

地震とライフライン

東北大学工学部

教授 和 泉 正 哲

1. はじめに

多数の人々が都市で生活することが出来るのは、電力・水・ガス等の供給系、下水・廃棄物(ゴミその他)等の処理系、鉄道・道路等の交通系、電話・通信等の情報系が網の目のように都市を覆い、機能しているからである。例えば電力の供給が事故で一時的に停止すると、単に照明やエアコンが使えないばかりでなく、冷蔵庫の食料は腐り、高層ビルでは水が上階に上らずトイレやエレベーターも使えない。また、コンピューターも止まり、TVも見られない。このように、都市生活を支えている網の目状の諸系を総称してライフラインと呼んでいる。むしろライフネットワークと称すべきものであろう。

都市が現在のように巨大化し高密度化する以前は、ライフラインの多少のトラブルはなんとか処理し得た。電気が止まればランプやローソクで明りを取り、水道やガスの停止は井戸や薪炭で代用した。現在、このようなライフラインの代替機能が温存されているのは地方の小都市に限られているが、これも情報社会の進展と共に次第に不可能となろう。

強い地震が発生すると、これらのライフラインの多くが破壊されて機能が停止し、

中・大・巨大都市での都市生活が成り立たなくなる。“これは重大なことだ”と認識されたのは比較的新らしく、米国では1971年のサンフェルナンド地震、また日本では1978年の宮城県沖地震においてである。都市が巨大で活発な程、ライフラインの機能停止の影響は大きい。日本では、そのような巨大都市の多くが、地震時の揺れの大きい軟弱地盤上に造られており、ライフラインの耐震性能をあげて耐震的なネットワークを構築するのは容易ではない。そこで、ネットの中でも基幹となる部分のみを先づ耐震化し、他の部分は被災後の修理、修復を容易にするようにネットワークを構成し直す手法が採用されている。以下、ライフラインの現状と破壊的地震時に予想される現象とその対策等について述べてみる。

2. 災害と災害対策

災害とは、他に起因する人間生活上のトラブルである。如何なる天変地異でも、人間生活に影響を与えなければ単なる自然現象に過ぎない。また自分で原因を作ったトラブルは、災害ではなく過失である。トラブルを減少させるためにとられる対策を防災と呼んでいるが、防災も費用がかかり過ぎる

と、それ自体が人間生活上のトラブルであるため、災害となってしまう。そこで“適度”の防災が望ましいことになる。“適度とはどの程度か”，これは人や国の状況により異なる。現在の日本のように、人口も増大を止め経済的にも安定した国では、人々は安全のためかなりの投資をすることを余りトラブルとは考えない。このため、例えば日本の建築物は、世界の地震国のそれと比較しても耐震性能は抜群に優れている。日本では、破壊的地震に対し、“人命の保全”を目標に耐震建築を開発してきた。たとえ建物が部分的に破損したり、二度と使用できなくなっても、崩壊して人命を奪うことは無いようになってきている。

しかし、機能の保持までは要求されていない。従ってライフラインは、従来、耐震的であることが必要だとは思われていなかった。1923年の関東大震災では、14万人余の人命が主として地震火災により奪われた。もし人々に正しい情報が伝達されていたら、多分、死者数もかなり減じ得たであろう。現在は、ラジオ等により情報を伝える手段もできた。この手段を生かして用いるためには、地震後も放送局は機能を保持し続ける必要がある。経験を積みながら、次第に人々は単なる人命保全だけではなく、場合によっては機能保持も耐震設計の目標に加えるべきであることを認識するようになってきた。人間生活が変化すれば、災害もこれに伴い変化する。従って、災害は常に新鮮で、我々に新しい問題を投げかける。人口増加や農・林・水産業等の第1次産業の機械化・省力化が人口の都市集中を招き、都市を巨大化・高密度化させ、都市災害が災害の中で

も大きな比重を占めるようになった。都市環境の劣悪化のような人為的災害は、日常の大問題であるが、稀に発生する自然災害もその様相を変え、また規模も拡大し犠牲者を増やす傾向を示している。地震災害もその一つであり、例えば軟弱な湿地に質の悪い住居が並び、その脇に引火性の高いタンク類が並ぶ光景が各地に見られるようになってきた。都市の総合的な耐震安全性を高めるため、都市耐震工学の発展が必要である。

