

地面が揺れる

——地震の社会学(三)——

原 田 隆 司

はじめに

文政一三年(一八三〇年)七月二日の地震を記した文書がある。

(前略) 縁サキノヒサシ、俄ニブルブルトアオリ出シ候故、甚恠^{「あや」}シク存、地震トモ心得ラレズ、其ヒサシヲ見居候處、少シタルミ静リ候ト覺シガ、又候大ニフルヒ来リ、常ノ地震ノユサくト横ニユリ候トハ違ヒ、ハゲシサ言フ許ナク、矢庭ニ壁落チ、鴨居飛ビ杯イタシ候故、外面へ走り出候トコロ、大地ノ脈ウツクト、鞍ノ荒キ馬ニ乗り候様ニテ、上下二尺程ノアヲリト覺へ申候、且又イヅクトモ相分不申、オビタシキ響イタシ候(後略)

この筆者が外に出て目撃したのは、次のような光景であった。

(前略) 石垣家作等ノ損ジ大方ナラズ、就中、私目前ニ見候者、五間ニ卅間一棟ノ長屋ヲ、ユリ出スヤ否屋ノムネヒタト地ニ着キ候、皆々窓、或ハ水口ナドヨリ^{「はな」}逃テ出候へ共、四五人ハ下ニ敷レ候、乍去幸ニサシタル怪我モ無之候(中略)其夜ハ、御小屋内ニ居ラレ不申候故、同寮共皆々馬場ニ幕打、ソレニテ夜ヲ明シ申候、市中杯モ同様、イヅレモ街ニ菰ムシロナド敷、ソレニテ明シクラシ候コト、三日夜程ト申候(後略)(山本東四郎源秀村「庚寅地震記」文部省震災予防

評議会『増訂 大日本地震史料』第三卷、三二八—三二九)

「常ノ地震」は、ゆさゆさと横に揺れるが、この度の揺れはそれとは違う激しいものであった。壁は落ち鴨居は飛び、外に出ると大地が上下に二尺も揺れていると思うほどであった。私の目の前で、長屋の建物は一瞬にして地面に着いてしまったが、人々は窓などの開口部から這い出して無事であった。私を含めた多くの人が馬場や「街」など家の外で夜を明かした。

大きな地震とは「ハゲシサ言フ許ナク」と感じるほど地面が揺れるということである。地球科学の説明によると、地球の表面にある地殻のうちの特定の部分で岩石が破壊して「地震波」が発生する。それが地面に伝わると「地震動」と呼ぶものになる。私たちはこの「地震動」を地震という。その意味で、地震というものは「自然現象」である。

しかし、地面が揺れるということと、その後に地面の上で生じることを分けて考えることもできる。壁が落ち鴨居が飛び、長屋の建物が地に着いてしまうのは、そうした建物をつくったからである。人々は建物の外に飛び出し、地面の上で夜を明かす。大きな地震の後に生じることは、私たちが地面をどのように使っているのかによるともいえるだろう。その意味では、地震は「社会」現象でもある。

本稿では、地面の使い方という観点から地震について考えてみたい。「自然」と「社会」の接点としての地震である。

一、石と木―地面に置いてきたもの

昔から地面の上に置かれてきたものは、身近にあって使いやすいものである。石と木がその代表であるといえるだろう。

(一―二) 石を積む

ヨーロッパの石の文化との対比で、日本は木の文化であるといわれる。しかし、日本でも石は大きな役割を果たしてきたという指摘もある。

日本文化を盛り立ててきた底辺の力、その頑丈な支えとなってきたものは築石であった。(中略) たとえ狭小な国土とはいえ、住民の生活帯をこれほど丹念に石で鍛い、石で縁どってきた国は世界で類がない。都市にせよ近郊村落にせよ、目通り一〇〇メートルの間に石垣ののぞいていない地域というのはまれである。

(田淵実夫『石垣』三)

田淵は、その背景を次のように指摘する。

日本という国は身幅が狭いうえに小皺が多く、傾斜面と小谿谷とに満ちていて、おまけにぐるりは海である。その傾斜面と谷底と海べりを頼りに暮らしを立てようとすれば、まず石をつらねて手にも盾にもしなければならなかったのだが、そのことを今は多くの者が忘れようとしているのである。(同上書、八)

昔から石で鍛い、縁どられた国には、石を用いた遺跡が幾つも残っている。

石垣の前身となる石積みは、古くは古墳時代の石室や、また奈良時代の齊明天皇の宮殿の石積み、朝鮮式山城、鎌倉時代の元寇の防塁などに認められる。これらの多くは国家事業として行われてきたものである。(木戸雅寿『よみがえる安

土城』一三一)

石積みが一般に広まっていくのは室町時代である。井戸や路肩、畑や町のなかで使われるようになった。

ひとつの例として柵田がある。紀伊半島の海岸から一〇キロ、熊野川の支流が流れる熊野古道がとおる三重県熊野市紀和町の丸山地区には、明治時代には二四〇〇枚以上の柵田があった。畦の石垣は総延長七、八〇キロもある。耕地は海拔三七〇メートルから一六〇メートルの高低差の間にあり、石垣は「自然石をそのまま積み重ねた野面積みと割石積み」で、高さは六〇センチから九〇センチと跨いで上がれるほどである。「屋敷まわりでは隙間なく大小の石が組まれ、畑や柵田の石組みは粗いが力強い」。文献でも中世の初めまで遡ることができる丸山地区であるが、慶長年間(一五九六年―一六一四年)には下のほうの柵田が出来上がっていた。そのあたりは土の畦で、上るにつれて、勾配がきつくなる場所では畦の下半分が石垣になり、勾配が一番きつい上の田では畦が高くなり、すべて石垣になっている(田村善治郎ほか『柵田の謎―千枚田はどうしてできたのか』六〇―七三)。

石積みの中なかでも堅固とされているのは「谷積」である。本来「谷落し積」といわれるもので、丸石を用いる場合は、常に五分から一割くらいに奥を傾けて、先に置かれた石と石が作っている谷に、大きさや形の異なる石を「玄翁を以て十分締めながら」積んでいく方法である。堤防に用いられ、「一部が崩れても全般に波及しない特徴」がある。それは石を「左右、上下」に「波状形に積み上げる」ので石垣全体が「綾をかけたような結果」になり、横の目が一直線にはならず、積んだ石全体が一枚岩のようになるからである。こうなると、「石と石とが互に突合、曳合、吊合、押合して競合となり」増水や減水時に、前後左右の振動に耐え「容易に崩壊しないばかりでなく年を重ねるに従いますます堅固の度を増す」のである(大久保森造ほか『石積の秘法とその解説―改訂増補版』三〇―三九)。

石積みとは本来、石の上に積み上げただけのものか、土と一緒に埋めたり積み上げたりのものである。それに対して、石垣は人の背丈以上の高さ石を積めるものである。石で平面の壁を作りながら順に上に角度をつけて積んでいくのである。

基本的に、石垣に用いる石は加工される。また、ずれないように後ろに權石かきいしという石をはさんだり、水はけをよくするために、裏込うしろみといわれる栗石うらいしを基盤の土と間にいれる。石を算木さんぎ状に組んで、「自由自在なラインと平坦面をつくっていくことができる」（木戸雅寿『よみがえる安土城』一三二）。

木戸によれば、中世におけるこの技術は、寺院が有していた。古代から瓦葺きの大きな建物を支えるために、しっかりとした基礎が必要で、専属の技術者を抱えていたという。

石垣は城の土台として江戸時代に完成された。その前段階では石材同士の間隙に粘土を詰める練積ねりみという手法であったという。この練積が、十六世紀後期には、粘土を使わずに石材どうしを直接に組み合わせる積む「空積からみ」という手法に発展した。これによって高い石垣が現れた。「空積の工法が近世城郭の石垣として発展していった」という（三浦正幸『城のつくり方図典』四五）。天正四年（一五七六年）に織田信長が築いた安土城が本格的な近世城郭の完成とされている。

仙台城は慶長五年（一六〇〇年）から縄張りが行われ、二年後に完成した。明治維新までの約二七〇年間で、文献に記載されているだけでも十二回の地震と数多くの水害により、石垣や土塁、建物などの破損と修復を繰り返している。石垣についてみると、慶長五十七年（一六〇〇年—一六〇二年）の築城では、「旧地形や中世山城「千代城」の縄張を利用して斜面を切り土しながら」造られたが、元和二年（一六一六年）の地震で崩壊した。そこで「築城期の形状を一新する修復工事が行われ」たが、正保三年（一六四六年）の地震で「ほぼ全面が崩壊した」。次の石垣は、寛文一三年（一六七三年）以降に完成したと推定され、それが現存する石垣であるという（金森安孝「仙台城の石垣—本丸跡の石垣解体に伴う発掘調査から—」二九—三七）。

地震や水害を越えてつくり直された石垣は、次第に精緻になり、地震に耐えて、四百年以上も経過した現在まで残っている。¹⁾

江戸時代には、修復を除けば、城郭の石垣づくりは事実上終焉する。それと入れ替わるようにして、江戸中期から現在に至るまで石材の需要を支えたのは墓石であったという。

石材加工の中心である石工店持の店の多くが石材集散地の他に、墓地造塔や改修が定期的に見込まれる寺院群に隣接して構えられていることを考えると、一定数が必ず見込まれる墓地や墓石造塔の仕事量はかなり高率であったと考えなければならぬ。（秋池武『近世の墓と石材流通』二四八）

