

地下都市インフラ整備計画 —「安全・安心のビジョン 2050」の提案—

稲田 達夫*

1. はじめに

10年ほど前、東京駅前の「丸ノ内ビルヂング（通称「旧丸ビル」、大正12年竣工）」の解体調査を手がけた時のことである。旧丸ビルは、平面形は一辺が約100mの正方形で、高さが当時の単位系で百尺（31m）という、大正時代としてはかなり大きな建物であった（図-1）。竣工当初は、新しいビルを一目見ようという人達で街は溢れかえったとあるから、大変な人気スポットであったようである。

私は、少ない情報から当時の状況を思い描く内に、旧丸ビルというのは多分国際的に見ても類のない巨大なプロジェクトであって、世界に誇れる巨大建築物が日本に誕生した最初なのだろうと勝手に思いこんでいたのである。しかし、いろいろな文献を読み進む内に、そうでもないことが分かってきた。旧丸ビルが竣工したのは、1923年であるが、ニューヨークに高さ241m、「商業の大聖堂」と称されたウールワースビルが竣工したのは1913年のことである。20世紀初頭の米国ニューヨークは、100mを超える超高層ビルが既に林立しており、日本の当時とは比べものにならない光景であったようである（図-2）。

そして、ニューヨークをそのような光景に導いたのが、実は後に旧丸ビルの構造設計と施工を請け負うことになる米国のジョージAフラァ社である。フラァ社は、20世紀初頭、米国東海岸で大規模ビジネスビル建設に名を馳せた建築工事会社であるが、その創業者はセオドア・スターレットという人物である。セオドアは、スターレット5兄弟（兄弟は皆フラァ社の経営に深く関与）の長兄であるが、以下のような逸話が残っている。彼は1906年に100階建ての建物を新聞に発表した。それは、とても風変わりな箱型の建物で、一番低層部には生産工場を置き、その上に事務所空間、住宅、ホテルと階を積み重ね、さらにそれらを劇場や商店街を含む広場で隔て、さらにその上には遊園地、屋上庭園、プールを配するというものだった。今風に言えばコンパクトシティの典型ともいえる、壮大な構想であったが、米国はそのビジョ



図-1 旧丸ビル全景（大正12年竣工当時）



図-2 1908年当時のニューヨークのスカイライン

ンを徐々に現実に移すことにより、大発展を遂げるようになった。

さて、現在の日本であるが、我々は1900年初頭にセオドア・スターレットが描いたような壮大なビジョンを掲げ、実行に移すことができるかというのが、今私が考えていることである。次章以降で、将来に向けて、何をすべきかもう一度よく考えてみたいと思う。

2. 2050年に向けた建築分野の将来ビジョン

今からちょうど1年ほど前、私は日本建築学会他建築関連17団体による「建築関連分野の地球温暖化対策ビジョン2050—カーボンニュートラル化を目指して—」という提言の起草のために、奔走していた。2050年には、建築の施工時あるいは運用段階においても基本的に建物からは一切二酸化炭素の排出しないようにしようというのが提言の骨子である。これもまた、ある意味壮大な構想で、状況次第では大ぼら吹きとでも呼ばれかねないものであったが、何とか2009年の12月に東京三田の

* いなだ・たつお／福岡大学 工学部建築学科 教授

建築会館において記者発表することができた。しかし、「ビジョン 2050」と銘打ってみたものの、我々の 2050 年に向けた目標あるいは 2050 年の人々に伝えるメッセージが、ここにすべて盛り込まれているかと言えば、そうとは言えないことに多少のわだかまりを持っていた。というのは、環境の時代というのは納得できるとしても、「カーボンニュートラル化」という言葉の延長にどのようなバラ色の未来が見えてくるのかと言えば、必ずしも自信が持てなかったからである。

