

## 第 9 章 地震による地下構造物の浸水対策（案）

### 9.1 地震による浸水対策の対象範囲

地震による浸水対策については、地震後に発生する津波による浸水被害に加え、堤防等の防護施設や排水機場が地震により被災し、その復旧前に発生した高潮・高波・洪水、内水氾濫による地下構造物内への浸水被害について対象とする。すなわち、津波の発生確率が高い地域や堤防・排水機場等への依存度が高い地域にある地下構造物が検討対象となる。

#### 【解説】

##### (1)地震による浸水対策の対象範囲及び被災シナリオ

地下構造物については、地震に対して十分な対策が図られていても、地震後に発生する津波対策については未対策なケースが多く、浸水被害が発生する可能性がある。また、津波による直接被害がない場合であっても、高潮・高波・洪水対策として沿岸部や河川敷に設置されている堤防・護岸等の防護施設や排水機場等が地震により被災し、防護性能・排水性能が低下することが想定される。これらの施設の復旧前に、高潮・高波・洪水（可能性は低い津波も含まれる。）あるいは内水氾濫が発生した場合、地下構造物は浸水被害を蒙る可能性があるこれらの複合的な災害の場合、浸水被害は津波による直接的な被害よりも広範囲に及ぶ可能性があるため、沿岸部や河川敷に近接する構造物以外の地下構造物についても対象とする。上記の浸水被害のシナリオを図-9.1.1に示す。津波による直接的な浸水は、地震発生直後から1日程度の時間を対象として想定しておけば通常、十分であるが、津波の来襲までの時間は、単に波源までの距離に依存するのではなく、伝播特性や海底・沿岸の地形に大きく依存する。このため、実際の発生時には津波警報等の発令状況に併せ対応することが必要である。

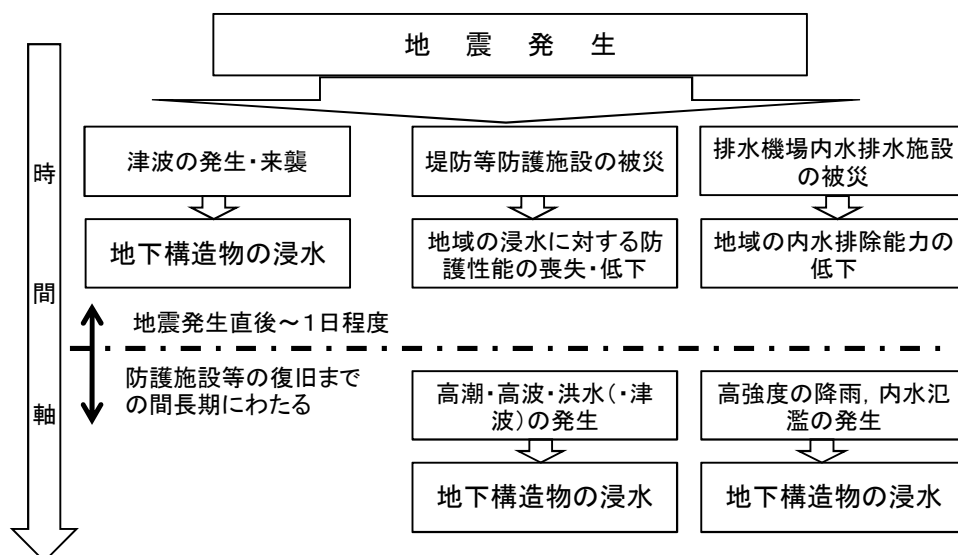


図-9.1.1 地震による地下構造物の浸水シナリオ

##### (2)地震による地下構造物浸水対策の前提条件

津波を伴う大規模な海溝性地震は、隆起・沈降等の地盤変動を伴うことが多い。津波浸水予測計算を行う場合には通常、地震による地盤変動を取り込んでいる。地下構造物の浸水シナリオを想定

する際にも地盤変動を考慮することが必要である。

また、津波浸水予測計算は、災害時の施設の破壊形態・機能状況などの災害時の施設の破壊形態機能状況等の施設条件を考慮して行っている<sup>1)</sup>。対象とする地下構造物がある地域で津波ハザードマップが作成されている場合、これらの要素を取り込んで作成されているので、津波による地下構造物浸水の前提条件も津波ハザードマップのそれと整合のとれたものとする必要がある。高潮、高波、洪水、内水氾濫等でも同様である。

