

付章

各種トンネル別の耐震設計上の要求機能

1.道路トンネル

1.1 想定される道路トンネルの被害

本報告書では、主に都市トンネルを対象にしているが、こうした都市トンネルは大規模な地震を経験していない。山岳トンネルにおける過去の被害事例としては以下のような被害が報告されている。このため、都市トンネルにおいても以下に示した山岳トンネルと同様な被害形態や浮き上がりによる被害形態が考えられる。また、換気塔や伸縮継手等は山岳トンネルにはみられない都市トンネル特有の構造もあり、今後の経験の蓄積が必要と考えられる。

(1) 変形

- ①トンネル軸線の曲がり
- ②断面の変形，崩壊
- ③坑門の変形，崩壊

(2) 損傷

- ①覆工コンクリートのクラック，剥離
- ②施工継目の開き，ずれ
- ③側壁のはらみ出し
- ④インバートの破損
- ⑤路面の盤ぶくれ
- ⑥覆工コンクリートの破損箇所，施工継目などからの土砂の流入や漏水
- ⑦坑門のクラック，前傾

1.2 耐震設計上の留意点

道路トンネルは、震災時には緊急輸送路として機能する必要がある場合もあるため、必要とされる機能確保を考慮した耐震構造を検討することが重要である。構造体及び付属施設の耐震設計において検討すべき事項としては以下の点が考えられる。

- ①必要な部材耐力を確保する。
- ②靱性構造，可撓性構造の採用により地盤変位を吸収する。
- ③内部より補修可能な空間を確保する。
- ④トンネル内照明設備，情報提供設備，交通管制設備等の最低限の機能を確保する。
- ⑤車道内空間，避難空間内諸施設の地震時における落下防止対策を行う。
- ⑥通報警報設備，消火設備，避難誘導設備等非常用施設の機能を確保する。

1.3 事前対策

トンネルは地震の際には地盤と一体となって変位するため、一般に地震の被害を受けにくい構造物である。しかしながら、地盤条件の変化が著しい箇所，構造変化部，大規模な斜面，薄い土被り，覆工の老朽化などの特殊条件が存在する場合には地震の影響を受けやすくなる。ただし，被害を受けるとしても，その規模を予測することが難しいため，事前対策を一義的に定めることは困難である。なお，事前対策工法の選定に当たっては，特殊条件の程度によるほかに，工費，工期，施工性などの総合的な判断が必要である。特に，トンネル内は限られた空間であり，施工性や交通に与える影響に十分注意する必要がある。

事前対策には以下が考えられる。

- ①トンネルと地山を一体化する工法（裏込め注入等）
- ②トンネル覆工の耐荷力を増す工法
- ③トンネル覆工の剥落などを防ぐ工法

1.4 発災後の対策

1) 復旧過程

地震後の復旧過程には次の3段階がある。

- ①第1段階：地震発生後の数時間からほぼ1日程度の期間であり、主要な道路構造物の被害状況の概要の把握および二次災害の防止を第一目的とした緊急措置を行う段階。
- ②第2段階：全体的な被災状況を把握し、必要に応じて応急復旧を行うとともに、本復旧方針を決定する段階。
- ③第3段階：地震後の混乱が収まり、本復旧のために必要な調査を行うとともに、本復旧を行う段階。

2) 被害調査

①緊急調査

震災復旧の第1段階で実施する調査であり、できるだけ短時間に損壊状況、利用者の被災状況等の状況把握を行い、復旧の基本方針を定めるとともに、二次災害の危険性を適切に判定し、必要に応じて緊急措置を行う。調査（点検）方法には車上、地上、上空があり、上空は車上、地上が困難な場合に実施する。

実施に当たって考慮すべき事項としては以下があげられる。

- a) 本震の特性、余震、津波、気象条件等
- b) 被災地域の特性
- c) 二次災害発生の可能性
- d) 所管外施設との関連

②応急調査

震災復旧の第2段階で実施する。調査項目としては以下があげられる。

- a) 本土工：路面落下物の有無、覆工の変状
- b) 付帯設備：天井板の変状、内装板の変状
- c) 施設：通信施設の据付・動作状況、予備電線の状態、照明・防災・換気設備等の変状・故障
- d) その他：坑口付近の変状、排水溝の変状、異常漏水・湧水の有無

3) 緊急措置

被害程度に応じて通行止め、速度規制などの交通規制措置をとる。

4) 復旧工法

復旧には応急復旧と本復旧があり、応急復旧は応急調査後実施する。本復旧段階では必要に応じてさらに詳細な調査を行うとともに、路線の重要性、被災の箇所・程度、復旧の難易度、施設

の将来計画を考慮して本復旧水準を定める。

復旧工法には、以下のようなものがあげられる。

- ①覆工の縫い返しまたは内巻き
- ②裏込注入による地山との一体化
- ③漏水対策：排水、防水

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編），1988年2月。
- 2) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），1988年2月。

2. 鉄道トンネル

2.1 鉄道システムの種類と使用条件

鉄道は車両を一定の案内路に沿って運転するシステムであるが、軌条の形式・車両の支持方式・推進方式等によりその種類は、鉄道事業法施行規則によれば普通鉄道、特殊鉄道（懸垂式鉄道、跨座式鉄道、案内軌条式鉄道、無軌条電車、鋼索鉄道、浮上式鉄道、その他の鉄道）に分かれる。これには実用化に向けて目下開発中のものが含まれるが、それぞれの鉄道システムや路線の特性により都市間輸送、都市圏輸送、ローカル輸送、観光輸送等に目的が分かち、列車編成長、列車速度、運行密度に差異がある。また鉄道システムの種類によりその走行機構、集電機構に差異があり、広義に鉄道を捉える際には一律にそのシステム・機能を取り扱うことは出来ない。したがって、ここでは対象を普通鉄道とし以下の記述を行うが、他の鉄道システムにおいても状況が合致するものについては同様と考えられる。

鉄道事業を行う事業者は昭和61年に制定された鉄道事業法により軌道法に規定するものを除き、第1種鉄道事業～3種鉄道事業まで運輸事業形態、施設の所有形態に従い免許を受けており、国鉄の民営化により設立された旅客鉄道会社、貨物鉄道会社、ならびに大手・中小民鉄、第3セクターの経営になるもの等その他、帝都高速度交通営団、地方自治体等による公営交通機関等があり、その事業規模は多様であると共に、その所有するトンネル施設についても建設年代が明治～平成の多年に亘り、かつ多様な構造要素（構成材料、構築方法）を有している。

つぎに、常時における鉄道トンネルに必要とされる使用条件は以下のように考えられる。

- (1) 土圧・水圧・上載荷重等の半永久的荷重に対し、覆工ならびに周辺地盤が構造的に安定である。
- (2) トンネル内に定められた建築限界（定められた必要空間）を確保し、その限界外に電灯、通信線、信号機等の設置に必要な空間的余裕を有する。
- (3) 所定位置に線路中心が保持される。
- (4) 列車が安全に走行可能な軌道の軌間・水準・高低・通りが保持される。
- (5) 電車線が所定位置に保持され、電力が供給される。
- (6) 信号・通信・照明等の各付帯設備が機能する。

トンネル内において正常な列車の運行を確保するためには上述の機能を確保する必要がある、地震時においては旅客の安全確保ならびに二次的災害の防止、救援・救急活動、社会生活、経済活動に与える影響を考慮のうえ、線区の特性を勘案しそれぞれの使用条件に適った維持水準、設

計水準を設定するとともに、使用条件が保持されるよう構造物の維持管理に努める必要がある。

2.2 関連法規

鉄道施設に関わる法規類としては鉄道営業法、ならびに普通鉄道構造規則、新幹線鉄道構造規則、(特殊鉄道にあつては特殊鉄道構造規則)等の省令や関連する告示等があり、列車運転に係る運転保安については鉄道運転規則、新幹線鉄道運転規則の定めに従う等、線路規格・構造等により規定されている。その他、実施に関する細則を事業者が定め届け出ることが義務づけられている。機能確保の検討にあたってはこれら関連法規類その他指針類に準拠する必要がある。