現在では日本中に夥しい数の墓石が建立されているが、それらは、そう古くからつくられたのではないのである。

日本では「葬送儀礼が済んだ死体や遺骨に対する無関心」が、古代から院政期（一二世紀）まで一貫していた（佐藤弘夫『死者のゆくえ』三三二）。その後「靈魂と遺骨とが死によっても即座に分離することはない」という觀念が、人々の間に共有されるに至った（同上書、一一四）。次第に寺院や霊場に遺骨を納めたり、塔婆とうはや卒塔婆そたは、板碑いたひなどが造立されるようになる。一六世紀になり、「死者の名を記した角柱の墓石が登場する」（同上書、一七二）。この背景には、中世後期に世界觀が変化したことがある。「彼岸の理想世界の實在に對するリアリティ」が喪失し、「現実世界こそが、なによりもリアルな実体」となっていたことがあるという（同上書、一八〇）。

死後往生の對象としての彼岸世界の觀念が色あせ始めたいま、死者の行くべき地は、もはやこの世と隔絶した遠い浄土ではなかった。人は死して後もなお、この世の一角に留まり続けるのである。

その依り代となったのが、遺骨でありその所在を示す石塔いしとう、墓標だった。あらゆる死者の靈魂は遺骨の眠る墓を離れることなく、ほとんど永久的にそこに留まり続けるのである。成仏は遠い他界への旅立ちではなく、この世での安らかな眠りだった。生者には死者ができるだけ快適に眠り続けることができるように、定期的に死者を訪れ、その安穩を祈る義務があった。そのためには、死者の遺骨が安置されているポイントを確認できる標識の存在が不可欠だった。その役割を担ったのが、個人名を刻んだ五輪塔や墓標にほかならなかったのである。（同上書、一九〇—一九二）

奈良県内の墓地を調査した報告がある。一〇年ごとに数を比較すると、「一六世紀中葉から現代に至るまで、石塔の造立は全く断絶することなく続けられている」。数が多いのは、元禄から享保年間、一七世紀末から一八世紀前葉で、特に元禄末から宝永年間の一八世紀初頭は最高の数を記録している。その後、次第に減少し、明治中頃から大正期、一九世紀後葉から二〇世紀前葉にかけては三分の一ほどになっている。「昭和に入ってから、また増え始め、一九七〇年代以降に第二のピークを迎え今に至っている」。この推移は、全国的な傾向である。

一般的には元禄・享保期の増加を石塔造立者層の拡大と考える向きが強く、明治・大正期の減少は個人墓や夫婦墓から家族墓への転換、昭和以降の増加は経済的向上と石塔産業の発展などに求めることができるであろう。(白石太一郎ほか「奈良県天理市中山念仏寺墓地の調査」一〇〇—一〇一)

ところで、地震計があちこちに設置されるまで、加速度を測る手段として顛倒したりずれたりした墓石が貴重な資料であった。現地に入った地震学者たちは、墓地を探して訪れ「墓石の寸法を片っ端から測ってまわった」。墓地にある墓石の数は相当多いので、測定結果を統計的に処理すれば、地震動の最大加速度のおよその見当は付けられる(大崎順彦『地震と建築』六八)。つまり、ただ地面に置かれただけの墓石というのが、地面の揺れ具合を測る道具であったのである。

石灯籠を調査した研究もある。長野市の善光寺にある石灯籠一八二基のうち三八パーセントにあたる六九基が破損していた。このうち一八四七年の「善光寺地震」以前に建立されたものでは六一パーセントに破損があり、それ以降のものは一三パーセントである。これは、石灯籠が「転倒しやすさ」こと、転倒した際に「破損しやすい」部分があることに着目し、先の墓石と同じく「善光寺地震」以前に建立されたものの壊れ方とその方向から、この地震の揺れを推測するための研究である(赤羽貞幸ほか「石灯籠の破損から見た善光寺地震(一八四七)の震動」九〇)。本稿の議論としては、石灯籠が破損しても長期間置かれていたということが興味深い。最も古いものは一三九七年の建立であるという。耐久性を意図して石を用いたもの

が、数百年もの間、たとえ大きな地震で倒れて破損しても、建て直して置かれていたのである。⁽²⁾

石を積むということは、地面を利用できるものにする手段であるばかりではない。静岡県には、次のような塚があるという。

可美村の大塚は、ある年の津波で村の多くの人が犠牲になったので村の一番高いところに犠牲者達を葬った。その後、その塚を避難場所にすることを意識して、人工的にさらに土を盛り上げ、熊野明神を祀るとともに、折りにふれて浜の石を積み上げる習慣ができた(静岡県編『静岡県史 別編二 自然災害誌』六九五)。⁽³⁾

石を積むということは、犠牲者に思いを致す行為であり、海抜を少しでも高くするという象徴的な意味をもつものであり、石というものが風化せずに長くそのまま留まることを示している。

(一—二) 木の建物

長い間、日本の建物は木造であった。「木の中で最も用途が幅広いのは杉である。杉は高く成長し、かつ幹が直立しているので、柱材・角材としてうってつけである」。長大で太い柱が必要な大きな建築物では特に杉が使われた。梁や棟木も、次に述べる「樽」でも同様であった(盛本昌広『草と木が語る日本の中世』一三九)。

樽と呼ばれる素材は、奈良・平安時代から、長さ一丈二尺(約三・六メートル)、幅六寸(約一八センチ)、厚さ四寸(約一二センチ)と規定されており、建築現場で板材や建築部材に加工された。ひとつが三〇キロほどの素材である。奈良時代の東大寺造営や平安京の都城造営など、畿内では大量に木材が使用され、平安末期には、畿内の柚は荒廃が進み、鎌倉時代に東大寺が再建された時には、その木材は、周防(現在の山口県)の柚を伐採したという。室町時代になると木材は播磨から安芸、淡路から四国の讃岐、阿波、土佐などから船で運ばれ、半分以上は阿波と土佐

からであった(岡田文男「林業―樽の生産と流通」三〇三―三二三)。

木材の加工をみると、古代から日本では木目がおった杉や檜に恵まれていて、木の繊維を切断せず木目を生かす「打ち割り法」が、保存の上でも優れていた(今谷 明『日本の歴史』⑨ 日本国王と土民 一九六)。これは「丸太・柱材・樽にくさび楔を打ち込み、木槌で叩いて縦に割り、手斧や槍鉋で削って表面を平らにして板に加工」する方法である(盛本昌広『草と木が語る日本の中世』一三九)。この方法があったため、日本では中国などでは古くから使用されていた大鋸^{おが}という二人で挽く縦引き鋸^{のこ}が一四世紀末になって導入された。濫伐により良材が枯渇していた頃であり、「木目の乱れた松や樺を使わざるを得なくなり、大鋸の出現は不可避の状況」であった。大鋸が導入された結果、木挽^{こひき}という職人集団も形成され、製材は專業化する。この木造建築の革命的な変化により、天井板や縁側板が張られるようになったという。大都市では「板商売」が起り、「戦国期に急速に進んだ城郭建築や城下町建設はこの技術によって可能になったといえる」(今谷明『日本の歴史』⑨ 日本国王と土民 一九五―一九七)。

近世になって民家は発達する。その主要な理由は、それまでの「竪穴」や「掘立」という基礎から、柱を「礎石」の上に建てて、さらに土台を用いて、「数百年の風雪に耐えうる住まいをもつようになった」のである。礎石の上に立てる柱の底面は、「礎石の凹凸にあわせて工作され、礎石にしつかりと噛みあい、容易に移動しない工夫がなされた」。この工法はヒカリツケと呼ばれる。この柱が、貫、大引、差物、長押、梁、桁などの水平材と仕口^{しぐち}と呼ばれる接合方法によって「緊結」されることで「地震や風力などの外力に対抗する」。こうした工法が出てきたのは城郭や社寺を建てた職人たちの技術の影響があったことと、先にみたような木材の加工技術によって板が手に入るようになったことが関連している(宮澤智士「近世民家の地域的特色」一五二―一五六)⁽⁴⁾。

柱の下に土台を置くことも「足元を固める」重要な方法である(坂本功監修『日本の木造住宅の一〇〇年』八四)。一六七〇年代から八〇年代にまとめられた平正隆の『愚子見記』という建築書には、「数年の地震に覽るに、土台の有る蔵は、壁破れず。土台無きは大きに破損する也」と、柱の下に土台を置いたほうが地震に強

いことが記されている(源愛日児『木造軸組構法の近代化』二五より)⁽⁵⁾。

東北地方では、「普通農民」の家は、一六世紀頃は竪穴や掘立で、半分が土間、もう半分は藁藁などを敷いた土座の居間であった(草野和夫「近世の民家の成立過程」七八)。一七世紀から一八世紀前半には礎石を置いた「石場建て」になり、「少なくとも座敷一室には板床が設けられていたらしい」。藩による板敷きの禁止が次第に緩和され、藁を敷いていた「居間」も一八世紀後半には板敷きの床になった。肝煎など村役の家では、一七世紀から、座敷だけでなく居間も板敷きであった。一方、「隷属農民層」では江戸時代の末まで居間は土間(土座)のままであったという(草野和夫、同上書、二二―二四)。