3. ライフラインの地震対策の現状

前述のように人命保全を第一とし、機能保持までは手が回らなかったことと、多くの大都市が悪い地盤上に造られていることから、地盤で支持されたライフライン系の地震対策は、未だ不十分である。

A 供給・処理系

(i) 電力供給：電気は都市生活を支える最も重要なものであるが、日本では気象庁の震度階でⅤ乃至Ⅵの強さの地震で部分的に破損し、供給が停止する（他のライフラインもほぼ同じ）。

電力のラインあるいはネットは、火力・原子力・水力を電気エネルギーに変換する発電所を起点に高圧の送電線で送られ、一次、二次と変電所を経由して電圧は低下され、配電線を通して、工場・ビル・住居等を終点としている。配電線では、よく電柱上に変圧器が設置されている。過去の地震被害として、変電所等ガイシで使う碍子類の破損、柱上変圧器の落下等が多く見られ、この結果、電力の供給ストップとなっている。また地盤

被害に伴う送電線用鉄塔の崩壊等も起こり得る。また火力・原子力等の発電所では強い揺れに対し、自動的に停止機能が作動する。

電力が停止すると、前述のようにその影響も大きいのでこれを極力避け、あるいは停電地域を極力狭い範囲におさへ込むために、現在各電力会社は供給系統の多重化やネット化を試みている。つまり、どこかが破壊されても、他系統から供給が可能ないように安全策をとっている。また、以前被害の多出した碍子類や柱上変圧器も改良され、耐震性能は向上している。しかし、これで強い地震に襲われても機能が完全に保持されるとは言えない。むしろ各地の技術者と資材を動員し、応急的にでも早く復旧するための手段の改善に力が注がれている。また、安全余裕度は電源側、つまり発電所に近い程高くするように努力している。供給計画の要である中央給電指令所も、重要な施設である。逆に配電側の余裕度は相対的に低いが、電力の応急処置は一般に早く、震度 VI 程度の強烈な地震でも 1 日、2 日程度で供給を回復するが多い。

一方、需要者側での対策としては、自家発電等が考えられる。この場合、燃料タンクは消防法上の条件を満足しかつ耐震的であること、冷却のための水を確保する必要があること等々比較的大変であり、病院等特に重要なものだけに設備されている。

(ii) 水道：水も電気同様、都市生活上の必需品である。飲用、洗浄用、冷却用等々用

途が広い。地震直後は、火災の消火や延焼防止に特に必要であるが、これも電気同様、あるいはそれ以上に地震の影響を厳しく受ける。ラインとしての水は、表流(川)や地下水源から取水施設・導水管・浄水場・送水管・調整池送水管・配水池・配水管・幹線・支管・小管の順で流れる。ネットワークが階層構造となっていて、下位のもの程数が多く、地震時に破壊され易いのは電力・ガスとも共通している。殊に地盤の質の変化部分のように地盤の揺れが異なる場合や、軟質地盤のように揺れの大きな部分での管自体やジョイント(接合)の被害が目立つ。多量の漏水が地盤を痛め、崖崩れの原因となる等を防止するために、地震後給水を止める場合もある。被害軽減対策として、重要管路の耐震性の増大あるいは良質地盤への位置替え等が行われている。一方、地震後の対策としては漏水点検、部分的な給水ストップとその代りとしての配水車の配備、そして各地から人と資材を集めての復旧作業へと進む。

(iii) ガス：ガスは本来危険物であることから、漏れのないことが確かめられた後でないとい供給できないため、電気・水道に比べ被害を受けた際の処置に一段と手間がかかり復旧も遅い。ガスの流れは、製造所で造られてから高圧のガスホルダーに貯蔵され、導管を通り高圧・中圧・低圧と順次圧力を下げて供給される。被害は、ホルダーの破壊に伴う火災や、導管の破損である。日本の場合、多くは強い地震を感知するとガスの供給が自動的に停止するので問題が少ないが、地震

後ガス漏れから火災の発生する例が外国には多い。またガス漏れから人が死んだ例は、日本にもある。ガス導管の地域ブロック化が進み、部分的なガスネットの分離が可能となったことで、今後は復旧のための、時間も大幅に短縮されよう。復旧対策として、やはり他地域より人と資材を集めることを計画している。