2.3 地震時における鉄道トンネルとしての機能の安定性確保のための具体的処置

2.3.1 想定される構造体の被害

鉄道トンネルの過去の地震被災例から、以下の被害の可能性が想定される。

(山間部に位置するトンネルに生じる可能性のある被害)

- ・坑口付近に生じる地滑り、落石、崩土によるトンネル坑門の転倒・傾斜等の損傷
- ・坑門コンクリートに生じる亀裂・損傷
- ・覆工コンクリートの亀裂・損傷
- ・断層等周辺地盤の変位によるトンネル覆工の亀裂・剥落
- ・路盤コンクリートならびにインバートコンクリートの損傷
- ・覆工コンクリート打継目に生じる圧縮せん断力による剥離・剥落
- ・覆工コンクリート打継目のずれ(アーチと側壁間、トンネル軸方向打継目)
- ・側溝の損壊
- ・立坑との接続部の損傷
- ・ひび割れ箇所、目違い箇所からの漏水
- ・トンネル内空断面の縮小・拡大
- ・トンネル内軌道の座屈等損傷
- ・トンネル内添架物の落下等損傷

(都市部のシールドトンネルに生じる可能性のある被害)

- ・継手部の開口・損傷
- ・開口部・亀裂からの漏水・浸水ならびに土砂の流入
- ・二次覆工の亀裂
- ・セグメント(一次覆工)の亀裂
- ・周辺地盤の液状化によるトンネル躯体の浮き上がり
- ・立坑接続部の損傷・損壊ならびに漏水・浸水・土砂の流入
- ・可撓継手部でのずれ

(都市部開削トンネルに生じる可能性のある被害)

- ・中柱の破壊(1層2ボックスラーメン構造)
- ・側壁の亀裂
- ・上床版コンクリートの損壊
- ・地上路面の陥没

また、周辺地盤の液状化によるトンネル躯体の浮き上がりならびにそれに伴う損壊等が考えられ

る。

【参考文献】

- 1) 吉川恵也：「鉄道トンネルの震災事例調査」，鉄道技術研究報告，No.1123，1979年9月。
- 2) (財)鉄道総合技術研究所 地震対策プロジェクト：兵庫県南部地震鉄道被害調査報告書，鉄道総研報告 特別4号，1996年4月。

2.3.2 耐震設計上の留意点

耐震設計の検討が必要となる場合には，トンネル本体の形状，構造，規模，付帯施設の設置方法，機能復旧の難易度，災害時に他施設に与える影響などを勘案し，トンネル周辺地盤および対象構造物の振動特性を適切に把握のうえ，合理的なモデルにより部材の設計を行うと共に，万一被災した際の復旧方法も考慮のうえ過去の震災例，想定される被害等を参考に，総合的な対策を講じておく必要がある。

2.3.3 鉄道トンネルにおける地震に対する事前対策

構造物本体ならびに付帯構造物・添架物に対しては以下の事項に留意する。

- ・適切な耐震設計と施工管理の実施
- ・既往トンネルの構造的欠陥の補修・補強，ならびに外的要因の軽減策の実施
- ・使用材料が劣化した場合もしくは不具合の時には，修繕もしくは取り替えの実施

また，以下の行動計画等を策定し円滑な運用を図ると共に，被災後の対策を講じる上で必要となる設計図書類，補修・補強記録等適切な資料・情報管理を行う。

- ・地震規模に対応した列車運行基準の制定
- ・旅客誘導等の行動マニュアル類の整備
- ・発災時を想定した避難訓練の実施

なお，既往の研究，地震被災事例等を参考に地震の被害が生じる可能性のある条件を山間部，都市域について示すと概ね以下に通りである。

(山間部では)

- ・斜面災害のある不安定斜面下に坑口が位置する箇所
- ・表層すべり，落石のおそれがある坑口付近
- ・土石流のおそれがある坑口付近
- ・既変状区間
- ・地山崩壊，流出の履歴のある区間
- ・湧水にともない土砂流出する区間
- ・覆工背面に空隙がある区間
- ・断層破碎帯に位置する区間

(都市域では)

- ・地盤が局所的に変化する箇所
- ・断面，剛性が極端に変化する箇所（立坑との接続部）
- ・土被り厚が急変する箇所
- ・極めて軟弱な地盤中に位置する箇所

- ・緩い飽和砂地盤で、土被り厚が小さい箇所

2.3.4 発災後の対策

乗客の生命の安全確保を最優先とし、被災状況を速やかに把握のうえ緊急の対策（応急復旧対策を含む）を実施するとともに、長期的な対策（本復旧対策を含む）を策定する必要がある。したがって列車が長時間トンネル内に停止する強さの地震に対しては、トンネル内に存在する列車の確認を行うと共に、早急に誘導・避難の行動を行うものとする。発災後の対策は段階的なものとなるが、適切な対応が早急に採れるよう予め被災規模を想定し、復旧方法等についても事前に策定しておく必要がある。

3. 地下街

3.1 機能確保のための基本条件

一般に地下街については、耐震設計、災害対策は営業時間帯での有人を想定して策定する必要がある。

地下街とは、道路、駅前広場などの公共用地の地下に設置された地下道路に接続した店舗、事務所等が収容される空間全体の総称である。一方で、居間建築物の地下空間で、公共地下道に連続的に接しているものを準地下街と称するが、一般建築物の地下空間に収容された事務所、劇場、大規模小売店舗は地下街と区分されている。

一般に地下街は、収容されている店舗の営業時間内において、地下街の本来の機能を発揮する場合が多く、営業時間外は単なる歩行空間として通路のみを利用している場合が多い。しかしながら、近年地下街空間の保安、維持管理上の問題より、出入口部に開閉装置を設け、供用時間を規制している場合が多い。したがって、深夜においては特定の人間のみが存在する無人に近い状態となり、営業時間のみ不特定多数の人々により占有される現象を呈する。

このことから、地震発生の時間帯およびその被害規模により、実際面での社会的影響の度合は異なるが、規模想定および各種対策は当然のことながら、耐震設計、災害対策は営業時間帯での有人を想定して策定する必要がある。

3.2 機能水準の設定

地下街は「機能水準 A」の耐震性能を要求されるものとして、耐震設計を行うことが望ましい。地下街は一般に、開発密度の高い都心域の公共空間の地下部分に建設される場合が多く、特に営業時間帯においては、地下空間の占有人口は高密度であることが多い。このような状況下で地震が発生した場合、地下街の利用者の安全確保は最優先で配慮されるべき事項である。したがって、安全確保のための避難空間の確保、避難誘導施設、非常用照明施設などの付帯設備も十分な機能を要求される。

加えて、一般に地下街の地上部は街路などの公共空間である場合が多く、地下街としての大規模な構造的破壊は、地下空間の機能喪失につながる場合が多い。

このような観点から、地下街の耐震機能の水準は、「機能水準 A」を要求することとした。

3.3 関連法規

地下街に関する統一的な規制法は、平成8年現在存在せず、地下街に対する各面からの関連法令により規制が行われており、結果的に地下街として体系化されている。地下街は主として「都市計画関連法令」、「道路法関連」、「建築基準法・消防法関連」の3分野の法体系で構成されている。特に、震災時の安全性、耐震性と機能分野に関しては、「道路法関連」、「建築基準法・消防法関連」とのかかわりが深い。