明治二四年(一八九一年)の濃尾地震の後に木造建築の「耐震性」が議論され、筋違の有効性が指摘されたのであるが、既に近世の小屋組という構法や江戸初期(一六〇八年)に建てられた姫路城の大天守には、筋違は用いられており、江戸時代の大工書にも記されている。「したがって、建築構造の技術と言うよりは、より広く木構造の技術として、筋違は近世に発達し盛んに用いられていた」と考えるべきであるという(源愛日児『木造軸組構法の近代化』三六―三七)。

木造の建物の大敵は火災であり、屋根が瓦武器になったのも、火災から守るためであった。同時に、冒頭の引用のように、江戸時代の終わりでも、極めて大きな地震が起こると、壁は崩れ鴨居は飛び、長屋は壊れてしまう⁽⁶⁾。

(一―三) 石と木の建物が揺れる

ここまでみてきたように、日本では長い間、地面の上に石と木造のものを置いてきた。それを傍証するものがある。気象庁が用いている「震度階」という地震の規模を示す指標である。地震の波動が、ある場所ですれくらの強度で地面を揺らせたのかを、地面の上の状況によって推測する方法である。気象庁が明治のはじめから発表しているが、この震度階には、地面の上の変化があらわれている。

明治一七年―三〇年(一八八四年―一八九七年)に使われた震度階では、「弱震Ⅱ 震動ヲ覚ユルモ戸外ニ避ルニ足ラザルモノ」、「強震Ⅱ 往々物品の倒伏液体ノ溢出等アリ人々戸外ニ走り避ル者」など、もの様子よりは、人の行動が判断基準にな

っている。戸外に逃げる、飛び出すという文言は、一九九六年に最近のものに改訂されるまで使われている。本稿の冒頭の引用も含めて、大きな地震の際には建物の外に逃げるといのが常道である。

次の明治四一年―昭和一〇年（一九〇八年―一九三五年）の震度階では「弱震（震度弱キ方）」は「僅カニ戸障子ノ動ク音ヲ聞ク程度ノモノナリ」とあり、「弱震」では、「家屋動揺戸障子鳴リ振子時計止リ垂下物動揺、液体ノ動揺等ヲ目撃セシ程度ノモノナリ」とある。「強震」になると「壁ニ亀裂石碑石燈籠ノ顛倒煙突ノ破損等ヲ目撃シタルモノ又ハ之ニ相当スルモノナリ」とある。

昭和一一年―二三年（一九三六年―一九四八年）では、「弱震」は「家屋が動き戸障子が鳴動し電燈の様な吊下物や器内の水面の動くのが判る程度の地震」であり、「強震」は「壁に割目が入り墓石、石燈籠が倒れたり煙突や土蔵も破損する程度の地震」となっている。その上の「烈震」は「家屋が倒壊し山崩れが起り地割れを生ずる程度以上の地震」と説明されている。

昭和二四年―平成八年（一九四九年―一九九六年）の震度階では、「強震」が「壁に割目はいり、墓石、石どうろうが倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震」とされており、その上の階級は、「家屋の倒壊が三〇%以下」と「三〇%以上」で分けられている。（三浦武重「気象庁震度の変遷」）

明治末から二〇世紀末まで、戸障子、家屋、振子時計、壁、電燈、墓石、石碑、石燈籠、煙突、石垣、土蔵、などが震度を推測する指標として使われてきた。国内の各地で身近にあるもので、地面の揺れの大きさを推測できるもの、つまり地面の揺れによって、揺れたり倒れたりするものが使用されたのである。戸障子と家屋は木で作られたものであり、他のものは石を用いている。これらはすべて私たちの身近なところで地面に置いていたもので、地震が発生すれば揺れたり倒れたりするために、地震の指標になってきたのである。

二、鉄とコンクリート

明治末の日本に「大きな技術の波」がやってきた。「鉄筋コンクリートと鉄骨の構造の技術の導入」である（村松貞治郎『日本近代建築の歴史』一〇二）。

(二―一) 鉄

ヨーロッパでは二万年前には「石をなめらかにして望む形にする技能」があり「石を集めて新しい形を作る」ことができた。「石を切り、磨き、壁に埋め込み、壁を家にし、家を都市にし、都市を文明にしていくな。石切り職人は建築家や石工になった。その技能は、ギリシア、ローマ、エジプトの古代都市や記念碑の遺構に残されている」（エバハート『ものが壊れるわけ』三〇）。

次いで一万年前に大きな変化があった。金属が発見され使用されるようになったのである。

この素材は割れなかった。少なくとも石が割れるような割れ方はしなかった。金属は撓むのだ。（同上書、三一―三二）

青銅が長く使われたが、紀元前千年頃には、鉄に代わる。鉄そのものは青銅よりも柔らかいが、炭素と合金処理をされて鍛えられ「鋼」になると、青銅の二倍の強さになる。こうして人類は「石なみの硬さと割れやすさ、銅なみの柔らかさと撓みやすさ」にできる材料」を得た（同上書、三八―三九）。鉄鋼の魅力は、ガラスやコンクリート、鉄以外の金属のように、大きな力が加わっても突然壊れることはなく、かかってきた力を消費しながら破断するまでの間、変形を続けるところにある。地震の揺れを消費しながら地震の力に抵抗することができて、しかも壊れないのである。「現在の耐震構造は、ひとえに鉄のこのすばらしい性質を最大限に利用している」（神田順『耐震建築の考え方』五四―五六）。

それでも明治時代の建築は、「基本的には木とレンガと石と、そして伝統の土蔵

の時代だった」。鋼は、レンガや石の補強材として、明治二〇年代より輸入したものが使われた。最初の本格的な「鉄の骨組み」だけの建物は、明治四二年の丸善書店であった（村松貞治郎『日本近代建築の歴史』一〇六一―一〇九⁷⁾）。この頃は「鉄骨造こそが大型ビルの時代を支える構造であり、鉄筋コンクリートは中小建築に」と使い分けられていた（藤森照信『日本の近代建築』下、一三〇）。鉄骨造はアメリカのオフィスビルで使われていた。少し遅れて導入されたのが鉄筋コンクリートであったが、「固まるのに時間がかかり強度も弱い鉄筋コンクリートは不利で、鉄骨は、プレファブ化による工期短縮が可能なら柱の太さも小さくて済むところから、高層化するオフィスビルには最適の構造」となった（同上書、四四）。

そうした流れを一変させたのが、大正一二年（一九二三年）九月の関東大地震である。アメリカの仕様で造られた鉄骨の建物は壊れ、丸善も「地震の揺れには大丈夫だったものの、外から火が入り、耐火被覆のしていない鉄骨がアメのように溶けて潰れてしまった」。これに対して鉄筋コンクリート造の建物の被害は目立つものはなかった。こうして「鉄筋コンクリートの揺れにも火にも強い性格が証明」され、以後、日本のビルの構造技術は、アメリカの鉄骨造の影響を脱し、鉄筋コンクリート造か、鉄骨鉄筋コンクリート造に限られるようになる」（同上書、一三二）。こうした建築材料の変化と並行して、材料を丈夫にしたり構造に手を加えた「耐震」化というものが開発され実用化され、今日に至っている。

（二）鉄筋コンクリート

セメントやコンクリートに類するものは古代ギリシアからあり、ピラミッドの石材を接合するのにも用いられた。現在でも主力のポルトランドセメントは、一八二四年にイギリス人が製造特許を取り、明治八年（一八七五年）には日本でも製造が開始された（田村浩一ほか『コンクリートの歴史』二二三―二二五）。

鉄筋コンクリート（RC＝reinforced concrete）は、一八六七年にフランス人が植木鉢を作ったのが最初とされている。（同上書、一）。さまざまな改良が加えられ、「一九世紀後半頃から欧米の土木建築界では、従来からの煉瓦、石等に代る有利な材料として、コンクリートブロック、無筋コンクリート、鉄筋コンクリート等が用

いられるようになった」（同上書「まえがき」）。やがて、この鉄筋コンクリート構造は、日本でも大正期以降、橋やアーチなどから本格的に用いられるようになった。大正一二年の関東大地震以降は「耐震・耐火性が認識されて、道路、鉄道、港湾等の復旧・建設工事、大都市の改良工事、電力、水道等の復旧、近代化工事等各分野で多用されるようになった」（同上書、一五六―一五七）。

一九〇六年と翌年に出版された文献では、建設材料としての鉄筋コンクリートは、他のものに比べて、次のような「価値」を有するとされている。

まず、静荷重に対する抵抗力が大きいこと。つまり、過大な荷重を受けても、コンクリートにひび割れが生じてても、鉄筋は伸びても容易に切断しないので、「RC部材が突然墜落するおそれがない」。次いで、鉄材に比べて剛性と重量が大きく、一体構造も作りやすいので、橋梁、機械工場に最適であること。「鉄道橋における衝撃試験の例、サンフランシスコ地震（一九〇六）におけるRC建築物の被害例をみても明らかであり、地震国であるわが国では最適である」。

このほか、耐火性、防錆性、水などにも害を与えないこと、液体からの作用も受けにくいこと、成型の容易さ、外観が壮麗なこと、セメント・鉄筋・骨材は得やすい素材で施工が早いこと、安価でできることがあげられている（同上書、四三―四四）。

