倍も記録を更新したことになる。また、ケーブルを支える主塔の高さも海面上297mと高く、支間長とともに世界一であることがギネスに認定されている。

なお、本橋の建設には約10年の歳月と、鋼材約27万トン、コンクリート約144万㎥を要している。



写真1　明石海峡大橋

設計で考慮する主な荷重―耐風設計―

非常に長大な構造物である本橋には様々な外力が作用するため、設計にあたっては、主に**表1**に示す荷重を考慮している。

以下に、長大橋の設計において最も重要な課題の一つである耐風設計について概説する。

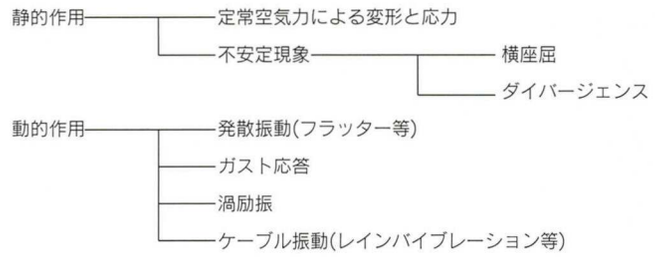


図1　長大橋の耐風設計で考慮する現象

長大橋の耐風設計において考慮する現象を整理して**図1**に示す。これらの中でも桁の発散振動は、1940年にアメリカで当時世界第3位の吊橋であったタコマ橋（支間長853m）が供用わずか4カ月後に風速約19m/sの風で振動を起こし、その振動が徐々に増大して崩壊した事故を契機に、重要視されるようになったフラッターと呼ばれる-現象である。

長大橋における動的作用に対する安全性の確保は、風洞試験を実施して照査風速の範囲内で有害な振動が発生しないような断面を選定することが基本となる。桁断面の選定にあたっては、長大橋は橋軸方向に等断面を採用することが一般的であることから、断面の一部分を代表させた剛体模型を橋梁の最低次の鉛直曲げ振動数とねじり振動数を再現するようバネで支持した風洞試験（2次元バネ支持風洞試験）が実施される。本橋では様々な断面に対する風洞試験の結果、路面の路側帯と中央分離帯の部分にグレーチングを設置し風が流れやすくするとともに、桁の中央部には流れを積極的に導く鉛直スタビライザを設置した断面（**図2**）を選定した。

なお、本橋の発散振動の照査風速は、桁位置での設計基準風速に変動風の補正係数 μ_F と風洞試験技術、設計施工の信頼性ならびに

表1　明石海峡大橋で考慮した主な荷重

荷重の種類	荷重の概要	備　考
死荷重	補剛桁：約275kN/m ケーブル：約140kN/m 合　計：約415kN/m	吊橋ケーブルの水平張力(H)は、wを死荷重、ℓを支間長、fをサグ(ケーブルの垂れ下がり長)としたとき$H=w\ell^2/8f$で表され、張力は支間長の増大とともに大きくなる。張力が大きくなると、より大きなケーブル断面が必要となり死荷重の増加につながるため、本橋では引張強度が1,765MPaの高強度鋼線を開発し、鋼重の増加を防いでいる。
活荷重	道路橋示方書のB活荷重相当	橋全体(ケーブルや塔)に対しては約18kN/mの等分布荷重を、道路床組に対しては43t積トレーラ荷重を想定して設計している。
温度荷重	基準温度(20℃)に対し±30℃	支間中央では温度変化だけで±2mの上下動が生じる。
風荷重	海面上10mでの基本風速は46m/s	再現期間150年の風を想定し、それぞれの部材の設計においては、べき乗則(α=1/8)で高度補正を行い、別途定めた変動風の補正係数を乗ずることにより風荷重の算出をしている。 ちなみに、補剛桁の設計基準風速(高度補正のみ)は約60m/sであり、変動風の補正係数(μ_2=1.55)を考慮すると約50kN/mの風荷重を考慮することになる。
地震荷重	架橋地点周辺で再現期間150年の近距離地震と、紀伊半島沖で発生が予想されるマグニチュード8.5クラスの地震を考慮	再現期間は風荷重と同じく150年である。 なお、建設中に兵庫県南部地震が発生し、断層活動により地盤そのものが移動し支間長が80cm延長されたが、構造上は大きな問題がないことを確認し、桁を延長することで対応した
その他荷重	衝撃荷重や支点移動の影響等	(省略)

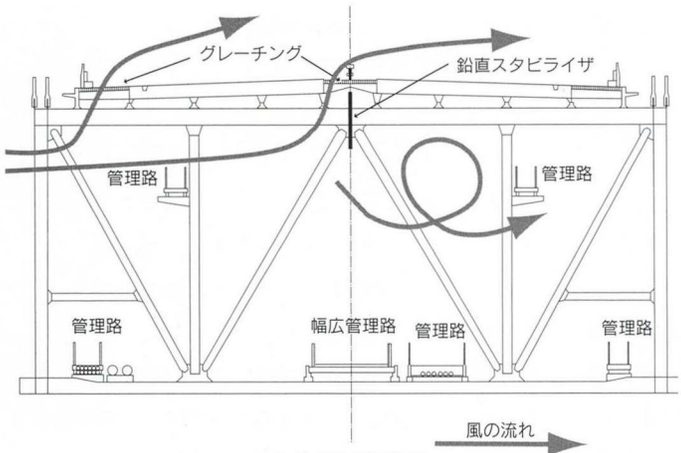


図２　補剛桁断面

構造物の社会的重要性を勘案して定めた安全率1.2を乗じて計算され、280km/hである。

さらに、本橋は過去に例のない大規模な構造物のため、風荷重により発生する３次元的な変形の耐風安定性への影響が無視できないことが懸念された。これは、２次元バネ支持試験による評価では不十分であることを意味しており、橋全体を模型化して耐風安定性を確認する必要があると判断された。桁断面の空力特性を精度良く再現するためには、最低でも縮尺を１/100とする必要があり、模型だけで全長約40mとなる。そのような模型が入る風洞施設は存在していなかったことから、本州四国連絡橋公団では茨城県つくば市の建設省（当時）土木研究所敷地内に、風路の幅が41m、高さが４m、長さが30mの、構造物用としては世界最大の大型風洞実験施設を建設し、本橋の耐風安定性の確認を実施した。

写真２は風洞風速８m/s（実橋換算80m/s）時の変形状態を示したものであり、支間中央部で約30cm（実橋換算約30m）も変位することが確認された。吊橋は、荷重をケーブルと桁を介して支点である主塔とアンカレイジに伝達する構造であるため、大きな断面力が

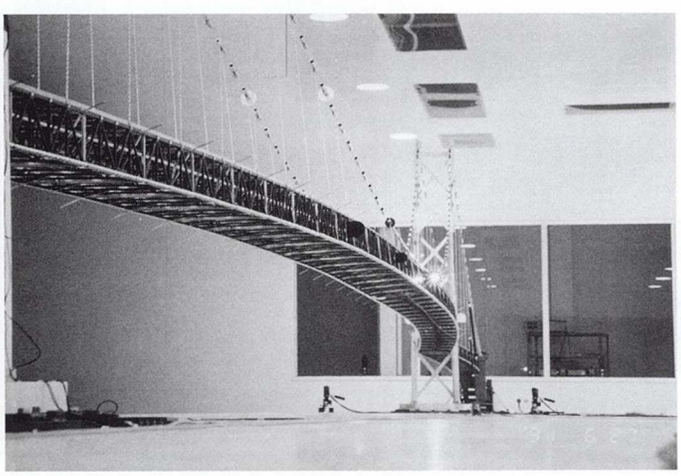


写真２　風によりたわむ全橋模型

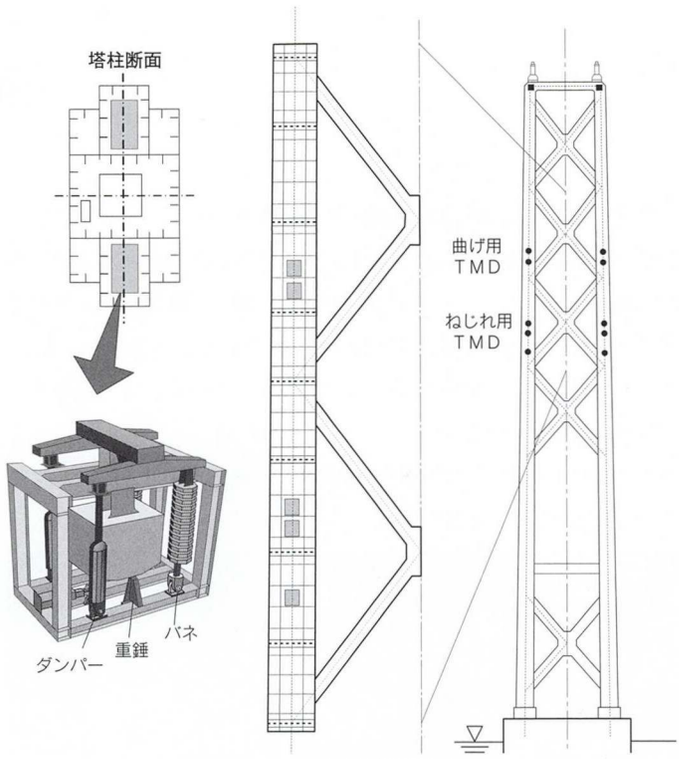


図３　TMDの設置状況

作用する支点近傍では風荷重により断面の板厚や材質が決定されている。写真の状態からさらに風速を上げたところ、風洞風速９m/s（実橋換算90m/s［324km/h］）においてフラッターの発生を確認したが、照査風速78m/sを十分に上回っており、耐風安定性を確保していることを確認した。また、フラッター発生時の振動モードは、２次元バネ支持試験で考慮している最低次の鉛直曲げモードとねじれモードだけではなく、より高次の振動モードも連成したマルチモードフラッターとなっており、全橋模型試験を実施しなければ確認できない現象であった。

一方、本橋の主塔は高さが約300mとなることから、従来の吊橋主塔では問題とならなかった吊橋完成後も渦励振の発生が予想され、３次元弾性模型による風洞試験によりその対策が検討された。

最終的に採用した対策は、塔柱断面に作用する励振力をできるだけ小さくするため十字断面とし、さらに１塔あたり20基（曲げ用８基、ねじれ用12基）のTMD（Tuned Mass Damper）を設置（**図３**）した。なお本橋は動態観測を実施しており、供用後に渦励振の発生が予想される風を何度か経験したが、主塔の振動は観測されておらず、TMDが作動していることも確認されていることから、有効に機能しているものと考えられる。

おわりに

明石海峡大橋の設計概要として耐風設計に着目して記述したが、紙面の関係もあり、概略の説明となった。より詳しく知りたい場合は、「橋梁の耐風設計－基準と最近の進歩－」（土木学会構造工学シリーズ12）などを参考にされたい。

（くすはら　しげき　本州四国連絡橋公団長大橋技術センター技術調整課長代理）

構造物を形づくる

海に浮かぶ巨大構造物の設計・制御

小池裕二

海に浮かぶ浮体の代表例として、船がある。船は、重力と浮力の釣り合いによって浮かんでおり、傾くと常に元の平衡位置に戻ろうとする復元性によって安定性を保持している。しかし、復元性を有するために、波浪を受けると動揺を生じる。

本稿では、船の横揺れに焦点を当て、まず、力学的観点から静水中の釣り合いについて述べる。つぎに、動揺制御の実施例として、海洋地球研究船「みらい」に適用された能動型減揺装置[1]を紹介する。

浮体の釣り合い[2]

図1のような静水中に浮かぶ船を考える。（b）は（a）の平衡状態から左に傾いている。浮体の力学では、重心とともに、新たに浮心が加わる。重心は重力の作用点であるのに対し、浮心は浮力の作用点である。（a）の傾かない状態では、重心と浮心とは、同一軸上にあり、重力と浮力とは、釣り合っている。今、同図（b）のように傾いたとすると、重心は中心軸からずれることはないが、浮心は左にずれる。これは、船が傾斜することで、水面下にある船体部分の形状が変わることによる。この力の作用線が船の中心軸と交わる点は、メタセンタと呼ばれ、この点と重心との距離であるメタセンタ高さ$\overline{GM}$は、以下に述べるように、船の復元性を表す重要なパラメータとなっている。

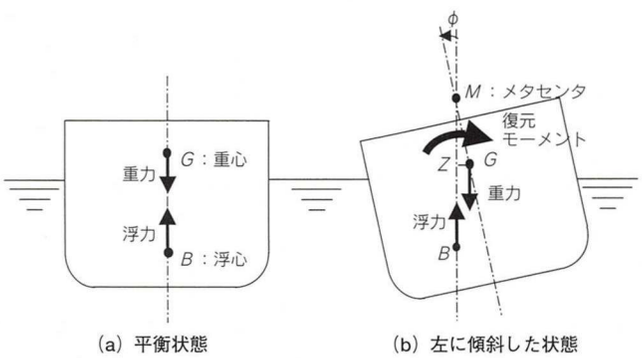


図1　静水中に浮かぶ船

同図（b）の傾いた状態において、重力と浮力は船を元の位置に戻そうとする方向に作用する偶力の形をなしている。その大きさは、船の重量（Wとする）に重心から浮力の作用線までの距離を乗じた$W\overline{GZ}$で表される。すなわち、$\overline{GZ}$が大きいほど、復元力も大きいということになる。また、$\overline{GZ}$とメタセンタ高さとの間には、$\overline{GZ}=\overline{GM}\sin\phi$、$\phi$が十分小さいときは、$\overline{GZ}=\overline{GM}\phi$の関係があるから、偶力のモーメントは$W\overline{GM}\phi$となる。結局、メタセンタが重心の上にあるとき、すなわち、$\overline{GM}>0$のときは、常に戻そうとする偶力が作用するから安定であり、$\overline{GM}$が大きいほど復元力が強い船となる。逆に、$\overline{GM}$が小さくなると、復元力は小さくなり、メタセンタが重力より下では、$\overline{GM}<0$となり、偶力は船の傾きを増すように作用する。この状態では、もはや、船は安定を保てず、転覆する。一般に、メタセンタは、船の水面下の形で決まってしまうのに対し、重心は燃料の搭載状態、積荷の重量および、積載状態によって変わってしまう。したがって、船を設計する場合には、このような変動状態を見込んだ上で、復元性を決定する必要がある。

動揺制御

上述のように船が安定である場合、平衡位置から傾けると、元に戻ろうとするから振動系である。したがって、波浪にさらされると動揺を繰り返す。そのため、動揺低減は重要な要求性能となっており、古来、様々な動揺低減手法が考案されてきた[3]。特に、調査船、観測船では、海上での観測作業のため、停船および低速航走時の横揺れ低減が重要な要求性能とされている。このような課題に対して、筆者らは、可動マスを左右方向に電動モータ駆動することで、減揺効果を得る能動型減揺装置[1]を提案している。

図2は、減揺時の船と可動マスの運動状況を1周期で示したものである。可動マスは船体に対して1/4周期だけ遅れて運動する。

図3は、減揺のメカニズムを図2の（a）から（b）の移行時について模式的に示したものである。減揺時には、可動マスの運動によって生じる慣性力および、重力成分の2力が創生する減揺モーメントが、波強制モーメントを打ち消すように作用する。

本装置は本格的な実機として、総トン数8672トンの海洋地球研究船「みらい」（海洋科学技術センター所有）に適用され、順調な稼

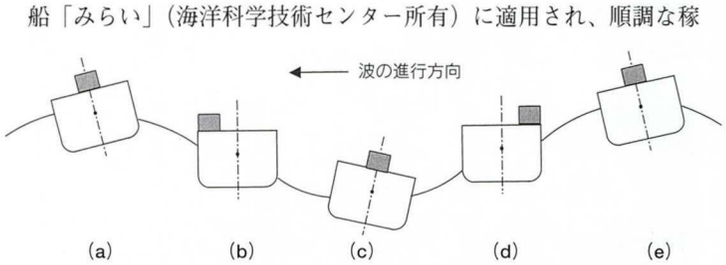


図2　減揺時の船と可動マスの運動状況

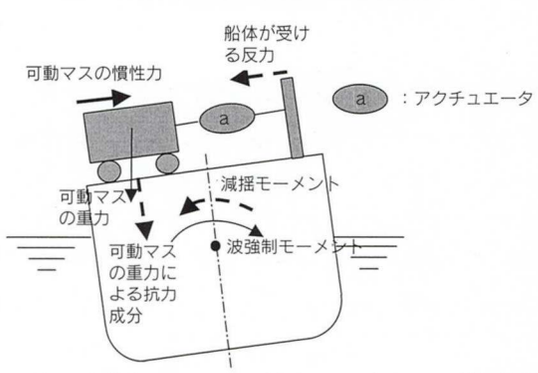


図3　減揺の力学的メカニズム（(a) から (b) への移行状態）



図４　海洋地球研究船「みらい」

働を続けている。**図４**に対象船の概観を示す。本船は長さ116ｍの大型観測船で、いろいろな海域において海洋観測作業や船上での研究活動を行うことを目的としているため、計画当初から高い減揺性能が要求されていた。

減揺装置の概観を**図５**に示す。可動マスの質量は、船の排水量の約１％に相当する100ｔ、ストロークは±４ｍであり、装置を船体中央部の重心より上方約12ｍの位置に設置した。可動マスには、モータや減速機などの駆動部を搭載した台車が用いられ、これを円弧状の軌道面で自走させることで、少ない設置スペースで大きな重心移動がとれるようにしている。本装置によって観測作業で支障となる波高４ｍ相当の横揺れを約50％程度に低減する。本装置には、種々の海象条件に対しても、可動マスの許容ストロークの範囲内で最大の減揺効果が発揮できるように、船の揺れの大きさに応じて制御の強さを変える制御手法を採用している。また、稼働時の騒音対策のほか、運行条件や異常時に対する安全対策機能を有している。

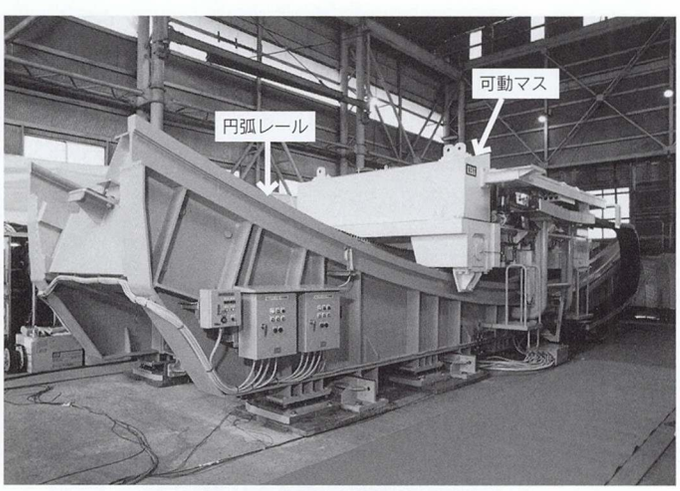
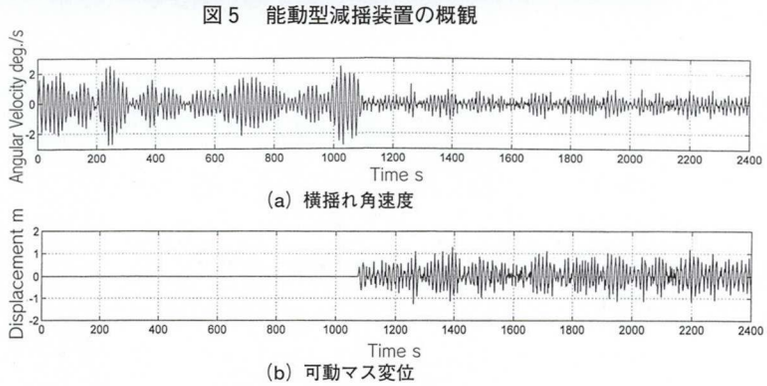


図５　能動型減揺装置の概観

実海域での減揺性能が確認されている。ここでは、1997年６月に、四国沖で遭遇した台風での稼働記録を紹介する。**図６**は、そのときの時刻歴応答波形を船と減揺装置の双方について示している。船の横揺れ評価には横揺れ角速度を、減揺装置には可動マス変位を用いている。図の左側は装置を止めた状態であり、約1100秒後より装置を作動している。同図から、装置を作動させると船の揺れが１/２以下になっており、減揺効果が確認できる。



(a) 横揺れ角速度

(b) 可動マス変位

図６　波浪中に実測された時刻歴応答波形

あとがき

海上に浮かぶ浮体として、船をとりあげ、静水中の釣り合いと波浪中における動揺制御の実施例について述べた。今後、船に限らず、海洋空間の開発利用として、浮体を考えた場合、快適性、安全性の向上は必須であり、動揺低減がよりクローズアップされていくと考えている。

文献

1）小池裕二・佐伯愛一郎・牟田口勝生・今関正典・宮部宏彰・山下誠也：ハイブリッド式舶用減揺装置の実船への適用、日本造船学会論文集、第185号、pp. 111－117、(1999)
2）大串雅信：理論船舶工学（上巻）　新訂版、海文堂出版株式会社、pp. 79－80、(1971)
3）渡辺四郎：Ⅴ．動揺軽減法　（２）減揺水槽その他、日本造船学会耐航性に関するシンポジウム、pp. 156－179、(1969)

（こいけ　ゆうじ　石川島播磨重工業株式会社総合開発センター課長、博士（工学））

構造物を形づくる

若齢埋立地盤上の長大建築物の設計・制御

多賀謙蔵

世界初の本格的な海上空港として1994年に開港した関西国際空港の中枢施設を担う旅客ターミナルビルは、国際線・国内線のターミナルを上下に重ねた本館と南北両側に延びるウィングで構成され、全長1,700m、延床面積約30万㎡の巨大な建築物である。一方、建設地は大規模かつ急速施工された埋立地盤であり、このような人工地盤上の施設の設計にあたっては、沈下が進行する工事中はもとより、竣工後の沈下にも十分な配慮を払うことが重要課題であった。

沈下予測の概要

大阪湾南東部、泉州沖約5㎞の海上に埋め立てられた空港島の北西に本建物は位置する。建設海域の代表的な地層構造断面を図1に示す。地盤の表層には、ほぼ正規圧密粘土である沖積粘土層が約20m堆積し、その下には過圧密比が1.5程度の洪積粘土層と洪積砂礫層が交互に堆積している。洪積層の上部の約100mとそれ以深の層の間には不連続面があって、粘土の圧密降伏応力はこの面の上下で大きく異なり、空港島の埋立荷重により圧密沈下が生じるのは、沖積層と上部の洪積層である。

空港島の埋立層厚は平均で約33m、その荷重は約45t/㎡にも達する。空港島の面積は約 510haと広大で、空港島内では、洪積層の深部においてもほぼ一次元載荷状態になる。洪積層の圧密沈下は、多層地盤の一次元圧密沈下問題として有限要素法により計算されており、埋立荷重によって、洪積粘土層も正規圧密領域に達し、最終沈下量は沖積粘土層，洪積粘土層ともに5.5mと予測された[1]。(図2)

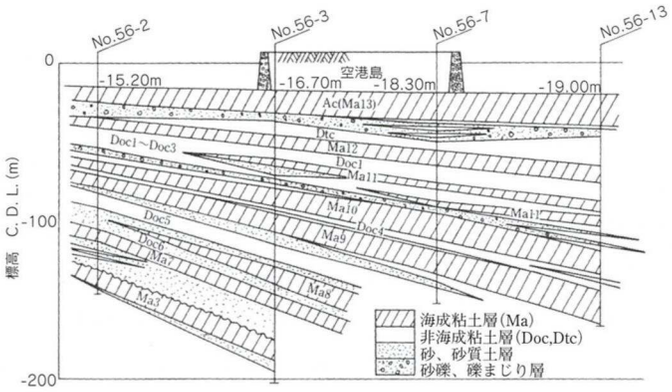


図1　建設海域の地質構造断面図

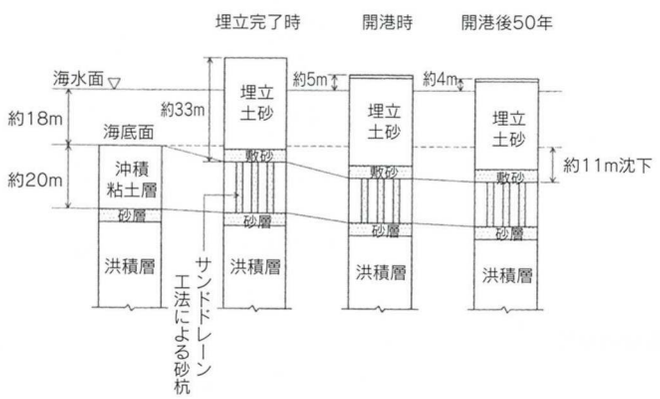


図2　空港島全体の平均的な沈下の推移

基礎構造の設計と構造概要

このような埋立地盤における施設の基礎工法としては、サンドコンパクションパイル工法で締め固めにより埋立地盤を改良したうえで直接基礎にて建物を支持させることにした。杭支持が有利とならなかったのは、明確な支持層が存在しないこと、埋立土の粒径が大きいため施工難度が高いことによる。[2]

基礎梁は、埋立土層の不均一性等に起因する局部的な不同沈下を低減する目的で剛性の高い鉄筋コンクリート造とした。洪積層の沈下に起因するゆるやかな不同沈下に対しては、最終的な変形状態を考慮して断面設計を行うとともに、ひび割れ発生に伴う地下水の漏水を考慮して、地下水位以下の鉄筋は、エポキシ樹脂塗装鉄筋とした。上部構造の主体構造方式は、耐震性・不同沈下に対する追随性・施工性等を考慮して鉄骨造純ラーメン構造を基本とした。

不同沈下低減対策

不同沈下対策は、まず、不同沈下を極力低減するような対策を施し、ついで、不同沈下修正対策を講ずることに要約できる。

設計にあたって、不同沈下の要因としては①埋立工程のずれ②荷重条件の差③土質定数等のばらつきを考慮した。

このうち③は、不確定要素が支配的であるため、確率統計的に不同沈下量を予測し、設計に幅を持たせて対応した。これに対し、①、②については定量的な予測および具体的な対策が可能である。

長大かつ平面規模の大きな旅客ターミナルビル本館においては、構造計画上②の要因による不同沈下に対して次のような低減対策を講ずる必要があった。

粘土層の圧密沈下を均一にするために、建物重量と排土重量をバランスさせることを構造計画の基本方針のひとつとしているが、流麗な屋根と巨大な内部空間を持つターミナルビル本館は、機械室を地下階に納める必要があり、地下1階の階高等を可能な限り小さくして排土量の削減を図っているものの、排土重量（約17t/㎡）が建物重量（約9t/㎡）より約8t/㎡大きい。平面規模が約150m×300mと大きいため、その荷重差の影響は洪積層にまで及び、図3に示すような凸状の不同沈下が徐々に生ずることが予測される。