「カーボンニュートラル化」と言っても、2050 年には大気中の二酸化炭素濃度は今よりもかなり高くなっているはずであるから、それに伴う気候変動は厳しさを増しているものと思われる。もちろん「生活水準を下げることなく」という枕詞は付くとしても、やはり今よりはかなり制約の多い世の中になっていることが予想される。建物の長寿命化は「カーボンニュートラル化」の重要な柱の一つであるが、下手をすれば新しい快適な住居の代わりに、古ぼけた機能性も劣る不快な生活空間を押しつけることにもなりかねない。建物の維持管理には、実際には多大な費用を要するはずであるから、経済的にも今よりは良くなるとは言いきれない。

そのような印象から、「カーボンニュートラル化」だけでは、次代に伝えるメッセージとしては、まだ不十分というのが、現在の私の心境である。我々ができることはまだ他にあるはずである。というわけで、次代に向けて、我々は何を伝えるべきなのか、次章以降それについて考えてみたいと思う。

3. 2050 年の建築構造分野の未来像

我々が、2050 年のビジョンを設け、それに向けて邁進しようとするのは、今の時代の人々に応分の投資・我慢を強いることにより、その見返りとして 2050 年の明るい将来を作り出そうということであるから、2050 年の人達が、そして我々も納得できる明るい未来が見えなければ意味が無い。その意味からも、もう少しどちらの人達にも分かりやすい未来像を示すことが必要のように思う。それで、カーボンニュートラル化に加え、2050 年に向けた建築構造分野の未来像として以下の 3 点を考えてみた。

- (1) 地下都市インフラ整備計画
- (2) 長寿命中低層建物の免震化促進
- (3) 非長寿命中低層建物の木質構造適用拡大

このうち (1) については、コンクリート工学協会とも関連が深いと思われるので、以下で詳述する。(2)(3) については、次章で概略を説明する。

3.1 地下都市インフラ整備計画の意図

まず最初に、次代に伝えるメッセージの具体的な一例として、筆者が数年前より提唱している「地下都市インフラの整備計画」について述べてみたいと思う。

今から 10 年程前、旧丸ビルの解体調査を進めながら併行して、丸の内の再開発計画に関与していたころ疑問に感じたことであるが、従来、民間建設プロジェクトは、閉ざされた敷地の範囲で建物が完結するように計画が進められる。結果として、隣接する敷地境界の両側に本来 1 枚で済ませられる（あるいはいらぬ）はずの地下外壁が並立してしまうという問題が存在する。土木プロジェクトとして進められる上下水道、地冷・地暖の配管等、都市インフラ整備は、敷地内の建設プロジェクトとは独立に道路下で進められる結果、その周囲には同様に別の地下外壁を造ることになるから、総合的にみると実にちぐはぐで無駄の多い都市開発が進められてきたことになる。

基礎・杭あるいは土圧壁といった、地下構造物の構築・解体には、多大な環境負荷がかかることが知られている。図-3 に、地下と地上の構造躯体の資材製造時に排出される二酸化炭素の比率を示す。これによれば、地下躯体の構築には地上躯体の構築の 2/3 の二酸化炭素が排出されていることが分かる。この分析で使用した建物群の平均の高さが地上 9 階であるのに対し、地下階は平均 1 階に過ぎないことを考慮すると地下躯体の構築に要する環境負荷が相当のものであることが分かるだろう。

また、解体についても同様のことがいえる。表-1 に地上解体と基礎解体に要する解体重機の投入量（台数/m³）の比較を示す。解体重機の投入量が、それに伴う CO₂ の排出量と比例すると仮定すれば、基礎の解体には地上解体の平均約 2.2 倍の負荷がかかっていることが推定できる。さらには、解体における大量のコンクリートがら

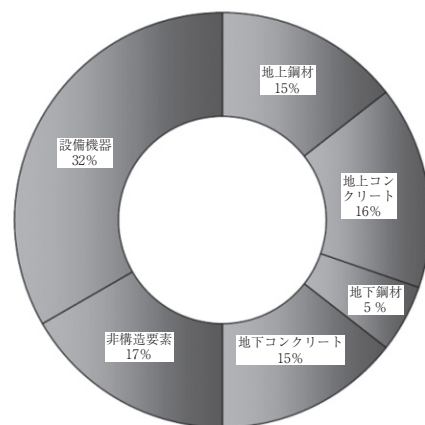


図-3 建設資材製造時に排出される CO₂ 量の工事別内訳

表-1 地上解体と基礎解体における解体重機の投入量の比較

工事名称	重機投入台数		コンクリート量 (m ³)		m ³ 当たり重機投入台数	
	地上解体	基礎解体	地上解体	基礎解体	地上解体	基礎解体
A 工事	58	40	945	579	0.0614	0.0691
B 工事	47	47	1 006	437	0.0467	0.1076
C 工事	87	101	1 727	480	0.0504	0.2104
D 工事	106	92	2 420	1 440	0.0438	0.0639