### (3)地域の浸水対策との連携

津波の発生確率の高い沿岸部等の地域や、堤防・排水機場等への依存度が高い地域にある地下構造物が地震による浸水対策の対象範囲となる。後述するように、地下構造物への浸水被害を推定するためには地域の浸水程度を予測する必要があるため、地下構造物が単独で対策を立てるより地域の浸水対策との連携を前提とすることが望ましい。この地域において(1)の被災シナリオを考慮し、対象とする地下構造物の被害予測に伴う浸水対策計画を立てることで、地震による浸水被害の低減が図られる。

## 9.2 対象とする地下構造物

対象とする地下構造物は、浸水被害が発生した場合に人命に関わるような深刻な被害が発生することが予想される地下街・地下鉄・地下駐車場等及び直接的な人命被害は発生しないが生活用水の数ヶ月に渡り使用制限が必要となる下水処理場を対象とすることを基本とするほか、電力・ガス・通信等ライフラインのネットワークとしての機能が阻害される施設について準用してもよい。

### 【解説】

#### (1)ガイドラインの対象とする地下構造物について

都市には人口や資産などが集中しており、地下街・地下鉄・地下駐車場等の地下空間を含め高度な土地利用が図られている。近年、都市で発生している水害では、河川や下水道から溢れた流水が都市低地部に集まり、そこにある地下空間が浸水することにより重大な災害を発生させている<sup>3)</sup>。同じく地震による津波・堤防決壊からもたらされる浸水被害についても同様な災害を発生させる可能性があり、地下構造物内での浸水による危険性は今後さらに高まる恐れがある。また、地下空間での浸水は人命に関わる深刻な被害に繋がり、その対策は重要となる。



写真-9.2.1 平成 15 年 地下街浸水状況（福岡県）<sup>2)</sup>

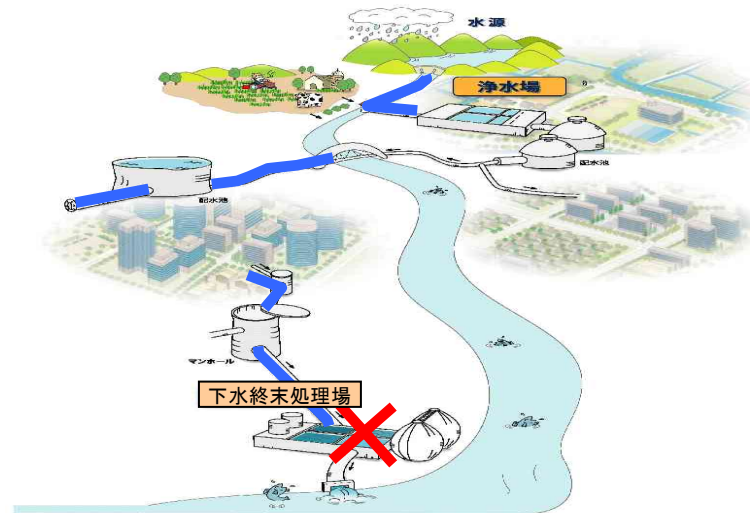


図-9.2.2 下水処理場の被災による影響<sup>3)</sup>

下水道施設の中で下水処理場については重要な拠点施設に位置づけられ、拠点施設に被害が発生した場合、末端の下水道管路から上水道施設まで影響が生じる恐れがある(図-9.2.2)。これにより、数ヶ月間に渡り生活用水の使用制限を余儀なくされることが想定され、市民生活への影響が生じることから、対策を図る必要がある。また、下水処理場は沿岸部や河川敷付近に多く存在しており、津波・高潮・高波・洪水など浸水被害をもたらす危険箇所と密接していることから、浸水対策に対し重要性が高い地下構造物となる。

(2)ガイドラインを準用するネットワークの機能阻害について

これらの地下構造物以外にも、電力・ガス・通信等の地下構造物は、ライフライン機能をネットワークとして果たしており、地下に置かれた都市ガスの整圧器、変電設備やそれらの制御用設備等の設備が浸水被害を受けた場合、市民生活への影響が広域に及ぶ可能性がある。ネットワークの機能阻害は地下鉄についても該当するので留意することが望ましい。

9.3 被害予測

被害予測については、対象となる地下構造物の構造や浸水過程、状況など様々な要因があり、これに伴い各構造物ごとに解析手法も異なってくる。各地下構造物ごとの被害予測を次に示す。