この量は、50年後に約40cm程度と予想され、他の要因による不同沈下量も考慮するとレベル調整量が過大となる。したがって、こ

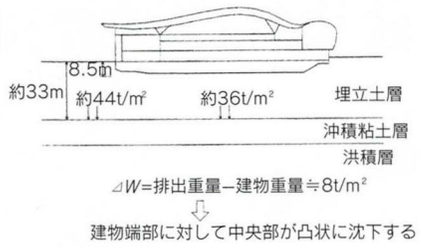


図3　本館の排土アンバランスによる不同沈下

の不同沈下を低減させることが重要課題となり、基礎下の地盤を重量材で置換して、重量のアンバランスを改善することとした。重量材としては、重量・地盤としての強度・周辺への影響・供給能力・コスト・施工性などを勘案して、鉄鉱石を選定した。

不同沈下修正対策

種々の対策を講じてもなお生じる不測の不同沈下に対しては、ジャッキアップにより建物のレベル調整を行えるようにしている。

ジャッキアップは、最下階の柱脚位置で行うこととした。最下階の床下にジャッキアップ専用階を設けることが合理的なケースもあるが、地下を有する本館の場合、排土バランスがさらに悪くなること、一方最下階は基本的に旅客ゾーンではないことなどから、最下階柱脚位置を選択した。柱脚部は、図4に示すように、台車付きのコンパクトな油圧ジャッキを据え付けることができ、ベースプレート下のフィラープレートの厚さによりレベル調整が行える。

さらに、本館の凸状不同沈下に対しては、図5に示すように当初建物中央部の基礎レベルを低く構築して予めフィラープレートを挿入しておき、不同沈下の進行に合わせてフィラープレートを抜いてレベル調整が行えるようにしている。この基礎の逆むくり量は、不同沈下量が予測値内であれば外周部の調整が不要となるように定めている。

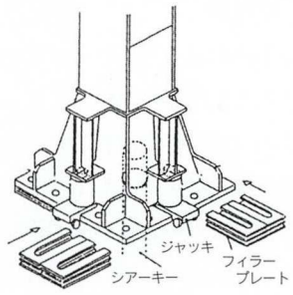


図4　最下階柱脚部

最下階柱脚位置でのジャッキアップシステムの採用は、最下階の階高が変化するということであり、その階にある内外装や設備配管などは、すべて階高の変化に追随できるようにしている。

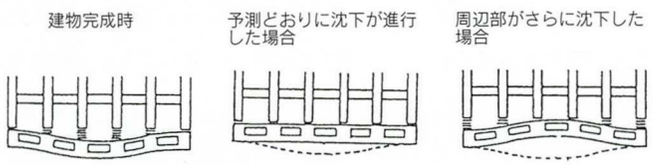


図5　本館の凸状沈下への対応

不同沈下量が許容値に達する前にレベル調整を実施するために、建物全域の沈下性状を高精度かつ短時間で計測できる不同沈下計測システムを設けている。このシステムは単純な水盛り計測の原理によるもので、安定した計測結果が得られ、維持管理が容易である。

竣工後の不同沈下修正状況

不同沈下計測システムにより、建物の鉛直方向の変形量を掌握し、ウィング部では柱脚のジャッキアップを、本館部ではジャッキアップとジャッキダウンを適宜行い、建物レベルを管理値に収まるように修正している。（図6）

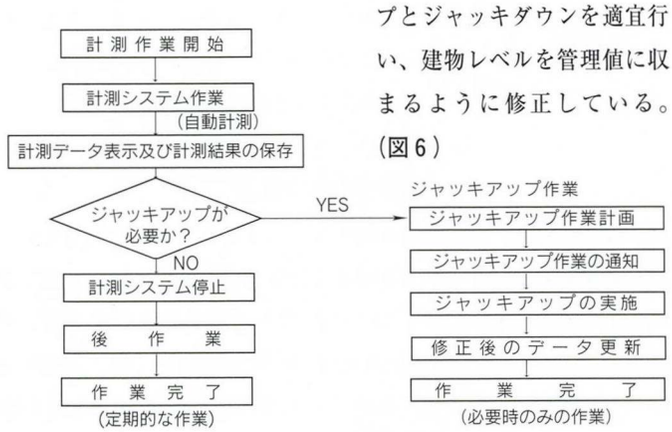


図6　不同沈下修正フロー

修正量は原設計時に想定していた本館400㎜，ウィング300㎜の範囲内に概ね収まっているが、一部その量を超える部分が発生していること、また今後も不同沈下が漸増することを考慮して、カップラーを用いた機械式継手によるアンカーボルト延長等の対策を部分的に講じている。

プロジェクトから得た知見

かつて経験したことのない地盤沈下対策が最大の技術課題であったが、発注者・設計者・施工者が一体となった協力体制により難工事を無事に終え、竣工後も観測体制を継続して建物の安全性を確保している。本プロジェクトを通して得た知見を以下にまとめる。

- 大きな地盤沈下が想定される場合は、地盤沈下量ならびにそれに伴う不同沈下量を可能な限り定量的に予測し、予測値に対して十分な余裕を見込む必要がある。
- 次に、不同沈下低減対策、不同沈下修正対策を講じる。このとき沈下実績が予測値を上回るような事態も想定して、付加安全策を採用できるようにしておく必要がある。
- 工事中および竣工後の観測態勢を整え、設計時の設定状況を常に確認する必要がある。

参考文献

1）及川研，小松明，鈴木慎也，山懸延文：関西国際空港の埋立に伴う洪積層の沈下、第26回土質研究発表会、1991年７月

2）古土井光昭、福井実、内田直樹、棚橋秀光：関西国際空港　空港諸施設の基礎構造についての一考察、STRUCTURE No.15、1985年７月　（たが　けんぞう）

（たが　けんぞう　株式会社日建設計 大阪オフィス 構造設計室）

迫りくる災害(力)に備える・守る

限界状態設計の荷重の考え方

神田　順

昨年11月、日本建築学会から「限界状態設計指針」[1]が刊行された。荷重や構造耐力に関するデータを充実させ、初めて鋼構造以外のＲＣ、ＳＲＣ、木質、基礎の各構造にも使えるような形でまとめられている。法的な裏づけこそ無いものの、設計法としては十分実用に供するものと考えられ、現実に安全性や使用性のグレード設定が設計条件で与えられるような場合に活用されることを期待したい。

建築物の荷重の特殊性

構造計算では、一般に荷重は与条件である。機器系や自動車・船舶・航空機の荷重条件は設定性能そのものであったりするため、ほぼ確定している。また、実大試験も比較的容易である。荷重設定が安全性を決める建築構造物では、荷重をどのように与えるかは大きな設計上の課題である。すなわち構造計算と構造設計は区別して議論しなくてはいけない。

建築物の荷重は、たとえば地震動、台風や豪雪である。それらは、人間が自由に制御できるものでなく、まして実大で実験することは概ね不可能である。その中で、便宜をはかってくれる建築基準法があり、施行令や告示で荷重値や計算法を詳細に規定している。しかし、それらの値は、最低基準を与えるということで国土交通省がめやすに設定したものに過ぎない。

構造設計に当たっては、荷重を設定する必要があり、そのためにはどのような荷重が想定されるか検討を要する。設計値は当然「どのくらい安全にしたいか」によって決まる。学会の「建築物荷重指針・同解説」[2]も法的裏づけは与えられていないが、荷重に関する情報が詳しいので、1998年の法改正以前から、日本建築センターなどで扱われる安全審査において実質的に利用されていた。自然の起こす異常事態としての地震・風・雪に対して、設計においてどのように捉え、荷重の設計値を決めるべきかについて解説されている。

建築物は一品生産であり、その要求性能も一つひとつ考えられる必要がある。しかし便利なことに、法律が荷重を規定している。そこで、ほとんどの建築主も構造設計者も荷重は与えられたものとして扱っている。手法としては荷重の「設計」ができるようになっているのに、国の決めた最低値を無原則的に計算に適用するだけで、技術を活用していない残念な状況にある。法令に頼った設計から早く抜け出すためにも、限界状態設計の活用が望まれる。

限界状態設計法とは

構造物が安全でなくなるということは、荷重によって生じた力が構造物の耐力を上回るということである。荷重が既知であれば、耐力が大きい方が安全ということになるし、耐力が既知であれば、荷重の大きさが安全性を決める。

現実には、設計の時点では、両方とも完全には把握できない。将来発生するかもしれない、地震や台風の大きさは予想するのが精いっぱい。耐力評価も材料の管理が十分になされ、実験式・理論式が当てはまることを前提にしているが、現実はすべてそのとおりというわけにはいかない。一方、いままでのデータも蓄積され、全く分からないわけではなく、データをもとにそれらのばらつきについてもある程度予想がつけられるようになってきた。

そこで、荷重（耐力と比較するという意味では荷重効果）と耐力のそれぞれのばらつきを想定して、安全が損なわれるようなことがあまり起きないように設計的な配慮をして設計式を作る。それを模式的に書いたのが図１である。

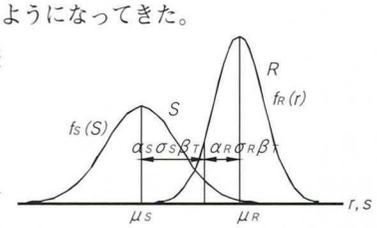


図１　荷重効果（応力）と部材耐力

予想される荷重効果の平均値 μ_Sに対して、標準偏差 σ_Sを単位にある程度大きめの設定により設計荷重値を定める。同様に耐力の平均値 μ_Rに対して、標準偏差 σ_Rの何倍か小さめの値で設計耐力値を定める。設計耐力が設計荷重を上回るようにした条件式が限界状態設計法の設計式である。すなわち、

$$\mu_S+\alpha_S\beta\sigma_S \leqq \mu_R-\alpha_R\beta\sigma_R \qquad (1)$$

左辺が設計荷重値、右辺が設計耐力値である。ここで、αは分離係数、βは信頼性指標と呼ばれる。

限界状態とは、ちょうど安全が損なわれるかどうか限界のところを言う。それが安全の限界、すなわち構造物が倒壊するとか部材が破断するとかいう限界の場合、終局限界状態と呼び、変形が過大になったり、損傷が残るなど機能上の不都合の発生の場合、使用限界状態と呼ぶ。ちょうど限界状態になる条件、すなわち（１）式の等号のときに、βについて解くと、

$$\beta=\frac{\mu_R-\mu_S}{\alpha_R\sigma_R+\alpha_S\sigma_S}$$

ここで分離係数は標準偏差の２乗和の平方根を係数倍の和の形に書き換えるための係数であり、厳密には、

$$\alpha_R=\frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}} \qquad \alpha_S=\frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}}$$

で与えれば良いことが分かるが、近似的には荷重のばらつきが耐力のばらつきに比べて大きいことが多いので、

$\alpha_R=0.55$　$\alpha_S=0.85$　の定数で与えることもある。

すなわち、信頼性指標は平均値の差を標準偏差の２乗和の平方根で除したものとなって、ＲとＳがガウス分布（正規分布）のときに、

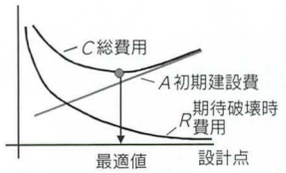


図2　総費用最小化の概念図



図3
総費用最小化の概念で設計荷重を決めた構造物

下式のようにSがRを上回る確率を与える。

$$\Phi(-\beta)=\Pr[R\leqq S] \qquad (2)$$

（2）式を信頼性指標の定義として、設計条件式（1）式を導くことも多い。βが0ということは、耐力の平均値が荷重効果の期待値に等しくて、壊れる確率が50%であることを意味し、βが1ではそれが15%程度、2で2%、3で0.1%程度に対応する。

従来の許容応力度設計では、荷重は過去の荷重の経験から最大を決めて、次にその荷重に対して許容応力度で安全を見るという決め方をしてきた。この点は、設計の考え方、安全性の考え方として大きく異なる。すでに見てきたように、限界状態設計法での荷重の決め方は、ばらつきと信頼性指標から荷重値が決まる。どの程度安全にするかという設計目標がまずあって、次にそれに応じて設計荷重値を決めるという訳である。

設計荷重値の意味

ある建物にどれだけの荷重がかかるか、真実は誰にも分からない中で、技術者として最大限、科学や工学を利用して設計荷重を設定する必要がある。そこで決められた設計荷重値は、不確定な荷重という変数を設計者の判断で確定値として扱ったものである。

設計荷重値を大きく取ると安全性は増すが、コストも上昇する。アメリカなどでは法律で決められた値より大きくとると、必要以上に高い費用を強いられたとして構造設計者が建築主から訴えられるという。これも法令があたかも正しいかのごとき誤った認識が社会に根付いている証拠である。

建築主がどの程度の安全性要求をもっているか、それを設計者は理解しなくてはいけない。と同時に、安全性そのものに対する理解が一般に少ないので、個々の建築物の設計行為を通して、将来発生する荷重の不確定さ、耐力評価に存在するばらつきなどについて少なくとも概念的には理解する中から、どの程度の安全性がふさわしいかの検討が大切である。

社会一般の安全性レベルで良いという場合は、限界状態設計においてキャリブレーションという形で行われる。それは、今まで行われてきた設計で達成される信頼性指標と同等の信頼性指標を目標値とするという考え方である。

もう少し主体的に決めようというときには、総費用最小化の考え方が応用できる。どのくらいの荷重が発生するか分からないとき、大きめの設計値を取れば、コストは上昇するが壊れる可能性は減少する。そのバランスをとるという考え方である。壊れたときの損害額をどのように考えるかで、答えに差が出てくるが、そこにまさに主体性が発揮される。

定式化は容易で、初期コストをC_I、壊れる確率をP_f、壊れたときの損害額をC_Fと置いて、供用期間全体での総費用を求めると、

$$C_T=C_I+P_fC_F \qquad (3)$$

安全性を増すと初期コストは上昇するが、破壊確率は減少し、総費用としてはどこかに最小を与える最適値が求まる（図2）。損害額を大きく設定すると大きめの設計荷重を与えることが最適になる。これなども、一つの建物には最適の設計荷重が一つあるということを示すよい例でもある。限界状態設計法の中では、設計荷重値が信頼性指標の関数で与えられており、（3）式が直接的に利用できる。

実際の構造物での適用例を紹介しよう。スペースシャトルの実大モデルがテーマパークの中心施設として計画され、その耐風設計における風荷重の評価を総費用最小化の考えで行った。[3] 図3に示すようなシャトル部分がオーバーハングした片持ち梁の静定構造で、かつ固定荷重による転倒モーメントより風による転倒モーメントが卓越することもあり、安全余裕を一般建築物より大きく見込む必要性が考えられた。

テーマパークの中心施設であるから、仮に倒壊するようなことがあれば、単に再建費用が発生するばかりでなくパークの人気にも影響が出るであろうということで、損害額予想は大き目に考える必要がある。ここでは初期建設費の2倍と10倍を想定し、（3）式を適用して最適荷重を求めた。風荷重の基本値は、荷重指針にならって100年再現期待値を用い、それに乗ずる終局限界状態用の荷重係数としては、それぞれ1.91と2.28が得られた。いずれも2000年の告示で示された限界耐力計算用の荷重係数1.6より大きいが、ここでは初期建設費の10倍の損害想定に対応した設計仕様を採用した。

設計者と荷重

荷重は安全性を決める最大の要因でありながら、設計行為の中で十分な検討に基づく判断が回避されがちである。このことが、構造設計の魅力を減じる一面にもなっている。建築の面白さは意匠だけにあるのでなく、安全性や機能性、経済性とのバランスにある。[4] その安全性の要求水準も、利用者が大勢いれば一人ひとり異なる。それら利用者の代弁をすべき立場にありながら、建築主は経済性を優先して国の定める最低基準で自らの思考を停止しているのである。

この状況を変えるチャンスが限界状態設計法の活用にある。構造技術者が建築主と膝を突き合わせて、設計で荷重をどう設定しようかと、十分に議論することが、建築に本来の魅力をとりもどすきっかけになると期待される。

参考文献

1）日本建築学会：建築物の限界状態設計指針　2002
2）日本建築学会：建築物荷重指針・同解説　1993
3）神田、今川他：スペースシャトル実大モニュメントの耐風設計　日本風工学会誌 No.48, 1991
4）神田順：耐震建築の考え方　岩波書店、1997

（かんだ　じゅん　東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻教授）

迫りくる災害(力)に備える・守る

免震住宅

村井信義

阪神・淡路大震災から8年が経過し、人々の記憶からその時の恐怖がやや薄れてきている。都市を襲ったこの大震災では、建物の倒壊や火災によって6千人以上もの人々が亡くなった。しかし、この地震で免震建物2棟は建物の揺れが半減し、被害を免れた。

この大震災を契機に年間100棟以上の免震建物が建設され、現在では、戸建て免震住宅を除いても1000棟をはるかに超えるようになり、地震に対する機能維持や財産を保全する優れた性能を有する建物として免震建物は定着してきている。

免震住宅では、免震構造の特徴を十分把握し、適切な設計と施工を行えば、住宅の総合的な耐震安全性の向上、すなわち地震動に対して、家具等の内容物の転倒からの人命保護、住宅の機能維持、収容物の破損からの保護、居住者が受ける恐怖心や不安感の軽減などの効果を期待することができる。

免震住宅の課題

① 住宅ではその重量が軽いため、一般の中低層建築物に対して使用されるゴム弾性系（積層ゴム）アイソレータだけでは、その固有周期を長くすることが難しい。

② 重量が軽いことに起因するが、上部構造に作用する風圧力は、地震動による慣性力とほぼ同程度である。そのため、日常的な風速に対する居住性並びに強風時における構造安全性などの風による影響を十分検討する必要がある。

③免震装置の設置に伴い、1階床と基礎の補強、設備配管類の可撓化、周辺クリアランスの確保などが必要となり、これらが建設費上昇の要因となる。また、免震装置の維持管理が必要であり、そのための費用がかかる場合もある。

改正建築基準法の免震告示

平成12年の改正建築基準法では、構造計算関係の新たな検証法として限界耐力計算の導入が行われた。「免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件」（建告第2009号）が定められ、免震建築物がはじめて法律に規定された。同時に、「免震材料の品質に関する技術的基準」（建告第1446号の改正としての建告第2010号）も告示され、免震材料（積層ゴムアイソレータやダンパーなどの免震部材・装置のこと）も大臣認定品になった。

建告第2009号の第1では、免震建築物に関する用語の定義がなされている。告示の第2では、以下のような仕様規定や構造計算方法が示されている。

① 構造計算をしなくてもよい免震建築物に対して、以下のルートのいずれかによって、四号建築物を建設できる。

（イ）構造計算はせずに仕様規定により、材料の組み合わせならびにその組み合わせが降伏荷重、限界変形などの規定に適合して大臣認定された免震材料を使用する。

（ロ）限界耐力計算に準じる構造計算を行い耐久性等関係規定を満足し、大臣認定免震材料を使用し、主事の確認をとる。

（ハ）施行令第81条の2の規定に基づく構造計算（大臣認定）を行い、耐久性等関係規定を満足し、大臣認定された免震材料を使用して、主事の確認をとる。

②建築物の高さが60m以下の免震建築物に対しては、①の建築物以外では上記の（ロ）（ハ）の二つのルートのいずれかによる。

③建築物の高さが60mを超える免震建築物に対して、上記の（ハ）のルートによる。

告示の第3と第4は、告示第2の①に挙げられている構造計算を必要としない免震建築の仕様規定である。そのうちの第4の一部と第5では、耐久性等関係規定（免震材料の検査および点検が容易にできる位置に設けることや、出入り口などに免震建築物であることの表示をするなど）が示されている。そして、告示の第6は応答スペクトル法による構造計算の方法が紹介されている。

上記建告第2009号は、平成15年3月3日から改正案に関するパブリックコメントが実施され、意見の募集と検討が行われた。その項目は、次のように分類される。

●低層免震建築物（戸建て免震住宅）に関する措置
・風用拘束装置の設置の許可
・クリアランスの規定の整理
●構造計算の規定の整理
・構成の明確化（免震層、上部構造及び下部構造それぞれに分類）
・耐風設計の明確化（風圧力について、最大級の荷重に対する安全性の確認のみとする）
●規定の新設
●その他の形式的な改正

免震住宅の現状

住宅メーカーが主体で研究開発が行われ、各社独自の免震装置を使った免震住宅が建設されている。特に一条工務店は、改正建築基準法の免震告示に則りその実績が多く、既に1000棟余りの着工がなされている。他のメーカーの実績は、数棟から数十棟である。一条工務店の「ハイブリッド免震工法」は、低摩擦の滑り免震装置と積層ゴム支承からなる免震工法である。他の住宅メーカーの免震装置は、転がり系にダンパー等の装置を選択しているものが多い。免震建物は、地震時に免震効果を発揮してはじめて価値があるのである。

何らかの瑕疵により期待された免震効果が発揮されなかったり、かえって非免震建築物より大きな被害を受けてしまったり、またそれ以上に予想もしない事態になるといった被害が発生したのでは、本末転倒になってしまう。建築の設計段階から完成、入居後の維持管理まで、さらに建物がそこにある限り免震住宅供給者である建築サイドは専門的な知識を持って確実に対応し、実践することが重要になる。例えば、入居者に対して建物の周りに地震時に免震性能の障害になるような物は作ったり置いたりしてはいけない注意事項や、設計者にも同様な事象を理解した上で将来も見据えた設計を行うこと、施工者においても施工の不良による瑕疵の発生が無いよう監理する必要がある。これらのことが周知徹底されてはじめて、免震住宅は免震機能を発揮する。



写真1　建物外観

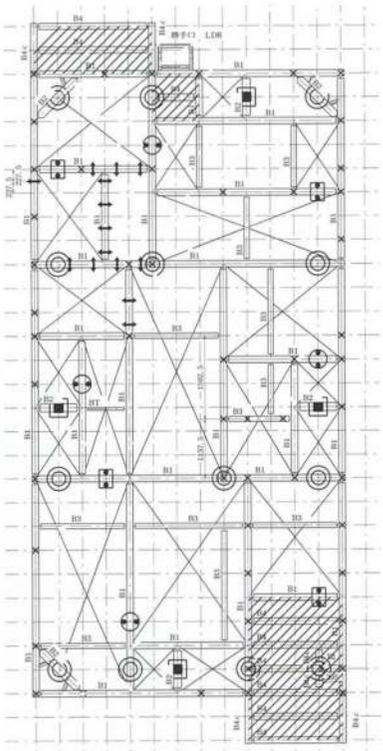
建 築 地：静岡県掛川市仁藤町２－５
建物概要：木造２階建
（１F/69.97㎡ ２F/69.97㎡
延/139.94㎡）
設計施工：㈱一条工務店



写真2　地震観測装置



写真3　地震検出器



■ 積層ゴム（４）（低減衰：Low Type）
◎ スライダー（13）（μ=0.06）
⊖ ストッパー（４）（S 780）
▭ ストッパー予備（4）
▨ PL-4.5
× 柱
⟷ 貫通孔（14）

図1　鉄骨土台梁伏図

一方、建築基準法改正に伴い免震装置メーカーがその装置認定を取得し、免震装置を建築サイドに販売し免震住宅の供給を図ろうとする動きもある。装置を売るだけでなく、また建築サイドもただその装置を取り付けた免震住宅を供給するだけではなく、トータルで物事を考え対応していくことが重要である。これらのことは、正しく戸建て免震住宅が普及し、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資するためにも不可欠な要素である。

免震住宅事例

東海地震をまともに受けると予測される静岡県掛川市内に、平成15年４月に竣工した免震住宅を紹介する。（**写真１、２、３、図１**）

- 免震装置：積層ゴム／４、スライダー（すべり支承）／13、ストッパー／４、ストッパー予備／４
- 地震観測装置：勝島製作所製；ＤＡＴＯＬ－100（12チャンネル）、加速度検出器ＳＤ203（３成分）３台（免震基礎部、１Ｆ床、２Ｆ床）

免震住宅の普及に向けて

平成15年、宮城県において発生した地震は５月、７月と立て続けに起こり、１日にほぼ３回も震度６級の地震動が記録された。現地における免震住宅と非免震住宅の入居者に対する聞き取り調査（一条工務店による）では、次のようなコメントが得られている。

●非免震住宅入居者のコメント

①いつ来るかわからない地震に対して、少しの地震でもどのように行動すべきかわからない。パニック状態に陥る。

②家具や家電製品、什器類の飛散から身を守ることができなかった。

③避難場所の確保と自宅から避難場所までの経路、行動について不安である。

④外出時の地震発生は、家族や家の様子が心配である（電話の不通）。

●免震住宅入居者のコメント

①いつ来るかわからない地震に対して、安心できる建物に生活できる喜び（巨大地震襲来の恐怖心からの解放）。

②子供が外に出たがらない（連続地震や余震に対する恐怖心）。

③地震で壊れない建物を手に入れただけでなく、安心を手に入れたことが大きい。

今、東海地震、東南海地震、南海地震への対応が叫ばれている。今後、上記のような体験談や地震動の実記録が集積され、人々の関心が高まることによりますます免震住宅が普及することを期待する。

最後に、㈳日本免震構造協会（ＪＳＳＩ）の免震構造の普及に対するご努力に敬意を表する。

参考文献

1）建築研究資料Ｎｏ.94　建設省建築研究所　March 2000
2）免震建築物に関する告示（平成12年建設省告示第2009号）改正案の要点　独立行政法人建築研究所　2003年３月
3）木質構造の新しい耐震設計の考え方（2001）日本建築学会　pp.196～205、pp.212～221　2001年11月
4）建築知識　免震戸建て住宅の最前線　pp.54～55　2002年11月号

（むらい　のぶよし　THK株式会社技術顧問、特許審機株式会社顧問
大阪工業大学建築学科非常勤講師、工学博士）

迫りくる災害(力)に備える・守る

風荷重の評価法

巻幡 敏秋

建築物の規模が大型になれば、風および地震の影響が顕著になってくる。風は山や建築物などによる粗度と地形形状に影響されて、高さ方向に風速はベキ指数的に増えるとともに、変動的な成分を含む突風となる。

建築物に対する風荷重には、風速の高度特性と建築物の動的特性とを加味した風方向および風直角方向風荷重の設定法がある。このうち風方向風荷重が、風速の変動的な成分と建築物の動的特性に対する評価法であり、次に風直角方向風荷重が風速の高度特性、建築物の背後に形成される渦と建築物の動的特性に対する評価法である。

以下に、欧州基準に匹敵すると思われるCICINDコード（煙突対応）についての概説と日本建築学会の指針（一般建築物）との比較をしてみる。

CICIND
(Comité International des Cheminées Industrielles)