さらに実務面では、地下街の計画、建設そのものに対して昭和49年6月地下街中央連絡協議会から出された「地下街に関する基本方針」が大きな影響力を持つ。

したがって、震前対策、被災調査、緊急措置等にあたっては本指針に準拠するほか、関連する法規、基準、指針などにより行う。

3.4 地震における地下街としての機能安定確保のための具体的措置

3.4.1 機能確保のための考え方

地下街はその地域全体を含む長期的視野における綿密な都市計画の一環として位置付けられるべきものである。

地下街は公共用地の地下に設置された地下通路と接続した店舗、事務所等の空間であり、従って、不特定多数の利用を対象としてその機能が発揮されることとなる。

地下街の新・増設は「公益上真にやむを得ないものを除き認めない」とこととされている。「公益上真にやむを得ないもの」とは、地上交通の著しく輻輳する地区に於て、歩行者を含む一般の安全と円滑を図るため、公共地下歩道または公共地下駐車場を緊急に整備しなければならない場合にあつて、かつ、地下街の設置が「必要やむを得ない」とされている。このような考え方の背景は、地下街の道路管理上あるいは安全面で大きな問題を抱えているとの認識がある。したがって、地下街は単なる公共地下歩道または公共地下駐車場の延長線上でとらえているに過ぎない。

地下街は、高密度化した都市を中心に都市造りに積極的に活用されてきたが、一方で人々が集まり、一時的に大量に滞留するという特性がある。すなわち、平常時における地下街の機能形態は「雑居ビル」とほぼ同様であり、昭和47年5月のいわゆる雑居ビルである大阪千日前ビルの火災を契機に、地下街の防災・規制問題が国会でも論議され、「地下街の新設または増設は厳しく抑制する」とこととされ、「公益上やむを得ないもの」については、その設置要件、事業者、防災対策等が従来以上に厳しく定められた。さらに、55年8月の静岡ゴールデン街（準地下街）のガス爆発事故により、ガス保安対策が加えられることとなった。

地下街は通常、道路あるいは駅前広場の下に設けられることから、地下街を設置する場合、道路専用の許可を要することとなる。

地下街における規制として取り上げなければならないのが、消防法・建築基準法による安全・防災に関する規制である。地下街は、他の建築空間に比べて本来危険な空間と言われる。火気を使用する店が多いこと、出火時の火の回りの早さ、避難行動の困難性、消火活動の困難性などである。

このような地下街の危険性を踏まえて、建築基準法では昭和34年に地下街の道路の形態・構造・階段・出入口の構図などの基準を規定したのを初めとして、その後数回の改正により構造基準強化、防火区画の作成、非常用排煙設備の設置などの内容が追加された。消防法においても数回の改正により防火シャッターの設置義務の強化、ガス漏れ火災報設備の設置義務等により安全

対策の充実が図られている。

したがって、地下街は地震時においては人命保護を最優先とする機能が十分確保されるよう、具体的措置を講じなければならないものと考えられる。

3.4.2 耐震設計上の留意点

耐震設計の具体的手法については、別項にて詳細に記述されているので、本項では機能面から耐震設計上の留意点について記述する。

地下街については、地下街の営業時間内での発災を前提とした耐震構造を計画する必要がある。すなわち、非常時の人命保護を最重要課題とした場合、

- ・避難ルートおよび救助ルート用空間と機能の確保（震害の局限化）
- ・可燃性物質の漏洩による二次災害の防止

の2項目が発災時における重要な要素である。さらに、地下街の震災被害が近隣施設に与える影響として、

- ・地表面付近の沈下による交通障害、ライフラインへの影響
 - ・地下街からの火災発生、ガス状物質の漏洩が周辺地域におよぼす影響
- 等が考えられる。

地下街が基本的に街路下に床版と柱で構造された地下空間であるとする、以下に示すような被害が想定される。

- ・躯体コンクリート（床版、脚柱）のクラック、座屈、崩落
- ・目地部のずれ、開き
- ・地下空間への地下水、土砂の侵入

さらに、地上の建築物と一体化した準地下街であっては、地上工作物の落下、崩壊による躯体の損傷も想定される。

地震時の大きな揺れによる二次的被害あるいは構造体の損傷による二次的被害として、

- ・電力ケーブルの破断による給電機能の停止
- ・ガス供給管の破断によるガスのリークと二次的災害の発生の恐れ
- ・地下街の陳列商品その他備品の倒壊あるいは天井部付近の付帯設備の落下等による避難行動への障害

等が想定される。

地下街空間の損傷にともなう地上街路および地表面での亀裂、陥没あるいは隣接建造物のクラック、傾斜、倒壊等の影響も考えられる。

したがって、本施設が震災により相当な被害を受けても地下街としてのシステムあるいは周辺地域への社会的システムへの影響を限定的範囲に留めるべく耐震対策を構築すべきである。

このような観点から、地震発生時における地下街の構造体へおよぼす影響については、計画段階より可能な限り検討を加え、発災時の対策についての計画立案を行うこととする。構造物の耐震設計にあたっては、各種構造物の形状、規模、機能、復旧の難易、災害時に他施設に与える影響などを考慮し、各種構造物の特性に応じた合理的な設計を行うものとする。

施設全体を完全に耐震的にすることは、経済的、技術的に困難な面もあるので、設計にあたっては、次の各項に留意しなければならない。

- ① 震害をできるだけ局限化する。

- ② 復旧が容易な構造とする。
- ③ 二次的被害を防止する対策を講ずる。

本施設が大震災により相当な被害を受けても、システム全体としてできるだけ機能を保持しうるよう留意する。

3.5 地震に対する事前対策

地下街の計画にあたっては、想定される地震外力の条件において可能な限りの事前対策を策定する必要があるものと考えられる。

一般に地下街を構成する構造物に対する事前対策として、下記の項目があげられる。

- ・適切な耐震設計，施工
- ・地下街全体系の把握
- ・構造体のクラック，漏水，不具合等の日常点検による発見と補修
- ・被害規模の想定とその対応策

一方，付属施設の前対策としては，下記の項目があげられる。

- ・適切な耐震設計，施工
- ・材料の劣化，不具合の発見と補修
- ・非常用施設の配置，仕様等防災機能の明確化と周知化
- ・非常用施設の取り扱いに関する訓練
- ・非常時の行動計画と訓練

要は個々の地下街が有する構造的，設備的特徴を十分に把握し，発災時にはその防災機能を十分に発揮するような対策が必要である。このためには，上記各項目に加えて，

- ・設計，施工図書管理
- ・関連法規
- ・維持管理状況と補修，改修等の履歴の把握
- ・テナントの活動状況

等についても適切な情報管理が必要である。

3.6 発災後の対策

地下街の管理者は発災後の対策として，地下街に存在する利用客等の人命確保を最優先とした対策を策定する必要があると考えられる。

すなわち，地下街は，その機能面からの特性上，収容店舗の営業時間，利用客の日昼の行動時間帯等により地下街の滞留人数（人口）は非常に流動的である。一般的には，地下店舗の営業時間帯の内でも，特に人口の多い時間帯に地震が発生した場合を想定し，事前対策を策定するとの考え方もある。

一方で，収容店舗および関連施設の閉鎖時を想定した場合には，一般通行客の避難誘導，初期的防災活動の担当者が不在となり，安全性に問題が生ずるとも考えられる。

いずれにしても，発災時後の対策をさらに段階的に考えると，

1) 発災時および発災直後においては，

- ・避難空間の確保（必要最小限の構造体としての安全空間の確保）
- ・避難，誘導の実施

- ・火災，爆発等との二次的災害の防止
- ・避難誘導灯，非常用照明用電路，電源の確保

であろうと考えられる。

2) 発災後，すなわち地下街に存在する多くの人々の避難は完了し，遭難者等の救助を含めた救急，復旧活動が開始された時点においては，前述の発災時および発災直後の必要事項に加え，

- ・救急活動，発災地点への接近方法，救助方法等のシナリオの策定
- ・発災空間の保全，管理方法，被害調査，復旧方法の策定

等が必要である。

【参考文献】

- 1) 和田祐文：地下街，土木学会誌，1987年3月。
- 2) 原田保夫：地下街に関する規制，土木学会誌，1987年3月。
- 3) 地下街整備の現状と課題，新都市，No. 7，Vol. 41。

