１．総論

1.1　被害想定の意義

大規模地震に対して下水道施設の被害状況を予測することは、下水道地震対策の計画的な推進にとって重要な事項である。

被害予測の結果は、防災拠点等の関連情報とあわせて活用することで、耐震対策の優先順位決定資料として利用するとともに、地震対策とあわせて公表することで下水道地震対策への理解を得るための資料として活用する。

【解説】

新潟県中越地震における下水道施設の被害を踏まえて設置された「下水道地震対策技術検討委員会」（委員長：田中　和博 日本大学教授）が平成１７年８月にとりまとめた報告書によれば、以下に示す抜粋のとおり下水道地震対策を計画的に推進するために被害状況の予測が重要であるとしている。

下水道地震対策技術検討委員会報告書（H17.8：抜粋）

まず第一に耐震診断を行うとともに、地震時における下水道施設の被害状況の予測を実施する必要がある。これらの結果は、耐震対策の優先順位等、下水道地震対策計画の策定に用いる他、耐震化の状況や被災時の影響を分かりやすい地震ハザードマップとして公表し、下水道地震対策の必要性について、住民や議会の十分な理解が得られるようにすることが重要である。

一方、兵庫県南部地震における下水道施設の甚大な被害を教訓として、１９９７年に「下水道施設の耐震対策指針と解説(日本下水道協会１９９７年版)」が改訂された。この耐震指針は、地震動レベルを２つ(レベル１地震動※1、レベル２地震動※2)想定し、施設の重要度に応じて、対象とする地震レベルと施設が保持する機能を規定している。しかし、下水道は古くから建設され多くのストックを有しているが、表１－１に示すとおり、既存施設の耐震化状況は、現指針に照らして十分ではなく、大規模地震が発生した場合には、ライフラインとしての機能を保持することが困難となるおそれがある。このため、処理場からの未処理下水流出による公衆衛生上の問題や雨水ポンプの機能停止時の降雨による浸水被害の発生等を防止し、被災時にも下水道が有すべき機能を確保するための緊急的な対策の実施が望まれるところである。

※1　レベル１地震動：施設の供用期間内に１～２度発生する確率を有する地震動

※2　レベル２地震動：陸地近傍に発生する大規模なプレート境界地震や、直下型地震による地震動のように、供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動

表１－１　下水道施設の耐震化状況

	1997 年指針策定以降の施設※1）	1997 年指針策定以前の施設※2）	
	耐震化率（レベル２対応）※3）	耐震診断実施率	左記のものの耐震化率（レベル２対応）※3）
処理場※4）	ほぼ９割以上	約１割～約２割	約２割～約６割
ポンプ場	約９割	約１割	約１割強
管路（重要な幹線等）	約５割	約１割	約５割

※1）1997 年指針策定以降（平成 10 年度以降）に工事発注した施設

※2）1997 年指針策定以前（平成９年度以前）に工事発注した施設

※3）レベル２対応：陸地近傍に発生する大規模なプレート境界地震や兵庫県南部地震クラスの直下型地震を想定した地震動に対応

※4）処理場については施設別に分けて集計

出典：下水道地震対策技術検討委員会報告書

このような状況の中、東海地震をはじめとする大規模地震はいつ起きてもおかしくないとされており、下水道管理者は、地震発生を想定し、被災時にも確保すべき機能及びその確保方策を念頭においた対応策を立てておく必要がある。

前述したように、既存下水道施設の耐震化状況は十分ではなく、また、すべての施設について直ちに耐震化対策を完了することも困難である。同時に、被害想定についても、直ちに十分なデータに基づき個々の施設の耐震化対策に直結するレベルの予測を行うことは困難である。

したがって、下水道管理者は自らの管理する下水道施設が被災した場合の社会的影響を十分認識し、下水道管理者として確保すべき機能、果たすべき役割を緊急、中期、長期の時間軸と施策内容を考慮した対応をシミュレーションしておくことが重要である。