CICINDは、フランスのMarius Diver 会長のもと1973年パリに設立された。第1回煙突の国際シンポジウムが、その年にエジンバラで開催され、設立趣旨が説明された。当初のCICINDは、工業用の煙突に関心をもった少数で非公式な技術者グループにより形成されていたが、1981年、ドイツのHermann Bottenbruch 会長のもと、協会として正式に組織化された。

本協会はスイスのチューリッヒにあり、CICINDはイギリスをはじめ、7カ国からなる委員のもとに各種委員会活動が行われている。

CICINDコード(改訂1-1999)

風荷重は、日本建築学会の指針と同様に風方向風荷重と風直角方向風荷重（振動）に分類されているが、風荷重を算定するための基本風速は、日本の指針では10分間平均の100年期待値であるのに対し、CICINDコードでは1時間平均の50年期待値となっている。

■風方向風荷重

（1）設計風速（1時間平均）

平均時間換算表

	1時間平均	10分間平均	5秒ガスト	1秒ガスト
1時間平均	1.0	1.05	1.45	1.5
10分間平均	0.95	1.0	1.4	1.45
5秒ガスト	0.7	0.75	1.0	1.05
1秒ガスト	0.65	0.7	0.95	1.0

設計風速は、基本風速に高度係数、地形係数、さらに近接建築物が存在する場合は干渉係数を乗じて算出される。関係式は以下のように示される。

$$V(z)=V_b k(z) k_t k_i \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに、V_b＝基本風速（m/s）（1時間平均、再現時間：50年）

高度係数：$k(z)=\left(\frac{z}{10}\right)^{\alpha}$、$\alpha$＝0.14（開いた平地、または周囲建築物から十分離れた場所に適用される）

k_t＝地形係数（表1、2、図1、2）

k_i＝干渉係数（図3）

表1　地形係数（1）

kt=0+0.6s　for　　ø>3
kt=1+2sø　for 0.05＜ø＜0.3
kt=1　　for　　ø＜0.05
ここに、ø=風方向の上流側勾配H /L
s=図1、図2から得られる数値
H=丘あるいは台地の高さ
x=丘頂部からの建築物（煙突）距離
z=建築物（煙突）の高さ
Le=表2で定義される上流側の実効長さ
Lu=風方向の上流側勾配の実長
Ld=風方向の下流側勾配の実長

表2　地形係数（2）

緩勾配
（0.05＜ø＜0.03）
Le=Lu
急勾配
（ø＞0.3）
Le=H/0.3

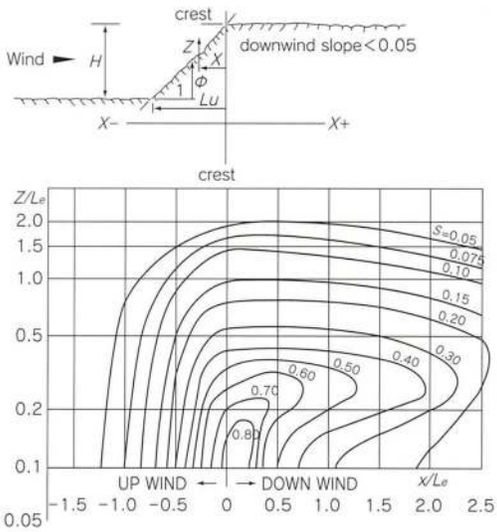


図1
絶壁と斜面のS数

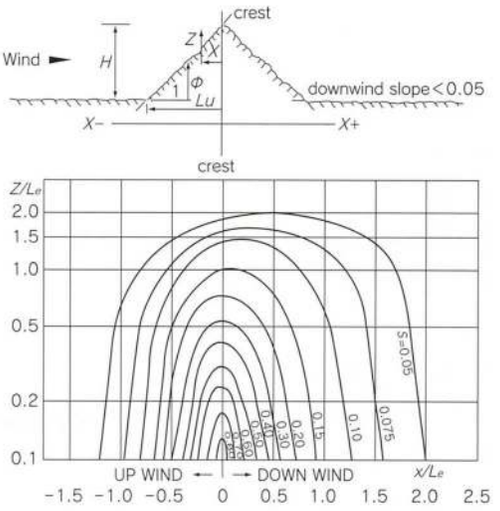


図2
丘と峰のS数

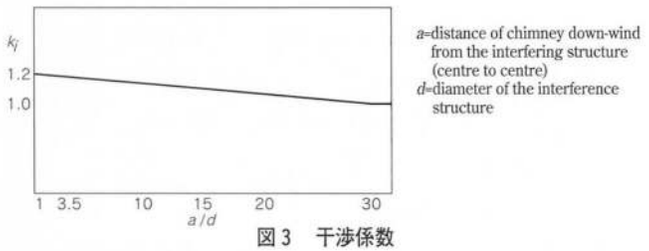


図3　干渉係数

（2）風荷重

建築物（煙突）に作用する風方向風荷重は、風圧にガスト影響係数を乗じることによって算出され、以下の関係で示される。

$$w(z)=w_m(z)\times G \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに、$w_m(z)=(1/2)\,\rho_a V(z)^2 C_D d(z)$ $\cdots\cdots(3)$

$\rho_a=1.25\mathrm{kg/m^3}$

$C_D=1.2$、$R_e<3\times10^5$

$C_D=1.2-1.36\,(\log R_e-5.48)$、$3\times10^5<R_e<7\times10^5$

$C_D=0.7$、$R_e>7\times10^5$

（3）ガスト影響係数

ガスト影響係数は、風の乱れ（突風）と建築物の動的特性とを加味した数値であり、以下のように示される。

$$G=\text{gust factor}=1+2gi\sqrt{\{B+(ES/\zeta)\}} \quad \cdots\cdots(4)$$

ここに、

$$g=\text{peak factor}=\sqrt{(2\log_e vt)}+\frac{0.577}{\sqrt{(2\log_e vt)}}\approx\sqrt{2\log_e(vt)+1.2}$$

$$vt=\frac{3600f_1}{\sqrt{(1+\frac{B\zeta}{SE})}}$$

i=乱れ強さ$=0.311-0.089\log_{10}h$

B=地域の乱れ$=[1+(h/265)^{0.63}]^{-0.88}$

$$E=\text{エネルギー密度スペクトル}=\frac{123\times(f_1/V_b)h^{0.21}}{[1+(330f_1/V_b)^2h^{0.42}]^{0.83}}$$

S=規模係数$=[1+\{5.78(f_1/V_b)^{1.14}h^{0.98}\}]^{-0.88}$

$\zeta=(c+c_\alpha)/c_{cr}$=減衰定数＝臨界減衰係数$c_{cr}$との比（構造＋空力減衰）

f_1＝1次モードの建築物（煙突）の固有振動数（s^{-1}）

h＝建築物（煙突）の高さ（m）

■風直角方向風荷重（振動）

風直角方向風荷重（振動）は、建築物の背後に形成される渦との共鳴現象によるもので、以下のような関係から共振風速と共振時の振幅が計算される。共振風速はストローハル数（S_t）の関係式、また共振時の振幅はスクルートン数（S_c）の関係式から算定される。

（1）共振風速（1次モード、2次モード）

$$V_{cr1}=f_1 d/S_t,\ V_{cr2}=f_2 d/S_t \quad \cdots\cdots(5)$$

ここに、S_t:ストローハル数

（2）共振時の振幅

$$y=K_p d_1\sqrt{\{c_1+\sqrt{c_1^2+c_2^2}\}} \quad \cdots\cdots(6)$$

ここに、$c_1=0.08\{1-(\zeta m_0/K_a p_a d^2)\}$

or　$c_1=0.08\{1-(S_c)/(4\pi K_a)\}$

スクルートン数:$Sc=\dfrac{4\pi\zeta m_0}{p_a d^2}$

等価質量：$m_0=\dfrac{\int_0^h m(z)\,u^2(z)\,dz}{\int_0^h u^2(z)\,dz}$

$c_2=0.16p_a d^2 C_a^2/(K_a m_0 S_t^4 h)$

$K_a\,(R_e, I_v)=K_{a\max}\,(R_e)\cdot K_V(I_v)$

$K_{a\max}=2$, at$R_e\leq10^5$, $K_{a\max}=0.5$, at$R_e=5\times10^5$, $K_{a\max}=1$, at$Re\geq10^6$

$K_v=1-3i$, for $0\leq I_v\leq0.25$　$\rightarrow Ka=k_{a\max}(1-3i)$

$K_V=0.25$, for $I_v>0.25$,　$\rightarrow K_a=0.25K_{a\max}$

$C_{a\max}=0.02$. at$R_e\leq10^5$, $C_{a\max}=0.005$, at$R_e=5\times10^5$,

$C_{a\max}=0.01$, at$R_e\geq10^6$

$K_p=1.5,(\approx\sqrt{2})\sqrt{c_1+\sqrt{c_1^2+c_2^2}}>0.04$

$=4,(\approx3.5\sim4)\sqrt{c_1+\sqrt{c_1^2+c_2^2}}<0.04$

（6）式の関係を図示すると**図4**となり、レイノルズ数（R_e）によって変わる。

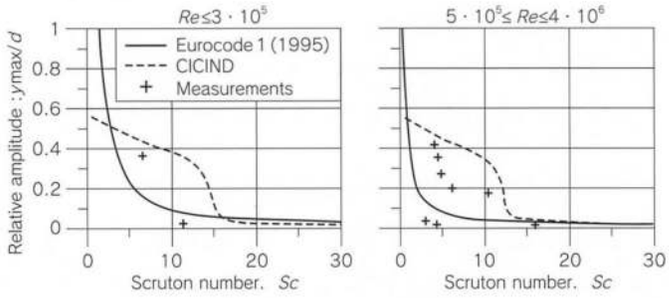


図4　振幅とスクルートン数との関係

CICINDと日本建築学会の指針（1993年改訂）（第2次）との対比

CICINDコードとの対比ができるのは風方向風荷重（円筒他）の算定法である。なお、風直角方向風荷重（振動）については、日本建築学会の指針はCICINDコードのような関係式で表示されていないので、両者を直接対比することができなかった。

（1）設計風速（10分間平均）

$$U_H=U_0ER \quad \cdots\cdots(7)$$

ここに、U_0＝基本風速（m/s）

（10分間平均、再現期間:100年）

$$E=E_r E_g \quad E_r=1.7\left(\frac{z}{Z_G}\right)^{\alpha} \quad \cdots\cdots(8)$$

地表面粗度区分	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
α=べき指数	0.01	0.15	0.20	0.27
Z_G=高度（m）	250	350	450	550

E_g=地形係数（≈1.0であるが、地表面粗度で加味する）

（8）式が高度係数であり、CICINDの高度係数（α=0.14）と数値的な比較をすると、地表面粗度区分Ⅱの場合が対応している。

R=風速の再現期間換算係数 {R=0.54+0.1 $\log_e(r)$、

r：年（r=100)}

（2）風荷重

$$W_f=q_H C_f G_f A \quad \cdots\cdots(9)$$

ここに、$q_H=(1/2)\rho_a U_H^2$

$C_f=1.2\,k_1 k_2 k_z$

k_1：アスペクト比による補正係数

k_2：表面の粗さの状況による補正係数

k_z：高さ方向係数

（3）ガスト影響係数

ここで対象としている建築物については、以下の関係式から計算される。塔状構造物について、CICINDの（4）式と（10）式とを用いて同一条件（建築物の規模・動的特性、基本風速、べき指数および乱れ特性等）のもとに試計算すると、両式はほぼ同値の結果を与える。

$$G_f=1+g_f r_f\sqrt{B_f+R_f} \quad \cdots\cdots(10)$$

ここに、$g_f=\sqrt{2\log_e(600\nu_f)}+1.2$

$\nu_f=n_0\sqrt{\dfrac{R_f}{B_f+R_f}}$ {レベルクロシング数（Hz)}

n_0：建築物の風方向の1次固有振動数（Hz)

$r_f=\dfrac{3+3\alpha}{2+\alpha}I_H$

$I_H=0.1\left(\dfrac{H}{Z_G}\right)^{-\alpha-0.05}$

H=基準高さ（m）

$B_f=1-\dfrac{1}{\{1+5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}\ (B/H^k)\}^{1/3}}$

k=0.33：$H\geq B$,−0.33：$H<B$

B=建築物の見付幅（m）

$R_f=\dfrac{\pi}{4n_f}S_f F$

$S_f=\dfrac{0.84}{\{1+2.1(n_0 H/U_H)\}\{1+2.1(n_0 B/U_H)\}}$

$F=\dfrac{4\ (n_0 L_H/U_H)}{\{1+71(n_0 L_H/U_H)^2\}^{5/6}}$

U_H=設計風速（m/s）

$L_H=100\left(\dfrac{H}{30}\right)^{0.5}$

n_f=建築物の風方向の1次減衰定数

＊

風荷重の評価法について、CICINDコードを主に解説するとともに、日本建築学会の指針との対比を試みたが、基本的に両者は同等な結果を与えている

（まきはた　としあき　元・日立造船株式会社環境・鉄構事業本部、工学博士）

UP WIND
DOWN WIND

迫りくる災害（力）に備える・守る

風の力を利用した高層建築物の振動応答制御装置

向井洋一

構造物が風により受ける力は、風の流れによる構造物周辺の圧力場の影響でその表層に生じる表面力であり、地震力のように地盤の運動に対して構造物の慣性により生じる物体力とは異なる性質を示す。風の流れの中で受ける作用によって生じる建物の振る舞い：揺れやすさ、あるいは揺れにくさを特徴づける要因として、建物の表層の形状が重要な影響を及ぼす。したがって、風を受けても振動応答を生じにくい形状の建物を設計することということは、本質的な意味での風に対する「振動制御」であると考えられる。実際のところ、多様なバリエーションの平面・立面形状について、風に対する振動応答を抑えるような設計的ノウハウが完備しているわけではなく、時には経験的に、より正確には風洞実験や流体解析の力を借りて問題解決がはかられている。

一方、仮に、建物の形状と、建物が風により動く様（動態）とのかかわりをオフラインですべて解決することが困難な場合であっても、建物自身がオンラインで風による振動エネルギーを逸散しやすい状態の表面形状へと変身可能であれば、問題解決の糸口は残されている。建物の表層の形状を変化させられるような装置（例えば、スタビライザのようなもの）を設置してやるわけである。ここでさらに、「建物が風を受けても、揺れにくいように装置を制御・駆動する」という制御目標を、「建物が風を受けたときの揺れを小さくするような力が生じるように、装置を制御・駆動する」というふうに応答と力の関係に読み替えてみれば、制御の大筋が見えてくる。

さて、形状の制御が行えるような装置の導入により、風による建物の振る舞いにいかなる影響（制御効果）をもたらすか、このような着眼から、以下に紹介するアクティブフィンシステムの開発が進んでいくこととなった。

制御装置と駆動ルール

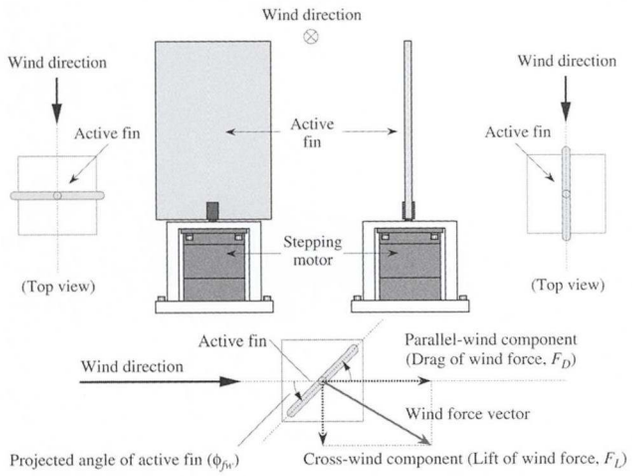


図1　アクティブフィンシステムの可動翼部の概要

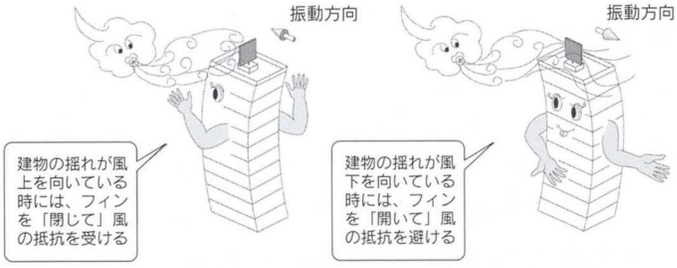


図2　風の向きと平行する建物の揺れを抑制するためのフィンの制御ルール

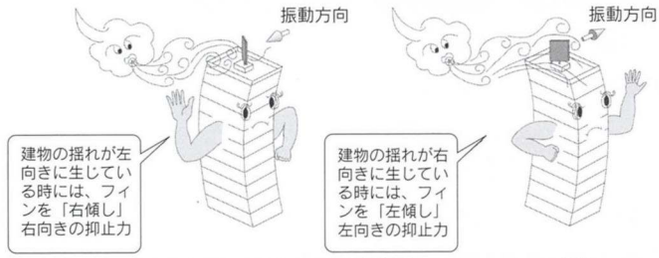


図3　風の向きと直交する建物の揺れを抑制するためのフィンの制御ルール
（ただし、「左」「右」は風上を向いたときの方向）

アクティブフィンシステムは、**図1**に示すような可動翼（フィン）を建物の屋上に設置するものとして設計している。風の流れの中でフィンが受ける風力ベクトルの水平成分は、概ね図1下側のように表され、フィンが「開き」、風と平行に向く状態、あるいはフィンが「閉じ」、風と直交に向く状態を除き、フィンの長手軸が風向きと傾斜角を持つと風力ベクトルは、フィンの傾斜側に寄って生じる。これを風と平行成分（抗力）と直交成分（揚力）とに分解して考え、これらの力の成分の作用が「建物応答を抑制する」効果にマッチングするように、フィンの傾きを時々刻々調整して、「制振」を行うような「形状の制御システム」を構成するわけである。

風と平行する振動が主として生じているときには、**図2**に示すように、フィンの開閉により抗力のボリュームを調整することで振動抑制をはかる。また、風と直交する振動が主として生じているときには、**図3**に示すように、フィンの傾斜を左右に切り替えて揚力の向きを調整することで振動抑制をはかる。制御の大筋は、これら2つのルールの組み合わせである。ただし、建物の振動が風の向きと平行方向あるいは直交方向から外れる場合のために、前述の2つのルールの補間則を入れている。この補間の方法については、ここでは割愛させていただくが、制御の根本は図2、図3の2つのルールに尽きる。

フィンの設計

建物の揺れの原因となる外乱としての風力も、制御力として利用するフィンの風抵抗力も、ともに風速の増減に応じてお互いの相似関係を保ちつつ増減するので、フィンの大きさを制御対象の建物にとっての適切なサイズに設計できてさえいれば、外乱と制御力の量

的バランスは、風速変動に自動対応可能と考えられる。では、フィンのサイズとしてどの程度が適当（必要）かという話になる。ここで万一、制御対象の側面積と同規模くらいの見つけ面積がフィンの所要サイズということになれば、実用性の面からして、アクティブフィンのアイデアは企画倒れになってしまうのだが、これが数%程度でなんとかなるというのなら、現実味も出てくる。そこで、まずは小型の建物模型にこの程度の面積比となるようなフィンを設置し、風洞実験を行ってみたわけであるが、4%程度の見つけ面積比で風による振動応答を3割程度にまで低減できるとの結果を得た。

フィンのサイズと制御効果との関係をもう少し丁寧に検証する必要もあったのだが、風洞実験の結果を実際に見てしまうと、むしろ実機レベルで、自然風相手に、本当にこの装置が効くのかを確かめたいとの関心が高まってくる。折よく、実大規模の実験用施設を利用させていただくチャンスに恵まれ、実機レベルでの実験を敢行することとなった。フィンのサイズはおよそ畳1枚分とした。実験用建物の見つけ面積に対して、10%程度の大きさとなる。**写真1**を見ると、フィンは建物全体のバランスを崩すほどいびつなサイズでもなく、むしろほどよい存在感を示すくらいであると思われる。ちなみに、実機サイズのフィンは**写真2**のように膜張りとした。当初は、軽量化のためにアルミ板を張っていたのであるが、駆動時に太鼓をたたくような騒音を生じたためである。



写真1　実験用構造物

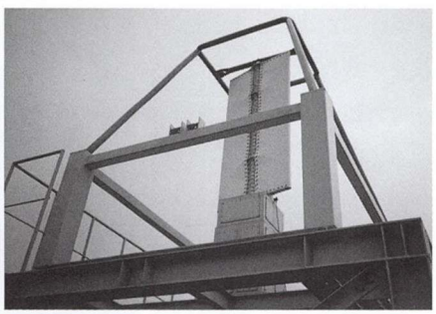


写真2　アクティブフィンの制御装置

実機レベルの実験結果

これから紹介する実験（結果）については、五洋建設㈱の協力を得た。実機レベルの計測を行う実験用建物は、栃木県那須郡の同社の技術研究所敷地内に建設されている高さ18.5mの6層鉄鋼ラーメン造の建屋である。フィンの駆動部はこの建物の屋上に設置しており、制御のフローは概ね**図4**に示すようになる。

なにせ気紛れな自然風が相手であり、実際に実験の準備ができスタンバイしているときに、そこそこ強い風がそこそこまとまった時間吹いてくれるチャンスになかなかあたらず、風待ちの状態が結構あったのだが、幸いにも平均風速約15m／s（変動±5m／s程度）

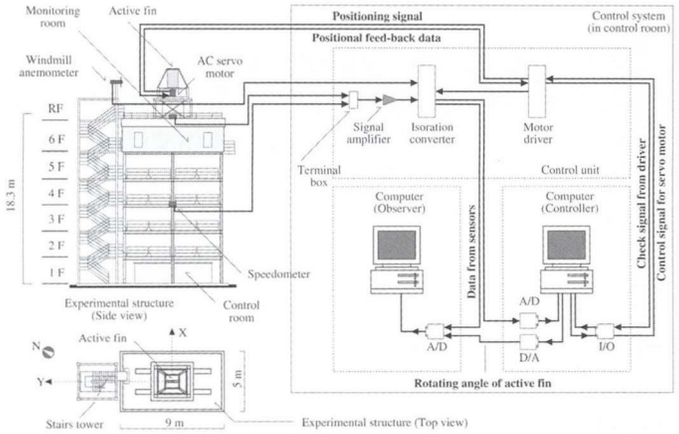


図4　実験用構造物と制御フローの概要

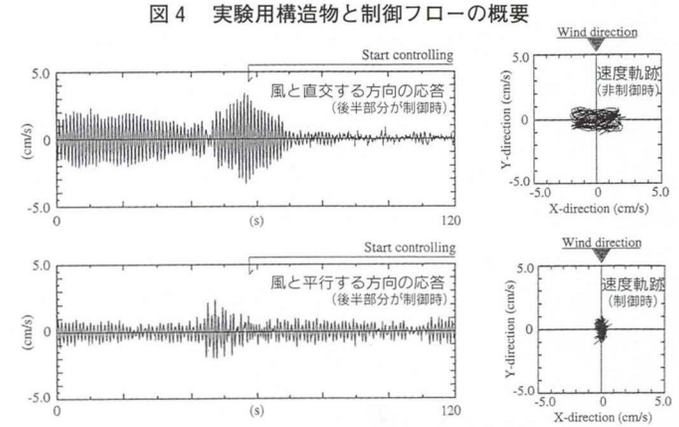


図5　強風時における実験用構造物の頂部速度応答

の強風下で制御効果の計測を行うことができ、その際に得られた貴重なデータが**図5**である。これらは、実験用建物の屋上の速度応答を制御時・非制御時について示したものである。これらの図を見ると、風と直交する方向の応答の抑制について、かなり効果的であるという興味深い結果が確認される。

以上、粗雑な足取りではあったが、アクティブフィンをうまく扱えば、実機レベルでも制振効果が得られるという裏付けを得た。

おわりに

実大実験用建屋での計測データは9年くらい前に得られたものを改めて紹介している。かつてバブル期には、わが国の建設業界ではこぞって制振技術の開発に取り組んでいた背景があり、そのような流れにうまく乗って、アクティブフィンシステムの開発も当時飛躍的に進んでいたのだが、その後は、風に対する建物の制振技術の開発は、やや勢いを落としてきているような感もある。筆者らの研究チームも、大阪―栃木間をそう頻繁に行き来できるわけでもなく、1996年を最後に実大実験は実施しておらず、もっぱら風洞を利用した実験により粛々と研究を進めてきている。

これから10年、20年後の建築構造をイメージしたとき、建築物の風応答の制振技術へのニーズは決して衰えていくものではなく、むしろより高まっていくものだと睨んでいる。風に対する「制振」という意味において、建物の形状が動態に影響するという原因に立ち戻ることなく、揺れを巨大な力で無理から押さえ込むような制御はいかにも不効率であり、それゆえ、風制振の原点に立ち、形状・動態の設計に基づく制御技術の研究を進めていく重要性を感じている。

（むかい　よういち　大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻講師、博士（工学））

1 遊戯施設の設計における「ちから」とのつき合い方
—JURASSIC PARK－THE RIDE®の場合—

村上陸太

アメリカ映画の世界を題材にした体験型テーマパーク「ユニバーサル・スタジオ・ジャパン™」は、2001年春のオープン以来、アメリカ映画の世界を再現した多くのアトラクション；激しい動きを伴うライド（ゲストが乗って楽しむ構造物）や映画の世界の主人公たちが活躍するショーなどで、たくさんのゲストを大いに楽しませている。

われわれ構造設計者は、これらのアトラクションの設計に際して、ライドやフィギュア（サメや恐竜などの動きを伴う人形）の設計荷重条件を設定し、支持する構造体を安全に設計・建設することにより、ゲストに安心してアトラクションを楽しんでいただくことが必要であった。

以下に、人気アトラクションJURASSIC PARK－THE RIDE®を例として、このような遊戯施設で構造設計者がどのような「ちから」を想定し、設計・建設を進めていったかを紹介していこうと思う。

JURASSIC PARK－THE RIDE®の構造設計

パークのゲストとなって本アトラクションを体感された方はご存知だと思うが、本ライドは、ボートに乗って恐竜の世界を体験し、最後にT-REX（恐竜）に襲われ、ウォーターシュートで急角度に落下・着水し派手に水をかぶることが出来る（？）アトラクションであり、ユニバーサル・スタジオ・ジャパン™の中でも特に人気が高く、連日多くのゲストを楽しませている。



写真1　ロアーラグーン



写真2　ミドルラグーン



写真3　ミドルラグーン

このアトラクションは、乗降場があり、ウォーターシュートで着水するロアーラグーン（**写真1**）、ライドが走行し、いろいろな恐竜に出会えるミドルラグーン（**写真2、3**）、建物の中にあり最後にT-REXに襲われるアッパーラグーンの3つのラグーン（人工池）で構成されており、それらの構造物を構造設計する際、特に検討を要した点は次のようなものであった。

