

今回、ポートアイランドのアレー観測や神戸海  
洋気象台での貴重な強震記録を得られた。強震計  
の適正な配置・計測が、今後の耐震設計の基本で  
あると思われる。今回②、③の要因により、「施  
工中の被害」は少なかったが、大規模・大深度山  
留め工事期間中の側圧（土圧・間隙水圧）の連続  
計測記録も期待される。

私は阪神・淡路大震災から次の事例に注目した  
が、今後その対応策が必要であると思う。

①建築物基礎杭のクラック：建築本体と杭頭部の  
接合部の破損を防止するため、地下階層（防火水  
槽としても機能）増設の必要性。②市街地の激震  
地域における頭部を拘束されていない建築施工中  
の打設完了済み場所打ち杭の破損：今後増大が予  
想される大深度立坑耐震性のチェック。③埋立  
地・臨海部での PC 杭や場所打ち杭の破損・クラ  
ック発生：側方流動圧の発生が予想される地域で  
は、杭単独で地震動に対応するのではなく、地盤改  
良等との併用が必要。SMW 仮設材や連続地中壁

が側方流動圧に効果的であった。④大正末期に建  
設された古い直接基礎の鉄道高架橋が耐えてい  
る：余裕のある設計・施工（Redundancy?）。⑤  
震度7の判定基準となる家屋倒壊率では、木造家  
屋の倒壊要因として土台部柱の腐朽がある：モル  
タル壁に代わる木材腐朽防止策。⑥都市防災上の  
反省点：建築と土木、土質と地質、行政各機関、  
官学民の連繋でもって、都市防災にあたる必要  
性。

わが国はその苛酷な地質地盤条件により、世界  
に誇れる建設技術を築きあげた。今回の震災は、  
現在の耐震技術をもってすれば、直下型大地震に  
立派に耐えることが実証された。しかし、「地震  
は一定の周期でどんどん若返るが、人の造った構  
造物はそれよりもはるかに早い速度で老朽化して  
いく。（既設建築物・土木構造物の検査、維持管  
理手法の重要性）」を認識して、都市防災に対応  
していかなければならない。

## 都市地下空間の水没対策は万全か

フェロー 北村 黎夫 Tamio KITAMURA

阪神・淡路大震災を教訓として、様々な防災対  
策が講じられつつあるが、都市地下空間が水没す  
るケースを想定した対策は見当たらず、防災を考  
える上で盲点となっている。このテーマについ  
て、一土木技術者として問題提起したい。

都市の地下空間開発は目覚ましく、ビルの地  
階、地下街、地下駅、JR・地下鉄の鉄道線路、ラ  
イフライン（電気・ガス・水道・通信線等）の地  
下隧道など、地下にどんどん広がっている。地下  
の有効利用は大いに結構なことだが、東京のよ  
うな臨海都市の場合、地下空間は海水面下にある  
ことを忘れてはならない。この当り前のことが、  
意外に認識されていない。長野・松本のような海  
抜数百 m の高い所にある都市と、根本的に違  
うのである。

東京を例にとると、地下空間は網の目のように

張りめぐらされており、互いにつながっている。  
ブロックごとに、それぞれ管理者がついている  
が、数多くの管理者がひとつの大空間に関わり、  
運命共同体といった関係にある。これは、水が関  
わるトラブルが一度発生すると、その影響範囲  
が、点・線に止まらず、面に及び、貫き水現象が  
生じる可能性があることを意味する。地下空間を  
利用している機関や企業は、それぞれ自分の管理  
区域を水から守るため万全の対策を講じ、要所  
には防水扉を設けている。机上の防災対策として  
は完全であろうが、地震のような突発現象に遭  
遇したとき、地下空間全域の安全システムとして  
うまく機能するのであろうか。

阪神・淡路大震災では、神戸市内で地下鉄構  
造物の一部が予想に反して破壊したにもかかわらず、  
幸い水を呼ぶまでには至らなかった。東京の

地下空間において、突発的な事故により、東京湾や隅田川に近接している個所で穴が開き、大量の水が流れ込み出し、しかも有効な対応策がとられなかったらどうなるか。東京湾という無尽蔵な水の供給源から、水位が同じになるまで流入が続き、地下空間は全没してしまうだろう。こうなったら都市機能は完全に麻痺してしまい、その損害は莫大な額に達する筈である。実際には工学的に様々な配慮が講じられており、水の大量流入事故の発生そのものが確率的にきわめて低い、あるいはまず起こらないと考えられているのであろう。しかし、震度7クラスの直下型地震に襲われれば、地下構造物は地上構造物に比べ地震の影響を受けにくいといわれているものの、その一部が破壊し、外部の水が流入するという最悪のケースも、考慮しておかなければならないのではないかと、

防災対策の一環として、次の3点を提案する。

- ①都市部の地下空間の詳細な現況図を作成する。  
当然上下を含めて、立体的に把握できるものでなければならない。
- ②外部水域の地中部での侵入状況を調査する。  
これは手間のかかるやっかいな問題である。我々は一般に地図を見て、陸地と水域（海、河川、湖沼等）は一本の線で画然と分けられてい

ると思っている。しかし、これは水面上での境界であり、水面化での境界はきわめて複雑で、水域が地中部にも深く侵入しているのが実状である。我々が大地と思っている所も、構造物の間隙、昔からあった遺構、地盤沈下により生じた空洞等を通じて、外部の水域が入り込んでいくわけである。水域と地下空間は、地山あるいは人工構造物（土壁、コンクリート、鋼材等）により隔てられているが、これらの機能が何らかの理由で損なわれると、水は遠慮なく流入してくる。地下空間と外部の水域が近接している部分の現状はどうなっているかについて、予め調査しておく必要がある。

- ③地下空間に水が流入し出したケースを想定して、その対応についてシミュレーションを行う。

以上は、一応地震時を想定したものであるが、水対策の問題は、平時においても念頭におくべきテーマである。1992年4月、シカゴで、工事上の不注意により広範囲の地下空間が水浸しになり、1000億円を越す被害が出た例もある。水に逆らって海水面下に進出し、その空間を利用する以上、防災対策に多額の費用がかかろうとも、人類が当然払わなければならない代価である。水ほど正直なものはないのである。

## ■ 地下鉄中柱の設計

神戸市交通局 技術部計画課設計第1係長 長光 弘司 Hiroji NAGAMITSU

地下安全神話の崩壊とまで言われた地下鉄構造物 RC 中柱のせん断破壊。変形性能の違い？か、鋼管柱は被災を受けていない。損壊した RC 中柱は鋼板巻きで復旧したものの、新設構造物についてどう耐震設計していくかが大きな課題である。耐震設計に関する参考資料も出て、今回の兵庫県南部地震程度の大規模地震を想定して、いくつかの具体ケースの耐震解析を進めている中で思うところを挙げてみたい。

### (1) 合成柱の設計

当然のこととはいえ RC 柱が相当太くなる。限

られた地下空間に設置せざるを得ない地下鉄の宿命から RC 中柱の断面アップにも制約がある。線路直角方向に広げ難い場合は線路方向へかなりの断面アップとなる。鋼管柱にすればよい訳だがかなりのコストアップとなる。RC 柱と鋼管柱の中間的な合成柱の設計が課題である。

### (2) 外力（せん断力）の低減

地下車庫や広いコンコースをもつ駅舎など上床版の面積が広い構造物は、地震時せん断力が大きく作用することになる。地震時せん断力を低減できないか。地震時せん断力は、地盤のせん断強度