本マニュアルに提示する被害想定についても、例えば、被害状況や施設諸元に関するデータが十分ではない状況において対策箇所の一次スクリーニングとして活用する、あるいは、将来又は限られた区域で被害特性や施設諸元が明らかな場合において具体の被害箇所特定及び対策検討として活用するなど、時間軸を考慮し、それぞれの段階において実施すべき事項は何かを明確にし、また、耐震診断や緊急的な計画策定等とも並行しつつ、その目的に応じた被害想定の範囲、精度等を検討し、実施に移すことが重要である。

したがって、本マニュアルでは、被害想定を行う意義を以下の事項と捉え、その手順を示すこととする。

- 統一的な被害想定手法の提示
- 地震対策計画策定のための基礎資料としての被害想定結果の活用方法の提示

なお、上記被害想定を基に地震対策を実施するに当たっては、その必要性及び効果を住民等に理解していただくために、想定結果と地震対策を合わせて、効果的に公表していく必要がある。

1.2　適用範囲

本マニュアルは、各下水道管理者が地震対策計画を立案するにあたって、自ら管理する下水道施設を対象に、あるいは都道府県が管内市町村の地震対策を推進するにあたって、管内市町村の下水道施設を対象に、被害想定を実施する際の手法及び想定結果の活用方法を提示するものである。

【解説】

被害想定は、本来、①過去の地震における下水道施設の被害状況、被害箇所の地盤条件、設計・施工条件及び地震動の強さ等の諸データ、②被害想定を実施しようとする区域における地盤条件、下水道施設の設計・施工条件、維持管理状況及び対象地震動の強さ等の諸データ、を収集・整理・分析したうえで実施し、その結果をもとに、被害箇所・内容の特定、影響程度の見極め等を行い、具体的な対策につなげることが理想である。

しかしながら、現時点においては、上記①、②ともデータの蓄積が十分ではなく、そのことが被害想定を実施できない原因の一つにもなっていると考えられる。

このような状況において、本マニュアルでは、次に示す考え方のもと、被害想定を実施する際の手法及び想定結果の活用方法を提示する。

（1）過去の地震における情報については、本来収集すべきデータ及び地震動・地盤条件・施設諸元等、被害の程度に影響する因子と被害率の関係の考え方を提示するとともに、現時点で収集可能なデータをもとに、地盤条件や施設の施工状況と被害の関係を検討した事例を参考として例示する。

（2）本マニュアルで提示する被害想定結果を活用した地震対策の優先順位等の検討については、被害想定結果とあわせて収集・検討すべき事項を提示する。

（3）被害想定の実施に関する一連の流れを提示することで、データが十分でない状況においても、東海地震や東南海・南海地震をはじめとしていつ発生してもおかしくない大規模地震に対して、被害の概要を把握し、被災時にも最低限確保すべき機能確保のための緊急対応箇所特定の一次スクリーニングとして活用することで緊急的な地震対策計画の策定を推進する。

（4）また、被害箇所・内容の特定にあたって必要となる、地盤等のデータ、施設特性や施工条件等の施設設置時のデータ及び維持管理や耐震診断結果等の施設状況のデータを明らかにすることで日頃から下水道台帳等の施設データの蓄積を確実に推進するとともに管理に活用する。

（5）なお、下水道施設の被害は、住民生活や社会経済活動に大きな影響を及ぼすものであり、下水道施設の直接的被害に加え、社会的影響についても被害想定を行う必要があり、今後の検討課題としている。

また、本マニュアルで示す被害想定の目的は、近年の地震による下水道施設の被害及びその影響を踏まえ、地震時においても下水道が有すべき機能を確保するため、下水道管理者が、時間軸と対策施設を考慮した防災、減災計画を策定するための、効率的かつ効果的な被害想定手法を提示するものである。

したがって、本マニュアルで提示する被害想定手法は、中央防災会議において首都直下地震、東海地震、東南海・南海地震等を対象に実施されている被害想定における下水道施設の被害想定手法を踏襲するとともに、下水道管理者等が対策の優先順位を決定するなど、地震対策計画を策定するために必要な事項については、新たに検討を加えることで、下水道システム全体の被害想定手法として構築するものである。