- (1) 地下街・地下鉄駅舎および地下駐車場は、不特定多数の人が利用する施設であり、浸水深によるドアの開閉困難化により密室に閉じ込められる可能性のある場所や、歩行困難な箇所など、資産被害だけでなく人的被害の可能性を想定する。
- (2) 下水処理場では津波などにより場内へ浸水した際の浸水深さを算定し、各施設への浸水状況から被害予測を行う。
- (3) 電力・ガス・通信等ライフラインネットワークの機能阻害を引き起こす浸水予測は、地下街・地下鉄駅舎および地下駐車場並びに下水処理場の浸水予測に準じて行い、ネットワークの機能阻害は、対象とするネットワークの特性に応じ予測するものとする。

【解説】

(1)不特定多数の人が利用する地下構造物における被害予測について

- ①地下街や地下鉄駅舎は、地上や接続施設との出入り口が多い。氾濫水は主にこれらの出入り口から流入する。他にも、通気口や接続ビルを通しての流入も考えられる。
- ②出入り口は人が行き来することから、階段の敷高自体はそれほど高くない。地上の浸水深が敷

高を超えた時に氾濫水が流入する。すべての出入り口で止水板等の浸水防御施設を設けているとは限らない。（設置基準は河川氾濫の情報や気象庁の予警報，市町の避難勧告情報等の情報伝達が多いが，管理者によってまちまち（避難確保計画に定められている場合が多い）。管理者が人海戦術で対応する場合が多く，営業時間外など警備員等が少ない時間帯には対応できない場合が多い。）なお，津波・高潮・高波・洪水で，海岸・河川堤防から近くに出入り口がある場合には，浸水深が敷高を超えなくてもスプラッシュにより一部浸水する危険性がある。

- ③避難は氾濫水が流入する前に実施すべきであるため，情報入手時から地下街入り口までの氾濫水到達時間の把握が管理者には重要な情報となる。これには地上の氾濫水の挙動をできるだけ精度よく求める必要がある。
- ④地下街や地下鉄駅舎内の浸水挙動を精度よく把握するには，氾濫水の流入開始時間と氾濫水の流入量をできるだけ精度よく表現することが重要。氾濫水流入口となりうる箇所の高さ情報（標高，および地上の氾濫解析モデルの地盤高や実際の道路との比高）およびその開口幅を正確に把握することが精度向上につながる。
- ⑤地下街・地下鉄駅舎の浸水解析を行うには，地上の氾濫モデルと結合する出入り口モデル，地下空間内の貯留域・流下域モデル，接続施設モデル（流入・排水モデル）を組み合わせる。計算方法は，評価したいパラメータ（水深，流速等）を算定できる式を採用する。
- ⑥ドア前面の浸水深が深くなると，水圧によりドアが開けられなくなり，閉じ込められる可能性がある。密室空間の位置を把握することも重要。
- ⑦万一，氾濫水到達・氾濫水流入までの時間が短く，避難終了前に氾濫水が流入する場合，水が流れ落ちている階段は流速が早い一般の人が歩行するのは危険である。比較的歩行が可能な出入り口を把握するには，階段部も非定常解析できるようモデル化するのが望ましい。
- ⑧必要に応じて空間内も流速等が算定できるようモデル化し，流速や水深等の情報から人の歩行困難性を評価し人的被害の可能性も想定することも，危険箇所の想定や避難路の設定に有効となる。
- ⑨不特定多数の人が利用する地下構造物における被害予測にあたっては，資料編 4.1 及び 4.4 を参考にすることができる。

### (2) 下水処理場における被害予測について

- ①下水処理場は，面的な広がりの中に各施設が混在している状況で，その中において地上施設と地下施設に分かれている。各施設においては，被水防止高さが設定されており，津波などにより場内へ浸水した際の浸水深さが，被水防止高さを越えた場合に下水処理場が機能停止となるような被害が発生する。
- ②被害予測については，下水処理場内および周辺状況に対し正確な地形データの作成が重要となり，これによって水の流れや浸水深さが影響されてくる。地形データの作成にあたっては，計算領域，計数值モデルと境界条件，その他の条件から地形データを作成し，現地踏査により地形データの補正が必要となる。
- ③沿岸や河川と処理場との間には堤防が設置されていることが多いため，被害予測にあたっては，堤防高さも考慮する必要がある。ただし，堤防決壊という可能性もあることから，堤防高さの有無を考慮した 2 通りの検証を行うことが望ましい。
- ④下水処理場内の施設には，沿岸や河川に処理水を放流するための放流吐口が設置されており，被害予測の結果，場内への浸水までには至らなくても，放流吐口からの逆流により被害が発生する可能性もある。よって，浸水被害としては，放流吐口からの逆流についても被害要因の一つとして捉える必要がある。
- ⑤下水処理場における被害予測の中で被害額が高額となるのが電気設備の被害であり，一旦浸水してしまうと再利用できない状況が考えられる。そこで，電気設備に対する浸水対策は，重要な要素となる。
- ⑥下水処理場の被害予測にあたっては，資料編 4.2 を参考にすることができる。