（三）骨材としての砂と石

ところで、コンクリートの体積の七割は「骨材」である。骨材の品質がコンクリートの強度や耐久性、水密性などに大きく関係する。骨材には、強固であること、物理的・化学的に安定性が高いこと、耐久性が大きいこと、適度な粒度・粒径であること、「セメントペーストとの付着強度が大きいこと」、有機物や化学塩類などの有害な不純物が含まれていないこと、も求められる（原田実『コンクリートの解体と再生』四一五）。かつて、この骨材には天然のものが用いられた。

天然骨材とは自然作用によって岩石からできたもので、川、海、山より産する砂、砂利および玉石などがあり、火山より産する軽石もその一つである。川砂、

川砂利は川底から採取したもので、水流によって角がとれて丸みがあり、洗浄されているので、一般のコンクリート用骨材として最もすぐれている。(西林新蔵ほか編『コンクリート工学ハンドブック』六七)

しかし、石も砂も、コンクリートだけでなく、道路舗装材(路盤材)、鉄道路盤材などに大量に用いられ、一方では、「採掘規制の強化や周辺の合意が得られないなど、河川での採取が困難なため、天然砂利の比率が低下」した。このため「砕石」の比率が増加し、既に一九九一年度では、砂利四〇パーセント、砕石三八パーセントであった。砕石でも砂岩・安山岩などは枯渇しており、石灰岩の骨材が多くなっている(原田実『コンクリートの解体と再生』四一五)。「コンクリート標準指図書」においては、「軟弱なものおよび砕くときに結晶間にきれつを残すおそれのあるもの」は使用してはいけないこと、火災を受けるおそれのある構造物に用いるコンクリートには「花崗岩、黒よう岩など特に耐火的でない骨材はさけることが規定されている」(原 眞『改訂 砕石』一六)。

要するに、石や木に代わってこの百年余りの間に構造物の素材として大量に使用されているコンクリートの体積の多くは、硬い岩石なのである。⁽⁹⁾

(二一四) がれきと資材

今や世界中でコンクリートは大量に使用されている。

世界的なコンクリートの需要は膨大で、地球上で水の次に消費量が多い物質がコンクリートだ。毎年、ダンプカー四億台分以上に相当する量のコンクリートが建設現場へと運ばれ、地球上の人間はすべて、老若男女を問わず、毎年、自分の体重の四〇倍のコンクリートを消費している計算になる。(ウェラランド『砂』二九〇)

しかし、コンクリートは、厄介な側面ももっている。

石造、れんが造、無筋コンクリート造および鉄筋コンクリート造などはいずれも容積が大きく、重量物であるうえ、硬く、熱変化、薬品などにも侵されにくい。ため、取りこわしは困難をきわめる。(柿崎正義ほか『ビル解体工法』一一二)

一九九五年の兵庫県南部地震の時には、「突然破壊された高速道路、港湾施設、地下鉄施設、電気・ガス・上下水道等のライフライン施設、公共施設、病院、事務所ビル、高層集合住宅、ホテル、デパートなどのRC構造物の解体撤去工事、および改修・補強工事などは緊急事態として行われた」。そういう時には、「安全・確実・速やかに構造物を解体できる技術(解体工用機械・施工法)」が必要になる。「工事に伴う騒音、振動、粉じん等が地域環境へ悪影響を与えないようにすることも重要である」(原田実『コンクリートの解体と再生』一九一―二〇)。

二〇一一年の東北地方太平洋沖地震でも、たくさんの瓦礫^{がれき}が発生した。地震や津浪で発生する「災害廃棄物」は、つぎのように分類できるといふ。

(1) 建築物の倒壊に由来する廃木材やコンクリートがら、瓦など、(2) 廃家電製品やさまざまな家財、(3) 自然由来の草木類、(4) 大型構造物、(5) 堆積物(土砂、底質汚泥など)、(6) 廃自動車や廃船舶、(7) 有害廃棄物(アスベスト、農薬類、PCBなど)、(8) 避難所のごみ、(9) 感染性廃棄物やヒト、動物の遺体など。(酒井伸一「災害廃棄物問題への取り組み―三陸から世界へ」三八八)

この廃棄物は、宮城県仙台市の場合、次のような内訳になる。

仙台市の災害廃棄物発生量は、コンクリートがら六一万トン、木くず二四万トンなど、合計で一三五万トンであり、リサイクルを優先した全体計画により、三年間(二〇一四年三月まで)でこれを処理する目処をつけているのである。(同上論文、三九〇)

地震から一年半のち、次のような状況が報じられている。宮城県東松島市は、仙台市の北東にあり、太平洋に面している。人口は、約四万人である。

市によると、約一五六万八千トンと試算した市内のがれきのうち、宮城県に処理を委託するのは廃置や衣類、漁網、廃プラスチックなど約三万四千トンで、市が破碎した後に県の施設で焼却する。それ以外は全てリサイクルする計画だ。がれきの二九%を占める木くずのうち、自然木は破碎して建築・土木資材や地盤のかさ上げに使用、建築廃材は焼却炉の助燃剤やバイオマス発電の燃料に活用する。二一%のコンクリートは破碎し、砂利などに使う。(『河北新報』二〇二二年九月六日)

つまり「がれき」の五分の一がコンクリートであり、砕かれて砂利になるのである。極めて興味深いのは、同じ新聞の前日の記事である。見出しは「大震災から一年半 生コン不足 対策急務」と付けられている。

東日本大震災からの復旧・復興工事が本格化する宮城県で、生コンクリートなど建設資材不足への懸念が強まっている。沿岸部を中心に需要が急増し、原材料を供給する業界は増産態勢を敷くが、生産量に限界がある。工事着工がピークを迎える来年度は資材不足がより深刻化するとみられ、県や東北地方整備局は対策を強化している。(『河北新報』二〇二二年九月五日)

ここでいう「原材料」とは、碎石、砂利、セメントなどである。碎石業の会社の社長は「当初は仮設住宅などの建設用地の路盤材向け、今春以降は生コン原料向けが急増」と話している。

大きな地震で建物は壊れ、あるいは壊されて、「コンクリートがら」となる。それは手間をかけて運ばれ、再利用され、あるいは廃棄される。その一方で、「復旧

・復興」を急ぐために、大量のコンクリートが短期間に使用され、新しく頑丈な建物が次々と生み出されるのである。

三、地面とその変貌

ここまで、石と木、鉄とコンクリートという私たちが地面の上に置いてきたものについて考えてきた。ここでは、それらが置かれてきた地面のほうをみておきたい。

地球ができてから四六億年、海と陸に分かれてからは四〇億年といわれている。日本列島の地面の下は、古いものでも六億年前、大部分は二億年よりも新しい時期にできています。欧米などの大陸の地層はより古く、しかも平らに積み重なっているのであるが、日本列島では複雑な構造をしている。七千万年前にできた「硬石」の部分、現在はあまり地表には出ていない火山の噴火と三つのプレートがひしめきはじめた二千五百万年前の「柔石」の部分、百万年前からの海面変動が顕著になった時期の「未固結」の堆積物という三つの部分で構成されている(地盤工学会「事例で学ぶ地質の話」一七―二〇)。

最後の「未固結」とはどのようなことだろうか。既に触れたように、日本の「生活の適地」は、もともと「河川ぞいの自然堤防や段丘などの微高地」であったが、やがてその背後の湿地帯や、台地から谷間の低地へと生活圈を拡大してきた。こうした場所の地質は、洪水や崖崩れなど、地表の浸食や土砂の運搬・堆積作用が大きく、そこに住むということは「自然の猛威にさらされる機会をより高めた」。そこは、まだ十分に固まっていない場所で、「人工的にしめ固めるのにはあまりにも費用がかかりすぎ、自然の過程をまつには時間がかかりすぎる」という状態である。私たちは、このような「つくりたての地面」の上に住んでいるのである(町田洋ほか編『自然の猛威』一六一―一六九)。

「つくりたての地面」とは、沖積層と呼ばれる箇所である。二万年前の最後の氷河期以降、海面の上昇で水中に堆積した地層である。自重よりも大きい圧力を受けていないため、「ゆるい」状態で堆積している。海面の上昇時と下降時で堆積する

土の粒子の大きさが異なるために、粘性土や砂質土の層ができるという。この沖積層の前の時期、今から二〇〇万年前までに堆積したのが洪積層である。洪積層は、水河期の繰り返しで、百メートルもあつたといわれる海面の変動により、大きな圧力を受けてきたので「密に締まった地層」である(地盤工学会『わかりやすい構造物基礎』一〇—一一)。

こうした日本の地層も、東京の都心では江戸時代からは一変するという。「何万年も前の自然の営みでつくられた地層を見馴れている」地質学者にとつて、東京都港区の遺跡には「目新しい光景」があつた。「普通の遺跡には少ない人工の地層」がたくさんあつたというのである。一番浅い所には第二次世界大戦の戦災で生じた「がらくた」、その下には大正時代の「関東大震災のがらくた」、さらにその下には、江戸時代の富士山の噴火による火山灰層(これは灰を集めて穴を掘って捨てたものであるという)、そして大火のときの焼土しやんとがあつた。それらの間には、江戸から明治にかけての陶磁器や瓦が挟まっている。つまり、「川や海の波が土砂どしゃを運んできた事実」はないのである。

江戸時代以降、急速に都市的土地利用が進み、建設と破壊が繰り返された結果、地層となるべき材料が多量に供給されたため、地層——人工地層——が生じたといえるのです。(町田洋ほか『基礎の考古学—改訂新版 地層の知識 第四紀をさぐる』二)

