

ゼロメートル地帯における 地震水害に対する水防マニュアル

Ver. 1



平成28年9月

目次構成

はじめに	1
1. 適用範囲と構成	2
1.1 適用範囲	2
1.2 マニュアルの構成	2
1.3 用語の定義	2
2. ゼロメートル地帯の現状の整理方法	6
2.1 ゼロメートル地帯の地盤高と施設(駅、排水機場、水門)の現状	6
2.2 ゼロメートル地帯の高潮浸水被害状況	8
2.3 ゼロメートル地帯の堤防の整備状況	9
2.4 ゼロメートル地帯の高潮対策の現状	13
2.5 ゼロメートル地帯の津波対策の現状	15
2.6 ゼロメートル地帯の耐震対策の現状	17
3. 地震水害の発生プロセス	20
3.1 想定される地震被害	20
3.2 地震水害の発生タイプの分類と有効な水防技術の選定	27
3.3 地震後の洪水・高潮・津波による浸水予測	29
4. 地震水害の危険性が高い箇所の抽出方法	32
5. 地震水害の水防技術	35
5.1 情報共有技術	35
5.2 損傷・被災の点検技術	38
5.3 弱点箇所の浸水予防・修復技術	40
5.4 避難技術	52

はじめに

近年、気候変動等によるものと思われるこれまで経験したことがない降雨等が発生しており、平成 27 年 9 月の「関東・東北豪雨災害」を初め、様々な浸水被害が各地で発生しています。また、首都圏直下型地震や南海トラフ等を震源とする東海・東南海・南海地震などの巨大地震が発生することが予想されています。

東京、名古屋、大阪等の海岸付近に広がっている海拔ゼロメートル地帯(以下、「ゼロメートル地帯」と呼ぶ)は、地盤高が満潮時の平均海水面よりも低い土地であり、数多くの住民や工場が立地しています。これらのゼロメートル地帯は、これまで河川や海岸堤防、水門、排水機場によって洪水や高潮等による浸水被害を防止してきました。しかし、これらの堤防や水門等の河川構造物が地震によって被災した場合や異常洪水等によって堤防が壊れた場合には、5 mを超える浸水深と排水困難による長期間の浸水被害が発生することが予想されます。

以上の点から、一般社団法人リバーテクノ研究会では、地震による大規模な浸水被害が発生することが予想される東京ゼロメートル地帯を対象に、地震水害に対する被害を少なくするための様々な方策について研究を行ってきました。

このマニュアルは、これまでの研究成果をとりまとめたものであり、海拔ゼロメートル地帯等において自治体、民間企業、地域住民が、浸水による被害の危険性や危険箇所を十分に認識し、浸水による被害を防止または軽減を行う際に役立てていただければ幸いです。

平成 28 年 9 月

1. 適用範囲と構成

1.1 適用範囲

本マニュアルは、東京、名古屋、大阪等の海岸付近に広がっている海拔ゼロメートル地帯等において自治体、民間企業、地域住民が、浸水による被害の危険性や危険箇所を十分に認識し、浸水による被害を防止または軽減するための水防技術や避難技術に適用する。