(3)電力・ガス・通信等ライフラインネットワークにおける被害予測について

- ①電力・ガス・通信等ライフラインネットワークの機能阻害について、浸水予測は他の施設に対する方法を準用してよい。ネットワークの機能阻害は、対象となるネットワークの特性から一様に考えることはできないが、浸水被害の波及過程を考慮して予測することが望ましい。
- ②浸水被害波及過程の設定に当たっては、参考文献 4) が参考になる。

9.4 浸水対策

浸水対策については、対象となる地下構造物の構造や被害状況が異なることを踏まえ、各構造物に応じた対策を図ることとなる。また、浸水対策の立案にあたっては、優先度や重要度を考慮し、ハード・ソフトの両面から考える必要がある。

【解説】

(1)地下街・地下鉄・地下駐車場等の地下空間における浸水対策について

地下空間における浸水対策としては、地上の浸水と比較して生命の危険性が高いため、資産を守るための対策よりも、地上からの安全な避難および通常避難路が閉ざされた場合の緊急脱出を可能とする対策を優先とする。

ハード対策としては、開口部の地盤高嵩上げ、浸水防止扉の設置、換気口等の改良など直接的な浸水防止策を講じる。具体的な対策については地下空間の構造および立地条件によって地下空間の浸水状況が異なるため、これら特性に応じた対策を講じていく。資料編 3.2 を参考にすることができる。

ソフト対策としては、浸水時の危機管理行動を円滑化するために、平常時からの危機意識の啓発や防災訓練と共に、情報収集伝達、避難誘導施設など臨災時の行動を円滑にするための対策をとる必要がある<sup>5)</sup>。また、浸水災害時に暗闇になり被害を拡大することも考えられるので、非常用電源が浸水時にも支障なく使えるよう耐水化することも重要である。必要に応じ、専用の緊急脱出通路を確保することも検討することが望ましい。

(2)下水処理場における浸水対策について

下水処理場における浸水対策としては、水処理機能の確保または機能停止期間の短縮化を図る対策を優先とする。

ハード対策としては、下水処理場内が浸水しない対策として堤防の強化・嵩上げやゲートの設置等が挙げられる。また、浸水しても機能維持または停止期間の短縮化を図る対策としては、水処理施設 1 系列分のカバー対応、機械・電気設備の上部移設や簡易処理施設が設置可能な用地確保、内水排除施設の設置等が挙げられる。資料編 3.3 及び 3.4 を参考にすることができる。

ソフト対策としては、他の下水処理場とのネットワーク化や仮設トイレの備蓄が考えられる。

(3)電力・ガス・通信等ライフラインネットワークについて

電力・ガス・通信等ライフラインネットワークについてはネットワークとしての機能が阻害されないよう対策を講じる。

ハード対策としては、地下鉄や地下街等に準じた浸水防止対策や重要な設備の耐水化等が挙げられる。

ソフト対策としては、浸水を想定した訓練の実施、万一浸水した場合の早期復旧対策、ネットワーク機能を維持するための代替ルートの事前想定・確保等が考えられる。

参考文献

- 1) 監修：内閣府（防災担当）・農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局：津波・高潮ハザードマップマニュアル，（財）沿岸技術研究センター，2004
- 2) 東京都地下空間浸水対策ガイドラインー地下空間を水害から守るためにー，東京都，平成20年9月
- 3) 水コンサルタントパンフレット，（社）全国上下水道コンサルタント協会
- 4) 鈴木武・岡本修・川崎栄久・木俣順：低頻度メガリスク型沿岸域災害対策の多様な効用とその評価手法に関する研究，海洋開発論文集，Vol.26 pp.897-902，2010.
- 5) 地下空間における浸水対策ガイドライン・地下空間における浸水対策ガイドライン同解説＜本編＞・地下空間における浸水対策ガイドライン同解説＜技術資料＞，国土交通省