（1）フィギュア（動く恐竜）支持構造体の設計荷重をどのように設定するか。

（2）ライド支持構造物への設計荷重（特にウォーターシュート支持構造物の設計荷重）をどのように設定するか。

（3）建築物上部に存在するラグーン（池）が、建物にどのような影響を与えるか。

（4）ライド着水時の水圧が、ライド設計用に想定されている荷重を超えないようにどうすればよいか。

フィギュア支持構造物の設計荷重

恐竜のフィギュアは、アトラクションの中で重要な役割を務めている。その支持構造物の設計には、フィギュアがゲスト近くに存在し、リアルで激しい動きをすることから、自重だけではなく、フィギュアの動荷重や、機械暴走時の特殊荷重などを想定整理し、設計荷重や安全率を設定する必要があった。（**写真4**）

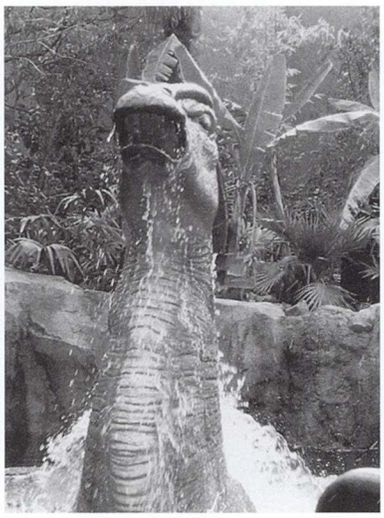


写真4　フィギュアの例

フィギュア自体はアメリカのベンダー（協力会社）が製作するため、支持構造物設計のために、多くの打ち合わせを当該ベンダーと行った。

まず、機器の動きに対する動荷重を、通常運転時の各CASE（例えば、動き出す時・動く途中・最大限伸びきった時等）における支持点にかかる荷重を算出し、ゲストへの安全性を考慮に入れ、安全率3をかけたものをそれぞれの支持点の設計荷重とした。また、機器暴走時の荷重を、ベンダーの仕様書・フィギュア自重の計算書・

日本の類似例等を参考とし、水平力を3.0Gと設定し、それを短期荷重として、支持構造物を設計することにした。

ライド支持構造物の設計荷重

ウォーターシュートは、時速80㎞/時を超え、その反力を算出し、支持構造物を安全に設計することは特に重要であった。その設計荷重は、①単位時間当たりのライド走行軌道の曲率変化と速度から算出する反力②ライド設計用の動荷重③疲労設計指針や遊戯施設構造規準の衝撃係数等を考慮して、長期荷重割増係数を2.0として設計している。

また、ライドの面外方向の短期荷重については、ＪＲ（旧国鉄）の「国鉄建造物設計標準解説」の0.15G～0.25Gの値を考慮して、0.3Ｇを水平力として設計荷重としている。

ラグーン支持構造物の設計荷重

建物内にあるライドの通路；アッパーラグーンは、地上20m以上の高さに存在する。そのラグーンを支持する構造体は、事務所や機械室等に利用される建築物となっているため、ラグーン水の動きが建物にどのような影響を与えるか検討し、ゲストの安全性と建物の機能性を確保することとした。

検討方法としては、ラグーン水を固定水（建物と一緒に動く水）と自由水（建物とは別に動く水）と分けてモデル化し、建物の振動モデルとあわせて動的解析をすることにより影響を確認している。設計荷重としては、自由水・固定水と分けた結果より、すべて固定水とした結果の方が大きかったので、すべて固定水としたときの荷重条件で設計した。

着水するライドの設計荷重

本ライドの醍醐味は、ラストのウォーターシュート着水時の大きな水しぶきである。運の悪い（いい?）人は、ずぶ濡れになってしまい、連日ゲストの大歓声が上がっている。

この着水時には水圧がライドにかかり、その大きさは水位に左右されるため、ダイブする瞬間の水位はセンサーにより厳重に管理されている。しかし、ラグーン内には、前のライドが上げる水しぶきにより高い波が立ってしまい、限られた範囲内のラグーン内では、その波が岸から返ってくるため、次のライドがダイブしてくるときにその水位が安定しないという現象が見られた。（写真５、６）

この水位が高くなるとライドに設計荷重以上の水圧がかかるため、水位を安定させ、水位変化を少なくする必要があった。ラグーンの平均水位を下げて、波が起こっても、その波の最高高さを許容水位以下にするのが最も簡単な対策ではあるが、そうするとあの派手な水しぶきは望めなくなる。

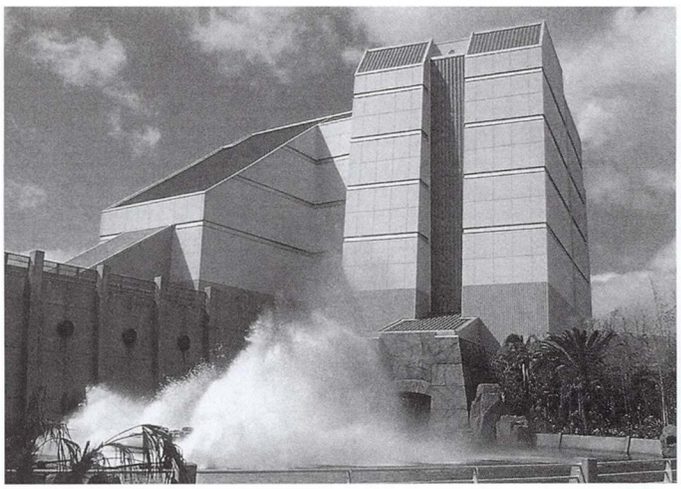


写真５　着水時のライド

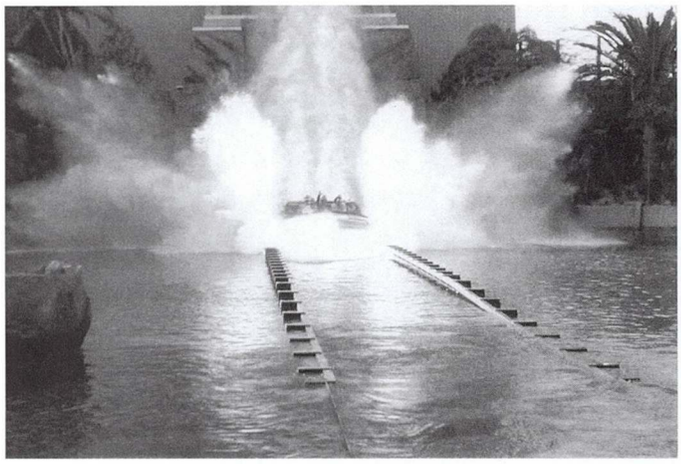


写真６　着水時のライド

このため、試行錯誤の上、ラグーン内の波が岸に当たって返ってくるまでに収まる仕掛けが施してある。パークで実際見ていただくと分かる簡単な仕掛けなので、ここでは詳細について触れないことにしたいと思う。パークに行く一つの楽しみとお考えいただきたい。

おわりに

「ユニバーサル・スタジオ・ジャパン™」では、本例以外にも多くのアトラクションがあり、それぞれ構造設計者がいろいろな「ちから」とつき合って、アトラクションを設計し、楽しいテーマパークを実現している。

これらの苦労をお分かりいただくには、ぜひとも一度パークを訪れ、ライドやショーを楽しみ、遊戯施設の「ちから」を、体感していただきたい。

ただし、設計荷重や安全率なんかを考えながらアトラクションを見るより、何も考えないで純粋にアトラクションを体感するほうが数倍楽しいことを、念のため付け加えておきたいと思う。

（むらかみ　りくた　株式会社竹中工務店設計部構造課長）

Jurassic Park —The Ride® Universal Studios and Amblin
Universal Studios Japan™ Universal Studios. All rights reserved.
CR03-2196

2

車の転落防止

―防護柵の車両衝突に対する考え方―

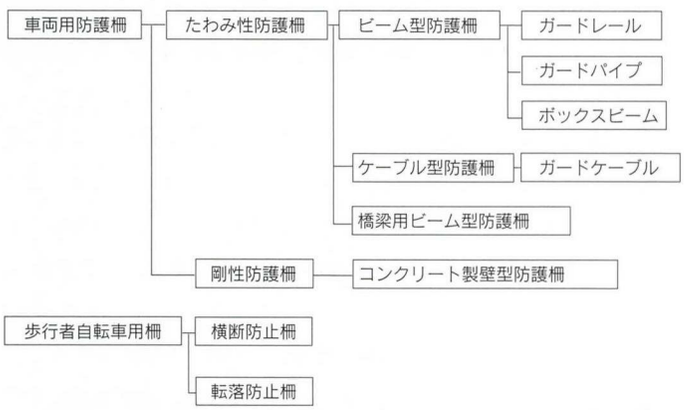
梶　　聡

防護柵とは、道路でよく見かけるガードレール等のことで、設置の目的、道路交通環境等に応じて、様々な防護柵形式が設置されている。昭和31年（1956年）に神奈川県箱根町で設置されて以来、防護柵は、日本の道路交通の進展を追ってその設置延長を伸ばし、日本の交通事故死者数の減少に貢献してきた。

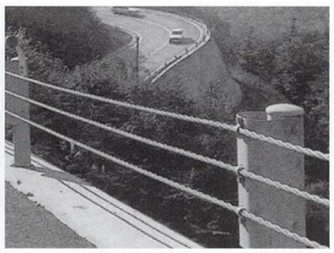
防護柵の設置目的

防護柵の考え方については、社団法人日本道路協会の「防護柵設置基準・同解説」に記載されている。それによると防護柵とは、“進行方向を誤った車両が路外、対向車線にまたは歩道に逸脱するのを防ぐとともに、車両乗員の傷害および車両の損傷を最小限にとどめて、車両を正常な方向に復元させることを目的とし、副次的に運転者の視線を誘導し、また、歩行者および自転車の転落もしくはみだりな横断を抑制するなどの目的をそなえた施設である”とされている。

したがって、防護柵は設置目的により、車両を対象としたものと、歩行者を対象にしたものの2つに大きく区分することができる。(図1)




ガードレール


ガードケーブル


ガードパイプ

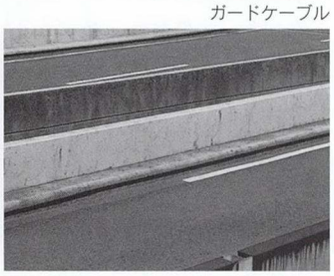

コンクリート製壁型防護柵

図1　防護柵の種類

車両用防護柵の種類と種別

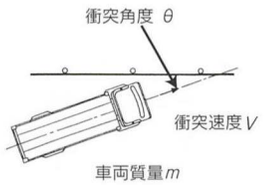
車両用防護柵の種類としては、たわみ性防護柵と剛性防護柵の2種類があり、前者は構成する部材の弾性及び塑性変形、後者は弾性限界内での変形を見込んで設計している。

防護柵の種類、型式の選定にあたっては、設置目的、性能、経済性、維持修繕、施工の条件、視線誘導、視認性の確保、走行上の安心感、眺望性、周辺環境との調和などを勘案して設置される。

車両用防護柵は、強度（車両が衝突したときに突破されない衝撃度の大きさ）および設置場所に応じて、7種類の種別の設定（**表1**）を行っている。なお、強度は防護柵直角方向に持ち込む運動エネルギーを用いて分類している。

表1　車両用防護柵の種別

種別			車両質量 (t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	強度 (衝撃度) (kJ)
路側用	分離帯用	歩車道境界用				
C	Cm	Cp	25	26以上	15	45以上
B	Bm	Bp		30以上		60以上
A	Am	Ap		45以上		130以上
SC	SCm	SCp		50以上		160以上
SB	SBm	SBp		65以上		280以上
SA	SAm	—		80以上		420以上
SS	SSm	—		100以上		650以上



$$Is = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3.6} \cdot \sin\theta \right)^2$$

ここで　Is：衝撃度（kJ）
m：衝突車両の質量（t）
V：衝突速度（km/h）
θ：衝突角度（度）

車両用防護柵の性能

車両用防護柵に求められる性能は、進行方向を誤った車両の逸脱防止はもちろんのこと、衝突車両の乗員に大きな衝撃を与えないこと、衝突車両が離脱するときに後続の車両走行障害にならないことなどが要求される。これらの機能は、必ずしも協調するものではなく、相反する要件であるとも考えられる。たとえば、逸脱防止性能を高めるために防護柵強度を高めると、衝突車両の受ける衝撃力は増加する可能性が高くなる場合がある。つまり、車両用防護柵はある程度頑丈で、ある程度エネルギー吸収性の高い（柔らかい）構造が各種別ごとに求められるのである。

防護柵に車両が衝突する現象は、動的な現象であるため解析が難しく、特にガードレールなどの塑性変形を許容した、たわみ性防護柵の挙動解析は単純なモデル計算では難しい。

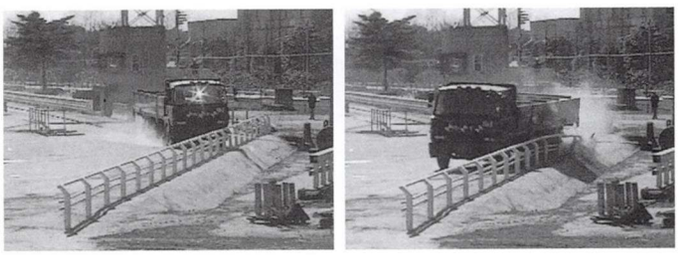


図２　衝突実験例

このようなことから、車両用防護柵の性能は、原則として実車による衝突試験（図２）により確認を行うものとしている。衝突実験は、１構造につき最低２回の実験を行う必要があり、大型車衝突実験では特に防護柵強度、小型車衝突実験では乗員の安全性を確認することとされている。

所定の衝突条件で衝突させた場合の、防護柵の必要性能を示す。

①車両の逸脱防止性能

・所定の衝撃度に対して、防護柵が突破されない強度を有すること

・たわみ性防護柵は所定の変形量を満足すること（道路からはみ出したり、路外構造物に衝突することがないよう）

・剛性防護柵は弾性限界内の変位しか見込まないため、塑性変形しないこと

②衝突時の乗員の安全性能

車両の受ける加速度（表２）を用いて、乗員被害を評価する。

表２　車両の受ける加速度（10ms平均）基準値

種別	たわみ性防護柵		剛性防護柵
	支柱を土中に埋め込む場合	支柱をコンクリートに埋め込む場合	
C、Cm、Cp、B、Bm、Bp	90m/s^{2}未満	120m/s^{2}未満	120m/s^{2}未満
A、Am、Ap	150m/s^{2}未満	180m/s^{2}未満	180m/s^{2}未満
SC、SCm、SCp、SB、SBm、SBp、SA、SAm、SS、SSm	180m/s^{2}未満	200m/s^{2}未満	200m/s^{2}未満

③車両誘導性能

衝突車両の挙動は、後続車両に影響を与えることから、以下の性能を求めている。

・横転などを生じないこと

・離脱速度は、衝突速度の６割以上であること

・離脱角度は、衝突角度の６割以下であること

④構成部材の飛散防止性能

・衝突時に構成部材が大きく飛散しないこと

車両用防護柵の設計

たわみ性防護柵を設計する場合に、他の土木構造物のように衝突荷重を外力として与えモデル設計できればよいが、前述のように衝突車両の挙動や防護柵・地盤の塑性変形が複雑で、また求められる性能の検証が実車衝突実験で確認することから、現在、防護柵を設計開発するための衝突荷重は定量的に明示することはしていない。

防護柵の設計・開発を行う場合は、最終的に実験で確認するものの、事前検討の段階では過去の実験データを参考に部材構成、強度などを決定したり、近年では計算速度が向上したコンピュータを用いて３次元シミュレーションによる解析を行う場合（図３）もある。

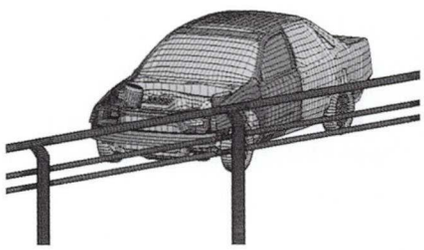


図3　３次元シュミレーションの解析例

一方、剛性防護柵は塑性変形を認めない弾性設計を行っていることから、衝突実験結果を基に衝突荷重を計測できる。この衝突荷重は、壁面の形状ごとに異なってはいるものの、衝突実験結果から、表３のような衝突荷重が発生するとされている。この荷重は、剛性防護柵の安定計算などに用いられている。

表３　剛性防護柵の衝突荷重

種別	衝突荷重 P（kN）		
	単スロープ型	フロリダ型	直壁型
ＳＣ	34	35	43
ＳＢ	57	58	72
ＳＡ	86	88	109
ＳＳ	135	138	170

＊

参考：歩行者自転車用柵に求められている性能

歩行者自転車用柵（図４）は、歩行者の安全性を確保するために、歩行者が寄りかかったり腰掛けたりしても変形、破損しない強度（垂直590N／m、水平390N／m）が求められ、さらに群集が集団で寄りかかることが想定される場所に対しては群集荷重（垂直980N／m、水平2,500N／m）が作用しても変形しない強度が求められる。この場合の荷重は、静的な荷重で部材の許容応力度設計を行い、その構造の妥当性を確認している。



図４　歩行者自転車用柵

参考文献

「防護柵設置基準・同解説」社団法人　日本道路協会：H10.11

「車両用防護柵標準仕様・同解説」社団法人　日本道路協会：H11.3

「道路土工－擁壁工指針」社団法人　日本道路協会：H11.3

（かじ　さとる　日鐵建材工業株式会社土木開発技術部）

3 鋼構造物の疲労

川井　豊

疲労とは

金属に限らず材料が図1に示すような時間的に大きさの変化する荷重（変動荷重）を繰り返し受けると、その最大値が静的な破壊荷重や設計荷重より小さい場合でも、ある繰返し数に達して破壊することがある。このような破壊を人間の疲労（つかれ）現象にたとえて、「疲労（つかれ）破壊」と呼んでいる[1]。肉体的、精神的ストレスを繰り返し受けて疲労が累積し、病気になったり、最悪の場合過労死に至る過程と同じである。

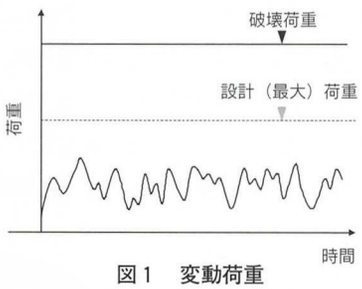


図1　変動荷重

最近、都市高速道路高架橋の鋼製橋脚隅角部に疲労亀裂が見つかったとの報道があったことは記憶に新しいが、「疲労」という言葉は、航空機事故や工場の配管溶接部のひび割れ等、機械構造物の損傷の原因として新聞などで稀に目にすることはあっても、地震荷重や風荷重で設計断面が決定されることが多いわが国の建築構造物では余りなじみがないと言えよう。

疲労研究の歴史

金属疲労に関する研究歴は古く、ドイツのアルバート（Albert）が1829年に鉱山で静的破断荷重以下の低い荷重で繰り返し使用中のチェーンが破断した事故に対し、チェーンの繰返し引張試験を行ったものが疲労試験の最も古い記録と言われている。その後、1852年から1869年にかけて、ドイツの鉄道技師ウェーラー（Wöhler）が鉄道の車軸を対象として丸棒の回転曲げ疲労試験を行い、初めて繰返し応力の変動範囲（S）と破断までの繰返し回数（N）の関係を求め（S-N曲線）、現在の疲労設計のベースがつくられた。

疲労破壊は、破断までの繰り返し数が10^4～10^5回以上の高サイクル疲労と、降伏点近い応力を超える高い変動応力を受けてそれ以下の少ない繰返し回数で破壊する低サイクル疲労とに分けられる。その後の多くの実験結果により、高サイクル疲労領域ではSとNには両対数グラフ上で直線関係があることが認められ、現在の疲労設計では図2に示すようなS-N曲線が用いられている。同じ材料でも最大応力、平均応力、残留応力等の変動応力（S）の特性や使用環境（雰囲気）により異なるS-N曲線が得られることからこれらの影響因子に関する研究が盛んに行われ、1920年代から1930年代にかけては、一般機械や船舶関係を対象として各種材料の大気中および海水腐食疲労試験が行われている。また、航空機の分野では、1945年にオーストラリアでの輸送機の翼の疲労破壊、1954年のコメット胴体の連続疲労破壊事故が起こったのを契機に広範囲な研究が行われるようになった。

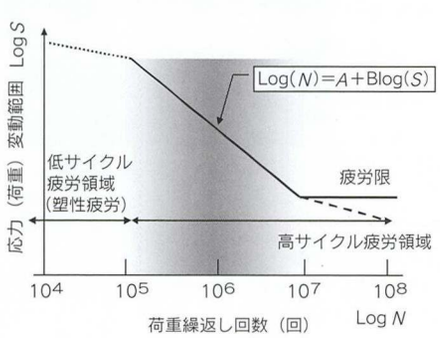


図2　S-N曲線

その後、1960年代ころからは溶接構造の普及と高張力鋼の実用化に伴い、鋼構造物の設計データ整備の一環として膨大な疲労試験が行われ、疲労強度データベースとして整理されている。さらに、1980年代には厳しい海象条件下で稼動する石油掘削用リグ等の海洋構造物分野で国際的な共同研究が盛んに行われるなど、各種構造物の疲労破壊をきっかけに、それらの使用環境や使用材料に応じた疲労破壊防止のための研究が鋭意進められてきた。

疲労のメカニズム

材料が静的荷重を受けて破壊する場合、大きい塑性変形を生じた後に破壊する延性破壊と、ほとんど塑性変形を起こさないで破壊する脆性破壊とがあるが、いずれの場合にも破断荷重に達した時点で全断面が極めて短時間に破断する。これに対し疲労破壊の場合、荷重の繰り返しに伴い材料の極めて局所的部分の応力集中によって塑性ひずみが繰り返され微細なきれつを生じる。その後の荷重繰返しによってきれつが徐々に進展し断面積が減少、残存断面の静的破壊荷重（延性破壊あるいは脆性破壊）に達して破壊する。疲労きれつの進展は、きれつ先端近傍の塑性ひずみの繰り返しによって生じるが、疲労による破壊部は巨視的な塑性変形を伴わない脆性的破壊で、破面も滑らかであるのが特徴である（写真1）。

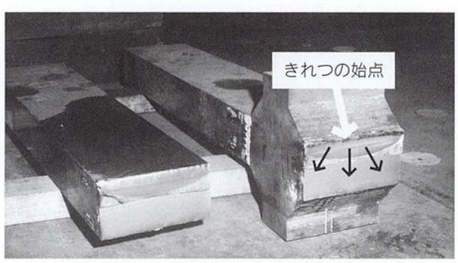


写真1　極厚鋼板のリブ十字溶接継手の疲労破面

疲労破壊までの荷重繰返し回数（疲労寿命）；N_fは、工学的に検出可能な寸法（0.2㎜～2㎜程度）のきれつ発生までの繰返し回数（きれつ発生寿命；N_c）ときれつ発生から破断までの荷重繰返し回数（きれつ進展寿命；N_p）の和として表される（$N_f = N_c + N_p$）。応力集中が高くかつ残留応力が高い溶接継手部では、変動荷重（応力）がある程度大きい場合、荷重繰返しの早い段階できれつが発生

($N_c \fallingdotseq 0$)、すなわち$N_f \fallingdotseq N_p$と考えて良いことが多い。荷重（応力）変動範囲が十分に小さければ、微細なきれつ状欠陥もしくは疲労きれつの発生があっても、これらは進展せず、無限の疲労寿命をもつことになる（$N_p \fallingdotseq \infty$）。あるいは、進展しても供用期間中には工学的に問題とならない程度の寸法でとどまり、構造物として必要な強度を維持できることとなる。

1960年代にパリス（Paris）により疲労きれつの進展に関し破壊力学的モデルを用いた進展則[2]が提案されて以降、急速に寿命予測法についての研究が進み、疲労寿命予測がある程度の精度で可能となった。進行速度（きれつ進展速度）と到達距離（限界きれつ長）の関係から所要時間（疲労寿命）を割り出す方法である。

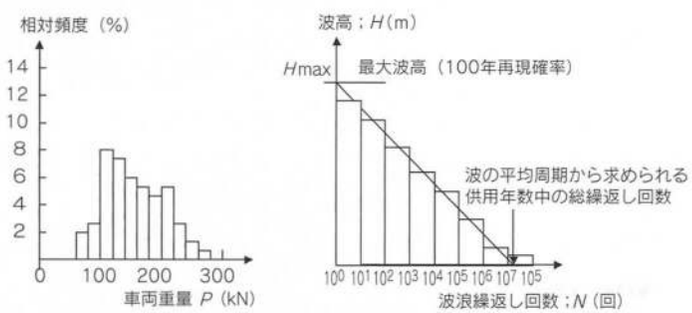
疲労設計荷重と疲労損傷防止策

疲労に関する研究の歴史は古くかつ多分野で行われているにもかかわらず、いまだに疲労損傷が発生するのは何故であろうか。設計時点では疲労を考慮する必要性がなかった、あるいは疲労を考慮していたがその後予期できない使用環境や荷重条件の変化に遭遇し、長期の供用の後損傷に至った事例も多い。

その主な理由の一つに、変動荷重の設計上の評価の難しさを挙げることができる。回転機械のように一定の荷重振幅が作用する場合には問題ないが、自然現象や車両重量の異なる自動車荷重を対象とした構造物では、**図3**に示すような荷重または外力系の頻度分布をもつ不規則な変動荷重を受けることになり、これを材料の疲労被害則を考慮して疲労設計荷重として評価する必要がある。既往最大あるいは決められた年数内での生起確率から算定した最大荷重等の代表荷重を対象とすることができる通常の設計とは大きく異なる点である。

土木構造物では、疲労設計の対象荷重として、自動車や列車荷重、風荷重、波浪荷重、稀に地震荷重などが挙げられ、これらはいずれも通行車両重量や気象・海象等の統計データを必要とする。