なお、中央防災会議における下水道施設被害想定と本マニュアルにおける被害想定手法との関係は表１－２のとおりであり、主な事項を整理すると以下のとおりである。

1) 中央防災会議のデータ、手法を活用するもの

① 地震動及びＰＬ値※3のデータ

② メッシュ単位での管路被害率設定の考え方

2) 新たに検討を加えるもの

① 下水道施設整備状況

② 既往の地震による下水道施設被害状況

③ 地盤条件・耐震化状況による処理場・ポンプ場のタイプ分類及び被害率算定方法

④ 被害状況マップの作成及び活用方法

※3 ＰＬ値：液状化指数とも言う。PL 値はある地点の液状化の可能性を総合的に判断しようとするものであり、各土層の液状化強度（せん断応力に対する強度）を深さ方向に重みをつけて足し合わせた値。PL＝0.0 ならば液状化発生の危険性がない、あるいは極めて少なく、0.0＜PL≦5.0 ならば液状化発生の可能性が低く、5.0＜PL≦15.0 ならば液状化の可能性があり、15.0＜PL ならば液状化の危険性が高いと判断する。

表１－２ 中央防災会議における下水道施設被害想定と本マニュアルにおける被害想定手法の関係

<table>
<tr><td colspan="3">検討ケース</td><td colspan="3">中央防災会議</td><td>本マニュアル</td></tr>
<tr><td colspan="3">対象地震動</td><td>首都直下地震
（東京湾北部地震、都心西部直下地震）</td><td>東海地震</td><td>東南海・南海地震</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="3">対象範囲</td><td>茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、静岡県</td><td>東京都、神奈川県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、千葉県、和歌山県</td><td>東京都、福井県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、熊本県、大分県、宮崎県（建物全壊がある都府県のみ）</td><td>－
（被害想定手法及び想定結果活用方法の提示が目的）</td></tr>
<tr><td rowspan="7">管渠</td><td colspan="2">基本的な考え方</td><td>下水道管の土砂堆積による物的被害率から算出。
（液状化による土砂堆積率＝下水道機能支障率）</td><td>支線管渠を対象にマクロ的に被害想定を行うこととし、阪神・淡路大震災時の神戸市周辺の被害事例をもとに、建物全壊率と被災延長比率の相関から算出。</td><td>同左</td><td>従来は含まれていなかった、非液状化地盤の被害を含めた被害想定を行う。</td></tr>
<tr><td colspan="2">震度</td><td>震度5弱以上
（下水道の機能停止人口分布と震度分布より想定）</td><td>-</td><td>-</td><td>震度5弱以上</td></tr>
<tr><td colspan="2">ＰＬ値</td><td>非液状化地盤（PL＝0）は機能支障率=0。
液状化地盤は3ランクに区分（下表参照）。</td><td>-</td><td>-</td><td>非液状化地盤（PL＝0）も被害考慮</td></tr>
<tr><td rowspan="2">被害率</td><td>幹線管渠</td><td>管渠断面、掃流力が大きいため、損傷部から流入した土砂は、掃流力によって押し流される可能性の高さから、被害想定条件として<u>流下機能支障を想定しない</u>。</td><td>管渠断面、掃流力が大きいため、損傷部から流入した土砂は、掃流力によって押し流される可能性の高さから、被害想定条件として<u>流下機能支障を想定しない</u>。</td><td>同左</td><td rowspan="2">○幹線、枝線とも被災することを基本。
○被害率は、過去の被害実績をもとに、地盤条件、施行条件等から算出することを基本。</td></tr>
<tr><td>枝線管渠</td><td>液状化による土砂堆積被害率を下水道機能支障率としている。<table><tr><td>PL値ランク</td><td>土砂堆積被害率</td></tr><tr><td>PL値=0</td><td>0.000</td></tr><tr><td>0＜PL値≦5</td><td>0.008</td></tr><tr><td>5＜PL値≦15</td><td>0.019</td></tr><tr><td>15<PL値</td><td>0.068</td></tr></table></td><td>下水管渠の被害箇所数、供給支障需要家数については、阪神・淡路大震災時の神戸市周辺の被害事例をもとに、都県ごとの被害率をマクロ統計手法により把握。
下水道被災延長比率＝0.4056×建物全壊率
（被害延長：約500ｋｍ）</td><td>同左
（被害延長：約530ｋｍ）</td></tr>
<tr><td colspan="2">復旧単価</td><td>兵庫県南部地震の実績から延長あたり単価を設定</td><td>-</td><td>-</td><td>管径、施工方法等に応じて、費用関数、災害査定結果等をもとに設定することを基本。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">被害額</td><td>幹線管渠</td><td>算定していない。</td><td>算定していない。</td><td>算定していない。</td><td rowspan="2">「敷設延長×被害率×復旧単価」から算出することを基本。</td></tr>
<tr><td>枝線管渠</td><td>敷設延長×被害率×復旧単価
0.3兆円（東京湾北部地震）
0.2兆円（都心西部直下地震）</td><td>0.1兆円</td><td>0.1兆円</td></tr>
<tr><td colspan="3">処理場・ポンプ場</td><td>一般的な地震に関しては十分な耐震性があるが、大規模な地震に対する耐震化については優先順位の高いものから対策をすすめているところであり、被害想定条件の対象外とする。</td><td>地震によって供給支障にいたるような被害を受けた事例は少なく、自治体で被害想定を実施した事例もほとんどないため、対象外とする。</td><td>同左
※ただし、下水道被害として、「下水道処理施設の被災により、未処理水の放流の可能性があり、下流の取水都市での衛生管理が問題となる。」との指摘あり。</td><td>○個々の処理場、ポンプ場について、対象となる地震動の強さ及び地盤条件及び耐震対策の状況からタイプ分け。
○タイプごとに、過去の被害実績から被害率を算出することを基本。
○復旧単価は施設能力から費用関数等をもとに算定することを基本
被害額は「復旧単価×被害率」から算出することを基本</td></tr>
<tr><td rowspan="4">復旧</td><td colspan="2">機能障害人口</td><td>下水道機能支障率に夜間人口を乗じて算出
＜支障人口＞
約45万人（東京湾北部地震）
約31万人（都心西部直下地震）</td><td>阪神・淡路大地震の被害事例を基に、都府県別にマクロ的に推定
支障人口：約23万人</td><td>阪神・淡路大地震の被害事例を基に、都府県別にマクロ的に推定
支障人口：約26万人</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">復旧目標日数</td><td>３０日</td><td>復旧に関する検討は行っていない</td><td>復旧に関する検討は行っていない</td><td rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">回復曲線</td><td>発生１日後から復旧スタートし、等比級数的に回復</td><td>同上</td><td>同上</td></tr>
<tr><td colspan="2">復旧人員数</td><td>見込んでいない
※下水道の被害箇所数は上水道と比較して非常に小さく推計されるため検討対象外の扱いとしている</td><td>同上</td><td>同上</td></tr>
<tr><td colspan="3">被害状況マップ</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>○地震対策計画の策定の基礎資料として活用するため、被害状況マップを作成する。</td></tr>
</table>