長い間、自然の作用で堆積し変動してきた地層は、都心のような場所では、この二百年、三百年のところで一変している。現在の地表は、湿地帯や低地、沖積層の「作りたての地面」の上に、「がらくた」からなる「人工地層」が積み重なっているのである。

地表のかたちも一変している。

縄文時代には、人間はすでに植生や土壌を変えている。弥生時代の水田耕作などの農耕は土壌と地形を変えた。製鉄業や窯業は山地の地形や植生を大きく変えた。近代社会は、地形や岩や地面を急速に変えてしまった。もはや「自然が自然を変え

てきた地質時代は終わり、地形史、自然史はまったく経験したことのない新たな時代に突入した」のである(米倉伸之ほか編『日本の地形Ⅰ 総説』三三二)。こうした「人為改変」の例としては、干拓や地下水の過剰な汲み上げによる地盤沈下などがある。また、日本の山地から一年間に流出する一億三千万立方メートルの土砂のうち、四千—五千万立方メートル、つまり約三分の一は人工のダムの貯水池に堆積しているという(太田ほか『日本列島の地形学』一七四—一七五)。

四、地面の下で支えられ、上に伸びる

地面の変貌と地形の改変は、結果としての変容であるが、私たちは、現在、地面と地下を意図的に改変している。

(四—一) 地盤と基礎

「地下百メートルぐらいまでの地殻の表層部分」は「地盤」と呼ばれる(地盤工学会『地盤工学入門』一四)。そこに建物の基礎構造がつくられる。基礎構造は、「建物や橋などの上部構造を支持して、その荷重を地盤に伝えるための構造部分」である。荷重とは、構造物自体の重量、そこに置かれるものの重量、そして地震や風など各種の荷重がある。基礎構造は「これらの荷重を地盤に確実に伝える必要がある」。地盤は、これらの荷重を受けても破壊しないことはもちろん、「大きな変形・圧縮などを起こさず」耐えなければならぬ。しかも「地盤はそれ自体が完全に安定しているとは限ら」ない。地盤沈下や斜面崩壊など、荷重とは別に变化する可能性があり、構造物がそうした影響を受けず安全である必要がある(地盤工学会『わかりやすい構造物基礎』一)。

(四—二) 杭

明治になってヨーロッパからもたらされた近代建築では基礎に木杭が使用された。「建物を支持する杭基礎は、明治時代に外国から導入された文化としての木杭が起源である」(杉村義弘『建築杭基礎雑考』一)。近代建築の導入のためイギリス

から招かれたコンドルの考えをまとめた『造家必携』には、柔らかい「人為土層」の下に「天然ノ硬盤」がある場合には、それに届くように杭を打つように記されている。

最モ普通法トスル所ノモノハ松丸太カ若シクハ之ニ類スル他ノ木材ヲ打ち其軌層ヲ貫イテ硬盤ニ達セシメ杭頭ヲ地下若干尺ノ處ニ於テ切り揃ヘ触留ヲ作テ銘々繋ギ合セ夫レヨリ丈夫ナル捨ヲ附スルカ若シクハ幅廣ク煉砂利ヲ打ち且其厚ヲ多クシテ以テ杭頭ヲ蔽フナリ。(コンドル『造家必携』一一)

明治三十三年(一九〇〇年)、新橋駅から現在の東京駅の地点まで、約四キロの鉄道工事が開始された。このあたりは、東京層という洪積世中期の硬い地層の上に有楽町貝層という沖積層がある。東京層は場所によつては地表に露出していたり、海面下二〇メートル以上も深いところもある。この区間のなかでも特に外濠沿は「構造物を支える地盤としては最悪」で、九間(一九メートル)の杭を打ち込む必要があったという。ある日、一本半を打ち込んで翌朝来てみると、半分のはうは水分の多い土質のために浮いて全部抜けてしまっていた。そのため最初は千葉産の曲がりが多い松丸太を使っていたが、山形産の松丸太を取り寄せた。こちらは「杉丸太のような良材」で、一日に二本打ち込むことができるようになったという(守田久盛ほか『続 鉄道路線変せん史探訪』四四―五〇)。

本杭は大正三年(一九一四年)に竣工した東京駅でも使われた。丸の内近辺は江戸時代には大名屋敷が並んでいたが、明治になって建てられた陸軍兵営は二二年に移転し、跡地には司法省や裁判所も建てられたが、大部分は明治五年の大火で焼けたままの「草ぼうぼうの荒地」だった。東京駅の土木工事は明治三五年(一九〇二年)から開始された。地表から三・六メートル(二二尺五寸)まで掘削して三・六メートルから七メートルの松杭を六〇センチ間隔で縦横に打ち込み、その上に厚さ一・二メートル(四尺)の基礎コンクリートを打ち、さらに平鋼と丸鋼を格子状に敷き並べ、コンクリートを打って基礎床板とした。松杭は、一万一五〇〇本使われたという(瀧山養ほか「東京駅を中心とした鉄道建設・改良の変遷」一二五)。

その二年後の大正五年一月から東京と万世橋間の架動橋建設に際して鉄筋コンクリート杭が製造された。八角形で、直径二二インチ(二八・八センチ)で長さ八フット(二・四メートル)から、直径一八インチ(四三センチ)で長さ五〇フット(一五・二メートル)まで二種類で、二年間で九二八一本が製造されたという(守田久盛ほか『続 鉄道路線変せん史探訪』九九―一〇〇)。

現在では、高層の建物の基礎として「場所打ちコンクリート杭」が使われることが多い。一九七一年頃からは、支持力をあげるために杭の先端部分を円錐状に拡大したものが使われている。直径六メートル、長さ七〇メートルという大きな杭も作られている。この杭にも種々の工法があり、現在、幅広く使われているのは「場所打ち鋼管コンクリート工法」である。先端に鋼管を配置して中に鉄筋とコンクリートを入れて固めると、鋼管は長い管に横(水平)方向からかかる剪断力に強く、鉄筋とコンクリートを中に入れることで、座屈と呼ばれる杭の曲がりをおさえることができる。また、鋼管の外面をすべりやすく加工して、土との摩擦をおさえることもできる。そういった特性から、一九九五年の兵庫県南部地震以降、「耐震設計の必要性から多用されている」(地盤工学会「わかりやすい構造物基礎」一六一―一六四)。

こうして、現在の高層の建物は、地面の下でも、鋼と鉄筋とコンクリートを用いた杭によって支えられているのである。

(四―三) 高層化

古代から、日本でも、石と木を用いて高い建物はいくつかが作られてきたが、人がそこで住むのではなかった。佐原真によれば、弥生・古墳時代にも高い建物はあり、飛鳥・奈良時代にも鐘楼・鼓楼があったが、いずれも「階段を昇って機能を果たす高い建物」であった。大規模な宮殿や宮門、お寺の金堂や塔は「力と権威」をみせるためのものであった。鎌倉時代に宋から禅宗建築が入り、京都の東福寺や知恩院などの山門では、階上に釈迦や五百羅漢などの仏像を置き、両側に付属する小さな建物から階段で昇れるようにして二階も利用するようになった。室町時代になると、金閣、銀閣では階上にも畳を敷き、床の間もできたという(佐原真「人はな

「ぜ塔を建てるか」(二二一)。

大河直躬は、そうした中国建築の影響よりも「居住空間の接地性を重視する」日本の習慣が勝り、二階建てはなかなか採用されなかったと指摘する。桃山時代から江戸時代初期になって京都や江戸の町家では二階屋が多くなり、三階建ての町家や土蔵もできた。しかし三階建ては「幕府の禁令により消失」したという。とはいえ、この時期の二階は一部だけ部屋が設けられ、他は物置として使われた。幕末には町家の二階に広い座敷がつくられ、階段も勾配がゆるくなったという。そして「都市の庶民住宅」に二階建てが普及するのは明治後期から大正時代にかけてである(大河直躬「二階」)。

なお、先にみた東北地方の民家では、一八世紀後半頃から、中二階がつくられた。土間や寝室に置かれた中二階は、寝室に使われたり、養蚕の施設などとしても使われた(草野和夫『近世の民家の成立過程』一〇七―一〇八)。

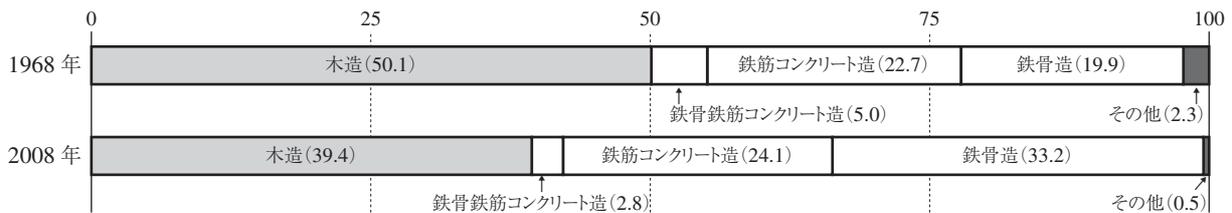
明治になってからも、高層化はあまり進んでいない。「大正八年に、建物の高さの限度を地上二〇〇尺と定めて以来、ビルというビルの天端は三メートルで止まった」のである(豊島光夫『絵でみる基礎専科 下』六一五)。基礎については、七階建て、八階建ての建物には、一九六〇年頃まで、松の木杭が「かなりの量で使用されていた」。たとえば、一九五六年竣工の日本電池ビルは、地上八階、地下一階であるが、長さ一三・五メートル、細いほうの直径二〇センチのものが使われていた(同上書、七三五―七三七)。高さの制限が撤廃されたのは、昭和三八年(一九六三年)に建築基準法が一部改正されてからである(日本建築構造技術者協会編『図説 建築構造のなりたち』八〇)。