表-2 既存地下外壁と仮設止水壁・新築地下外壁の関係

止水壁	新築地下外壁	問題点
既存地下外壁の内側に打設	止水壁の内側に新築	有効な敷地面積が小さくなる
既存地下外壁の外側に打設	既存地下壁の内側に新築	既存壁の外側に打設スペースが残されていることは希
	既存地下壁を解体後新築	
既存地下外壁解体後打設	止水壁の内側に新築	コスト・工期・環境負荷大
既存地下外壁を利用	不要	強度・法規上の問題大

等の発生、地下躯体構築による周辺環境への様々な影響を考慮すると、地下の構築・解体は環境問題の視点からみて大きな問題を含んでおり、慎重に進められるべきものであることが分かる。

その解決のために、民間敷地内を含めた地下インフラを「公共物」として取り扱うことにより、建物所有者あるいは、道路を運営する行政側の双方にとってメリットがあり、再使用可能となる「都市インフラ」構築の可能性を検討するというのが本計画の主旨である。

3.2 地下都市インフラ整備の実際

建物建て替え時の、既存地下外壁と仮設止水壁、新築地下外壁の関係を分類するとおおむね表-2に示す5つのタイプに分類される。もちろん、止水壁をそのまま新築地下外壁として使用する等、他にも色々な方法が考えられるが、いずれもそれぞれに問題を含んでおり、決定版としての解決策は無い。そして多くのプロジェクトで同様のことが問題とされ、結果として、敷地境界を挟んで複数枚の地下外壁が、無駄に造られることになる。建物の建設が、大きな環境負荷となることが指摘されている現状において、このような無駄が放置されることは、真に残念なことである。

このような問題を抜本的に解決するためには、都市計画の観点からの新しい方式の導入が、是非とも必要と考える。具体的には、道路下の共同坑と人工地盤を基本とした、「地下都市インフラ整備計画」を提案する。

地下都市インフラとは図-4に示すような形態の、数百年の寿命を前提としたコンクリート構築物である。公共道路下の共同坑は、上下水、地冷・地暖・瓦斯配管を始めとし、電気・電話網配線および、地下街、地下道、地下鉄等に利用可能である。私有地である敷地内地下上部には剛強なマットスラブが構築され、マットスラブと共同坑は剛に連結される。敷地内地下には、必要に応じて地域冷暖房設備、変電設備、駐車設備等公共施設を配置することが可能である。これらの構築物は、基本的に都市インフラの一部として、長寿命工法により公共物として建設される。