1.2 マニュアルの構成

本マニュアルの構成は以下の通りである。

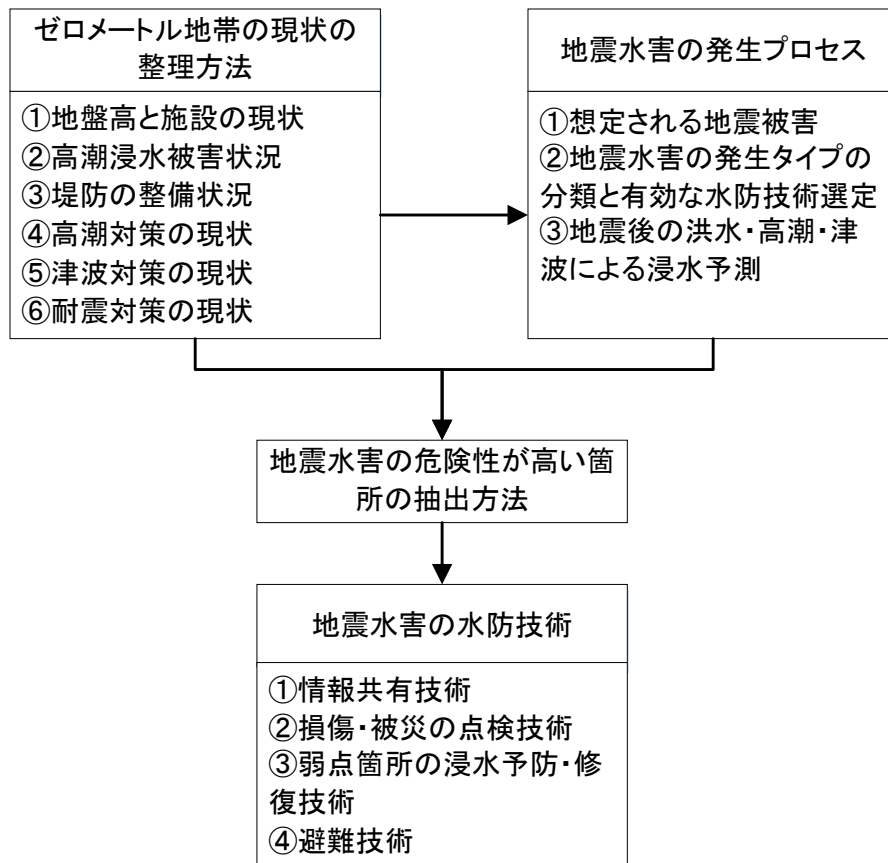


図 1-1 本マニュアルの構成

1.3 用語の定義

本マニュアルの主な用語の定義は以下の通りである。

(1) 満潮時

潮が満ちて海水面が最も高くなったとき。普通1日に2回出現する。

(2) 平均海水面

海水面の高さを一定期間観測し、それを平均した値。

(3) 異常洪水

当該河川が目標または現在の整備規模を上回る規模の洪水。

(4) 沖積層

約1～2万年前以降に形成された比較的新しい地層。河川等により運ばれた砂や礫、泥等が堆積して形成される層であり、地下水を豊富に含んだ軟弱地盤であることが多い。

(5) 朔望平均満潮位

朔（新月）および望（満月）の日から 5 日以内に現れる各月の最高満潮面の平均値。

(6) 空洞化

年数の経過による地盤の沈下、地震による液状化や河床の洗掘等により構造物が変形し、ひび割れや目地の開きが発生して、堤防内部の土砂が吸い出されたり、沈下することにより、堤防の内部に発生した土砂の無い空間。

(7) 表法面と裏法面

法面とは堤防等の斜面部分のことであり、堤防の上から見て川側の法面を表法面、堤内地側の法面を裏法面と称する。

(8) 堤体土砂

海岸堤防等において堤防内に用いられている土砂。コンクリートまたはアスファルトで法面、天端が被覆されている。

(9) 高潮計画

高潮による被害を防ぐために高潮堤防の高さが計画天端高となるように整備する計画。

(10) 計画外力

高潮対策計画において、地域住民が高潮による浸水被害を受けないための整備を行う際の目標外力である。現在、東京湾の多くの重要海岸では 1959 年伊勢湾台風規模の台風が計画外力として設定されている。

(11) 計画高潮位

想定される最大規模の台風の襲来等により、高潮が発生したときの海面の上昇と、満潮位を足したもので、高潮対策施設の計画の基準。

(12) 高潮偏差

予測される天文潮位と実際の潮位との差（実測潮位－天文潮位）。特に高潮による潮位偏差を高潮偏差と称する。

(13) 打ち上げ高

波浪成分による静水面からの上昇高さ。

(14) 特殊堤

土による堤防ではなく、特別な事情によりコンクリートや鋼矢板等で設けられた堤防。特別な事情とは、市街地で用地取得が困難な場合や波浪の影響が大きい堤防等の場合である。

(15) 防潮堤

台風などによる大波や高潮、津波の被害を軽減する堤防のことであり、高潮堤とも呼ぶ。

(16) 外水と内水

堤防で守られた内側（人が住んでいる場所）の水を内水、川の水や海の水等の堤防の外側の水を外水と称する。

(17) 目地部

構造物の部材間の隙間・継ぎ目の部分。

(18) はらみ出し

堤防等の元の形状より、面が押し出されてふくれるような変形。

(19) 背後地

堤防を挟んで、川と反対側にあり、堤防によって洪水から守られている地域。

(20) 側方変位

地震で地盤が液状化した際に、地盤が水平方向に移動する現象。

(21) 基盤漏水

洪水、高潮時等に河川の水位が上昇することにより、河川水が堤防付近の地盤から湧出する現象。

(22) 抜け上がり

地震動による地盤沈下や液状化などに、構造物やその基礎が相対的に地盤より高くなる現象。

(23) サバイバル避難

万が一逃げ遅れても、浸水等による生命の危機から何とか生き残るような避難。

(24) 平面二次元不定流解析

水の流れの水位や流速について、平面二次元方向（平面の縦方向と横方向）に時間的变化を計算する手法。

(25) 基本方針規模

河川の重要度等により定めた整備の長期的な目標である計画規模。例えば荒川の場合は 1/200 年確率規模（毎年、1 年間にその規模を超える洪水が発生する確率が 1/200）。