一九八〇年後半から鉄骨やコンクリートによって「超高層鉄筋コンクリート建築物」の施工がさかんになり、コンクリートの「高強度化」が進み、これに見合う鉄筋の「高強度化」の要求が高まった(西林新蔵ほか編『コンクリート工学ハンドブック』一九九)。一九九一年に完成した地上三〇階の超高層住宅は、次のように建てられている。

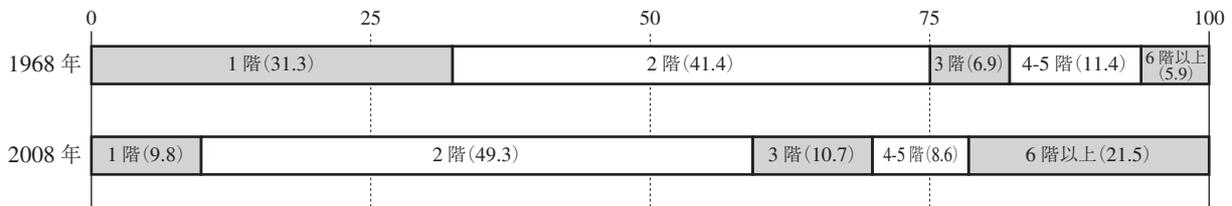
最近の超高層住宅は、遮音性や風による揺れなどの居住性を考慮して、構造軀

新規着工の建物の変化

○建築構造別の総床面積の構成比 (パーセント)



○階数別の総床面積の構成比 (パーセント)



資料 『建築統計年報』昭和 43 年度版 (1969 年、建設省計画局調査統計課 監修)
『建築統計年報』平成 21 年度版 (2010 年、国土交通省総合政策局情報安全・調査課建設統計室 監修)

体を鉄筋コンクリート系で設計することが多いのです。この場合、設計および施工面で要求されることは、高品質、短工期、労務省力化、経済性などであり、ここでは鉄筋コンクリート造のプレキャスト工法を採用しました。（日本建築構造技術者協会編『図説 建築構造のなりたち』八四）

予め工場で作られた柱、大梁、床をワークレーンで順に吊り上げ、それらが「現場打ちコンクリートで一体化」されるといふ（同上書、八四）。

こうして、地面から高く建てられた建物のなかに広大な床、つまり「地面」が広がっている^山。グラフに示したのは、一九六八年と二〇〇八年に新規に着工された建物の統計である。一〇平方メートル以上の建物を建てる際には、建築基準法で都道府県への届け出ることが定められており、それを集計したものである。ここでは、新規着工の建物の総床面積を比較してみた。

構造別にみると、木造は一九六八年には半分を占めていたが、二〇〇八年には四割に減少している。鉄筋コンクリート造は、どちらの年でも二割と変化がなく、二〇〇八年に増えているのは、鉄骨造である。総床面積で比較すると、木造、鉄骨造、そして鉄筋コンクリート造の順になっている。

階数別に比較すると、一九六八年には全体の三分の一を占めていた一階の面積は、二〇〇八年には一割を切っている。一階と二階の合計は、四〇年前には七割を占めていたが、二〇〇八年には半分を少し越えるまでに減少し、六階以上の床面積が全体の二割になっている。

構造と階数が関連していることはいままでもないが、現在建てられている建物は、地上から高いところに多くの「床」を生み出しているのである。

（四―四）「壊れない」から「揺れない」へ

建物の高層化により、地震が発生すれば、広い面積の床が揺れる。

長い間、地震に対応する方法は「耐震」と呼ばれてきた。日常の地震では被害はないものの、大きな地震では「人命が失われなことを前提」に「建物が損傷することを許容」するものであった。その結果「資産の安全」つまり「建物および内容

物の安全までは十分に確保されていない」ことが問題であった。次に「免震」という考え方が登場した。免震は特定の場所（たいていは一階）を「免震層」としてそこに地震のエネルギーを吸収させ、それより上の構造の揺れを低減させるという方法である（日本免震構造協会『免震構造』三一四）。

「耐震」でも「免震」でもなく「制震」の必要性を論じた小堀鐸二は、一九九五年の兵庫県南部地震について「特筆すべきは、脆弱な古い家屋の多くは瞬時に倒壊し数多くの死傷者を出した」と述べた上で、「建物が倒壊に至らなくても」、その中であつた家具、什器、テレビ、コンピュータ等の生活関連機器が「激しく転倒し移動して損傷」したこと、「電気や水道・ガスなどのライフラインの機能停止が相ついだ」こと、病院も「建築構造としては壊れなかった」のに「激しい揺れで病院としての内部機能」を失ない、救急医療の役に立たなかつたことを重視する。

従前は地震時に人命を守るという大目的のために建物があつた。だから建物が損傷しても崩壊しさえしなければ人命は守れた。だがこれが耐震構造の限界であつた。その限界を越えて建物に発生する激しい揺れを制御する発想は全くなかつた。（小堀鐸二『新版 制震構造』「新版の刊行に際して」）

先にみたように、鉄骨や鉄筋コンクリートは耐震性があり、耐火性もあり、大正期以降現在まで建築の主流になっている。「損傷しても崩壊しさえしなければ人命は守れた」のである。しかし、小堀は、それでは大きな地震に対しては不十分であり、「制震構造」が必要だといふ。

今までの耐震構造は、地震動に対して身を固くして耐える剛構造か、しなやかに揺れながら耐える柔構造のいずれかであつて、ともかく、ひたすら耐え忍ぶ受け身（パッシブ）の構造であつたのに対して、制震構造は、建物を揺れないようにコントロールしてしまおうとする能動的（アクティブ）な意図をもつものである。（小堀鐸二『揺れを制する』一九四）

具体的には、地震の揺れを感知して、それに即座に対応するかたちで、建物内に置いた錘おもりが移動したり、筐体の強度が変化して、建物が揺れないようにするという。こうして、近代社会では建物の巨大化と並行して、耐震から免震そして制震へと、建物の地震への対応について考え方が展開されてきた。

ところが、二〇一一年の東北地方太平洋沖地震の後に、日本地震学会の会長が次のように語っている。

—地震学者として何をすべきだとお考えですか。

地震がきたら、街全体がふわっと浮き上がって、被害を避けられるような画期的なシステムができないか。マンガのような話を夢みたりしている。いまは、地震の正体を見極める研究を続けることが、我々、地震学者の社会に対する責任の取り方だと思う。(『朝日新聞』二〇一一年八月一七日)

地震の専門家が「街」を地面から切り離し、揺れが及ばないことを夢想する。高層の建物も、工夫されて揺れにくいものがつくられつつあるが、建物が地面と繋がったままである以上、揺れることは避けられない。免震も制震も、揺れを極力減らすとするものであるが、地震の影響を完全になくすためには、構造物を地面から切り離すしかないのである。¹³⁾

結 び

人は、地面の上にさまざまなものを置き、また建ててきた。日本では、石垣が積まれ、石灯籠や墓石が置かれ、木造の建物が建てられ、鉄骨や鉄筋コンクリートを用いた構造物が地面の上に高く伸び、地面の下には深く基礎が組まれる。

こうした過程を経て私たちは現在、次のような考え方を持つようになったといえるであろう。

われわれはものがいつ壊れるか予想できない時代から、すべてのものは決して

壊れないように作るべきだと期待される時代へと移ったのである。

この期待は理に合わない。(エバハート『ものが壊れるわけ』一一三)

いっぽう、そうした営みとは関係なく、昔も今も、たびたび「常ノ地震」はおきるし、「ハゲシサ言フ許ナク」と感じるほどの大きな地震も稀に起きる。

建築の専門家は次のように指摘している。

安全に絶対ということはありません。まして地震のことを考えると、たかが千年程度の伝えられた記録と、百年くらいの技術的蓄積で、何万何十万年に一回という地震が、果してどんな形で発生するのかなどと考えると、絶対大丈夫ということは、軽々しく言えるものではありません。(中略)より安全なものをつくることは、できます。ただ、機能や造形や経済という側面を無視して安全だけ求めても、それは建築にはならないことも、わかると思います。(神田順『耐震建築の考え方』八〇)

いったい、私たちの暮らしているこの地面の上は、地震という地面の下から伝わる揺れに対して、昔よりも「大丈夫」になっているのであろうか、そうではないのだろうか。

ある鉄骨造の技術書の冒頭には、次のように記されている。

建築は、我々人間が安全・快適に生活を行うための、自然界から隔離された空間を提供するものであり、人間の歴史とともに存在してきた。(青木博文編著『構造設計のプロ入門 鉄骨造建築編』一)

現代の建物の部屋は、古墳時代の石室と同じように、頑丈に囲われている。尤も、床や壁や天井は石造りではなくて、厚いコンクリートでつくられている。そして、その中身の大半は、どこからか運ばれて砕かれた石や砂、あるいは一度用いら