1.3　被害想定結果と被害状況マップ

本マニュアルで示す手法に基づく被害想定結果は、管路、処理場・ポンプ場について、以下のとおりである。

① 管路：メッシュ単位の被害状況

② 処理場・ポンプ場：処理場・ポンプ場ごとの被害状況

また、これらの被害想定結果は、地震対策計画策定の基礎資料として活用するため、被害状況マップとして図化するものとする。

【解説】

本マニュアルで示す手法に基づく被害想定結果として、管路については、メッシュ単位の被害率、被害延長等の被害状況を算出する。処理場・ポンプ場については、各処理場・ポンプ場単位の被害タイプ、被害率等の被害状況を算出する。

また、これらの想定結果は、地震対策計画策定の基礎資料として活用するため、以下に示す被害状況マップを作成する。

① 管路被害状況マップ

メッシュ単位の被害状況から、対策の優先度を決定する際の基礎資料として活用

② 処理場・ポンプ場被害状況マップ

処理場・ポンプ場単位の被害状況を一望し、重大な被害が発生するおそれのある箇所を特定し、より詳細な検討を行う際の基礎資料として活用

図１－１に被害想定結果とその活用イメージを示す。

活用方法の例としては、メッシュごとの管路被害率を図化した管路被害状況マップに、処理場、防災拠点及び管路網を重ね合わせることで、防災拠点と処理場間の管路の相対的な危険度を検討し、管路の老朽化状況等とあわせて耐震対策実施の緊急度決定に活用することが考えられる。また、これらの情報をもとに、緊急の目標として、処理場と重要な防災拠点をつなぐ管路の流下機能確保を位置づけ、緊急地震対策計画（アクションプラン）の策定を進めることが考えられる。