建築構造物では、風荷重や地震荷重、機械設備荷重などが考えら



（a）道路橋（大型車車重頻度分布例）　（b）海洋構造物（疲労設計用波高頻度分布例）

図3　荷重頻度分布の一例（模式図）

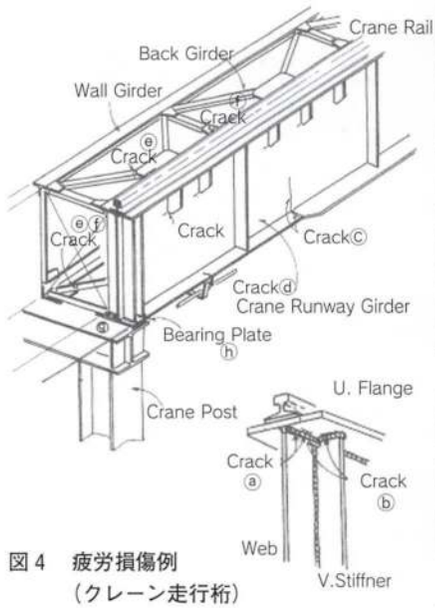


図4　疲労損傷例（クレーン走行桁）



（a）引張フランジ溶接部

（b）バックガーダー溶接部

写真2　疲労損傷例

れよう。建築鉄骨等では、地震による柱—梁の仕口部が塑性化した状態で変形が繰り返され、溶接部の低サイクル疲労の問題がある。高サイクル疲労の可能性がある建築構造物としては、風荷重が支配的な塔状構造、高層建築、エレベーターや機械設備の取り付け構造、変動する吊荷重を支持する天井クレーン走行桁（**図4**、**写真2**）等が挙げられる。

疲労設計荷重が合理的に評価できたとしても、個別構造物の疲労設計段階では、応力集中の程度を左右する部材の幾何学的形状、部材継手形状等を考慮して求められる応力変動範囲として変換した後、検討対象となる設計疲労強度データ（設計*S-N*曲線）[3]を用いて部材断面や継手の詳細を決定する必要がある。これらの煩雑な設計手順に加え、構造解析の精度が影響を及ぼすことも多い。静的な強度上は全く問題のない二次的な変形や局部応力の繰り返しによってもきれつが発生する可能性があるためである。このように、疲労きれつが極めて局所的な応力集中箇所から発生することから、疲労設計荷重の評価の難しさと相まって設計段階での部材応力照査だけでは損傷防止対策は完全ではないことがある。疲労損傷対策には過去の損傷例から学ぶべきことが多い。類似構造物の損傷例等[4]を研究し、過去に損傷歴のある構造ディテールの採用を避け疲労強度の高い部材継手形式を採用するなどの配慮だけでも、疲労損傷の防止には大きな効果がある。

建築構造物においてもライフサイクルコストの低減や環境保護の観点から長期耐久性が求められる傾向にあることから、新しい構造形式や特殊な用途の建築構造物の設計にあたっては、地震荷重による仕口部の塑性疲労だけでなく、高サイクル疲労が問題となるような荷重あるいは振動の有無についても配慮いただければ幸いである。

参考文献

1）「金属の疲労破壊」横堀武夫監訳、市川昌弘編、昭和45年、丸善。「金属の疲れと設計」河本實ほか、昭和47年、コロナ社、等

2）P. C. Paris and F. Erdogan ;A critical analysis of crack propagation laws; Trans. ASME 85D,528,1963

3）「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」㈳日本鋼構造協会編、平成5年、等

4）「鋼橋の疲労」㈳日本道路協会、平成9年、等

（かわい　ゆたか　JFEエンジニアリング株式会社鋼構造事業部主席、工学博士）

4

荷重を測る

熊谷常雄

荷重を測る方法は古くからの機械的方法に始まって、今日の電気的測定へと変遷してきている。最近の建設分野における具体的事例を挙げながら、以下に述べてみることにする。

ひずみから荷重を求める

各種構造物の応力測定には、ひずみゲージが広く使われている。ひずみゲージは図1に示すような外観をしており、薄い樹脂ベースの上に金属箔がのっている構造である。

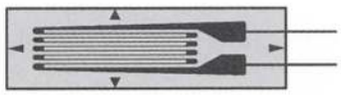


図1　ひずみゲージの外観

構造物が応力を受けてひずみが発生すれば、接着されたひずみゲージの金属箔は、わずかな抵抗変化をする。この微小抵抗変化をホイートストンブリッジ回路により微小電圧変化として捉えて、これを増幅することによりひずみを測定することができる。

ひずみと応力の関係を次式に示す。

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

ここで、σ：応力、E：弾性係数、ε：ひずみ

応力は単位断面積当たりの力であるから、一様断面の部材であれば、この応力に断面積を掛けて荷重を求めることが出来る。

スポーツ・レジャー・文化施設等では、張弦梁構造で建築されている例も多い。この構造では張力材の荷重管理が重要となり、ひずみゲージによる張力測定が行われている。張力材が鋼棒の場合は鋼材表面に、ワイヤーの場合はスリーブにひずみゲージを接着し、ひずみを測定して張力を算出する。

また、図2に示すようなコンクリート埋込型ひずみ計を、ＲＣ超高層建物の柱にコンクリート打設前に設置し、打設後から最上階施工までの荷重変化を長期間計測した例もある。



図2　埋込型ひずみ計の外観

ロードセルで直接荷重を求める

荷重計のことを一般にロードセル（Load Cell）と呼んでいる。この中には一部機械式のものもあるが、ほとんどは電気式のものである。電気式ロードセルの検出方法はひずみゲージ式のものが大半で、今では単にロードセルと言えばひずみゲージ式荷重計を指すほど広く使われている。図3にロードセルの外観の一例を示す、

図4にロードセルの構造の一例を示すが、検出部（起歪体と呼ばれている）にひずみゲージを熱硬化型接着剤で焼き付け接着してある。ロードセルには非常に高い精度が要求されるために、各種の補



図3　ロードセルの外観

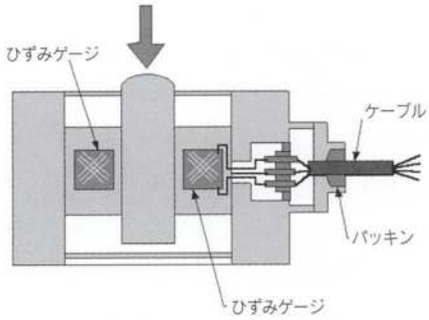


図4　ロードセルの構造

償機構が組み込まれている。起歪体の温度による弾性係数の変化を補償する機構などはその一例である。

これらロードセルはいろいろな所で使用されているが、吊荷重管理で使われている一例を紹介する。

大阪市内にある大阪城ホールは、コンサートやスポーツをはじめとする各種催し物が1年を通じて行われており、稼働率も高い。図



図5　大阪城ホールの外観



図6　大阪城ホールのアリーナ

5に大阪城ホールの外観を、図6に内部のアリーナの様子を示す。

コンサート等の催し物の際には、重量物を天井から吊る場合が多い。このホールの天井裏の吊点には合計238台もの引張型ロードセルが設置されており，そのすべてがパソコンで集中管理されている。各吊点ごと、エリアごと、天井全体でそれぞれ規制荷重が細かく設定されており、規制値を超えると警報を出力するシステムとなっている。

大阪城上空は大阪国際空港（伊丹空港）への着陸進入コースとなっており、騒音への対策から大阪城ホールの天井はＲＣ造りの比較的重い構造となっている。このような吊荷重計測システムできめ細かな管理を行って、その安全性を常に保っている。

固有振動数から荷重を求める

土木分野にはなるが、斜張橋やアーチ構造の一種であるニールセンローゼ橋の架設中における斜材ケーブル張力管理は、施工管理上の重要項目となる。

これらの場合、ロードセルによる張力の直接測定や、ひずみゲージを用いた張力の算出方法は一般的には行われない。これはケーブルの本数も多く、ロードセルではコストがかさむことや、防錆被覆ケーブルではひずみゲージが接着できないなどの技術的なことから来ている。

振動法によるケーブル張力測定方法は、強制加振または常時微動時におけるケーブルの振動数を加速度計を用いて計測し、ケーブル張力とその固有振動数との関係式から張力を算出するものである。この方法は、その簡便性や低コストなどの理由により橋梁の分野では多用されている。

ケーブルの固有振動数と張力の関係―棒理論による基本的な関係―は、次式に示される。

$$T=\frac{4\,w\,l^{2}}{n^{2}\,g}\,f_{n^{2}}$$

ここで、T：張力、w：単位重量、f_n：n次固有振動数

l：ケーブル長、n：振動次数、g：重力加速度

しかしながらこの基本式のままでは、ケーブルの曲げ剛性、サグの影響、傾斜角、境界条件などにより誤差が大きくなる傾向があり、これらの影響を考慮した各種実用式が提案されている。さらには精度を高めるために斜材緊張時にジャッキ緊張力と固有振動数とのキャリブレーションを行う例も多い。

この振動法は橋梁に限らず、建築分野でも採用されている。先に述べた張弦梁構造のケーブル張力の測定を振動法で行う例も多くなっている。

これらの振動法に用いられる加速度計はサーボ型、ひずみゲージ型、圧電型が代表的なものである。サーボ型は精度が一番良いが価格も非常に高い。圧電型は低域の周波数特性が悪く、橋梁の斜材などの低い固有振動数の測定には向いていない。ひずみゲージ型は比較的安価であることや低周波域での特性が良いことなどにより、最も多く採用されているようである。図7にひずみゲージ式加速度計の一例を示す。



図7　ひずみゲージ式加速度計

おわりに

最近の技術の進歩はめざましく、センサーや計測器も例外ではない。例えば光ファイバーを用いた計測システムの研究も盛んに行われている。これら光ファイバー式はまだまだ高価ではあるが、近い将来、既存の計測システムがある程度光ファイバー式に置き換わることも予想される。

しかしながら、今まで述べた「ひずみから荷重を求める」「ロードセルで直接荷重を求める」「固有振動数から荷重を求める」の3方法の荷重の求め方は広く使われており、十分に確立された技術である。コスト的な問題もあり、今後も光ファイバー等の方法に取って代わられることなく生き続ける技術と言える。

（くまがい　つねお　株式会社東京測器研究所 営業部企画技術課長）

5

手すりの曲げ実験と群集の詰め込み実験に基づく

群集圧の計測と群集密度の推定

吉村英祐

2001年7月21日の夜、第32回明石市民夏まつり花火大会の会場となった大蔵海岸とJR朝霧駅をつなぐ歩道橋（橋台間103.7m、歩行有効幅員6m）の南端付近で群集事故が発生し、死者11人、負傷者247人という、群集事故としては近年にない大惨事となった[文1]。この件については2003年8月現在、裁判が進行中であり、また筆者が神戸地検の依頼で鑑定書を作成した立場にあることから、事実関係の公表をある程度制限しなければならないことをあらかじめお断りしたうえで、筆を進めたい。

事故発生から1週間後に初めて事故現場を訪れ、東西両側の手すりが南端部付近で大きく変形しているのをまのあたりにして、これを手がかりに事故発生時の群集圧を推定できないかと思ったのが、今回の実験を思い立ったそもそもの発端である。手すりは直径34㎜のステンレス製丸パイプで、およそ125cmピッチでステンレス製の支持板（厚さ6㎜弱）の上端に溶接されている。この手すりは車いす用のため、取り付け高さは通常の手すり（80～85cm）よりかなり低く、床面から66cm程度である。

手すりにかかった水平圧力の推定

まず、用語の定義を示す。

群集圧：壁面の水平長さ1mあたりに作用する力（kgf/m）

正面圧：群集に一方向から力を加えたときに、その方向に直角の正面壁に伝わる壁面の水平長さ1mあたりに作用する力（kgf/m）

側面圧：群集に一方向から力を加えたときに、その方向から直角横方向に伝わる水平長さ1mあたりに作用する力（kgf/m）

ステンレス製の支持板は下端部の支持点付近で塑性変形を生じ、上端に溶接された手すりの最大水平変位量は東側で57㎜、西側で93㎜に達していた。高密度群集が手すりに及ぼす圧力を等分布荷重と仮定し、塑性変形部のステンレス平板の断面形状と寸法から、少なくとも水平方向に103～137kgf/mの圧力がかかっていたと推定した。その後、鑑定作業の一環として、変形した支持板と同材質・同形状の試験体を複数作製し曲げ実験を行った結果、手すりに水平にかかった圧力を約129kgf/mと推定した。

群集の詰め込み実験による群集密度と群集圧の関係の計測

群集密度と群集の圧力の関係を調べた既往の研究は、松下清夫氏らの研究[文2]がほとんど唯一の存在であった。そのため、明石花火大会事故調査報告書[文3]や筆者の鑑定書作成においてもこの結果を参考にしているが、それには以下のような問題点がある。

1） 松下らが示した群集密度と群集圧の関係（文2の第8図）は数値の判読が容易でなく、またデータの統計処理方法が不明である。

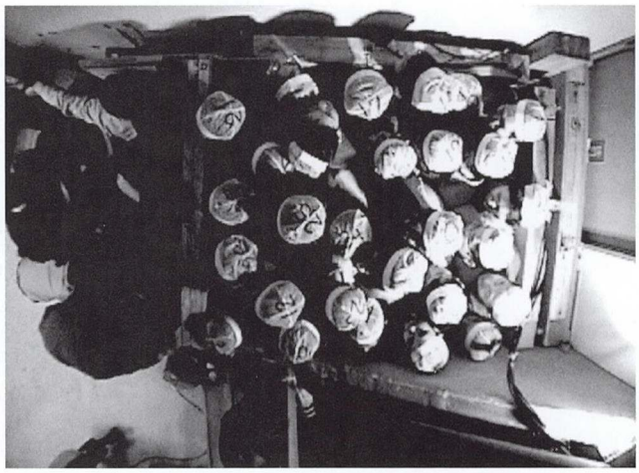
2） 松下らの実験では、廊下状の実験装置内に被験者を入れ、群集の進行方向に沿って後ろの人が前の人を力いっぱい押したときに群集の最前列の正面壁に累加されてかかる圧力と、そのときの群集密度の関係を求めているが、側壁にも圧力がかかる混雑状況を明確に意識・想定しておらず、明石の群集事故発生の状況とかなり異なる。

3） 明石の群集事故で手すりを曲げた力の向きは、歩道橋上の群集が進行方向の前後から押される力に対して直角であるが、高密度群集内の人間は不揃いの弾性粒体の性質を示すためパスカルの原理が働かず、進行方向とそれに直角方向の力は異なるはずである。

事前に行っていた模型による圧縮実験の結果等から、進行方向の圧力よりも、手すりを外に押し広げる方向の圧力のほうが小さいという仮説を立て、後ろから押されたときの群集密度と群集圧の関係を明らかにするために、群集の詰め込み実験を行った。

群集の詰め込み実験は、大阪大学吹田キャンパスS1棟1階の一角にある、三方をコンクリート壁に囲まれたコの字型コーナーを利用して行った。

群集を押す方向の正面に位置する壁（図1の右）と、それに直角の左側面壁（図1の上）に剛性の高い木製の圧力計測壁を設置し、それぞれの裏の四隅に1個ずつロードセルを取り付け、4個の計測値の合計値を壁面の長さで除した値を群集による正面壁および側面壁にかかる群集圧（kgf/m）とする。コの字型の実験領域に薄着の28名（全員男子大学生）の被験者を入れ、ピストンの役割を果たす圧縮壁（図1の左）で閉じ込める。これら三つの壁面の下部には、



写真左から右に圧縮壁を人が押し、詰め込んだ28人（番号を付けた白帽をかぶっている）の群集に圧力をかけて5cmずつ縮めていくようすをビデオ撮影した。実験領域を2㎡に縮めると密度は14人/㎡になる。実験日は2003年1月29日。

図1　群集の詰め込み実験のようす（真上から撮影）

それぞれ4個のキャスターを取り付けてあり、壁面と床面との間に生じる摩擦力が無視できるほど十分小さくなるように工夫している。安全のため、被験者には外部からの加圧に押されるがまま抵抗しないよう、また必要以上に我慢しないよう事前に指示を徹底したうえで、外側から人力で圧縮壁を左右の水平移動距離を常に均一に保つように群集を縮めていく。5cm縮まるごとに10秒間その状態を保ち、その間に正面壁と側面壁に取り付けたロードセルで0.1秒ごとに計100個のデータを計測し、パソコンにテキストデータとして自動的に記録した後、いったん圧力を解除する。次は、さらに5cm縮めて同様の計測を行う。

この過程を、被験者の安全および人力による加圧の限界密度と考えられる14人/㎡まで繰り返した。

実験結果と考察

群集密度が10人/㎡を超えると正面圧、側面圧とも指数的に高くなる（**図2**、**図3**）。また、群集密度がおよそ12人/㎡を超えたあたりから、それまで不安定であった正面圧に対する側面圧の比が安定しはじめ（ただし最大でも正面圧を超えることはなかった）、さらに高密度になるにつれて、この比がほぼ0.6に収束していく（**図4**）。

（1）既往の実験結果との比較

今回の実験結果を松下らの結果[文2]と比べると、同じ群集密度における群集圧（正面圧）が小さい値を示している（**図5**）。この差は、松下らの実験が、被験者が一斉に自ら前の人を押したときに、最前列の群集に累加された正面圧を計測しているのに対し、今回の実験では、被験者が無抵抗で立っている状態で押されたときの正面圧を計測していることに起因していると思われる。

なお、別途行った厚着状態での詰め込み実験では、松下らに近い結果が得られた。

（2）事故調査報告書の推定結果との比較

明石花火大会事故調査報告書では人体の水平断面を長径40cm、短径29cmの楕円形にモデル化して正面圧：側面圧＝2.53：1（1：0.395）を導き、進行方向の正面圧を、手すりにかかった最大推定圧力158（kgf/m）×2.53≒400（kgf/m）と推定している（文3、pp.97-106）。

この値を図2の回帰式にあてはめると、群集密度は14.7人/㎡となる。一方、先の曲げ実験から得た圧力129kgf/mと、今回の実験で得た正面圧：側面圧＝1.67：1（1：0.6）から群集圧を推定すると129×1.67≒215（kgf/m）となり、同じく回帰式にあてはめると13.6人/㎡でやや低くなる。ただし、上述のように手すりの高さが66cm（成人男子の腰と膝の中間付近）と低いため、腹部・胸部付近ではもっと高圧力・高密度であった可能性がある。

だが、いずれにしても13人/㎡を超える高密度状態であったことには変わりがなく、裁判の結果を大きく左右することはないであろう。

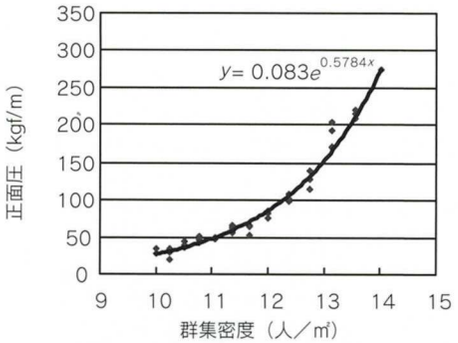


図2　群集密度と正面圧の関係

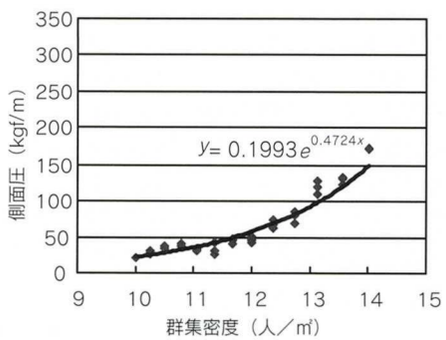


図3　群集密度と側面圧の関係

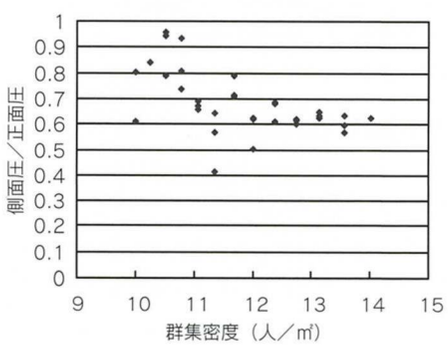


図4　正面圧と側面圧の比

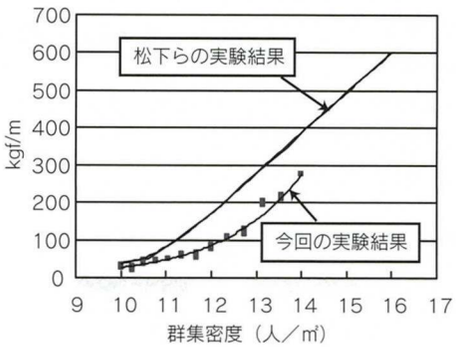


図5　既往の実験と今回の実験の比較

謝辞　群集の詰め込み実験とデータ解析は、末原隆司氏（奥村組、当時大学院生）が担当しました。また、曲げ実験の実施は今井克彦教授と古川忠稔助手（大阪大学大学院地球総合工学専攻）に依頼し、群集圧の計測方法の検討時には古川助手のほか、桑原 進助手（同建築工学専攻）からも貴重な助言をいただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

1）日本建築学会編：建築設計資料集成［人間］、丸善、2003年1月、p.134
2）松下清夫、和泉正哲：建築物に加わる外力及び荷重に関する資料、日本建築学会論文報告集第57号、1957年7月、pp.245～248
3）明石市民夏まつり事故調査委員会：第32回明石市市民夏まつりにおける花火大会事故調査報告書、2002年1月

（よしむら　ひでまさ
大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻助教授）

大阪府建築物安全安心実施計画

大原幸三
大阪府建築都市部建築指導室建築企画課技師

社会資本整備審議会住宅宅地分科会が、今年９月に発表した「新たな住宅政策のあり方について」と題する建議の中に『…特に、欠陥住宅問題といった先進国ではあってはならない問題を根絶する必要がある。…』との一文があった。

近年、住宅における床のたわみや傾き等の欠陥の発生によるトラブルが増加し、いわゆる欠陥住宅問題として社会問題化している。

平成７年の阪神・淡路大震災では、多数の尊い人命が失われたが、その多くは、建築物の施工不良や明らかな違反が原因であった。この事実を、建築行政をはじめ建築関係者は永く心にとどめておかねばならない。

平成10年、建築基準法は制定以来と言われる大改正が行われた。改正の柱は（１）建築確認等手続きの合理化、（２）建築規制内容の合理化、（３）建築規制の実効性の確保の３つであり、建築確認・検査の民間開放や中間検査の導入などが盛り込まれた。特に建築物の安全性を確保し、建築規制を実効あるものに再構築するため、建設省（現国土交通省）では「建築物安全安心推進委員会」を設置し、「建築物安全安心推進計画」を平成11年４月に取りまとめた。

これを受け、大阪府では、平成11年５月、大阪府及び府内特定行政庁と公民の関係団体により「大阪府違反建築等防止推進会議」を設立、同年10月に「大阪府建築物安全安心実施計画」（第１次）を策定し、平成13年度までの３カ年を重点実施期間として取り組みを行ってきた。さらに、平成14年８月に、「第１次計画」の取り組みを踏まえ、今後起こると予測される南海地震等都市型大震災への対応など、防災上の新たな課題への対応も視野に入れ、新たな３年間の行動指針として「第２次計画」を策定した。

基本的な考え方と第１次計画

建築規制制度の基本的な考え方は、着工前の設計内容の確認（建築確認）と工事完了時の検査（完了検査）を行い、工事中は建築士が行う工事監理により設計図書どおりの施工が行われることを担保するという枠組みである。しかし、実際は工事監理や完了検査が十分に実行されないという現実があり、これが、建築物の安全性が確保されない大きな原因である。大阪府における平成10年度の完了検査率は31.4%であったが、これは、裏を返せば約70%の建築物については適法性が確認されていないことを意味する。

本計画では建築規制制度の実効性を確保するために、推進すべき施策として「４つの柱」を掲げている。すなわち「⑴工事監理業務の適正化と普及」「⑵中間検査及び完了検査の受検促進」「⑶違反建築物対策」「⑷消費者への広報、適切な情報開示」である。

重点実施期間の３年間で、中間検査の受検率は90%を超えて所期の目標を達成し、また、完了検査率は55.8%へと25%向上し、一定の成果を収めたといえる。

しかし、この完了検査率は全国平均64%（平成13年度）を下回り、さらなる取り組みが必要との認識の下、第２次計画を策定した。

第２次計画の取り組み

第２次計画では、平成14～16年度で達成すべき完了検査率の数値目標を80%に定めた。この達成により、これから建設されるすべての建築物の安全性確保への道筋を確実なものにする考えである。

策定にあたっては、第１次計画を「①ITの積極活用②消費者保護③工事監理の普及④建築士団体の役割⑤既存建築物対策」の５つの視点から見直し、新たな取り組みを検討した。

以下に、前述の「４つの柱」に沿って代表的な取り組み状況について概述する。

「⑴工事監理業務の適正化と普及」の取り組みの一つに、大阪府が推進主体となって、建築士団体との連携により優良な工事監理業務を行う建築士事務所を顕彰する制度を創設することを掲げた。これについては今年４月、㈳大阪建築士事務所協会の協力により『大阪・工事監理の星』支援システム」としてスタートした。

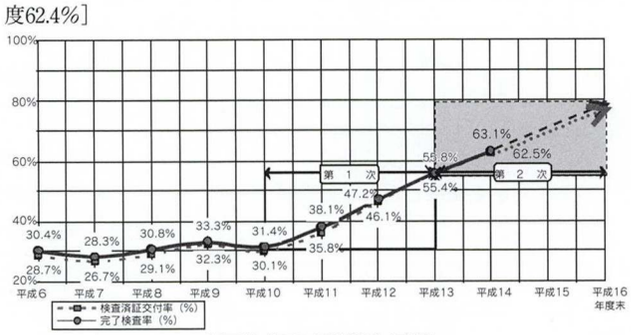
「⑵中間検査及び完了検査の受検促進」については、大阪府では、第１次計画の時から、民間金融機関に対して検査済証要件化を要請し、一定の成果をあげてきた。そして、本年２月、国土交通省より融資における検査済証の活用について金融機関向け協力要請文書が発出された。これは大阪府のこれまでの取り組みを強力にバックアップする画期的な文書と受け止めている。今後も、検査済証の取得が税制上の優遇措置等にリンクし、建築主等の受益となるような制度の実現を目指し要望していく。

「⑶違反建築物対策」については、新たな視点として、平成13年９月の新宿雑居ビル火災の教訓を踏まえて、既存建築物の維持保全の軸となる定期報告制度の充実に取り組んでいる。

「⑷消費者への広報、適切な情報開示」については、インターネットの活用による行政、関係団体、消費者の連携を図る。一般家庭へインターネットが急速に普及していることを踏まえ、行政の側から、消費者自らがいつでも建築物の安全性及び適法性について必要な情報を収集し適切な判断ができるよう、各種情報の提供サービスの充実が可能な環境整備に取り組んでいきたい。

目標達成に向けて

第２次計画を策定して１年が経過した。完了検査率はこの１年で7.3%向上し、63.1%となった。また、特筆すべき変化は、大阪府内の特定行政庁と指定確認検査機関における確認件数が逆転したことである。［指定機関の確認件数占有率：平成13年度35.2%→平成14年度62.4%］