れて転用された廃コンクリートである。

私たちは、コンクリートの床、壁、天井に囲まれた「箱」から「箱」へと移動して日常をすごしている。地下の杭もコンクリートや鋼鉄でできている。鉄道や自動車、トンネル、高架、道路にも、膨大な量のコンクリート、アスファルト、鋼鉄などの金属が用いられている。

この頑丈な部屋は、気密性も高く、空気も光も遮断することができるので、風や雨、雪、気温の変化など、「自然界」の影響を受けることなく、空調（空気調和）により年中快適な状態に保たれている。強い日照、大雨、豪雪、強風などを寄せ付けず、火事にも耐える極めて快適な部屋である。ただし、この部屋は、「機能や造形や経済」の制約により「決して壊れない」と保証できるほど頑丈にはつくられていない。

総じてこの頑丈な部屋は「自然界から隔離された空間」になりつつあるといえるであろう。しかし、地面から離れた空中にあるとはいえず、地面とは繋がったままである。それゆえ、稀に起こる大きな地震の揺れは、昔と同じように、あるいはそれ以上に、高層の建物を揺らせ、空中に積み重なった頑丈で快適な部屋の床と壁と天井を揺らせ、その中に置いてあるものを揺らせ、そこに居て、もはや昔のように地面に逃れることもできない私を揺らすのである。

「自然界」の作用をひとつひとつ遮断してきたこの快適な「箱」に最後まで影響を与えるは、地震という地面の揺れであるのかもしれない。

(二〇一三年一月二〇日)

註

- (1) 中国の万里の長城は、主として四つの方法で造られている。木の板で枠をつくり間に木の枝や葦などを加えた粘土や石灰石を詰めて固める、粘土で干し煉瓦を作り、それをまた粘土で接着して積み上げる、焼いた煉瓦を積んで中に黄土を詰める、板状に加工したものを含む山の石を積む、である（蟹澤聰史『石と人間の歴史』一四三―一四四）。つまり「万里の長城は『万里の石垣』ではない」（田淵実夫『石垣』一七九）。
- (2) 一九九五年の兵庫県南部地震による歴史的建造物の被害と復旧を報告した文献にも、「石造物については倒壊したものを積直すという単純な経緯をたどっている」と記されている（加藤邦男編『阪神・淡路大震災と歴史的建造物』一三三）。なお現在では、墓石にも

工夫がなされている。昭和初期までは「土間に墓石を建てるだけであった」が、外の柵やカロートという納骨堂が作られ、石材の使用量も増えたので、鉄筋コンクリートで基礎がつけられるようになった（中江庸「墓地・墓石の耐震工法の紹介」。一九九五年の兵庫県南部地震に関心が高まり、最も普及しているのは「さお石と土台などをステンレス製の棒でつなぐもの」で、関東のある墓石店では、複数の棒を入れるものが新設の墓石のほとんどに使用されている。また「さお石」の下に樹脂シートを貼り付けて台に固定する方法もあり、実験では「震度七の揺れでも、まっすぐに立ったさお石は倒れなかった」という（『読売新聞』二〇〇七年八月二五日）。二〇一二年の東北地方太平洋沖地震でも注目されている。そもそも「一般的に三段重ねの墓石は全体で重さが約一トンあり、対策を取らないと震度四〜五程度で倒れてしまうという」。五センチ四方の樹脂のマットをつなぎ目の四隅につけると「震度七程度にも耐えられ」る。こうした工法や部品への注文が増えているという（『毎日新聞』二〇一二年八月一三日）。

(3) この引用は、塚本学『生きることの近世史―人命環境の歴史から』二三四ページを参考している。

(4) 今日の本造建築工法の大きな特色のひとつは「布基礎」である。逆T字型に建物の下を囲む基礎で、石積み、コンクリートブロック造、無筋コンクリートなどの工法を経て、一九八〇年代になって鉄筋コンクリートが標準になった。現代では、建物の範囲すべてを鉄筋コンクリートで覆う「ベタ基礎」が広まっている（坂本功監修『日本の木造住宅の一〇〇年』八〇―八三）。

(5) 『愚子見記』の成立年代については、岡本ほか『日本古典建築学体系の確立過程』を参照した。

(6) 神社本殿の被害が少ないのは、総体に小規模・軽量で、屋根が檜皮葺・葺等の軽い植物性葺材で葺かれている例が多いこと、柱足元が地覆などで一体化されている例が多いこと、出入りが少ない単純な矩形平面でかつ側面背面の三方が壁の場合が多いこと、立地が良好なことなど、その建築的特性によるところが大きいという。また、茅葺の伝統的民家は、震度の高かった地域でも比較的被害が軽微であったという。屋根が一体性の高い構造になっているためであるという（加藤邦男編『阪神・淡路大震災と歴史的建造物』二五―四三）。なお、一九九五年の兵庫県南部地震の犠牲者の死因の八三・三パーセントは、「建物倒壊による頭部損傷、内臓損傷、頸部損傷、窒息・外傷性ショック等」である。一九二三年の関東大地震では、八七パーセントが「火災」あり、二〇一一年の東北地方太平洋沖地震では、九二・四パーセントが「溺死」である（嶋津孝之『建築防災―耐震構造の歩み』一五、二八）。同じように地震が起こっても、状況により、被害の内容は異なる。

(7) この東京丸善の建物は、地上三階、地下一階で、基礎には長さが三・六メートルから六・三メートル、直径一五から一八センチの松杭が使われていた（豊島光夫『絵で見る

- 基礎専科」下、七三六。
- (8) 一九九五年の兵庫県南部地震では、神戸の中心部において、戦前のRC造の近代建築、とりわけ関東大震災以降に建てられたものは、震災の被害が比較的少なかったという(加藤邦男編『阪神淡路大震災と歴史的建造物』六三三)。
- (9) 現在でも、あちこちの城の石垣は修復されている。文化財になっているような場合は、基本的に元の方法で修復がなされる。しかし、岐阜県の石屋さんは、東海地方の掛川城や清洲城の石垣を復元するには、石垣だけでは数値によって安全性が示せないため許可が下りず、コンクリートを用いることになってしまおうと語る。「安全のために、まずコンクリートを打ちましょう。そうしておいて石を張りましょう」と役所が言うのである。この石屋さんは、コンクリートは「一センチ平方あたり百五〇キロの力で割れるが、花崗岩が割れるのは、千六百キロである」から一〇倍硬く、「自然に花崗岩が風化するのは、大体表面が一ミリ風化するのに百五十年」といわれているので、石そのものは「永久だと思えます」と言う(塩野米松『手業に学べー天の巻』、二四七―二四九)。
- (10) 松の丸木は、石垣の下にも使われていた。城が平地につくられるようになり、堀から石垣が立ち上がるようになった。「堀の底に太い松の胴木を敷き、その胴木がずれないように短い松丸太の杭を打って留める。そして、胴木の上に直に根石を据え、そこから石垣をたちあげるのである。もちろんコンクリートやセメントは一切つかわない」。石垣が崩れる原因としては不同沈下^{ちふちんせいか}というものがある。一番下に置かれた根石が「まちまちに沈下」するのである。しかし根石が胴木に載っていれば、石垣全体が揃って沈むので、崩れることはない。水中では木材は腐ることがなく、何百年もつという。特に松材は、「樹脂が多くて水に強く、粘り気があって折れにくい」(三浦正幸『城のつくり方図典』、五四―五五)。
- (11) 「日本の超高層ビルは、大きな自重と地震力さらに風圧力を安全に合理的に支えることとのたまたかいでした」という指摘がある(日本建築構造技術者協会編『図説 建築構造のなりたち』八)。高層の建物にとって風も重要な課題である。
- (12) 大阪市阿倍野区につくられている二〇一四年完成予定の「あべのハルカス」は、地上六〇階、地下五階、高さ三〇〇メートルの「超々高層建物」である。設計者によれば、「多様な耐震設計」がなされている。
- 主な特徴は次のとおりである。第一に、柱の設計においては高強度のコンクリートと高強度の鋼材が使われている。第二に、「設計クライテリア」のレベル一(約五〇年周期の「稀に発生する地震動」)についても、レベル二(約五〇〇年周期の「極めて稀に発生する地震動」)についても、それらに対応できるように余裕をもって設計されている。第三に、上町断層帯を震源とする地震と、東南海・南海地震が発生した場合の地震波を計算し、それに耐えるようにつくられている。
- 各部分の構造をみると、基礎は「ベタ基礎」と杭を併用し、両方で建物の荷重を負担

する「パイルド・ラフト」という構造である。低層部には振動を吸収する「粘性体ダンパー」と「回転摩擦ダンパー」が「四隅にバランスよく」配置されている。前者は、柱などの躯体から伝わる力をシリコンなどの樹脂で受けて弱める装置で、後者は、同じ力を回転力に変換し、それを更に摩擦力に変換してしまう装置である。中層部には、上下には自由に動き水平方向の力には抵抗する「波型鋼板耐震壁」と、「耐震ブレース」という三角形の補強材があり、二辺が交わるころにも「回転摩擦ダンパー」が設けられている。また高層には柱と梁が強力で接合された「ラーメン架構」と「耐震ブレース」が、その上の吹き抜けには「心棒ダンパー」が設置されている。心棒ダンパーは、高層部の躯体に接続されたオイルダンパーで、構造物が変形しようとする力を油圧で受けて、変形する角度を約一〇パーセント低減するという。(前野敏元ほか「三〇〇m建物の性能設計―あべのハルカス」)。