4. 通信用とう道

4.1 機能確保のための基本条件

4.1.1 使用条件

通信用とう道は，電気通信事業における基盤設備として，地下空間の輻輳，道路交通事情の悪化等，ますます環境が厳しくなる都市部において，地下ケーブルの大容量占有空間を経済的に確保し，かつ供給サービスに対する信頼性を確保するために恒久的な構造物として構築するものである。

このような通信用とう道についての基本的な使用条件をまとめてみると次のようになる。

- (1) ケーブルの防護的な空間構造物であり，機能性が保持される必要がある。
- (2) ケーブル収容空間として安定した構造物であり，半永久的に使用する。
- (3) ケーブルの建設，保守の連続性，作業性に優れたスペースを確保している。
- (4) 管路と有機的な結合を図ることにより，ケーブルを自由に取り出せる。
- (5) 地震を始めとする都市災害に対する優れた信頼性をもつ。
- (6) 高度な情報を伝達する媒体である通信ケーブルを布設するため，高品質な機能を要求する。

よって，通信用とう道の耐震設計及び災害対策はその要求機能及び使用条件に合致したものとなるように行なう必要がある。

4.1.2 供用期間

通信用とう道は，主に都市域において基盤設備として建設されるものであり，必要な点検及び維持補修を実施し，要求機能を確保しつつ可能な限り長期間供用することを前提とする。

電気通信用のとう道の例では，最初は，大正 15 年東京中央電話局通りに，長さ 365 m のとう道が建設された。又，大規模なものは，昭和 28 年，千代田電話局開始の際の通信用とう道 (530 m) が最初である。さらに，大都市において，自動車飽和状態の路面交通の現状，各種地下埋設物の輻輳した道路下での工事の困難性，住民の各種の要求等から，オープン工法からトンネル工

法へと移行した。昭和 38 年東京白金電話局の通信用とう道が初めてのシールド工法による工事である。

このような通信用とう道も、部分的に補修はしているものの、現在でも、ケーブルを収容して供用されている。再構築が困難な都市部での環境を考えると、とう道は補修を続けながら、長期的にわたって供用されていくものと考えられる。

4.1.3 設置環境

通信用とう道は、地下埋設物の輻輳した道路下に占用され、道路の掘り返し規削及び周辺環境からの制約を受ける設置環境にある。

通信用とう道は、道路下に占用され、基本的に収容ケーブル条数の多さによりその採用が検討されるが、さらに、都市部での設置環境の状況を考慮し、採用されることがある。このような通信用とう道の設置環境の特徴を述べると次のようになる。

- (1) 埋設位置の道路事情、地下埋設物の状況が輻輳等で厳しい。
- (2) 共同溝設置の指定又は道路の掘り返し規制等、道路行政上の制約を受けている道路下の埋設である。
- (3) 工事中には、大規模な工事用地を必要とし、周辺環境への影響があり、かつ、構築後も道路下構造物として都市に影響を与える。

4.2 地震時における機能の安定性確保のための具体的措置

4.2.1 想定される地震被害とその機能水準

通信用とう道は、一般的に他の地下通信設備に比べて地震被害は少ない。ただし、構造変化部等で一部被害が発生することが想定される。

現在までに通信用とう道の地震による被害は少ないが、一部の地震において被害が発生した例はある。一般的にシールドとう道のように埋設深度が深く、地表付近の地盤変状の影響を受けにくいとう道は、被害は発生しないといわれているが、構造的に大きく変化する立坑取付部では、相対変位、相対変形が起り易く、被害事例も報告されている。また、開削とう道は、局舎付近での伸縮部での目地材のはみだしや、立坑との取付部、あるいはとう道分岐部で軽微な亀裂等を生じることがある。

このような事例から、地盤条件、構造条件など固有の条件に基づく被害が想定される場合、通信用とう道の耐震設計は想定される地震動においてその機能が維持されるように行なわなければならない。また、通信とう道の高度情報化社会における社会基盤としての重要性を考慮すると、地震時の機能水準は原則 A とすることが望ましい。

4.2.2 耐震設計上の留意点

通信用とう道は、一般的に他の地中構造物と同様に、周辺地盤の変形による影響を受けやすい。また、埋設深度の浅い開削とう道の場合はみかけの単位体積重量が周辺地域に比べて小さいため、液状化の影響による浮き上がり現象等を検証する必要がある。

一般的に地震の影響を検討し、耐震設計上留意するのは次の場合である。

(i) 開削とう道

- ① 軟弱地盤中に設置されるとき。

- ② 地盤条件の変化が著しい箇所に設置されるとき。
- ③ 構造変化部、立坑等異種構造物との接合部。
- ④ 特に重要度が高い箇所。
- ⑤ 周辺地盤が液状化する可能性があるとき。

(ii) シールドとう道

- ① 地山の条件や覆工構造が極端に変化するとき。
- ② 土被り厚が急変するとき。
- ③ 軟弱地盤中有的时候。
- ④ トンネルと立坑の接続部
- ⑤ 緩い飽和砂地盤であって、土被り厚が小さいとき。
- ⑥ トンネル下方の基礎の深さが著しく変化するとき。

このように、通信用とう道の耐震設計は、設置環境や構造物の特徴に留意して行う必要がある。

4.2.3 機能確保のための付属設備

通信用とう道は、ケーブルの支持、とう道内作業者の安全確保及び災害時の機能確保のために付属設備を有する。

通信用とう道内の設備は、ケーブルの支持及びとう道内作業者の安全を確保するためのもので、本体構造物以外の設備の総称である。

(i) 通信用とう道内設備と設置目的

- ① 金物設備
ケーブルの支持、作業足場の確保、通行路の確保および諸設備の支持等
- ② 防災設備
通信用とう道と所内マンホールの浸水対策および火災対策
- ③ 給水設備
通信用とう道の清掃および排水ポンプの調整点検
- ④ 排水設備
清掃作業の排水、漏水および浸水によって溜まった水のとう道外への排出
- ⑤ 換気設備
通信用とう道内の換気および外部から流入した有害ガスの排出
- ⑥ 電気設備
ケーブル布設等の工事および保守のために必要な照明、負荷設備の良好な維持のための給配電設備
- ⑦ 通信用とう道用標識
通信用とう道本体及びケーブルの保守・管理ならびに作業者の安全確保

(ii) 通信用とう道内設備の保守方法

- ① 金物設備
作業者の安全性を確保し、ケーブル収容に支障を与えることのないよう良好な状態に維持するよう、適切な点検・補修判定・補修を実施する。
- ② 防災設備
通信用とう道内作業者の安全確保と災害発生を未然に防止し、ケーブルへ影響を与

えないよう良好な状態に維持するため、以下に示す設備について、適切な点検、補修判定・補修を実施する。

- (a) 防災壁
- (b) 防災壁装置
- (c) 換気口防災装置
- (d) 油流入防止堰
- (e) 消火器
- ③ 給水設備

常に通信用とう道内の作業時に使用可能な状態にするよう、適切な点検・補修判定・補修を実施する。
- ④ 電気設備

通信用とう道内作業者の安全確保およびケーブル収容に支障を与えないよう電気設備技術基準に適合した良好な状態に維持するよう、適切な点検・補修判定・補修を実施する。
- ⑤ 通信用とう道用標識