完了検査率の推移と目標

このような状況の中で、今後、指定確認検査機関や建築士団体との連携が一層重要となると考える。

本計画を大阪らしい公民の連携により、それぞれが推進すべき施策を着実に推進し、「府民のかけがえのない生命と財産を守る」との目的を見失うことなく、安全で安心なまちづくりに取り組んでいきたい。

（おおはら　こうぞう）

デザイナーと構造設計者のコラボレーションって？

美について考える（その2）

大氏正嗣
㈱デザイン・構造研究所

美学の書によれば、「美」には広義の美と狭義の美があるとする。狭義の「美」とは、快と感じる「美」を指す。一方、広義の美とは芸術全般にまで美の範疇を広げている。例えば、ピカソのゲルニカを見て、絵自体を美しいと感じる人は多くはないだろう。ただ、その絵が私たちの心を揺さぶることも同時に事実である。

芸術について考えたとき、広義の美の範疇は図1に示すように分類できる。もっとも、あくまで便宜的に「美」の範疇を展開したものであり、実際の「美」が独立した要素に分類されるものではない。人が「美」をなぜ求めるのかを考えることはとても私の手には負えないが、少なくとも現実が決して美しいものばかりではなく（大部分が人にとって不快な存在なのではないか？）、「美」が人に少しでも快適な心理を与えるからであり、そしてさらにその稀少な「美」を探すこと、集めることが人生を豊かにすると考えているからではないかと思う。

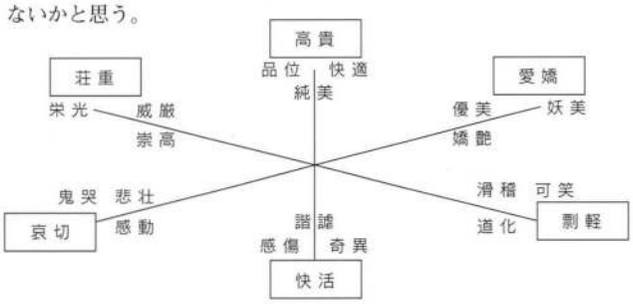


図1-1　美の範疇

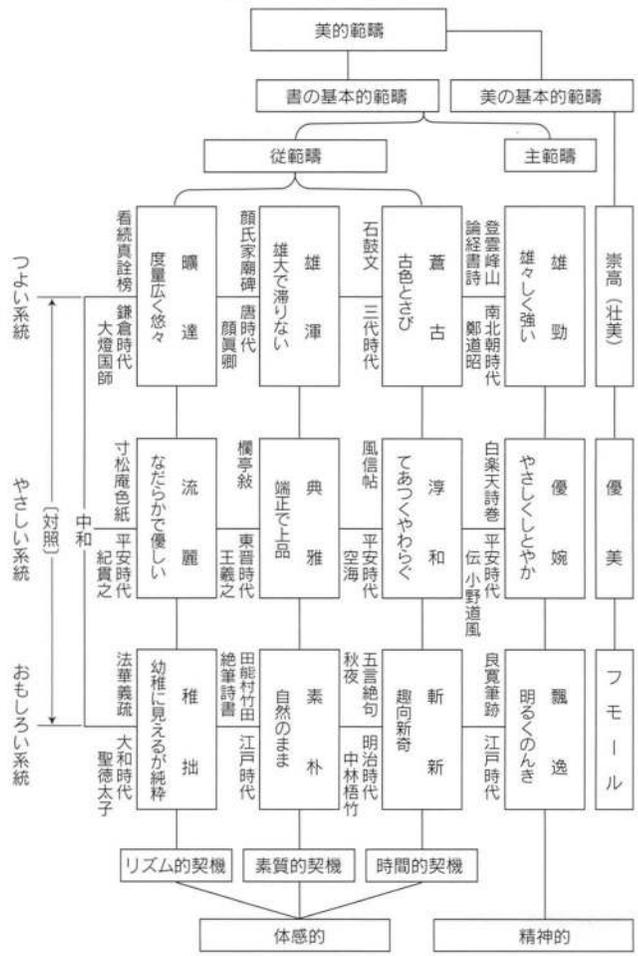


図1-2　書の世界にみる美の範疇

美の範疇

さて、「美」を語る上において一つ重要なことは、基本的に「美」は視覚を通じて感じられるということである。もちろん、聴覚により感じられるもの（例えば、美しい音楽）も「美」と呼ぶべきかどうか（「美」の範疇の定義にかかわる）という問題があり、必ずしも絶対的ではないが、多くの「美」は見なければ感じられない。そのことを、「美というものが、創造的なる表象性の所産にほかならない」とし、「美」の解釈の原則としている意見もあることを付け加えておく。さらに音に関しても、人は脳内のイメージにおいて「音」を空間化して認識しているという哲学的意見もある。

□

加えて、「美」という概念は一定の知性あるいは経験がなければ認知され得ないということに着目したい。「美」はそれを認識する側に、知性さらには経験を要求するのだ。何か美しいと感じる感覚は、個人、地域、年齢、性別、宗教、その他様々な違いにより異なる。それが、何よりも原初的な「美」の感覚よりも、人の成長とともに経験していく様々な事象に大きく影響されることを意味している。もちろん、きっかけとしての「美的」対象物は必要であり、知性や経験だけでは「美」を構成しない。

特に、建築という社会意識の影響を受ける存在であれば、ますますその影響は大きい。さらに、社会的意識としての「美」の感覚は、いかに多くの人が同じ「美」の意識を有するか（これは、個人の現に有する「美」の意識ではなく、おそらく漠然とした「美」意識の共有であると言えるのではないか）。

□

例えば、建築の形を構成する上で、幾何学形が利用されることも多い。これは、それを見る人がそれを理解しようとするために知性を働かせる、あるいは自分の経験として知識を取得するという意味において、「美」と認識される要素を有している。

「快」の組み合わせ

ここでは、仮に「美」の範疇を狭義の「美」として、人々に快を感じさせる「美」を建築設計を行う上での「美」の定義と考えてみる。人々が感じる「快」の感情は、通常「消極的な快適性：Comfort」と「積極的な快適性：Pleasantness」に分類される（図2）。

積極的快適性：Pleasantness
適度な刺激、プラスαの成長欲求、意識、動、非日常、不安定、非定常、短時間、気持ちがよい、「図」（知覚、認識される）、適度な生態的負荷

消極的快適性：Comfort
安全性や健康の維持、不快の除去、無意識、静、日常、安定、定常、長期間、具合がよい、「地」（知覚されない）、ストレスのない

図2　快適、感動：「美」の立場

この両者に優越性をつけるものではなく、両者を適度に組み合わせることで人々は「快」の感情を抱くと考えられる。

□

この両者を建築に当てはめるとき、私は「調和（消極的快適性）と刺激（積極的快適性）」と呼んでいる。これら両者を組み合わせることで、建築における「美」を構成していくことになるのではな

いかと考えている。

なお、日常的な空間を求める建築と、非日常的な空間を求める建築においては、当然ながら両者のウエイトは異なったものになっていくだろうし、そのウエイトは人によっても異なることになる。構造的な堅牢性や安定感（安心感）は、建築においての消極的快適性を創出するが、そのほかにも光や温湿度、色、音など消極的快適性を満足させる。一方で、積極的快適性を創出するのは、構造体の不安定感や空間の非日常性、意外性、そしてこうしたものを利用して知性を演出することではないのだろうかと感じられる。しかし、こうした快適性はやはり建築物に求められている。

なお、消極的快適性は基本的性能としての耐震安全性に関しての保証を意味しているのではなく、建築全体の形状（露出する構造部材のスケール等も考えられる）やイメージが醸し出す安心感がその前提となっていると考える。それは、建築を見た人が受ける感覚的安心感にほかならない。ただし、「美」やそれを構成する快適性は知性をもとに構成されることから、免震構造等のシステムを伝え聞くことにより安心感をイメージすることもある。

「歴史性を有した美」

横尾義貫氏は「力感論覚え書」において、『あらゆる形象はリアルな力感とイマジナリな力感を相伴う。例えば、ゴシックの寺院の、おびただしい石が屋根から壁、扶壁をへて、均衡を保ちつつ大地に伝わる感じはリアルであり、同時に昇天するような運動感を感じるのはイマジナリである』としている。その昇天するような感覚は、空間が生み出す原初的な感覚はもとより、そこに知識や知性が加えられることによりさらに増幅され得るのではないだろうか。

□

建築によってもたらされる知性は、個人が認知した段階ではあくまで個の嗜好性のレベルでしかない。それは、個人が「美」と認識したということであり、その後メディアに取り上げられるなどにより（あるいは、誰かの評価が添えられて）次の段階の「美」の認識の広がりを見せる。ここでは、アイデアの秀逸性や斬新さが取り上げられ一般化される（すなわち、本格的な知性として認められる）ことで、少なくともそのメディアに接している人々の間では、その「美」の感覚が広がりを見せ始める。この段階までを「知性の美」と呼ぶことにしよう。

これが、時代を経ることで少なくとも建築物の位置する地域において、人々の感覚の中に擦り込まれていくことで、始めて歴史性を有した「美」の立場を確保していくのではないかと思う。その歴史性が、一地域にとどまるのか、あるいは再びメディアによって広い範囲に認知されるのか（これは、対象が建築に携わる専門家ではなく、一般市民というレベルを夢想しているのだが）に違いはあるだろうが、「歴史性を有した美」を確保することになる。そして、建築に携わる人々は皆こうした形の「美」であることを望んでいるのではないだろうか。

歴史性を有するようになった建築は、街並みをそして地域を先導していくようになる。そして、建築が歴史性を有するためには、変動する社会を生き延びる設計をしなければならないのではないか。かつては、有力者の庇護（まだ今のところは、公共団体がこの役割を担っている）を受けることでこうした条件を満足してきた建築が、これからの時代においてどういった形で社会的庇護を受けて存続し続けるのか。

建築が刻む歴史性

さて、建築物は設計段階では一般的に耐久性に関してではあるが長期の使用（少なくとも50年程度）を予定していることも多い。建築が創出する「美」が、こうした期間存在し続けられるものであるのだろうか。それは、単なる美的問題だけではなく、社会的な存在としての建築を考える契機になるのかもしれない。たとえ、一時的にどれだけ美しいと評価されたとしても（「知性の美」の地位を獲得したとしても）、その建築が短期間で消え去っていくのであれば、その「美」は建築の有すべき「美」として必ずしもふさわしくないのではないか（消費されていく「美」という意味では大量消費製品と変わらないことになってしまう）。

□

そして、構造設計者として自分自身を振り返ってみる。自分がこれまでつくり出そうとしてきた構造設計者から見る「美」は、消極的快適性（安心感等）を上手く扱えているのであろうか。あるいは、積極的快適性を醸し出す「美」の中でも、あくまで「知性の美」の域から外に出ていないのではないか。さらには両者のバランス（調和と緊張）が妥当なものであろうか。こうした基準で建築を見直してみるということである。

設計する建築が獲得していく歴史性について、構造設計の立場からどれだけの配慮をすることができたのだろう。果たして、20年後に同じ驚きを持って（あるいは新たな驚きを持って）私自身がその建築物を見ることができるのだろうか。自分が提案した積極的快適性が、形を変えながらも幾分かでもその役割を維持していくことができるのか。

□

その答えは、必ずしも芳しいものではない、というのが正直な告白なのだ。これは、取り扱った設計において手を抜いてきたというものではない。ただ、私自身の配慮が必ずしもそこまで十分に行き届いていた訳ではないという自戒の念である。もちろん、すべての建築においてこうした目的を達せられるとは限らない。いや、本当はそれを実現できるのかどうかすらわからない。しかし、そうではあっても一つひとつのプロジェクトにおいて、自らがかかわっていく建築がどのような歴史性を刻んでいくかを、これまで以上にしっかりと見つめていくことが必要なのだろう。

そして、建築の行く末を可能な限り論理的な目で見つめていく行為が、設計の段階で少しでも進められることで、建築を巡るコラボレーションはより意味のあるものになっていくのではないかと考える。ただ、そのための手法は残念ながら体当たりで見つけ出していくしかないのだけれど。

□

公園の小さな造形物を計画しながら思わず想像を駆けめぐらせてしまったが、建築という存在の意味を考える上で、自分自身にとっては少し意義のある時間を過ごせたのかもしれない。

（おおうじ　まさし）

屋上緑化とヒートアイランド緩和効果

三輪　隆
㈱竹中工務店技術研究所主任研究員

2001年4月からの東京都による屋上緑化の義務化や、国や他の自治体による様々な屋上緑化推進策の導入などの行政の動きがきっかけとなり、屋上緑化が大きな注目を集めている。その際、屋上緑化の導入効果としてよくあげられるのが、ヒートアイランド現象の緩和である。ここでは、屋上緑化による屋外温熱環境の改善効果について述べる。

緑のヒートアイランド現象緩和のメカニズム

ヒートアイランド現象は、都市部の地表面の熱収支の変化によって生じており、その主な原因は、地表面被覆の変化と排熱の増大と都市構造の変化と考えられる。太陽からの放射のほとんどは、大気を直接温めることなく地表に到達し、その一部は地表面で反射されるが、多くは地表面で熱となって地表面の温度上昇に消費される。地表面の熱収支は、次式や図1で表すことができる。

純放射量($qs+qb$)=顕熱量(q_H)+潜熱量(q_l)+地中への伝導熱量(q_G)

qs：吸熱日射量、qb：有効長波放射量

一般にコンクリート面では日が当たると表面温度が上がって周辺の空気を暖める効果（顕熱効果）が大きく、一方で植栽面では、蒸発散により多量の熱を消費し周辺の空気の温度上昇を抑制する効果（潜熱効果）がある。そこで、市街地において緑地を大幅に増やしたいが、東京などの大都市では地上部でこれ以上の緑地を確保することは、物理的にも財政的にも限界となっている。ヒートアイランド現象を緩和するほどまとまって緑化できる空間は、もはや建物の屋上にしかなく、それゆえ屋上緑化が注目されているのだと言える。

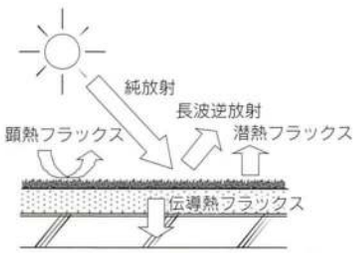


図1　屋上表面における熱収支

緑のヒートアイランド現象緩和効果の度合い

実測による都市間の気象の比較により、緑被率が10%上がると大気温が0.2～0.3℃下がることがわかっている。また、都市緑化技術開発機構による「東京23区内の全陸屋根（23区内の全面積に対する陸屋根率は7.5%）の20%を緑化した場合で最大0.33℃、50%を緑化した場合で最大0.84℃低下する」との試算例もある。一方で、環境省ヒートアイランド実態解析調査検討委員会のシミュレーションによると、建物排熱50%削減、自動車排熱50%削減、舗装面の50%に保水性舗装、建物屋上の50%緑化という対策を同時に実施した場合でも、結果として東京都心部の気温が最大で0.7℃低下するに過ぎないとの結果もある。

いずれにせよ、一口に屋上緑化といっても、土の種類、厚さ、土壌水分量、植物種、維持管理状態などによって、緑地の単位面積あたりの潜熱効果には大きなバラツキがあり、効果を定量的に評価できるだけのデータはまだ十分に整備されていないのである。

実測による効果評価の事例

福岡市のアクロス福岡のステップガーデン（図2）を対象として、実測・評価を実施した。

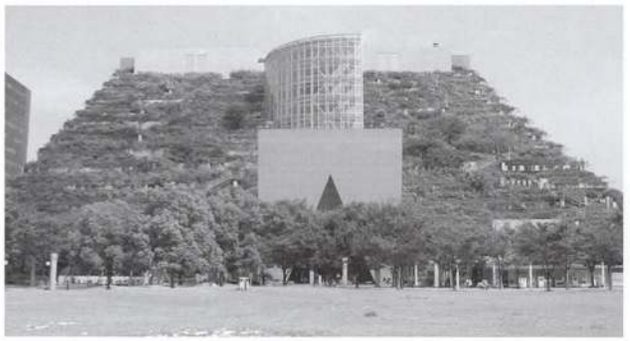


図2　建物外観

赤外放射計で建物南面のコンクリートと植栽の緑の表面温度を計測したところ、日中には表面温度が50℃以上まで上がったが、緑の表面では38℃と15℃以上も低かった。また、植栽の表面は夕方以降に急激な温度低下が見られ、5日間の計測を通じて気温と同等か気温より低い状態であった（図3、4）。

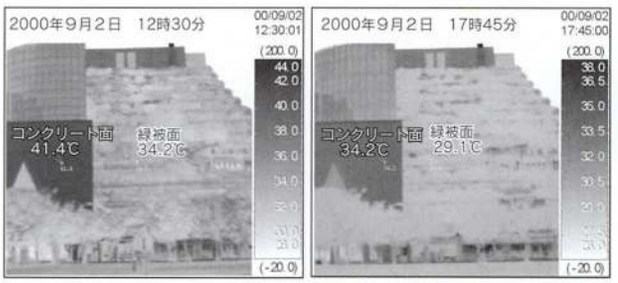


図3　表面温度の可視化

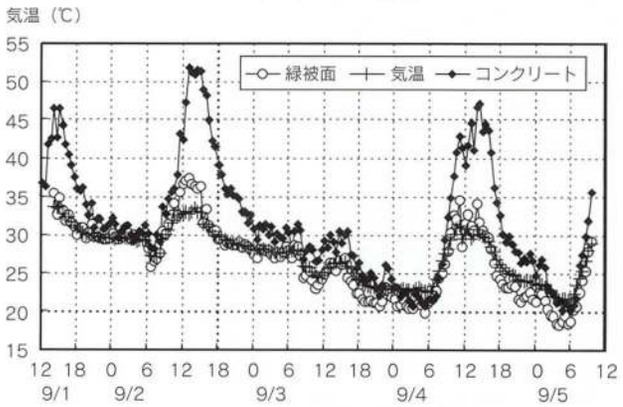


図4　気温、表面温度の推移

本実測結果から、屋上緑化が周辺の暑熱環境緩和効果を有することが確認された。ただし、ヒートアイランド対策は、屋上緑化に限定されるものではなく、建物関連だけでも、既存の省エネ手法、高反射率塗装、クールルーフなどの代替手法は多様にあり、それらを適切に組み合わせて実施されるべきである。定量的効果データの整備が必要とされる所以である。

なお、旧来都市空間への緑の導入が進められてきたのは、なによりアメニティなどの人間の生理や精神にかかわる効用があるからである。ヒートアイランド対策としての緑化の費用対効果を理由に、屋上緑化の推進に疑問を呈する向きもあるが、屋上緑化の評価は多様な価値軸をもってすべきことを銘記しておきたい。

（みわ　たかし）

研究最前線を追う

21 自己構築する生体超分子ナノマシン

プロトニックナノマシングループ
大阪大学大学院生命機能研究科

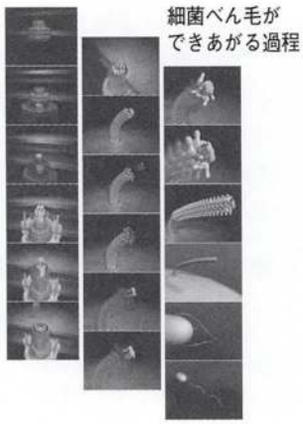
半導体微細加工技術は、情報通信処理デバイスの高集積化と高機能化によって、世界中の人たちと瞬時に大量の情報交換と処理を可能にする。CPUやメモリーをより小さく高速で低消費エネルギーにと研究開発が進められ、すでに100nm以下の加工でLSIチップに数千万個のトランジスターを集積できる。そしてさらなる構造微細化のため、今までのトップダウン型ナノ加工技術に対して、分子や超微粒子の自己組織化を利用したボトムアップ型加工技術開発も同時に進められている。しかし実は自然界に、自己組織化という現象を最大限に活用して作られた超高機能の極限ナノ構造が存在する。生体超分子ナノマシンである。生命機能を支える蛋白質などの生体分子が集合したもので、これがわれわれの研究対象である。

1次元情報から立体構造への自己組織化

細菌で数千万、ヒトで30億のゲノムDNA塩基配列の中に、それぞれ千数百から数万個の遺伝子がコードされ、転写・翻訳によってアミノ酸配列に変換され1本鎖の高分子「ペプチド」になると、自発的に折り畳まって配列に依存した特定の立体構造を形成し、分子機械として動作する。その大きさは10nm程度で、個々の原子を機能部品として設計されており、まさにナノマシンである。数千個以上の構成原子によって形成される複雑な立体構造であるのに、その自己組織化能力は精度も再現性も非常に高い。構成原子の立体配置精度は0.01nmを超え、10の10乗分子に一つの間違いもない。できあがったナノマシンは相互作用する相手を正確に認識し、複合体を形成して信号やエネルギーのやりとりをする。これが超分子ナノマシンである。1次元の情報が複雑な3次元構造を大量に高精度で生み出すところに、生物の高機能の秘密がある。現在の工学技術にはまねのできないこの巧妙な仕組みを学んで役立てるのが、バイオナノテクノロジーである。

細菌べん毛という超分子ナノマシン

細菌べん毛は運動器官で、回転子と固定子からなる直径30nmほどのモーターが細胞膜を貫通し、直径20nm、長さ十数μのらせん繊維型スクリューを20,000rpm以上の速度で回転させる。数本のスクリューが束になり、その同期回転が推進力を発生する。モーターの出力および消費エネルギーはほぼ等しくて10^{-16}W程度。つまり100%近くの変換効率で極微小エネルギーを変換する。トルク発生のエネルギー源はモーター固定子を流れるプロトンで、そのプロトン電流が熱ノイズ程度に小さくてもモーターは滑らかに回転する。摩耗せず摩擦もほとんどない軸受けが高速回転を支え、フックと呼ばれる長さ55nmほどのユニバーサルジョイントがモーターとスクリューを繋ぎ、べん毛繊維が束になっても、ほぐれても、常にしっかりとトルクを伝える。らせん型スクリューはモーターの急反転により、その左巻きらせんを一時的に右巻きに変換し、束を素早くほぐして菌体を方向変換させる。より良い環境を探し求めるためであるが、それぞれの仕組みに原子レベルの高精度スイッチが使われている。



細菌べん毛ができあがる過程

べん毛の自己構築

べん毛は20数種類もの異なる蛋白質、それぞれ数個から数万個で構成されている。その構築は細胞膜を貫通する回転子部分から始まり、それを基盤にしてまず細胞内の構造を、その後は外へ外へと構築が進み、細胞外へ伸長する。べん毛軸構成蛋白質はモーターの細胞内側に結合した蛋白質輸送装置で選別され、べん毛軸に沿った直径2～3nmのチャネルに送り込まれ、べん毛の先端まで運ばれて先端で構造に組み込まれる。

べん毛構築の基本は各蛋白質の自己組織化能力と自己集合能力。つまり各部を構成する蛋白質が構築中のべん毛先端に到達すると、細い輸送チャネルを通過するためにほどけた構造が立体構造を形成し、組み込まれるべき場所を認識して順序よく自発的に構造を組み上げていく。べん毛先端には五角形の天板と5本足を持つキャップが結合し、足をしなやかに動かしながら天板を回転してらせん階段を上りつつ運ばれてきたべん毛蛋白質を捕らえて組み込みを助ける。

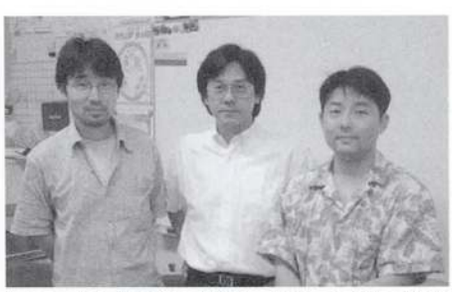
ナノデバイス設計のお手本

われわれの身体も隅々まで、生命機能を支える仕組みは同じようにして作られる。超高機能ナノ構造設計のお手本が私たちの体の中にあり、しかも現在の工学技術では実現できない高機能性を実現している。ほっておく手はない。われわれの研究テーマは、X線構造解析技術や極低温電子顕微鏡法を開発し、超分子立体構造を詳細に調べ、その働く仕組みを明らかにすることである。そしてナノテクのお手本にしようというのである。特に注目すべきは、量産技術が確立していること。個々の原子を部品として組み立てるナノデバイスでは量産化技術の確立がもっとも高いハードルだが、生体分子ナノマシンでは、DNAの塩基配列を編集するだけで様々なナノマシンを量産できる。将来の人工ナノマシン設計にとってすばらしいお手本になる。

●研究室のひととき

十年以上お世話になった、けいはんな学研都市の松下電器先端技研とけいはんなプラザの研究室から、来年2月に完成する生命機能研究科ナノバイオ棟に、十数人の研究員、大学院生ともども引っ越しの予定。研究科のめざす異分野融合研究の進展が楽しみです。

連絡先
京都府相楽郡精華町光台3-4 松下先端技研内
TEL：0774-98-2543 http://www.npn.jst.go.jp
http://www.fbs.osaka-u.ac.jp/jp/seminar/09a.html



左から、米倉功治助手、難波啓一教授、今田勝巳助教授

●研究スタッフ

難波啓一／1952年生まれ。工学博士
• 専門分野／生物物理学・構造生物学
• 研究テーマ／X線・電子線・光学ナノ計測による生体超分子の構造機能解析
今田勝巳／1964年生まれ
• 専門分野／生物物理学・構造生物学
• 研究テーマ／X線結晶解析法による生体超分子の構造機能解析
米倉功治／1969年生まれ
• 専門分野／生物物理学・構造生物学
• 研究テーマ／極低温電子顕微鏡法による生体超分子の構造機能解析

やさしいケンチク数学ばなし

—その10— 作家・織田作之助の平均点

山田 修
修 建築事務所

織田作之助（1913～1947）は、「夫婦善哉（みょうとぜんざい）」「五代友厚」「土曜夫人」等の作品を著した大阪出身の作家である。彼の高津中学校5年生の平均点について語ろう。

図1は、大谷晃一著『織田作之助　生き、愛し、書いた：沖積舎、平成10年発行』により、筆者が勝手に作成した。

当本によると、彼の成績は「中の上」だった。平均点72は、生徒188名中の84番である。この成績で高津中学から2名が三高（現京大）に合格。「織田合格」の知らせに学校をあげて驚いた、と記している。

彼は、漢文では100点をとっていたし、数学は京都の数学研究社から通信教育を受け、英語は英語通信社の添削を一人で受けていた。以上の記事により「80点をこえていた」を92点とした。60点代の三教科は、筆者が平均点72点に近づけるべく70点とした。