大別すれば、パイルド・ラフトやコンクリート、鋼材、ブレース、ラーメン架構は耐震の構造であり、ダンパーは制震の装置である。

- (13) 反対に、「社会」の側が、地震学で「微雑動」と呼ばれる地面の揺れを引き起こしている。海岸付近で波浪によって生じるものが主なものであるが、風や滝など自然のものだけでなく、交通機関、工場、土木工事などで発生するものが多く、「市街地付近では人工的微雑動が著しい」。こうした振動は、地震計で地震を測る際の「障害」にもなるといふ(宇津徳治『地震学』一一二)。

引用文献

- 青木博文編著『構造設計のプロ入門』日本建築センター、二〇〇九年。
- 赤羽貞幸・原田慎太郎・桑原夏美・菅野真司「石灯籠の破損から見た善光寺地震(一八四七)の震動」『歴史地震』二四、二〇〇九年。
- 秋池 武「近世の墓と石材流通」高志書院、二〇一〇年。
- 『朝日新聞』二〇一二年八月一七日。
- 今谷 明『日本の歴史⑨ 日本国王と土民』集英社、一九九二年。
- マイケル・ウェランド『砂』林裕美子訳、築地書館、二〇一一年。
- 宇津徳治『地震学 第三版』共立出版、二〇〇一年。
- マーク・E・エバハート『ものが壊れるわけ』松浦俊輔訳、河出書房新社、二〇〇四年。
- 大河直躬『二階』『世界大百科事典 改訂版』平凡社、二〇〇六年。
- 大久保森造・大久保森一『石積の秘法とその解説 改訂増補版』二〇一〇年、理工図書。
- 大崎順彦『地震と建築』岩波新書、一九八三年。
- 太田陽子・小池一之・鎮西清高・野上道男・町田 洋・松田時彦『日本列島の地形学』東京大学出版会、二〇一〇年。
- 岡田文男『林業―樽の生産と流通』『列島の古代史―ひと・もの・こと 2 暮らしと生

- 業』岩波書店、二〇〇五年。
- 岡本真理子・麓 和善・河田克博・内藤 昌「日本古典建築学体系の確立過程―『愚子見記』展開の意義」『技術と文明 日本産業技術史学会誌』四巻一号、一九八八年。
- 柿崎正義・原田 實・西川五十一『ビル解体工法』鹿島出版会、一九七三年。
- 加藤邦男編『阪神・淡路大震災と歴史的建造物』思文閣出版、一九九八年。
- 金森安孝「仙台城の石垣―本丸跡の石垣解体に伴う発掘調査から」峰岸純夫・入間田宣夫編『城と石垣―その保存と活用』高志書院、二〇〇三年。
- 蟹澤聰史『石と人間の歴史―地の恵みと文化』中公新書、二〇一〇年。
- 『河北新報』二〇一二年九月一五日、一六日。
- 神田 順『耐震建築の考え方』岩波書店、一九九七年。
- 木戸雅寿『よみがえる安土城』吉川弘文館、二〇〇三年。
- 草野和夫『近世民家の成立過程―遺構と史料による実証』中央公論美術出版、一九九五年。
- 『建築統計年報』昭和四二年度版（建設省計画局調査統計課監修）、平成二二年度版（国土交通省総合政策局情報安全・調査課建設統計室監修）。
- 小堀鐸二『揺れを制する』鹿島出版会、一九九八年。
- 小堀鐸二『新版 制震構造』鹿島出版会、二〇〇四年。
- ジョサイヤ・コンドル口述、松田周次・曾禰達蔵筆記『造家必携』（明治文化研究会編『明治文化全集 補巻三 農工編』日本評論社、一九七四年、初出は一九八六年）。
- 酒井伸一『災害廃棄物問題への取り組み―三陸から世界へ』『科学』八二―四、二〇一二年。
- 坂本 功（監修）『日本の木造住宅の一〇〇年』日本木造住宅産業協会、二〇〇一年。
- 佐藤弘夫『死者のゆくえ』岩田書院、二〇〇八年。
- 佐原 真「人はなぜ塔を建てるか」国立歴史民俗博物館編『高きを求めた昔の日本人―巨大建造物をさぐる』山川出版社、二〇〇一年。
- 塩野米松『手業に学べ―天の巻』小学館、一九九六年。
- 静岡県編『静岡県史 別編二 自然災害誌』一九九六年。
- 鳴津孝之『建築防災―耐震構造の歩み』鹿島出版会、二〇一二年。
- 白石太一郎・吉澤 悟「奈良県天理市中山念仏寺墓地の調査」白石太一郎・村木二郎編『大和における中・近世墓地の調査』国立歴史民俗博物館研究報告 第一二二集、二〇〇四年。
- 杉村義弘『建築杭基礎雑考』総合土木研究所、二〇〇九年。
- 瀧山 養・守田久盛「東京駅を中心とした鉄道建設・改良の変遷」島秀雄編『東京駅誕生―お雇い外国人バルツァーの論文発見』鹿島出版会、一九九〇年。
- 田淵実夫『石垣』法政大学出版局、一九七五年。
- 田村浩一・近藤時夫『コンクリートの歴史』山海堂、一九八四年。
- 田村善次郎・TEM研究所『棚田の謎―千枚田はどうしてできたのか』OM出版、二〇〇三年。
- 地盤工学会『地盤工学入門』二〇〇〇年。
- 地盤工学会『事例で学ぶ地質の話―地盤工学技術者のための地質入門』二〇〇五年。
- 地盤工学会『わかりやすい構造物基礎』二〇〇九年。
- 塚本 学『生きることの中世史―人命環境の歴史から』平凡社、二〇〇一年。
- 豊島光夫『絵でみる基礎専科』上・下、建設資材研究会、一九七七年。
- 中江 庸『墓地・墓石の耐震工法の紹介』『お墓と地震と地盤』日本石材産業協会、二〇〇六年。
- 西林新蔵・小柳 洽・渡邊史夫・宮川豊章編『コンクリート工学ハンドブック』朝倉書店、二〇〇九年。
- 日本建築構造技術者協会編『図説 建築構造のなりたち』彰国社、一九九八年。
- 日本免震構造協会編『免震構造―部材の基本から設計・施工まで』オーム社、二〇一〇年。
- 原 眞『改訂 砕石』技術書院、一九七五年。
- 原田 実『コンクリートの解体と再生』山海堂、一九九八年。
- 藤森照信『日本の近代建築』上・下、岩波新書、一九九三年。
- 『毎日新聞』二〇一二年八月一三日。
- 前野敏元・平川恭章・佐分利和宏「三〇〇m建物の性能設計―あべのハルカス」日本建築総合試験所『GBRC』三七―二、二〇一二年。
- 町田 洋・小島圭二編『自然の猛威（日本の自然⑧）』岩波書店、一九九六年。
- 町田 洋・新井房夫・森脇 広『基礎の考古学―改訂新版 地層の知識 第四紀をさぐる』東京美術、二〇〇〇年。
- 三浦武亜「気象庁震度の変遷―明治一七年以降」『測候時報』三一―六、一九六四年。
- 三浦正幸『城のつくり方図典』小学館、二〇〇五年。
- 源 愛日見『木造軸組構法の近代化』中央公論美術出版、二〇〇九年。
- 宮澤智士「近世民家の地域的特色」永原慶二・山口啓二編『講座・日本技術の社会史 七 建築』日本評論社、一九八三年。
- 村松貞治郎『日本近代建築の歴史』岩波現代文庫、二〇〇五年（初出は、日本放送出版協会、一九七七年）。
- 守田久盛・高島 通『続 鉄道路線変せん史探訪―真実とロマンを求めて』集文社、一九七九年。
- 盛本昌広『草と木が語る日本の中世』岩波書店、二〇一二年。
- 文部省震災予防評議会『増訂 大日本地震史料』全三巻、一九四一―一九四三年。
- 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編『日本の地形Ⅰ 総説』東京大学出版会、二〇〇一年。
- 『読売新聞』二〇〇七年八月二五日。

How we have put and constructed materials on
soft ground of the Japanese Archipelago :
A Sociological Study of the Earthquake (3)

HARADA Takashi

Abstract : This is the third part of a research project on a sociological study of the earthquake. In this paper, I have focused on the materials we have put or constructed on soft ground of Japanese archipelago.

Over millions of years the Japanese Archipelago has been transformed by earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions and other earth movements, and it is against this backdrop that our ancestors developed their social and cultural traditions.

We have used stones to make walls for small rice fields of mountainous area, and then for castles in medieval period. We also have put huge number of stone monuments in local graveyards since the end of the medieval period.

In Japan we have been building houses and buildings using timbers for long time. Almost all of them were one story. Then, in twentieth century, we constructed multi story buildings using steel and reinforced concrete. Of course, some tactics were used in building timber houses for not destructed by intense ground shaking caused by earthquakes, but it is since the beginning of twentieth century that we introduced and invented quake-resistant devices. These seismic resistant buildings were followed by those of base isolation and seismic-controlled buildings.

Today we live in 'quake-resistant' buildings. This means that we live on floors above ground and we are shaken by earthquakes and suffer severe damages.

So it is possible to say that modern culture had changed earthquakes and tsunamis which were primarily natural phenomena into social disasters.