3.3 地下都市インフラ整備のメリットと課題

このような構造体を構築することにより、以下のよう

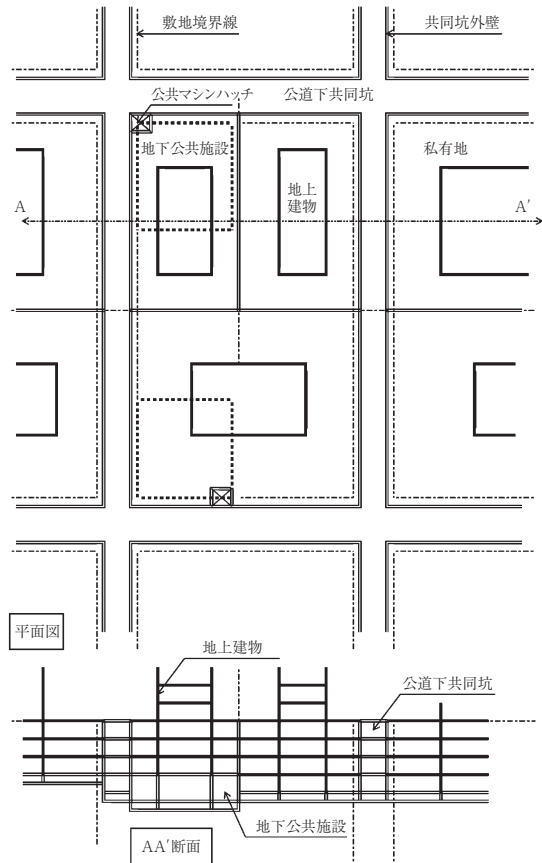


図-4 地下都市インフラ概念図

なメリットが生まれる。

- ・地下外壁に関する諸々の問題が解決する。
- ・上部建物の建設において、地下工事の必要が無くなる。
- ・地下外壁が、道路側に押し出されることにより、有効敷地面積が拡大する。
- ・剛強で広大な地下構築物の構築により、当該地域の地震力の低減が期待される。
- ・地冷・地暖、変電施設等と上部の私有建物の独立性が確保される。
- ・大きな共同坑の構築により、システムティックな都市開発が可能となる。

また、以下の条件を満たすことにより、この都市インフラの建設費の調達が可能と考える。

- ・公道下に都市インフラを構築するための法手続きを整える。
- ・私有地の一部に公共物である都市インフラを構築するための法手続きを整える。
- ・都市インフラを形成する構造体は、隣接する地権者が費用負担する。その見返りに、この制度を利用した地権者は、その貢献度に見合ったインセンティブを受けられる。

このような考え方は、地権者の私有権の一部を公共の利便性のために制限する見返りとして、地権者に何らかのインセンティブを与えるものであり、従来の都市計画上の手法（特定街区、総合設計制度等）と基本的には同

様の考え方とみることもできよう。

この計画を実現するためには、以下の技術的課題がある。

- ・数百年の寿命を必要とする構造物の建設工法および維持メンテナンス技術
- ・大規模地下構造物が構築された場合の、地震力低減の可能性
- ・地下鉄等、既存地下公共構築物との関係調整

しかしこれらの課題は、いずれも既存技術の延長上で比較的容易に解決可能と考える。

このような制度の適用可能な地域としては、当面以下の地域が想定されよう。

- ・霞ヶ関、丸の内、新宿、お台場等の都心または副都心地区等の大都市圏中心市街地

しかし本来は、ビジョン 2050 の「建築を取り巻く都市、地域や社会まで含めたカーボンニュートラル化の推進」を考慮すれば、大都市圏の周辺市街地やニュータウン地区、地方都市市街地の再開発にも拡大して適用されるべきである。

環境負荷を抑制し、優良で持続可能な都市空間を遠い将来にわたって継承していくためにも、地下都市インフラ整備計画の実現に向けての取組みに早急に着手することが必要と考える。

4. ストック時代に向けた建築構造分野の将来ビジョンの構築

さて、前章で述べた地下都市インフラ整備計画により、都市の安全・安心の足下は固まった。後は上部建物をどうするかだが、以下それについて簡単に述べる。

(1) 長寿命中低層建物の免震化促進

20 世紀末の我が国建築構造分野における大きな成果

の一つは、大地震時においてかなり高いレベルでの安全・安心を担保する技術を手に入れたことである。それは、超高層建物に対する制震装置の設置と、中低層建物の免震化である。超高層建物については、最近ではほとんどの建物が制震装置を設置することが一般化していることから、ここでは中低層建物の免震化について議論しておきたい。

免震構造化は、高いレベルの安全安心を得る手段として有力であることは言うまでもないことである。しかし現状では、免震化は新築対策としては技術的にも成熟していると思われるが、既存ストック対策としては、一部の公共建物および歴史的建築物に免震レトロフィットが適用されているのみで、まだ技術的にも成熟しているとは言えない状況である。