通信用とう道内作業者の安全確保および緊急事態に即対応可能な状態に維持するよう、適切な点検・補修判定・補修を実施する。

4.2.4 通信用とう道の保守の基本的考え方及びその実施方法

通信用とう道は、その機能を確保するための適切な保守を実施する必要がある。

1) 平常時

(i) 基本的考え方

機能を考慮した通信用とう道の保守は次の点を実施する。

- ① 地中構造物としての機能

収容ケーブルおよび作業者を外力から守り、地中構造物として堅ろうであること。
- ② 収容ケーブルの布設・収容機能

収容ケーブルの布設・収容が容易にできること。
- ③ 防災機能

火災、浸水等を建物内またはとう道内に影響を与えないようにできること。
- ④ 作業者の安全

作業者が安全にケーブル布設・接続および保守等の作業ができること。

また、保守の基本的な実施方針は、まず過去の点検結果、補修履歴等のデータを元に構造物の状況を把握する設備管理が必要である。さらに、その設備管理に基づき計画的に、定期的に、適切な点検、補修判定、補修工事を実施することである。

(ii) とう道本体の保守

通信用とう道本体は、収容ケーブル布設等の作業が安全に実施でき、かつ、地表面、近接家屋、地中構造物等に悪影響をおよぼさない良好な状態に維持するよう、適切な点検・補修判定・補修を実施する。

具体的には、設置年度、環境条件等を考慮し、点検項目については、①漏水、②ひびわれ、③コンクリートの表面の浮き・はく落、④段差、⑤たわみ、⑥有害ガス、⑦

破損について行う。

2) 被災時

被災後直ちに、機能確保を基本方針とし、通報の発生及び社内外の要請に応じて各設備の被害調査、診断、補修を実施する。

地震の発生に際して、とう道の異常に関する情報を速やかに得るため実施する。また、点検方法は状況に応じて日常点検、定期点検の方法による。

4.2.5 機能的被害の特徴と災害に対する安全性確保の考え方

通信用とう道は、その機能的被害の特徴を把握し、災害時の安全確保についてはシステム全体としてとらえ、ハード及びソフト面での対策を実施する必要がある。そのような機能的被害の特徴と安全性確保の考え方を述べる。

(i) 機能的被害の特徴

通信用とう道の特徴は、施設自身が広い範囲にネットワークとして分布し、構造物の一部が大きな損傷を受け、万一、ケーブルが損傷した時は、この機能損失が市民生活、都市活動に及ぼす影響が大きいことである。このように、構造上、機能上以下のような特徴を有している。

- ① 地盤や地層の変化する広い面積にわたって、地表面近くに埋没され、地震応答面では各地点における局所的な地盤振動により構造物が影響を受ける。
- ② 形状、寸法等の異なる線状構造物で、途中で構造変化部を有し連結されたネットワークを形成している。また、マンホール等各種構造物との相互作用が地震応答に影響を及ぼす。

(ii) 安全性確保の考え方

システム全体としてとう道設備を含めた計画的な耐震対策を実施する必要がある。耐震対策を検討する上では、ルート的重要度や地域特性などを総合的に勘案することにより、対策実施の優先順位を設定し、合理的な耐震対策を実施することが必要である。

①ハード面での対策

耐震対策の方法としては、信頼性の劣る設備に対して、各種対策案毎に、施工性、信頼性、経済性、を比較し、最適な対策案を選定することが必要である。

②ソフト面での対策

緊急時の復旧要員の早期確保方法、各種被災状況に応じた復旧資機材の数量や配置計画などの措置計画を事前に定めておくことが必要である。

5 電力用洞道

5.1 機能確保のための基本条件

電力用洞道は、大都市域における基盤流通設備として、送電ケーブルの収容空間を経済的に確保し、かつ供給サービスに対する信頼性を確保するために構築するものである。

このような洞道についての基本的な使用条件は次のとおりであり、震災時にも平常時と同程度の機能水準が維持されることが望まれる。

- 1) ケーブル収容空間として長期にわたって使用するため、安定した構造物であること。
- 2) 土・水圧など外的作用からケーブルを防護し、送電機能を保持すること
- 3) ケーブルの引入れ・敷設作業および保守・点検のために必要なスペースを確保してい

ること。

5.2 機能水準の設定

ケーブル収容空間としての電力洞道は、点検、巡視時を除き無人設備である。しかしながら、電力ケーブルは都市部における基盤設備であるため、電力の供給支障が都市機能の回復に与える影響は大きい。したがって、電力用洞道の地震時における機能水準は「機能水準A」であることが望ましい。

なお、防災基本計画¹⁾では、「一般的な地震動に対し、個々の設備ごとに機能に重大な支障が生じないこと。高いレベルの地震動に対しても、著しい（長期的かつ広範囲）供給支障が生じないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保されること。」と明記されている。

5.3 関連法規

電力用洞道の耐震設計、災害対策にあたっては、他の一般的な地中構造物に適用される関連法規、指針類のほか、「電気事業法」に準拠する必要がある。

5.4 地震時における電力用洞道としての機能の安定確保のための具体的措置

5.4.1 機能確保のための考え方

一般的に洞道は、自己振動の励起され易い地上構造物とは異なり周辺を地盤で支持されているため、地盤自体が潰滅的破損を生じない限り、地震によって大きな被害を受けることはほとんどないといわれている。

しかし、電力用洞道は、多様な地盤中に埋設されているため、洞道の構造により被害の形態や程度が異なる。また、収容されているケーブル種類より、曲げや引張りに対する追従性も異なることから、設備形態を考慮した地震時の挙動を推定し、5.1 に示した機能が確保されていることを確認しておく必要がある。

5.4.2 耐震設計上の留意点

電力用洞道は、他の一般的な地中構造物と同様に、みかけの単位体積重量が周辺地盤に比べて小さく、周辺地盤の変形によってその挙動が支配されることが多いと考えられるため、応答変位法による耐震設計を基本としている。

なお、埋設深度の浅い洞道の場合は液状化の影響による浮き上がり現象に対する設計も必要である。耐震設計上は、一般の地中構造物と同様、次の点が弱部となりやすいので留意を要する。

- ・軟弱層に設置される場合：

地震時の大きなひずみが陥没や浮き上がり現象を伴うことにより、沈下、浮き上がり、移動等を生じることがある。

- ・傾斜地に設置される場合：

地震による「すべり力」で地盤自体が崩壊することがある。

- ・硬い地層と柔らかい地層の変化点に設置される場合：

地震により、相接する地層が異なった挙動を示すため、大きな相対変位および応力集中を生じることがある。

- ・地下水位の高いゆるい砂質土層に設置される場合：
地震により液状化し、地盤の支持力の低下、浮力の発生、圧密を伴うことにより、（不等）沈下、浮き上がり、移動等を生じることがある。
- ・立坑等異種構造物との接合部の場合：
地震時に双方が異なった挙動を示すため大きなひずみを伴い、不等沈下を生じることによる被害。

5.5 地震に対する事前対策

洞道の中には、地中送電用ケーブルが収容されており、ケーブルは導体を絶縁体で被覆した構造で、ある程度の引張りに対してはケーブル自体の伸びで追従し、地震時の地盤変形を受けにくいと考えられている。

設備管理面からみた事前対策として、次の諸事項が必要である。

①緊急時の必要資材の保管

ケーブルが損傷を受けた場合を考慮し、緊急用復旧資材を確保して万全を期する。

②維持点検

定期的に洞道内部点検による漏水、ひびわれ等の点検を行い、必要に応じて補修を行う。

③系統面での対応

電力設備は、2ルート以上の電力系統により連系されているため、一つのルートが損傷を受けた場合にも他のルートが利用できるため、電力の供給支障を最小限に抑えることができる。

5.6 発災後の対策

洞道そのものが破壊するような地盤変形が生じ、ケーブルに損傷を与えることはないと考えられるが、万一そのようなことが生じても迅速に送電をストップするシステムが作動する。

震度3以上の地震が発生した場合は、直ちに入坑して点検を行う。また、実際に被害が生じ、送電がストップしている場合は、洞道に入孔可能かどうか、現地にて判断し、パトロールを行う。ケーブルそのものは難燃性であるため、送電がストップすれば、電気火災が起こることは無い。

洞道が破損した恐れのある場合には、被害状況を確認し、安全が確認された後、詳細点検の後、復旧作業に入る。復旧にあたっては壊れた洞道に必要な修復を行うとともに、ケーブルが損傷を受けている場合は、ケーブルを引き替える。