教練40点は「作之助は教練を徹底的にさぼった」より当然だろう。が、筆者は当記述を見て感動した。作之助の面目躍如たるものを感じたから……。

以上の平均点の出し方は、いずれも相加平均である。昭和10年代の平均点の出し方としては妥当と思う。一番簡単で、誰にでも理解されるからだ。

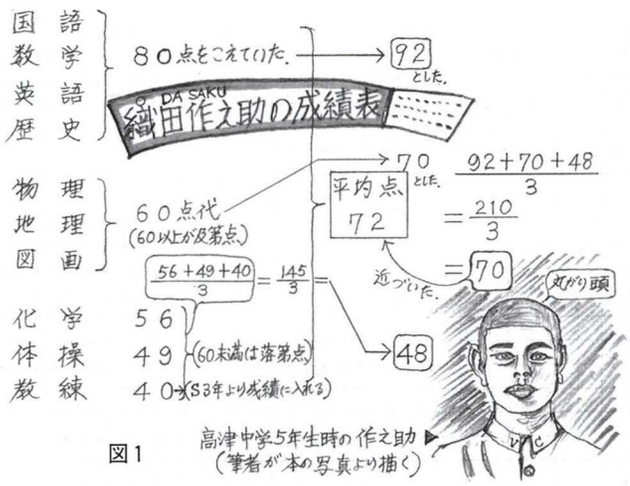


図1

彼の成績を使って、三種類の平均を比べた実例が表1である。⑧の総評は、数学の専門家から見れば的を射てない、と思う。筆者の独断と偏見によった。お許しをこう次第。

[注] 相加平均は、偏差値（個人の測定値が集団の中央値を基準にして、どの程度上下に偏しているかを単位として示す）を配慮しないと、的確な判断はできない。表1は、偏差値を考えていない。

種類 / 要項	相加平均	相乗平均	調和平均
① 定義（$a_1\ a_2 \cdots a_n$の場合）	n個の数の総和をnで割った値 $\frac{a_1+a_2\cdots+a_n}{n}$	n個の数の積をn乗根した値 $\sqrt[n]{a_1\cdot a_2\cdots a_n}$	n個の数があるとき，それぞれの逆数の総和をnで割った数の逆数（H） $\frac{1}{H}=\frac{\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\cdots+\frac{1}{a_n}}{n}$
② aとb（2個）の場合の公式	$\frac{a+b}{2}$ （算術平均）	$\sqrt{ab}$ （幾何平均）	$H=\frac{2}{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}}$
③ 一言表現	スコップで凹凸な地面を平らにならす感じ。	物価上昇率・人口増加率などを数年間にわたって追跡する。	ある区間の往復速度や工場の生産率・能率を求める。
実例1 ④ a=92, b=48の場合	$\frac{92+48}{2}=\frac{140}{2}$ $=70$	$\sqrt{92\times48}=\sqrt{4,416}$ $\fallingdotseq 66$	$\frac{2}{\frac{1}{92}+\frac{1}{48}}=\frac{2}{\frac{12+23}{1,104}}$ $=\frac{2}{\frac{35}{1,104}}=2\times\frac{1,104}{35}\fallingdotseq 63$
実例2 ⑤ a=92, b=70, c=48の場合	$\frac{92+70+48}{3}=\frac{210}{3}$ $=70$	$\sqrt[3]{92\times70\times48}$ $=\sqrt[3]{309,120}$ $\fallingdotseq 68$	$\frac{3}{\frac{1}{92}+\frac{1}{70}+\frac{1}{48}}$ $=\frac{3}{\frac{420+552+805}{38,640}}=3\times\frac{38,640}{1,777}\fallingdotseq 65$
実例3 ⑥ a=92, b=0の場合	$\frac{92+0}{2}$ $=46$	$\sqrt{92\times0}=\sqrt{0}$ $=0$	$\frac{2}{\frac{1}{92}+\frac{1}{0}}$ =不能（分母に0があると式は不能になる。）
⑦ 実例による大きさの比較	大 ≧ 中 ≧ 小 （=のときは，a=b=cのときに限る）		
⑧ 総評	モノゴトをならして考えるとき，概数であるが，シロウトと納得させる目安値である。誰でもが筆算で求められる。だから，実用的に広く通用してきた。	お互いが影響しあって，自己主張の強い平均値である。0点の存在する場合は，厳しい点数になる。n乗根の開平は筆算ではできない。	調和数列を思い出させる平均値である，ことばほど調和はとれていない。③以外は，実用的な値とはいいがたい。

表1

秋季企画展・ヴォーリズがのこした建築図面

大阪芸術大学には、ウィリアム・メレル・ヴォーリズ（1880〜1964）がのこした膨大な建築図面が保管されている。この中から図面約60点を選び、西洋式の建築を日本の風土に合わせて新しい生活を提案したヴォーリズの業績を紹介する。シンポジウムも、ともに入場無料。

■「洋風」の原点　ヴォーリズがのこした建築図面

会　期　2003年10月1日（水）〜10月25日（土）
10：00〜16：30　休館日10／15、10／19

場　所　大阪芸術大学展示ホール（芸術情報センター1階）　TEL 0721-93-3781
大阪府南河内郡河南町東山

出　品　大丸大阪心斎橋店、日本基督教団大阪教会、ウイルミナ女学院（現・大阪女学院）、プール学院、近江ミッション住宅、駒井家住宅、関西学院、神戸女学院、梨花女子大学校など

■シンポジウム「ヴォーリズの人と建築」（申込不要）

日　時　2003年10月25日（土）15：00〜17：00

会　場　AVホール（芸術情報センター・地下1階）

出席者　藤森照信（東京大学教授）
芹野与幸（一粒社ヴォーリズ建築事務所）
狩野忠正（大阪芸術大学教授）
山形政昭（大阪芸術大学教授）ー司会ー

兵庫県「歴史的建築物シンポジウム」参加者募集

兵庫県公館の築百周年記念イベントの一環として、公館を設計した山口半六など近代の建築家の活躍を紹介し、歴史的建築物の果たした役割を探るとともに、魅力あるまちづくりに向けた歴史的建築物の保存やその活用の意義について、シンポジウムを開催する。

日　時　2003年10月21日（火）13時30分〜

場　所　兵庫県公館　1階大会議室
神戸市中央区下山手通5丁目

●第1部　基調講演
「明治、大正の建築と建築家たち〜山口半六の軌跡を踏まえ〜」藤森照信（東京大学教授）

●第2部　パネルディスカッション
「歴史的建築物の保存とまちづくり」
パネリスト：石田潤一郎（京都工芸繊維大学）、武田則明（神戸山手大学）、野崎瑠美（(株)遊空間工房）

申し込み　必要事項を記入のうえ郵送かファックスまたはEメールで10月15日（水）までに下記あてに（先着300名）。参加申込書の配布場所やその他詳細についても下記まで。
兵庫県県土整備部　課長（都市政策担当）
まちづくり政策担当
〒650-8567　神戸市中央区下山手通5-10-1
TEL 078-341-7711　FAX 078-362-9487
Eメール：kendo_toshi@pref.hyogo.jp

出版記念シンポジウム「建築運動とデザイン思潮」

機関誌「建築とまちづくり」に連載された本多昭一氏の「建築運動史」が、この夏単行本『近代日本建築運動史』（ドメス出版）として刊行された。
新建築家技術者集団東京、千葉、埼玉、神奈川の4支部は、シンポジウムと出版を祝う会を開催する。

日　時　2003年10月18日（土）11：00〜16：00

会　場　東京　文京シビックセンター26階スカイホール
地下鉄大江戸線春日駅下車すぐ

テーマ　「建築運動とデザイン思潮」

出席者　本多昭一（福井大学教授）
藤森昭信（東京大学教授）
松隈　洋（京都工芸繊維大学助教授）
林　　工（新建東京支部）ー司会ー

参加費　5000円（シンポジウムのみの参加は2500円）

定　員　110名

申込み　FAXかe-mailで、新建築家技術者集団東京支部（FAX 03-5351-2140、e-mail：shinken-tokyo@group.email.ne.jp）へ。

浮世絵アヴァンギャルドと現代〜東京ステーションギャラリー〜

歌麿、北斎、広重、国芳などの浮世絵に見られる、現代に通じる斬新な構図、遊び絵や奇怪画、彫りと摺りの技術に粋によって可能になった斬新な図など、絵師たちの楽しい世界を東京ステーションギャラリーで紹介する。
一方で、現代の人気アーティスト奈良美智の、浮世絵をモティーフにしながらもユニークで斬新な表現を加えた「UKIYO」シリーズなどの作品が紹介される。

会期　2003年9月27日（土）〜11月9日（日）
平日10：00〜19：00／土日祝10：00〜18：00
月曜日休館
（ただし10／13、11／3は開館）

会場　東京ステーションギャラリー
JR東京駅・丸の内中央口下車・赤煉瓦駅舎内

入場　一般800円
大高生600円
中小生400円



一楽亭栄水
《美人五節句　扇屋内さかき　わかは》
神奈川県立歴史博物館

歩いて巡る大阪近代建築

日　時　2003年10月22日（水）9：45〜17：00

セミナ　講師／柴田正己（明治建築研究会代表）
会場／ヴィアーレ大阪2階・安土の間

見学先　綿業会館（渡辺節）→ガスビル（安井武雄）→船場ビル（村上建築事務所）→大阪市中央公会堂（岡田信一郎）→日本銀行大阪支店（辰野金吾）

定　員　50名（抽選）

問い合わせは、(社)インテリア産業協会関西支部事務局（TEL 06-4704-2160、FAX 06-4704-2161）へ。

からほりまちアート開催

戦災を免れて今も昔ながらのまち並みが残されている大阪・空堀商店街界隈で、第3回「からほりまちアート」が繰り広げられる。
いろんな所にアーティストの作品を展示し、作品とともに空堀のまち並みを見て楽しんでもらおうというもの。
落語会、バリ古典舞踊、ライブペイント、ジャズ・ライブなどが催され、フォトコンテストも行われる。

日時　2003年10月25日（土）26日（日）
10：00〜16：00

場所　大阪市中央区空堀界隈（最寄りの駅は大阪市営地下鉄松屋町か谷町6丁目）

京都CDLでビデオ映像募集

京都CDLでは京都市内を口ケ地としたビデオコンテストを開催する。映像はストーリーもの、ドキュメント、独自開発の風景描写法、名所案内等々自由。

応募資格　中学生以上、個人・グループ問わず、京都在住者以外の応募も可

提　出　①10分以内にまとめたビデオ作品をDVD、VHSのいずれかにまとめたもの
②400字以内の作品主旨と撮影場所の明記、裏面には住所・氏名・年齢・電話番号・学校名／勤務先を記入

作品締切　2003年10月31日（必着）

審査委員　広原盛明（龍谷大学教授）、布野修司（京都大学教授）、リムボン（立命館大学教授）、髙田光雄（京都大学教授）、渡辺豊和（京都造形芸術大学教授）、竹山聖（京都大学助教授）、古阪秀三（京都大学助教授）、井上えり子（京都女子大学助教授）ほか

賞　金　金賞1点30万円、銀賞1点10万円ほか

提出先　京都CDL事務局（〒606-8501京都市左京区吉田本町　京都大学工学部建築系教室布野研究室内　TEL・FAX 075-753-5776　URL http://www.kyoto-cdl.com）

■上映会ー全作品上映のあと審査委員による公開審査ー

会　場　キャンパスプラザ京都　5階　第1講義室
JR京都駅ビル駐車場西側

日　時　2003年11月16日（日）14：00〜

月間の動き

【平成15年 8 月分】

正・副会長会議

第６回正・副会長会議
８月19日（火）15:00～17:00
出席者　佐野会長ほか７名
議　事　今後の協会運営について

編集委員会

第５回編集委員会
８月６日（水）18:00～19:45
出席者　設楽委員長ほか５名
議　事（１）９月号「建築とノスタルジー」特集経過報告
（２）10月号「力と楽しくつき合う方法」特集経過報告
（３）11月号「会員作品」特集経過報告
（４）12月号「青年技術者」第50回記念企画経過報告
（５）作品作風、広告企画、シリーズ頁等の報告と検討
（６）収支状況報告
第６回構造分科会
８月１日（金）18:00～20:30
出席者　田渕幹事ほか３名
議　事（１）10月号「力と楽しくつき合う方法」特集の企画
（２）「構造の頁」の企画
第５回法令分科会
８月６日（水）14:00～15:45
出席者　鶴田幹事ほか２名
議　事　「法令コーナー」の企画
第５回広告企画小委員会
８月６日（水）17:00～18:10
出席者　設楽・渡邉正副委員長ほか３名
議　事（１）平成15年９月号～12月号特集経過報告
（２）平成15年度独自特集、広告企画小委員会特集企画
（３）収支状況報告
広告企画小委員会「都市緑化」特集企画会議（コア会議）
８月28日（木）17:00～18:00
出席者　渡邉副委員長ほか４名
議　事　平成16年２月号特集「都市緑化」の企画
第２回施工材料分科会
８月28日（木）17:00～18:00
出席者　平野幹事ほか６名
議　事　テーマの検討
第５回作品作風小委員会
８月28日（木）19:00～20:30
出席者　倉渕副委員長ほか７名
議　事　（１）作品の選定
（２）作品の掲載状況並びに掲載予定の報告
（３）「gallery」掲載報告・予定

事業委員会

「（仮称）近代建築を学ぶ会」第１回準備委員会
８月19日（火）12:30～14:00
出席者　佐野会長ほか３名
議　事　「新企画」の計画について

出版委員会

第６回建築教育小委員会（仮称）
８月７日（木）17:30～19:00
出席者　安達主査ほか５名
議　事　「建築設計教育の変化」について

教育委員会

第２回講習会小委員会
８月20日（水）18:00～19:00
出席者　片倉・藤井正副委員長ほか４名
議　事　本年度建築工事実務講習会の開催について

建材委員会

第３回建材委員会
８月20日（水）16：00～17：30
出席者　和田委員長ほか７名
議　事（１）今後の検討建材
（２）今後の工場見学会予定

入会者(敬称略)

〔団体会員〕
㈱見取コンサルタント

information

日本図書館協会建築賞－19回受賞作と20回作品募集－

㈳日本図書館協会は、図書館建築の水準向上を意図して設けている「日本図書館協会建築賞」の今年の受賞作２点と、来年の応募要項を発表した。



茨城県立図書館　©篠沢建築写真事務所



千葉市中央図書館　©アーバンアーツ

■第19回「日本図書館協会建築賞」受賞館
・茨城県立図書館（議事堂を転用改修）
設計／茨城県土木部営繕課、日建設計東京
図書館コンサルタント／高山正也、植松貞夫
開館／2001年３月24日
・千葉市中央図書館
設計／アイ・エヌ・エー新建築研究所
図書館コンサルタント／栗原嘉一郎
開館／2001年４月１日

■第20回「日本図書館協会建築賞」応募要項
資　格　応募者は図書館または設計者等のいずれか。
対　象　図書館資料を有し、組織的な図書館サービス、情報提供サービスを行っている図書館、機関等に付属する図書館（室）、資料室で、2003年３月31日以前に開館したもの。
応　募　日本図書館協会所定の応募申込書＋選考資料＋応募料（１作品につき50,000円）を2003年11月30日までに下記へ提出する。
㈳日本図書館協会施設委員会
〒104-0033　東京都中央区新川1-11-14
TEL 03-3523-0811
応募詳細は、上記提出先へ問い合わせられたい。

ジェームズ　ダイソン展

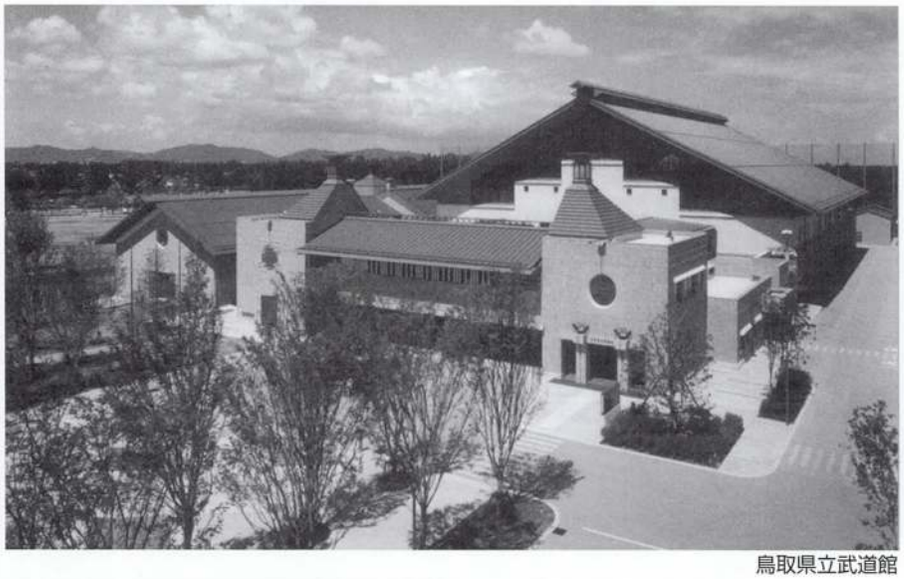
大阪デザイン振興プラザでは、英国家電メーカーのダイソン社会長であり、ロンドン・デザインミュージアム館長であるジェームズ　ダイソン（プロダクトデザイナー）の展覧会を開催する。入場無料。

■生活家電に革命をもたらした独創的デザイン
ジェームズ　ダイソン展
会期　2003年10月10日（金）～19日（日）
10：00～18：00　会期中無休
会場　ATC・ITM棟10階　デザインギャラリー
大阪市住之江区南港北2-1-10
TEL 06-6615-5510
展示　・ジェームズ　ダイソンの、日常的に使用している製品への疑問からスタートし革新的プロダクトを生み出したそのデザインプロセスを紹介
・ダイソン社のデュアルサイクロンテクノロジー搭載掃除機DCO1、より高い吸引力を追求し今年３月に発売したDCO8などを体感するコーナーと日本未発売製品の展示
・NHK「未来への教室ー発明家ジェームズ　ダイソン」の放映

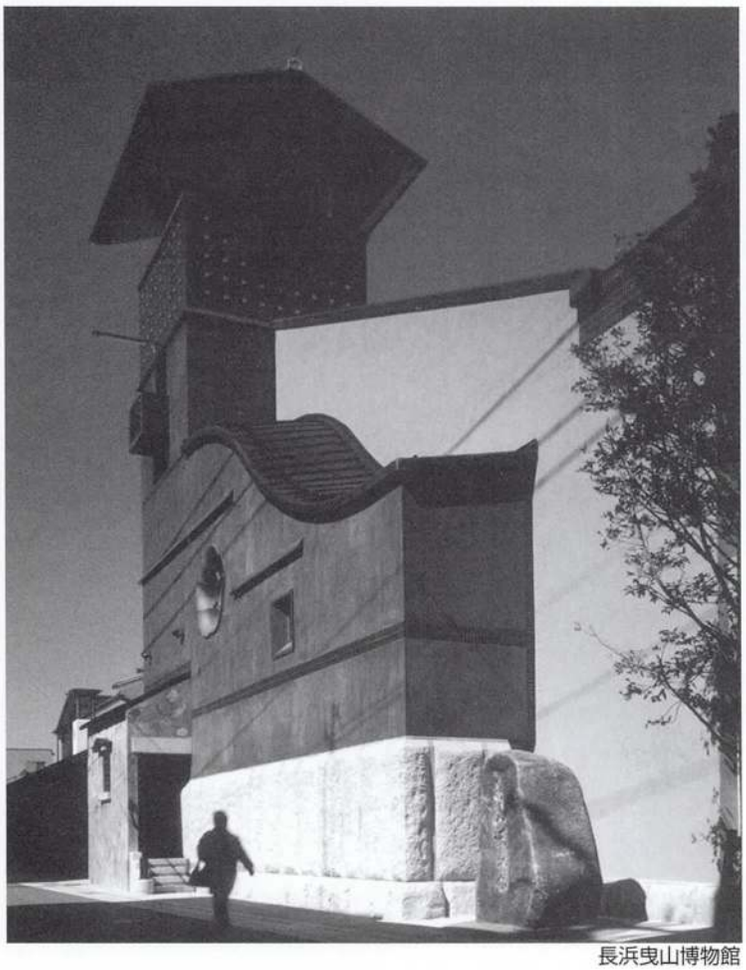

西鉄グランドホテル増改築


神戸市だいち小学校


中国学園大学


鳥取県立武道館


大阪市浪速消防署

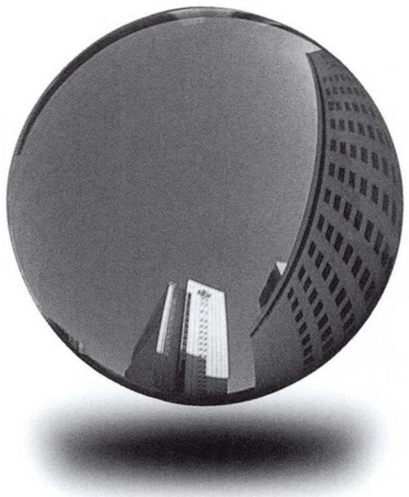

長浜曳山博物館

環境を守り育てることを天職とし、
自己主張の前になすべきことをきっちりとやり、
つねに新しい何かを追い求め、
建築主のよろこびをわが人生の喜びに重ね合わせる。
その結果 ――
「確かな日本の未来づくり」を、志ある人々と共に
進めることの出来る事務所〈設計集団〉でありたい。

URBAN DESIGN
& ARCHITECTURE
FOR BEAUTIFUL
ENVIRONMENT
URABESEKKEI
株式会社 浦辺設計

〒530-0001 大阪市北区梅田1-12-39 新阪急ビル11階
TEL 06-6341-1680 http://homepage1.nifty.com/URABE/

より快適な暮らしの環境づくりに奉仕する



■営業種目

- ●電気設備・設計施工
- ●空気調和設備・設計施工
- ●給排水衛生設備・設計施工
- ●防災設備・設計施工
- ●情報通信光ケーブル敷設・設計施工
- ●機械式立体駐車場設備・設計施工
- ●太陽光発電設備・設計施工
- ●鉄道設備・設計施工

近畿工業株式会社

本　社　〒540-0012　大阪市中央区谷町２－９－３ 近鉄大手前ビル　電話(06)6943-4970
支　店　東京・名古屋
営業所　埼玉・志摩・三重・京都・奈良・神戸・広島・福岡



間仕切りの総合メーカー

小松ウォール

今だからこそ欲しい、木の暖かさ・・・

F25new

オーダーメイドの木製システム家具

地球にやさしい

F☆☆☆☆規格



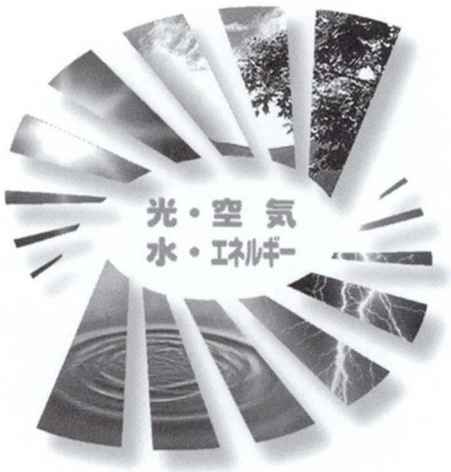
小松ウォール工業株式会社

本　　社／石川県小松市工業団地１丁目72番地　☎(0761)21-3131(代)
東京市場開発部／東京都千代田区一番町13-3　☎(03)3263-2771(代)
大阪市場開発部／大阪府大阪市中央区西心斎橋1-1-13　☎(06)6241-8416(代)
URL　http://www.komatsuwall.co.jp/

お届けするのは…

全事業所、全営業品目で認証取得
ISO9001:JQA-2779
ISO14001:JQA-EM1391

最適な



です。

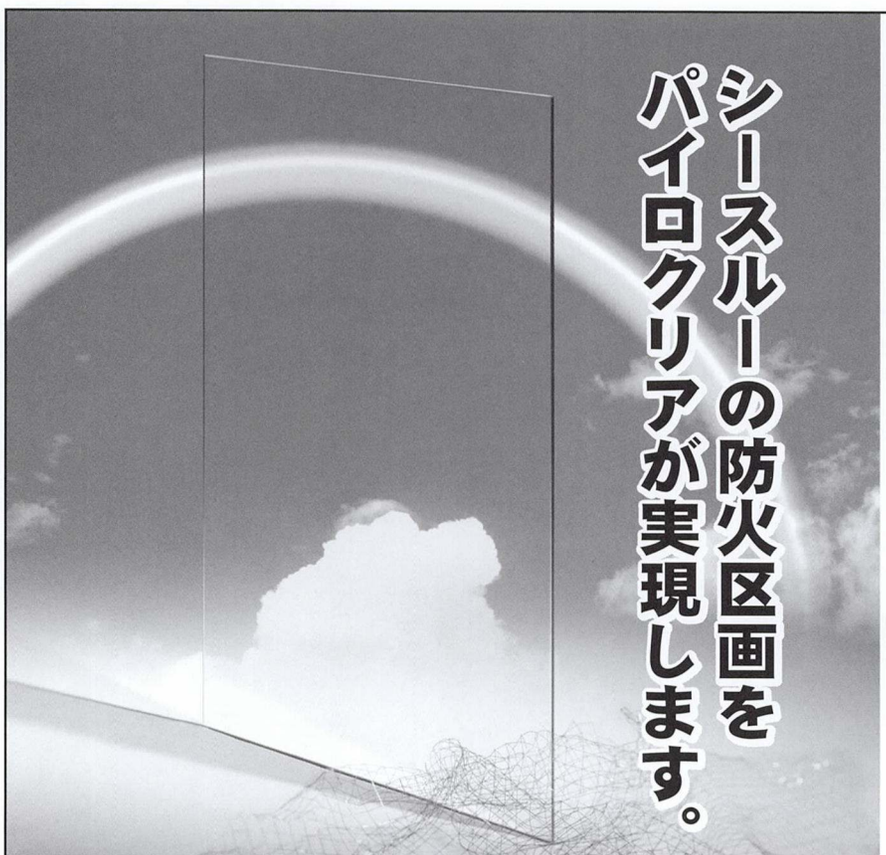
SEAMEC
Sanpo Electrical And Mechanical Engineering Corporation

三宝電機株式会社 http://www.seamec.co.jp

各種工場・ビル施設等の総合設備 企画・設計・施工・メンテナンス
電気設備、計装・制御設備、空調・衛生設備、クリーンルーム設備

最適環境空間を最新の技術でお届けします

■ 本社 530-0047 大阪市北区西天満2丁目6番8号 TEL 06(6364)1471(大代表)
■ 大阪支社 ■東京支社 ■名古屋支店 ■神戸支店 ■堺技術研究所 ■つくばテクニカルセンター