世の中には、年間約 1 億 5 000 万 m² の新築建物がある一方で、約 75 億 m² の既存ストック建物が存在する。免震技術が新築建物の、しかもその極一部に適用されている現状では、真に安全安心の都市・社会作りの観点からは、その有効性を全く活かしていないことになり、対応としては不十分である。特に、分譲集合住宅など都市住民の生活の基盤であり、本来長寿命化されるべき建物について、新築については免震化の義務づけと、既存ストックに対しては免震改修普及に向けた技術開発に早急に着手すべきである。

(2) 非長寿命中低層建物の木質構造適用拡大

木材は、伐採しても植林すれば数十年で再生されることから、再生可能なカーボンニュートラルな材料である。木質材料は自然素材であり、ばらつきも大きく建築材料として使用するには難しさはあるが、例えば単位重量あたりの強度について言えばコンクリートに近い性能を持

表-3 建築構造分野の 2050 に向けたロードマップ

	2010	2020	2030	2040	2050
低炭素社会の実現	●新築建物向けのカーボンニュートラル化技術開発促進	●新築建物のカーボンニュートラル化義務化 ●既存ストック向けのカーボンニュートラル化技術開発促進 ●既存ストックカーボンニュートラル化モデル事業着手	●既存ストックカーボンニュートラル化促進策施行	●建築分野の50%カーボンニュートラル化達成	●建築分野のカーボンニュートラル化達成
地下都市インフラ整備計画	●地下都市インフラ整備計画検討開始	●地下都市インフラ整備モデル事業着手	●大都市圏中心市街地地下都市インフラ整備着手	●大都市圏周辺市街地地下都市インフラ整備着手	●地方都市中心市街地地下都市インフラ整備着手
長寿命中低層建物の免震化促進	●長寿命中低層新築建物の免震義務化検討開始	●長寿命中低層新築建物の免震義務化施行 ●既存建物の免震化モデル事業着手 ●既存長寿命建物免震促進のための本格的技術開発着手	●既存長寿命建物の免震化促進制度開始	●長寿命建物の免震化25%達成	●長寿命建物の免震化50%達成
非長寿命中低層建物の木造適用拡大	●中大規模木造モデル事業着手 ●耐火木造構法の開発本格化	●耐火木造構法の標準化検討着手 ●非長寿命中低層建物の木造化促進制度検討着手	●耐火木造構法の標準化によるローコスト化実現 ●非長寿命中低層建物の木造化促進制度開始	●非長寿命中低層建物の木造化25%達成	●非長寿命中低層建物の木造化50%達成

つ材料である。世の中には、事業性等の観点から、本来長寿命化となじまない建物は少なくない。そのような建物に木質構造の適用拡大を行えば、都市に木造特有の温もりを提供できることからも有意義と思われる。もちろん、我が国は木造都市に由来する都市大火の重い歴史もあり、それに対する検討が必要なのは言うまでもないことである。

5. 真の安全安心実現に向けてのロードマップ

建築関連分野のカーボンニュートラル化に加え、3., 4. で示した建築構造に関連する3つの事項について、2050年までにどのように進展が考えられるかロードマップを考えてみたので、表-3に示す。CO₂ 排出量削減の問題や公共投資に対する世間の目の厳しさが増す中、コ

ンクリートの有用性が正しく評価され、社会生活に着実に貢献していくために、2050年に向けてどのようなメッセージを発信するのかの議論がもっと活発に行われることが必要と思う。

参考文献

- 1) 三菱地所編：丸の内ビルディング技術調査報告歴史調査編，1998. 6
- 2) ポール・ゴールドバーガー：摩天楼（アメリカの夢の尖塔），鹿島出版会，1987. 7
- 3) 三菱地所編：丸の内百年のあゆみ，三菱地所(株)史
- 4) 武内文彦編：丸ビルの世界，かのう書房，1985. 12
- 5) 稲田達夫：ビル解体・地域開発と環境アセスメント，環境アセスメント学会沖縄大会，2004. 10
- 6) 日本建築学会ほか：建築関連分野の地球温暖化対策ビジョン 2050，2009. 12
- 7) 稲田達夫：低炭素時代における建築構造のあり方に関する研究，日本建築学会構造系論文集第74巻，第644号，2009. 10