【参考文献】

- 1) 電気設備防災対策検討会耐震性小委員会：電気設備防災対策検討会報告（耐震性関係）

6. 共同溝

6.1 機能確保のための基本条件

道路、特に都市内の道路は単に人や車の通路であるにとどまらず、都市の街区を構成し都市形成の骨格として、さらに上・下水道、電気、電話、ガス等市民の日常生活および都市活動に不可欠な各種供給処理施設を収容する空間として多くの機能を有している。すなわち、道路下には、多種多様な公益物件が埋設されている。これらの諸施設の設置・維持管理のための堀削工事によ

る道路の不経済な損傷と交通障害を最小限に留めるため、道路管理者、公安委員会および公益企業者から成る連絡協議会を設け調整を図ることとされている（道路局長通達「地下占用工事等による道路の掘り返しについて」、昭和 33 年 5 月）。さらに、このような障害に根本的に対処するため、これらの諸施設を一括して収容する施設として共同溝がある。わが国においては、関東大震災後の帝都復興事業の一環として、東京九段坂等に試験的に共同溝が 3ヶ所設置された。さらに、昭和 30 年代に入り、自動車交通の進展が著しくなり、特に都市部における交通渋滞処理対策の一環として、道路の掘り返し防止のために共同溝が設置されるようになってきた。各地における工事に関する歴史的経緯を経て、昭和 38 年に「共同溝の整備に関する特別措置法」（以下「共同溝法」）が制定され、共同溝整備の基礎が確立した。

共同溝法でいう共同溝とは「二つ以上の公益物件を収容するため道路管理者が道路の地下に設ける施設」を指し、公益事業者等が単独または共同で設ける類似の施設とは区別される。

共同溝に収容する物件は、相当の公益性を有し国民の日常生活と経済生活に密接な関連をもつものであり、かつ道路への敷設が常態となっているものに限定すべきであるという考えから、電話、電気、ガス、上水道、工業用水道および下水道の 6 種類に限られており、これらは、(1)電話、電気などのケーブル類、(2)ガス、水道、下水道等の管類等に分けられる。

さらに共同溝は、その性格により幹線共同溝と供給管共同溝の 2 種類に大別される。幹線共同溝は直接沿道地域のサービスを目的としないメインケーブルやメインパイプを収納するもので、主として車道の地下に設置されており、一般的に共同溝といった場合にはこれをいう。供給管共同溝は沿道地域へ直接サービスするケーブル管路を収容する施設であり、歩道部分に設けられるのが普通である。

このように、地震に対する共同溝の災害対策を考える上において、共同溝の函体の損傷がもたらす収容物件への影響ならびに道路面、ひいては道路交通への影響を考慮する必要がある。

6.2 関連法規

共同溝に関しては、昭和 38 年に制定された「共同溝の整備等に関する特別措置法」、「同施行令」、「同施行規則」によって規定されている。

共同溝の設計に関する技術基準として、「共同溝設計指針」（日本道路協会）が唯一であり、基本計画、設計計画、調査、本体構造物の設計、耐震設計、仮設構造物の設計、付帯設備の設計について示されている。

6.3 想定される共同溝の被害

共同溝は建設後まだ日が浅く、建設箇所では被害を被るような強震を受けた例はごく稀であり、1995 年兵庫県南部地震において神戸市内および尼崎市における共同溝が軽微な被害を受けたのが初めての例である。従来の耐震設計は、各種の剛性の小さい地中埋設管や、軽量の地中構造物の既往の地震被害例を参考にして、検討すべき地震被害モードを想定し、耐震設計が実施されてきた。一般に耐震上留意すべき箇所は、以下のとおりである。

- ① 軟弱地盤中に設置される共同溝
- ② 地盤条件の変化が著しい箇所に設置される共同溝
- ③ 構造変化部、立坑等異種構造物との接合部

このような箇所では地震時に以下のような形態の被害が生ずる可能性がある。

1)共同溝本体の被害

- ・ 函体コンクリートのクラック，剥離
- ・ 目地の開き，ずれ
- ・ 目地からの土砂流入
- ・ 函体内部への漏水
- ・ 函体内部への浸水
- ・ 函体軸線の曲がり
- ・ 函体の浮き上がり

これらの発生原因としては，以下のものが考えられる．

- ・ 地盤振動に対する共同溝軸方向および軸直角方向の強度不足
- ・ 基盤急変部における周辺地盤部の振動性状の違い
- ・ 地盤の液状化による共同溝の浮き上がり・側方移動
- ・ 周辺河川等の越水の函体入り口からの浸水

2)共同溝収容施設の被害

- ・ 収容物件の架台の転倒・破損
- ・ 収容管路の継ぎ目の開き，ずれ
- ・ 収容管路軸線の曲がり
- ・ 収容ケーブルの切断
- ・ 流入土砂・水による収容施設の損傷

これらの被害は，基本的には①に記した共同溝本体の被害が生じた場合にのみ生ずるものと考えられる．さらに，このような収容施設の被害が生じた場合には，収容物件の種類により，様々な被害が発生する．兵庫県南部地震において，共同溝継目等の損傷が生じたが，収容物件に被害が生じた例はほとんどなかった．すなわち，構造物本体の軽微な損傷は必ずしも収容物件の被害と結びつかないことを示している．

3)共同溝を設置する道路面への被害

1)に記したような共同溝のような地中構造物に被害が生じた場合，設置箇所が浅い場合には，

- ・ 地盤の液状化の痕跡
- ・ 道路面の段差・亀裂
- ・ 道路面の陥没

等，地表において見ることのできる被害が生じ，それらの程度が著しい場合には道路交通にも支障が生ずるものとなる．

1995 兵庫県南部地震において共同溝に生じた被害は，全体に軽微なもので，側壁上ハンチ部コンクリートの剥離，目地ずれによる漏水が生じたものがあつた．さらに，共同溝周辺で地盤の液状化が生じた箇所があつたが，これらを含め，構造本体に顕著な損傷を与えるものはなかつた．結果として，道路交通に影響を与えるような被害は生じなかつた．

6.4 耐震設計上の留意点

共同溝の耐震設計にあたっては，以下の事項に配慮するのがよい．

- ① 構造物被害と収容物件の被害，道路への影響の関連を配慮し，設計許容状態を定める．

- ②地中構造物の被害は周辺地盤の変形に大きく支配されるため、その振動的成分ならびに永久変位成分の評価を適切に行う。
- ③構造本体への過大な応力・ひずみを軽減するために、可撓性の継ぎ手を適切に用いるのがよい。
- ④周辺地盤が液状化した場合、構造体に過大な荷重や変位を与える恐れがあるため、そのような場合には慎重な検討が必要である。
- ⑤共同溝に限らず、建設後の地中構造本体の補強等は非常に困難であるため、十分な安全性をもった構造とすることが必要である。

6.5 事前対策

震後の混乱した状態の中で復旧作業を円滑に行うためには、平時からあらかじめ震災時の対策の体制、業務内容を策定、整理するとともに次の事項を実施しておくのがよい。

- ①共同溝台帳の整理
- ②優先的に点検すべき箇所の抽出
- ③占有者（公益事業者）の連絡先の確認
- ④緊急時の必要資材の準備
- ⑤共同溝構造本体のみならず、日常において防災安全等に用いられる付帯施設の維持点検

6.6 発災後の対策

共同溝については、現在までのところ地震による被害は稀なため、ここでは共同溝の老朽化に対する通常の維持補修、および類似構造物の地震被害事例を参考に、共同溝本体、収容物件の調査、復旧等の対策例を示す。