シースルーの防火区画を
パイロクリアが実現します。

⊙日本板硝子

透明感と超強度の安全性をもち合わせた
パイロクリア。
網がないので視界の美しさはもちろん、万一の災害時にも避難がスムーズ。
これからの建築には欠かせないワイヤレス防火ガラスです。

フロート板ガラスの透明感と
超高強度のワイヤレス防火ガラス

パイロクリア®

■パイロクリア 特定防火設備(旧 甲種防火戸)用
国交大臣認定 EA-9117等
FIX見付最大寸法:8ミリタイプ H3060×W2000mm
■パイロクリア 防火設備(旧 乙種防火戸通則認定)用
国交大臣認定 EB-9101等
FIX見付最大寸法:8ミリタイプ 3000×2000mm
2500×2400mm
6.5ミリタイプ 2400×2000mm



⊙日本板硝子株式会社 http://www.nsg.co.jp/arg/
札幌／011-377-2860 仙台／022-359-8665 東京／03-5443-0132 名古屋／052-962-7089 大阪／06-6222-7534 広島／082-263-3571 福岡／092-451-5594

FUJITEC

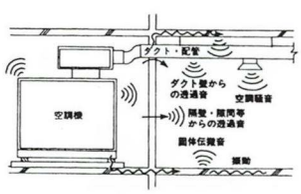


快適空間を創造する、エレベータ・エスカレータ

フジテック株式会社 http://www.fujitec.co.jp

■東京支社/〒141-8562 東京都品川区大崎1丁目11-2（ゲートシティ大崎） TEL(03)5740-6002
■大阪支社/〒556-0011 大阪市浪速区難波中2丁目10-70（パークスタワー） TEL(06)6636-5900
北海道(011)281-1070/東 北(022)222-0271/北関東(048)645-0480/東関東(043)224-2271/横 浜(045)314-5231/名古屋(052)261-6851
北 陸(076)261-5108/京 都(075)231-7144/神 戸(078)391-4795/広 島(082)223-6733/四 国(087)831-0015/九 州(092)281-0045

((プロのノウハウ))



建築と音のトラブル

第一線の
技術研究者が
わかりやすく
鋭く解説

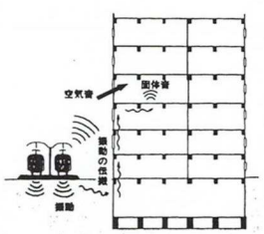


企画・日本建築協会

田野正典、中川清、縄岡好人、平松友孝著
（鹿島建設） （清水建設） （大林組） （大成建設）

四六・224頁（2色刷）・2300円＋税 ISBN 4-7615-2197-X

生活騒音、建物の構造や配置プランによる騒音、設備機器からの騒音振動、配管の伝搬経路の騒音など、建物に関わる様々な音のトラブルの解決方法をゼネコンの第一線の技術研究者が解説。約50の重要事例について具体的な内容→原因→対策→解説→ヒントとして整理し、建築設計や施工監理の実務担当者に役立つよう構成した。



学芸出版社

京都市下京区木津屋橋通
西洞院東入 〒600-8216
tel 075-343-0811
fax 075-343-0810

空調・衛生・クリーンルーム設備
（設計・施工）

朝日工業社

本社・本店　東京都港区浜松町1-25-7　電話03(3432)5711
大阪支社　大阪市淀川区加島1-58-59　電話06(6302)2270
支　　店　北海道/東北/北関東/横浜/名古屋/中国/九州

空気調和　搬送機設備
給排水衛生　設計施工
人に優しい環境づくり

第一工業株式会社

大阪支店　〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目6番14号
電話 06-6364-6661（代表）
本　　社　〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目3番1号
電話 03-3311-8511（代表）

電気・空調・衛生・防災・産業廃水設備
設　計　施　工

ダイダン株式会社

本店・大阪本社　〒550 0002 大阪市西区江戸堀1丁目9番25号　電話(06)6441 8231
東京本社　〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目15番10号　電話(03)3261-8231
支　　社　名古屋・福岡
支　　店　札幌・仙台・新潟・大宮・千葉・横浜・金沢・京都・神戸・天理・岡山・広島・高松・熊本
営業所　帯広・函館・青森・秋田・盛岡・前橋・長野・静岡・豊田・津・富山・福井・徳山・松山・高知・北九州・鹿児島・那覇
出張所　旭川・福島・川崎・松江・徳島・下関・長崎・大分・宮崎
海外支店　シンガポール・ホンコン
技術研究所　〒354-0044 埼玉県入間郡三芳町大字北永井390番地　電話(0492)58 1511

より快適な水環境をめざして
給排水衛生設備，冷暖房設備，消火設備の設計，施工

株式会社 西原衛生工業所 大阪本店

大阪本店　〒531-0071 大阪市北区中津六丁目8番4号
TEL 06-6458-3628（代表）
本　　社　〒108-0023 東京都港区芝浦三丁目6番18号
TEL 03-3452-7441（代）
支　　店　札幌・東北・新潟・東関東・横浜・名古屋・九州

空気調和設備　産業設備
給排水設備　水処理施設
電気設備　環境施設

三機工業株式会社

取締役社長　宅　清光
常務取締役関西支店長　本木　満

関西支店　大阪市淀川区宮原3-4-30 ニッセイ新大阪ビル　電話 06(6350)8100
本　　社　東京都千代田区有楽町1－4－1　電話 03(3502)6103
支　　店　北海道・東北・関東・千葉・横浜・北陸・名古屋・京都・神戸・四国・中国・九州

OKUJU
スペースクリエイター

建築に革命をもたらした技術がある
「大規模天井無足場工法」

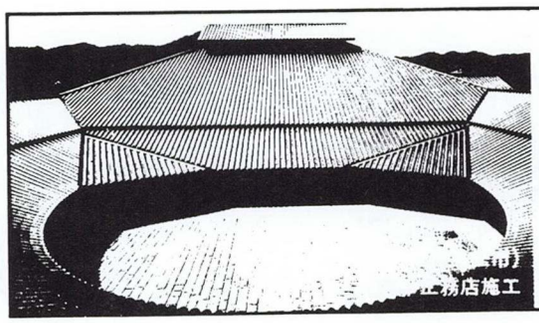
内外装創作パネル・システム天井・間仕切
株式会社 オクジュー

本社
大阪市北区西天満5丁目3番7号　〒530-0047
TEL(06)6312-4131　FAX(06)6312-7998
東京・九州・横浜・南九州・名古屋・上海

空気調和・衛生設備・設計施工

株式会社 三晃空調

本　　社　大阪市北区西天満3丁目13番20号　電話06-6363-1671
東京本店　東京都新宿区西新宿　新宿住友ビル　電話03-3344-7911
大阪本店　大阪市北区西天満3丁目13番20号　電話06-6363-1371
支　　店　仙台・横浜・名古屋・京都・神戸・広島・福岡



〒556-0024
大阪市浪速区塩草一丁目二番三号
☎ 六五六一～七四一六
ファックス 六五六一～七四五四

ナニワ瓦株式会社

あらゆる屋根工事の相談は、

空調衛生・冷凍冷蔵・地盤凍結
よりよき環境へ技術で挑む

株式会社精研

本　　社　大阪市中央区瓦屋町2丁目11番16号（オートセンタービル1・2階）
〒542-0066 電話 大阪（06）6768－5031代表
メンテナンス　電話　大阪（06）6768－1651代表
東京支社　東京都文京区小石川1丁目12番14号（日本生命小石川ビル7階）
〒112-0002　電話（03）5689－2351代表

＊奉仕感謝の店

タイル及び規格石一式施工

株式会社 川岸窯業商店

本　　社　大阪市西区西本町1の13の33
TEL.06　6532－0641(代表)
FAX.06　6535－5181
天理営業所　天理市丹波市新町49

デンカCSAファミリー製品

●デンカCSA（膨張性混和材）　コンクリートのひびわれ防止に
●デンカタスコン（グラウト用無収縮材）　鉄骨ベース、逆打部の充塡モルタルに
●デンカキューテックス（止水・補修用急硬セメント）　コンクリート躯体の漏水補修に
●デンカES（土質安定用急硬材）　地盤補強用薬注入
●デンカΣ1000（製品用超高度混和材）　コンクリートパイルの早期出荷とハイモメント製造用に

電気化学工業株式会社
近畿地区販売店

浜宗産業株式会社
TEL 本社・京都・綱野（07727）2−2220
舞鶴（0773）76−0133

金森藤平商事株式会社
TEL 大阪（06）6332−6861
TEL 東京（03）3272−8501

小浦産業株式会社
TEL 大阪（06）6443−6181

光洋物産株式会社
TEL 大阪（06）6252−6000

東郷化成株式会社
TEL 滋賀・守山（0775）83−2381
TEL 大阪（06）6877−1581

電気設備設計施工
株式会社 三興社
代表取締役社長 上田正雄
本社 大阪市北区堂島浜1—4—19（日土地堂島ビル）
電話 06（6442）3671（代）
支店 東京都中央区日本橋茅場町2丁目17番3号
電話 03（3666）1478（代）
営業所 堺・泉州・泉南・滋賀

電気設備工事設計施工
東光電気工事株式会社
関西支社
常務取締役支社長 髙橋幸久
大阪市中央区高麗橋4丁目3番7号 電話大阪(6202)0325〜9番
本社 東京都千代田区西神田1丁目4番5号
支社 北海道・東北・丸ノ内・新宿・神奈川・東関東・北関東・中部・九州

CHOYO
人がいる多彩なフィールドで、新しい限界に挑戦しています。
電気設備設計施工
朝陽電気株式会社
代表取締役 山本貴士
本社 〒530-0005 大阪市北区中之島三丁目2-4(朝日ビル)
TEL 06(6385)1361(代) FAX 06(6385)1050

Digital Pri-Press
AORA PRINTING CO.,LTD.
代表取締役社長 依藤孝行
青葉印刷株式会社
〒534-0027 大阪市都島区中野町2丁目10番11号
Phone.06-6351-5428 Fax.06-6351-5299

●情報処理●企画・制作●編集●画像処理●印刷・製本
人と技術をクリエイティヴで結びます
日本データネット株式会社
本社 〒530-0043 大阪市北区天満1-1-10 TEL.06-6352-7502 FAX.06-6355-2714
制作部 〒530-0043 大阪市北区天満1-9-19 TEL.06-6352-0943 FAX.06-6355-5533
印刷工場 〒530-0043 大阪市北区天満2-5-15 TEL./FAX.06-6352-1551

地球環境に配慮した杭基礎 1

大越正彦
ヨーコン㈱営業開発本部長

はじめに

地球環境保護が叫ばれるなか、建築の分野でも様々な工種で環境に配慮した工法開発がなされるようになってきた。近年、杭基礎工事においても環境に配慮した工法開発がなされた施工が行われている。今月から3回連続で3社の基礎専業者より現在の取り組みと将来についての検討などを紹介する。今月は「総合基礎業」の立場より話を進める。

地球環境と杭基礎工事

杭工事の歴史を環境の面より考察すると、場所打ち杭はスチームハンマーで鞘管を地中に打ち込むペデスタル工法に始まりハンマーグラブで掘削をするベノト杭の開発へと移行したが、振動・騒音といった近隣への影響はまったく配慮されていない工法であった。また、既製コンクリート杭の工法はディーゼルハンマによる打撃工法が高度成長時代の主流で、20年ほど前まで市街地でもディーゼルハンマによる施工がなされていた。振動・騒音・油飛散のことを考えると、苦情もなく施工ができたのが不思議に思われる。その時代は「環境」という言葉ではなく「公害」という表現で規制され、以後「低公害工法」が開発されるようになった。

「低公害工法」はいずれの工法も地盤に穴を掘った後、杭を築造するタイプの工法開発であり、必然的に排出される掘削残土が新たな環境問題となった。近年「地球環境にやさしい」といった社会情勢の中この掘削残土をいかに少なくするかが要求されている。

掘削残土を軽減する工法開発

地球環境に対して残土の面より工法開発を次の4つに分類してお話する。

図－1に基礎杭の分類と新工法の関係を示した。

① 場所打ち拡底杭の開発

場所打ち杭の残土減少への開発は昭和56年頃から杭の先端を拡大掘削する工法が開発され、杭先端径はそのままで杭の軸部を細くする杭形状の穴の掘削が可能となった。結果として杭の支持力はそのままで排出残土を減少させることが出来た。さらに、平成4年には地震時に杭頭部に発生するせん断力と曲げモーメントを細い軸部でも許容することの出来るリブ付鋼管コンクリート場所打ち杭が開発され、拡底場所打ち杭の性能をアップさせると共に残土の減少にも貢献する事となった。

② 既製杭の高支持力工法の開発

場所打ち杭とほぼ時を同じくして、既製コンクリート杭の工法も昭和50年代後半より従来のセメントミルク工法を改良して残土排出量を減らし、先端支持力も200 N̄ap（KN）のセメントミルク工法に対して250 N̄ap（KN）の工法が各種開発された。その中でもプレボーリング拡大根固め工法はセメントミルク工法に代わって、埋め込み杭工法の代表的な工法となっている。さらに近年、先端支持力が400 N̄ap（KN）以上の高支持力を確保できる工法が開発され杭本数の減少に拍車がかかっている。従来のセメントミルク工法に比較して杭1本に期待する支持力が2倍程度となり、使用する杭本数を減少させ排出残土も半分程度とすることが可能となった。

③ 大径摩擦杭の開発

古くから三角杭、節杭と呼ばれ低層建築物の杭基礎に使用されてきた摩擦杭は、打撃工法が出来なくなり他の既製杭工法と同じく埋め込み杭での使用が盛んとなった。平成8年ごろより先端支持力以外に杭周面摩擦力を大きく評価される工法が開発され、認定工法として施工がされている。さらに最大ϕ750といった節部を有した杭も開発され、工法の追加認定工法となっている。摩擦杭は従来、低層の建物しか使用されなかったが、中層以上の建築物でも使用されるようになった。また、明確な支持地盤が深い場合でも中間の地盤で摩擦を主体とした支持力で建物を支えることも可能となり支持杭よりも排出残土が軽減されることとなった。

④ 鋼管回転工法の開発

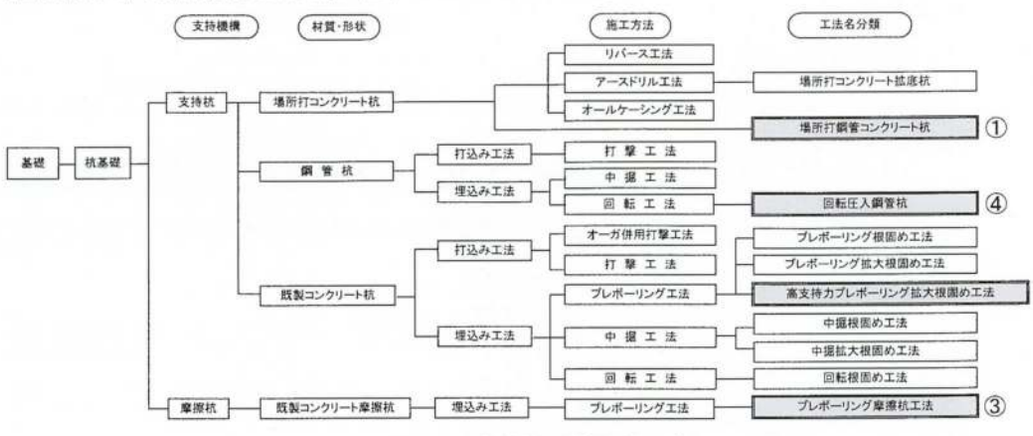
鋼管杭はおもに打撃工法にて施工されていたためその利用場所もウオーターフロントに限られた使用となっていたが、平成12年頃より高炉メーカー各社が低騒音・低振動が要求される市街地の建築物基礎への活用のため、鋼管杭を回転圧入する工法を開発した。これは先端に付けた羽根を利用し杭の中空部にも土を取り込みながら推進していくため残土の排出がまったく無い工法である。まさに「地球にやさしい」工法として全国的に普及しつつある。

おわりに

杭基礎の工法開発は低公害という要求で進められてきたが、常にコストダウンは開発目的の必要条件であった。そのため高支持力、高摩擦力の工法を開発し杭本数を減らすことでその要求を満たしてきた。結果として排出残土も少なくなったというが現実である。

今後は必ずしも低コストとはならなくても「地球環境に配慮した」をキーワードにした工法も普及することが考えられる。④の鋼管回転工法は逆回転することで杭を回収することが可能であり、建替え時の産業廃棄物軽減とともにリサイクルも現実のものとしている。2005年の名古屋で開催される「愛・地球博」には「リサイクル」をテーマにこの鋼管回転工法が採用され、万博終了後、鋼管杭は回収することとなっている。

施工時も解体後も地球に産業廃棄物を　「出さない」「残さない」杭基礎の研究が今後なされることを期待する。



図－1　基礎杭の分類と新工法

「杭」をテーマとした新企画、第1回はヨーコン㈱の大越正彦氏に総論的な論考を頂きました。次回は丸五基礎工業㈱のご担当者に「エコロジーとエコノミーを兼ね備えた杭基礎」をテーマとした論考を執筆頂きます。

*

このシリーズが読者の皆様の日常の業務に少しでも寄与できるものであればこれに勝るものはありません。ご期待下さい。

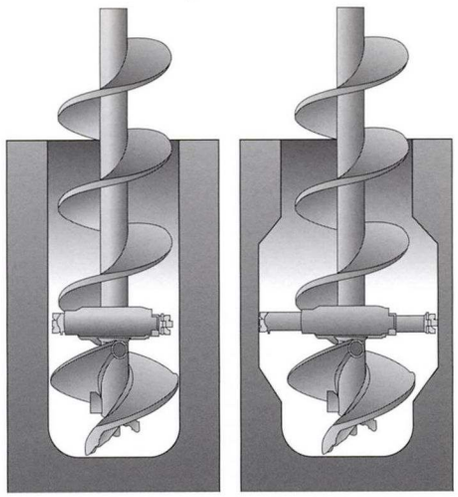
（広告企画小委員会）

高支持力441$\overline{N}$Ap

$$Ra=\frac{1}{3}\{\alpha\overline{N}Ap+(\beta\overline{Ns}Ls+\gamma\overline{qu}Lc)\psi\}\ (kN)$$

油圧機構による拡大ビットにより、確実な拡大根固め球根を築造し、大きな先端支持力を発揮できる工法を開発いたしました。100N/mm^{2}の高耐力のMEGAパイルと組み合わせることで、場所打ち杭の支持力までカバーすることができます。平成15年7月に国土交通省の認定を取得いたしました。

MRXX工法

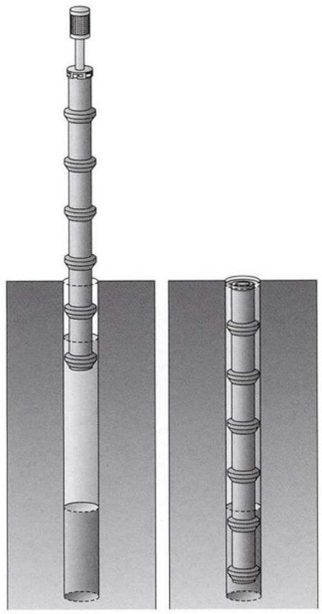


大径高摩擦力杭

φ6075 φ5065 φ4560

従来のφ3045、φ4055の摩擦杭をサイズアップした杭を使用し、さらに従来のアトラスⅡ工法より大きな摩擦力度を取得するために、平成15年7月（社）日本建築センターに工法評定の審査を申請しております。明確な支持地盤の無い地盤でも大きな支持耐力が確保できます。

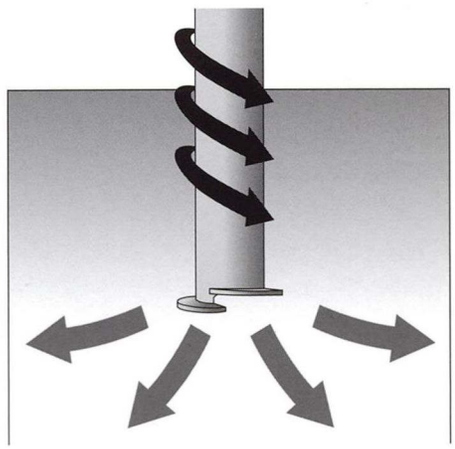
アトラスⅢ工法



無排土工法

「NSエコパイル」は新日本製鐵（株）が平成12年5月に工法認定を取得した回転圧入鋼管杭です。先端に螺旋状の羽根を溶接した鋼管杭を全旋回機等で回転圧入します。羽根のくさび効果で推進力を発揮し、排土無く大きな支持力を確保できます。ヨーコンは認定施工店として販売、施工を担当しております。

NSエコパイル



総合基礎業

PILE & FOUNDATION Yocon

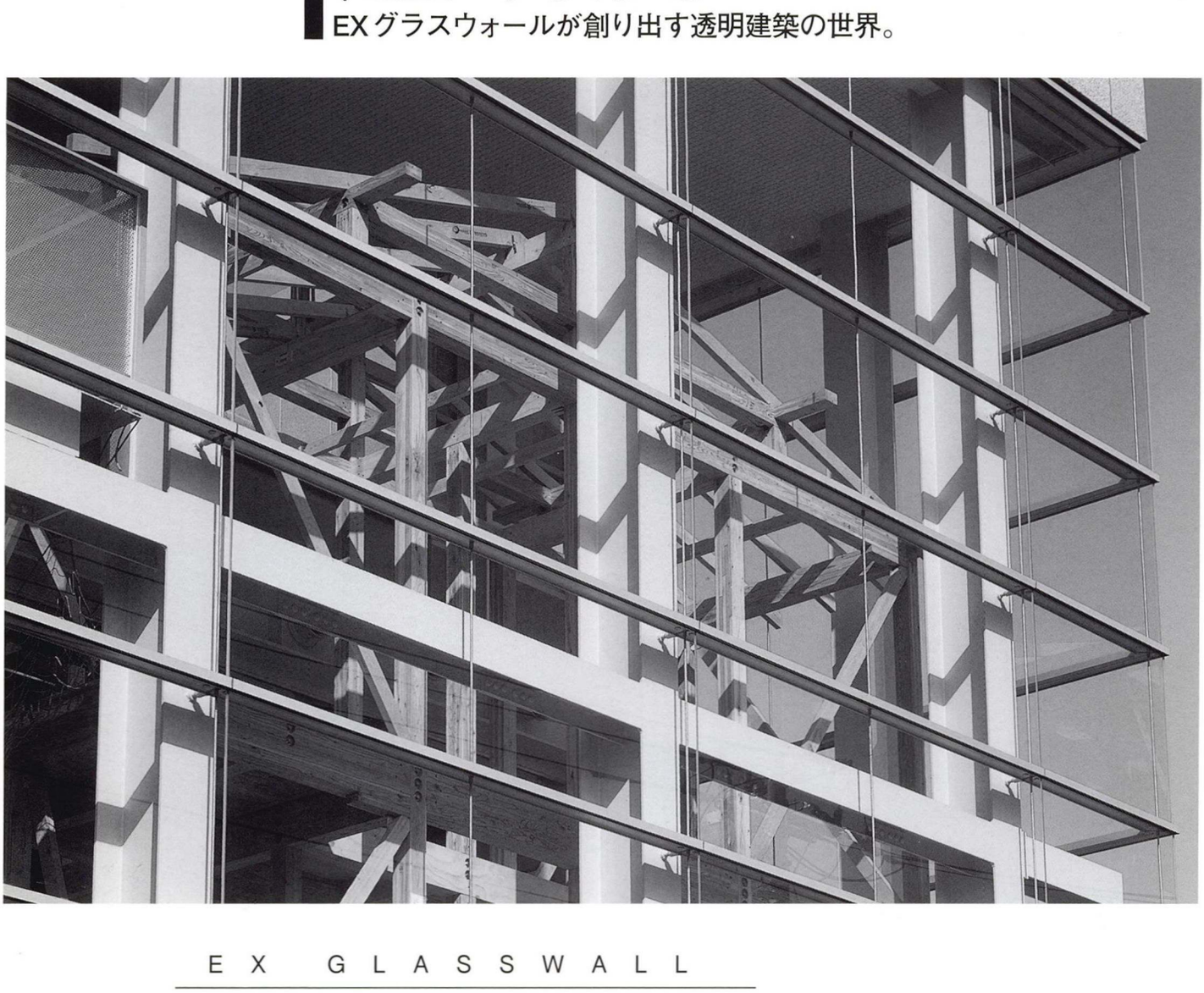
ヨーコン株式会社

URL http://www.yocon.co.jp

■本　　社　名古屋市東区葵三丁目24番2号　〒461-0004
Tel〈052〉936-0211　Fax〈052〉937-4759
■名古屋支店　Tel〈052〉936-0214　Fax〈052〉935-3683
■大 阪 支 店　大阪市北区大淀中1-7-19　〒531-0076
Tel〈06〉6458-5761　Fax〈06〉6458-4056
■東京営業所　■岐阜営業所　■岡山営業所　■広島出張所　■福岡営業所
■工場：岐阜・滋賀・兵庫

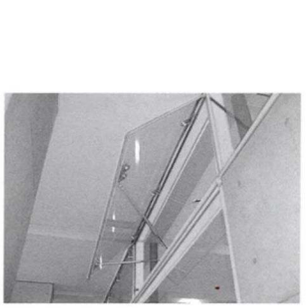
透明度∞

EXグラスウォールが創り出す透明建築の世界。



EX GLASSWALL

透明感のある建築にしたい。そんな声に応えて登場したのが、トステムEXシリーズの新商品「EXグラスウォール」です。外から見えるのはわずかに60mmの横材だけという透明感。内部においても、構造材をガラス面から265mm離すことでぬけるような広がりを与え、まるでガラスが自立しているようなフロート感覚を実現しました。さらに開口部についても、ドットポイントの特殊金物でガラスを支持することで框をなくし、開放時のすっきり感を獲得。徹底して透明性にこだわりました。外からも内からも“本物の透明性”を追求した「EXグラスウォール」。さあ、新しい“本物の透明建築”へのスタートです。



TOSTEM

トステム株式会社 ビル建材本部 ビル営業開発部 e-DESKチーム
〒110-0014 東京都台東区北上野1-8-1 住友不動産上野ビル3号館 ☎(03)3845-7344
E-mail：cadds2@exc.tostem.co.jp http://www.tostem.co.jp/bldg/

雑誌 03379-10

Vol.84 通巻979号 2003年10月1日発行 毎月1回1日発行 昭和24年3月19日第3種郵便物認可 ISSN 0912-8182

社団法人 日本建築協会 〒530-0001 大阪市北区梅田1の1の3の2100 電話大阪06(6348)0635 FAX06(6348)0634 http://www.aij.or.jp

定価1,200円（●本体1,143円●消費税57円●送料共）正会員の購読料は会費に含めて徴収