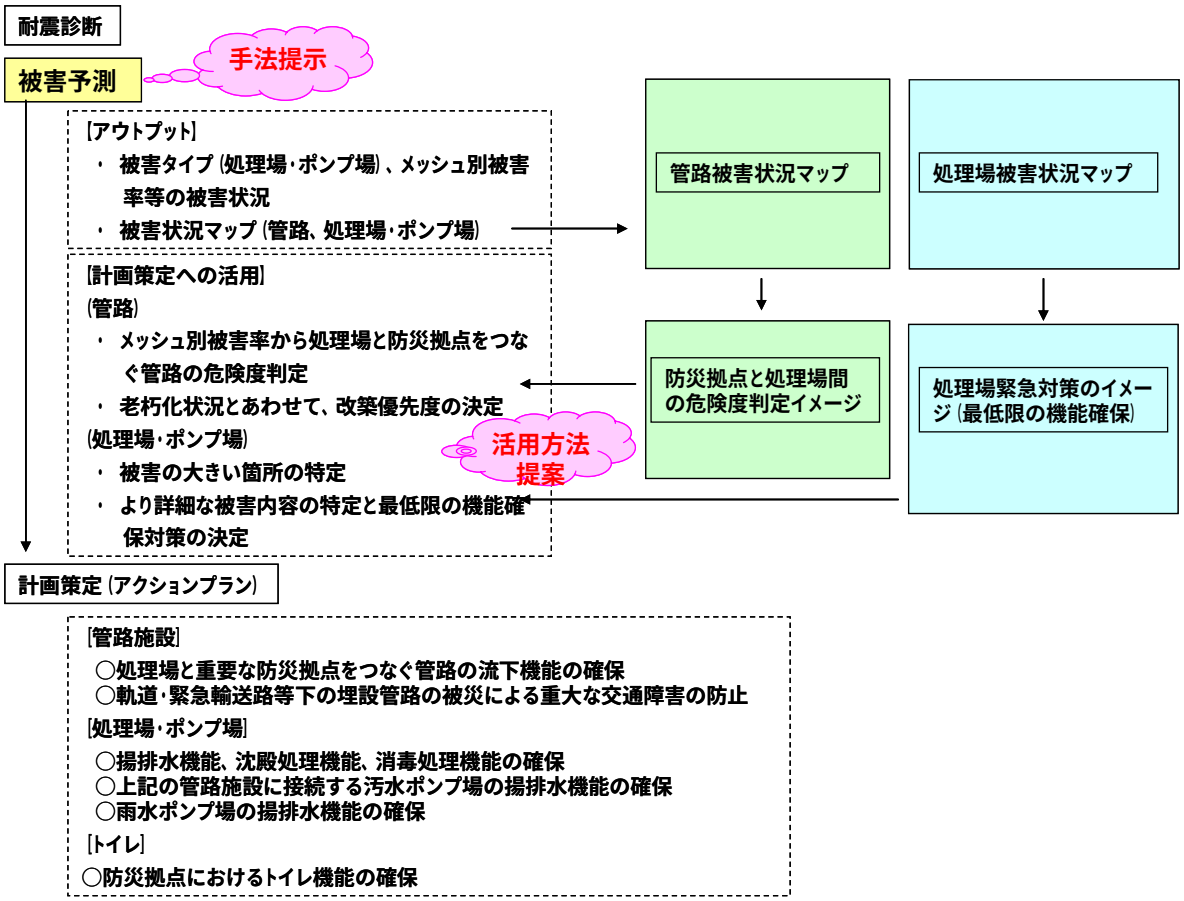

図１－１　被害想定の位置づけイメージ