地震発災時には、発災後の段階を考慮して段階毎に適切な対策を進める。発災後の震災復旧を次のような3段階に分けることが行われる。

①震災復旧の第1段階

できるだけ短時間に施設（地域）の被災状況の概略を把握し、以後の対応・復旧の基本方針を定めるとともに、二次災害の危険性を適切に判定し、必要に応じて緊急措置を行う。

②震災復旧の第2段階

施設全体の被災状況を把握し、二次災害の危険性、施設復旧の緊急性、施設の用途、重要度、本復旧までの工期等に基づいて応急復旧の方針を定める。

③震災復旧の第3段階

施設の重要性、被災の箇所およびその程度、復旧の難易度、施設の将来計画を考慮して本復旧の方針を定める。

これらの内、震後の混乱が収まり、施設の本復旧計画を熟慮することのできる震災復旧の第3段階での対策については平時の対応と同様の検討が可能なものと考えられるため、ここでは、震災復旧の第1、第2段階のように発災後、緊急または応急に二次災害を防止したり、応急の用に供する上での留意点を述べる。また、ここでは震災復旧の第1、第2段階を特に区別せずに記述する。

1)被害調査

共同溝の機能は、電気、電話、ガス、上水道等の公益物件およびその点検作業空間を確保する

機能であることから、収容物件の地震被害を十分考慮に入れ共同溝本体の被害調査、必要な措置を実施する。

一方、収容物件に異常が生じた場合には、利用者から占有者等に通報がいくことも考えられ、その場合にはそのような情報も十分活用する。

①路面からの調査

地盤浅層部に埋設された地中構造物に被害が生じた場合、

- ・地盤の液状化の痕跡（噴砂、噴水等）
- ・道路面の段差・亀裂
- ・道路面の陥没

等、地表において見ることでできる被害が生じるものと考えられるため、地震直後には、まず、目視により地表面の変状の調査を行う。

②函体内部からの構造調査

①の目視調査等により、函体に何らかの被害が生じたことが推定される場合には、緊急に函体内部へ入り点検を行う。

この場合の調査目的は、緊急調査で発見できなかった被害の発見ならびに施設被害全体の把握である。調査箇所は、全路線についての共同溝本体、照明・換気・排水設備等付帯設備である。調査項目は、共同溝の機能である公益物件の保護機能および公益物件の点検作業空間の確保機能の損傷度の把握に重点をおくとともに、構造本体の被害について調査を行う。

③函体収容物件の被害調査

函体収容物件の異常の有無について調査する。

2)緊急措置・応急復旧工法

①道路面についての緊急措置は、通行危険箇所にバリケードを立てる等。

②函体について何らかの異常が見られた場合には、その異常の程度により、緊急にとる対策は異なる。例えば、函体にクラックが生じたり、目地にずれが生じたりしたために、函体内部に漏水が生じたときには、排水ポンプを稼働させ排水させる。または、クラックへのモルタルづめあるいは目地づめまたは塗布して、収容物件に悪影響が及ばないようにする。

③収容物件についての緊急措置は、物件の種類により異なる。

【参考文献】

- 1) 佐藤秀一編著：共同溝，森北出版。
- 2) 日本道路協会：共同溝設計指針。
- 3) 建設省土木研究所：平成7年兵庫県南部地震災害調査報告，土木研究所報告，196号，1996。
- 4) 土木学会：土木学会阪神大震災震災調査第二次調査報告会資料，1995。
- 5) 建設省：土木構造物の震災復旧技術マニュアル（案）。
- 6) 建設省：災害情報システム・ガイドライン（案）第3巻基幹施設編。

7. 上水道

7.1 機能確保のための基本条件

水道施設は、市民生活や都市機能を維持するための基本的な施設であり、地震時にあっても給水機能を出来るだけ高く確保する必要がある。特に、震災直後の救助・救援・消火活動等のために、飲料水や消火用水が不可欠であり、給水機能の維持が重要である。

給水機能は、水道システムとして広い地域内に有機的に構築された水源から給水装置に至る各種施設によって保持されている。そのため、強い地震により施設の一部が損傷を受けると、システム全体への影響が免れず、特に直列的システムではその影響が大きい。したがって、システム全体の給水機能を保持するために、基幹施設の分散、分割、予備の設置、系統間のネットワーク化、電源の二重化及び自動化、施設のバックアップ等の対策を講じておく必要がある。

7.2 機能水準の設定

水道施設は、施設の重要度と地震動のレベルとの組合せに対して、目標とすべき耐震水準を維持することを基本とする。

施設の重要度としては、ランクA、Bに分類する。

ランクAの施設は、水道供給システムの実態を踏まえて、次のような事項を総合的に判断して決定する。

- a) 重大な二次災害を起こす可能性にある施設
- b) 水道システムのなかでも上流に位置する施設
- c) 基幹施設であって代替施設のないもの
- d) 重要施設への供給管路
- e) 復旧困難な基幹施設
- f) 被災時の情報収集の中心となる施設

ランクBの施設は、ランクA以外の施設とする。

また、施設の維持すべき耐震水準としては、次のように設定する。

ランクAの施設は、レベル1地震動に対して無被害であり、レベル2地震動に対しては個々の施設に軽微な被害が生じてもその機能保持が可能なものとする。

ランクBの施設は、レベル1地震動に対して、個々の施設に軽微な被害が生じてもその機能保持が可能であり、レベル2地震動に対して、個々の施設には構造的損傷があっても水道システム全体としての機能を保てるものとする。

トンネル構造の導水路、送配水管路は、水道システムにおいて重要かつ復旧困難な基幹施設であることから、ランクAの施設として機能保持ができるように耐震設計を行う。

7.3 関連法規

水道施設の耐震設計や事前・事後対策の措置などにあたっては、本方針のほか関連する法令、基準、指針などに準拠するものとする。

7.4 地震時における機能確保のための具体的な措置

7.4.1 機能確保のための考え方

水道システムの耐震化を計画するには、既存施設の耐震診断と補強・更新を適切に行うことが重要である。そのためには、既存の水道システムの重要度分類を行い、必要な耐震診断を実施し、事業の優先度を勘案して補強・更新に努める必要がある。

水道施設の耐震性を確保するには、設計・施工に留意するとともに、完成後の維持管理にあたって保守点検を確実に行うことが重要である。そのためには、施設ごとに保守点検要領等を定め、計画的に保守点検を行うことが望ましい。

7.4.2 耐震設計上の留意点

上水道施設のすべてを完全に耐震化にすることは、技術的、経済的に困難であり、また合理的ではない。そのため、上水道システムの設計にあたっては、システム全体としての耐震性の向上を図るために、次の事項に留意しなければならない。

- a) 震害をできるだけ局所に限定するシステムとする。
- b) 震害部を容易に復旧できるように考慮する。
- c) 震害による二次災害を防止する対策を講じておく。

また、被害が発生してもシステム全体として送配水機能が維持できるよう、幹線管路の二重化、ループ化等の対策を講じておくことが必要である。

兵庫県南部地震では、水道管として現在幅広く使用されているダクタイル鋳鉄管も被害を受けたが、その99%は継手の抜けが原因であった。最近では、抜け出し防止機能のある継手の開発が進んでおり、管路の耐震化を図るにはできる限りこの耐震継手を用いることが望ましい。ただし、既存の管路を短期間に全て耐震継手管に替えることは不可能であるため、実際には管路の新設や老朽化などによる取り替えの際に耐震継手管を使用していくことが着実な方法である。

幹線管路等の線状地中構造物やシールド立坑等の地震時挙動は、施設周辺の地盤の動きに支配される。したがって、これらの施設の耐震設計においては、地盤の変位もしくは変形に起因して施設に発生する変形や応力について検討しなければならぬ。特に、液状化によって地盤が水平変位を生じる可能性のある場合や明らかに活断層を横断する場合等地盤の力学的性質が急変するところに建設される施設においては、その影響が著しいので十分な配慮が必要である。