(iv) 下水: 多くの都市は、自然流下排水が困難な平坦低地に造られているため、下水システムは、ポンプアップ施設と沈澱消毒、放流および濃縮・消化・脱水・焼却を行う処理場と、これらを結ぶ管渠施設から成り立っている。ポンプは電力によるものが多いため、災害時の電力供給停止時にも作動するよう自家発電を備えている施設もある。

B 交通系

(i) 鉄道: 道路と共に交通系の重大要素であるが、比較的地震に弱く復旧に時間がかかる。これは、ライン状でありネットを組み難く、ただ一個所の破損でも全線の機能を失わせる性格と、複雑な地形・地質条件下で、路線を曲率・勾配共に制限を受けながら精度高く構築しなければならぬためであろう。高架路線を走る列車もあり、この場合、列車はかなり大きな地震加速度を受けるので脱線等の心配もある。地震計を配置して、地震発生時に列車を自動的に停止させるシステムも進んでいる。

(ii) 道路: 道路も、地盤の悪い部分、特に地盤の液状化の発生し得る地域や盛土部分の破損、更に崖崩れの可能性もあり、橋梁のずれ等も含め寸断される可能性

がある。ただ鉄道とは異なり、道路網として用いられており、また修理も応急的に可能である場合が多く、地震災害後の復旧は早い。救急用・復旧用の人や物資を運ぶ主要な系であり、殊に道路の立体交差部は、その破壊の影響が大きいため、安全の余裕度を大きくとり設計したい。なお、車の密集した道路での地震発生は、車の火災発生と延焼原因になるのではないかとの懸念もあり、実験等を通しその対策が検討されたことがある。

C 情報系

(i) 電話: 現在最も広く用いられている情報交換・伝達の手段であるが、必ずしも災害時に生かされていない。震害により架線を含む施設が破損する場合もあるが、被災地に対する外部からの問い合わせによるオーバーフローも見逃せない。これに対しては、緊急時の通話のルール(例えば1分間だけ話せる等)の確立が必要となろう。公社時代は、耐震安全性が重視され、大都市では揺れの少ない地中深部に配線用トンネルも建設されていたが、民営化され、競争も厳しくなった現在、耐震のために資金を多く用いられない点が問題である。

(ii) TV・ラジオ: 災害時の情報源として極めて重要である。携帯TV・ラジオの普及度も高く、発信源の機能保持と発信情報の精度の高さがますます要求されることになろう。近い将来、地震火災等の2次災害の実況、避難誘導等も可能となる。

4. むすび

地震時、地震後のライフラインの機能保持と早期復旧の必要性は、近年、都市が巨大化し、高能率化高密度化した事により新たに発生して来た問題である。日本では、建築物等の耐震化が進み、強い地震でも無傷あるいは損傷を受けながらも崩壊せず利用出来る建物が多くなった。一方、都市に住み都市で仕事を持つ人達も増え、地震後も都市に留まりたいという要望も強くなった。従来、稀な強い地震時には破壊されても止むを得ないと考えられていたライフラインについては、文字通り都市生活には必須なものとして、その機能保持が要求されるようになったが、勿論、この要求を完全に満たすのは、技術上もなかなか難しく、また何よりも経済的にほぼ不可能である。そこで、実行可能な対策として次のようなことが考えられるようになった。

I. 都市内の地震動マイクロ・ゾーネーション

都市内の地盤・地形など微細構造をとり入れて地震時の揺れの性格を想定し、ライフラインの設置および耐震化を無駄のないように行う。

II. 復旧を考えたネットワークの構成

ガス管のブロック化に見られるように、復旧のし易さを考えたネットワークの設計・構築を行う。施設の安全余裕度にも階級を設ける。

III. 都市の環境改善を含め、ラインの応急敷設に便利な並木や緑地を計画的に設ける

殊に発展途上にある都市周辺地域の都市計画を早あに行い実行する。

IV. 地震時の情報発信・伝達システムの完成

地震発生直後から、地震、被害、避難救急に関する正確な情報を放送出来るシステムを、各都市で今から準備しておく。

現在未だ完成の見通しがついていないが、もし発生2~3日前ぐらいの精度で強い地震の予知が可能となれば、我々の防災対策ももっと異なったものになるろう。人間生活の変化と学問・知識の発展とが、常に防災計画を塗り替えている。