なお、トンネル構造の導水路、送配水管路の多くは、路線全体を通して必ずしも良好な地盤に建設できるとは限らない。地盤の悪い地域に建設された施設が震害を受けた場合には、被害状況等の調査が難しく、復旧も困難で長期間にわたることが多い。そのため、このような施設には、地震時に予測される地盤相対変位によって被害が起こらないように伸縮・可撓性のある耐震継手などを設けて耐震性の向上を図る。

7.5 地震に対する事前対策

上水道施設の地震に対する事前対策には、被害の未然防止あるいは軽減のための予防計画、災害時における被害の早期復旧を図るための応急対策計画に分けられる。

1) 予防計画

予防計画では、既存の水道システムの重要度分類を行い、あらかじめ施設構造の強度・老朽化

等を主体とした点検・診断を行って、確保すべき耐震性能に応じた補修や改良を計画的に実施する。

施設の保全にあたっては、耐震性に十分配慮した施設点検基準を定め、これに従って点検を実施する。この点検結果に基づき、各施設の耐震性の評価を行い予防対策に反映する。

2) 応急対策計画

応急対策計画には、被災状況の把握、断水等の配水調整、復旧の優先順位の決定などに関する手順や方法を策定しておく。また、復旧活動を円滑に行うために、要員確保の手段や情報連絡網の整備、資機材の備蓄などの事前対策を実施しておく。

7.6 発災後の対策

発災後の応急復旧は、原則として上流側から実施する。この際、応急復旧が終了した後も引き続き漏水防止作業を確実に実施する等、恒久復旧との関連に十分配慮する。

1) 被害状況の把握

地震発生直後の被害状況の把握は、浄水場、給水所等のポンプ運転状況や管路テレメータ記録等を確認し、応急対策計画であらかじめ定めたマニュアルに従って、管路の水圧状況や漏水、道路陥没等の有無を調査する。なお、立坑内などへ立ち入る場合には、作業の安全性について十分に確認する。

2) 応急措置及び配水調査

漏水が送配水等に影響を及ぼす場合および被害の拡大や二次災害が発生する恐れのある場合には速やかに断水する。その後、他系統からの切り替えなどの配水調整を実施して、可能な限り断水区域の解消に努める。

3) 復旧活動

応急復旧は、断水区域を限定させ最大限の給水機能が保持できるように効果的に実施する。また、断水区域が速やかに解消できるように、重要度に配慮した効率的な復旧作業を実施する。

【参考文献】

- 1) 水道施設耐震工法指針・解説，1997年版，社団法人 日本水道協会。
- 2) 水道維持管理指針・解説，1998年版，社団法人 日本水道協会。
- 3) 第6次東京都水道局震災予防計画（平成7～12年度） 東京都水道局。
- 4) 東京都水道局震災応急対策計画（平成8年3月改定） 東京都水道局。

8. 下水道

8.1 機能確保のための基本的条件

下水道施設の破壊は衛生状態の悪化をもたらす。また、雨水排除の低下もまねくこととなり、都市における生活環境、活動環境の安全性が確保されなくなる。このため下水道施設の機能喪失は極力防止する必要がある、特に大都市に於いてこのことが強く求められる。さらに近年下水道施設の一部に新たな機能が付加される場合も見られ、多機能化の傾向にある。

したがって、これら下水道の機能を確保するために、必要な耐震対策を行う。

8.2 機能水準の設定

下水道施設は、管路施設、処理場・ポンプ場施設からなり、その集合体としての耐震性を確保する必要がある。管路施設については「重要な幹線等」と「その他の管路」に区分し、設計対象地震動とそれぞれに要求される耐震性能を考慮して耐震設計を行う。

地震時における機能水準は、原則として以下の水準に設定する。

「重要な幹線等」は、既設、新設ともにレベル1地震動に対して設計流下能力を確保するとともに、レベル2地震動に対して流下機能を確保する。

「その他の管路」は、新設を対象にレベル1に対して設計流下能力を確保する。

8.3 関連法規

震前対策、被災調査、緊急措置などにあたっては、本方針のほか、関連する法規、基準、指針などによるものとする。

8.4 地震時における機能確保のための具体的措置

8.4.1 機能確保のための考え方

下水道施設は、主として管路施設、処理場・ポンプ場施設等で構成される集合体であり、震災後においても所定の機能が確保されるよう、まず個々の施設の構造面での耐震性の確保を図る必要がある。

管路施設は地下に埋設された構造物であり、その被害は地震動の強さ以外に、施設が埋設されている地域の地形や地盤条件に大きく影響される。さらに、管路施設の構造によっても被害の形態や程度が異なるため、地域の地形や被害発生、管路施設の構造を理解し、さらに過去の事例から起こりうる被害の形態を予測しておくことは、被害調査や復旧を行う際非常に有用である。

8.4.2 耐震設計上の留意点

構造物の耐震設計にあたっては、地域特性、各種構造物の形状、規模、機能、復旧の難易、災害時に与える影響などを考慮し、各種構造物の特性に応じた合理的な設計とする必要がある。

施設全体を完全に耐震化することは、経済的技術的に困難な面もあることから、設計にあたっては次の各号に留意しなければならない。

- a) 震害をできるだけ局限化する。
- b) 復旧が容易な構造とする。
- c) 二次的被害を防止する対策を講ずる。
- d) 本施設が大地震により相当な被害を受けても、システム全体としてできるだけ機能を保持するよう留意する。

8.5 地震に対する事前対策

下水道の地震対策にあたっては、地震時においてもその機能を確保するように、まず個々の施設の構造面で耐震性の確保を図る。また平常時から被災時の早期復旧を支援する体制を確立し、他都市、関連業界との被災時の相互協力体制の取り決め等についても十分な取組を行う。

事前対策の要点は以下のとおりである。

1) 震災時の組織体制

震災時に、直ちに震災復旧に着手できるよう、組織単位毎に所用の組織体制を整備しておく。

2)施設の点検・整備

施設の地震被害を軽減するとともに、被害の発見及び復旧を迅速に行うために、施設の現状の把握、耐震性の検討を行い、必要に応じて対策を講じておく。

3)施設の管理図書の整備

被災調査及び復旧工法の選定にあたっては、当該施設の設計図書及び管理図書が有効であるため、あらかじめこうした図書の整備を図る。バックアップを設け、安全度の向上を図ることが重要である。

8.6 発災後の対策

下水道施設の震災復旧は、施設の被災状況を迅速かつ的確に把握し、関係機関との調整を図り速やかな復旧を行うものとする。

1)緊急調査

緊急調査は、汚水の逆流等の重大な機能障害、管路の破損、マンホールの隆起等放置すると二次災害発生のおそれのある被害の発見のために行う。短時間で被害の概要を把握する必要性から、目視等簡易な方法により、幹線等の主要施設における被害の有無、管路施設周辺の道路の異常の有無について、概略の被害箇所、被害程度を把握する。

以下の点に着目して行う。

- a)医療機関、避難場所付近の管路施設の異常の有無
- b)処理場、ポンプ場の異常の有無
- c)マンホール及び管渠周辺の路面の異常の有無
- d)マンホールおよび水管橋管路部からの下水の流失の有無
- e)管渠内への危険物（ガス、石油等）の流入の有無
- f)マンホールふた、ふた受け枠の異常の有無
- g)マンホール内及び水管橋管路部の異常の有無

2)応急調査

応急調査は、被害の拡大および二次災害の防止を目的として行う調査であり、他施設に与える影響とともに、利用者に与える影響も対象とし、下水道の機能的、構造的な被害程度の把握に重点を置く。

応急復旧工事には次のものがある。

- a)管渠、マンホール内部の土砂の浚渫
- b)止水バンド等による圧送管の止水
- c)可搬式ポンプによる下水の排除
- d)仮水路、仮管渠の設置
- e)排水設備の復旧

【参考文献】

- 1) 下水道施設の耐震対策指針と解説，1997年版，社団法人日本下水道協会。
- 2) 下水道の地震対策マニュアル，平成9年8月，社団法人日本下水道協会。