(26) 水防施設

浸水が発生しそうな場合や発生した場合の水防活動において、浸水を防御またはそれによる被害を軽減するために必要な資機材および設備。

(27) ハッシュタグ

Twitter においてツイート（投稿）のタグ（識別目印）として用いられる。ハッシュマーク（#）付きのキーワードを用いることで、特定のトピックに関する投稿を効率よく閲覧できるようになる。

(28) ジオタグ

写真や SNS などの投稿情報に地図上の位置情報を示す数値データ。ジオタグ付きデータは、ジオタグをサポートしているアプリケーションやサービスにおいて地図上に自動的に配置できる。

(29) WebGIS

地理（地図）情報システムをインターネット上で操作できるシステムであり、パソコンやスマートフォンなどの端末で操作閲覧可能なもの。例として地方自治体では HP 上に防災情報等が公開されている。

(30) DISAANA

国立研究開発法人情報通信研究機構が開発した対災害 SNS 情報分析システム。災害発生時のツイート（投稿）情報をもとに災害復旧に有効な対策や被害拡大防止などに役立つ情報を分析して提供する。

(31) 地下水観測孔

地下水（水位）の動態を観測する観測孔で、ボーリング孔や既設井戸を利用したものがある。地下水の水位や水質を分析することで、当該箇所の地盤の状況や流動地下水の状況を把握することができる。

(32) モバイルレビー

可搬式の特殊堤防。景観や利用の面からかさ上げが困難な箇所において、水防活動によって堤防上に簡易な止水壁を設置し、一時的に効果を発揮するもの。

(33) 陸閘

部分的に堤防天端高を下げて道路や通路を通し、洪水や高潮時に締め切ることができる門扉形式の施設。

(34) 堤脚道路

堤脚部（法尻部）付近に設置されている道路。

(35) 堤体内閉封飽和領域

基礎地盤が軟弱な場合、築堤による圧密沈下等で基礎地盤上面が凹状になるが、基礎地盤が粘性土で築堤材料が砂質土の場合に、凹部に降雨等の浸透水が滞留し飽和した領域。

2. ゼロメートル地帯の現状の整理方法

2.1 ゼロメートル地帯の地盤高と施設(駅、排水機場、水門)の現状

ゼロメートル地帯の水害による危険性を事前に把握しておくため、ゼロメートルの地盤高、地下鉄の入り口、排水機場、水門等の施設の現状を整理する。

【解説】

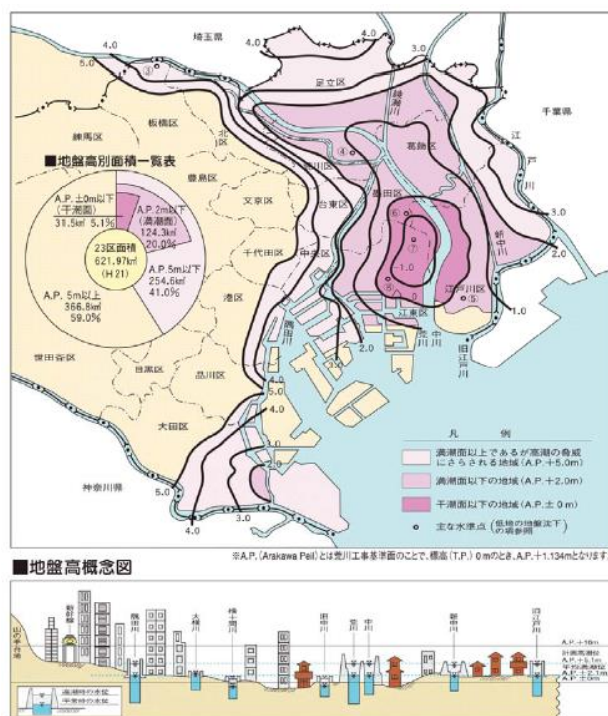
ゼロメートル地帯は、海岸付近で地表標高が満潮時の平均海水面よりも低い土地のことであり、これらの土地は河川堤防や海岸堤防に囲まれ、堤防だけでなく、排水機場、樋門・樋管等によって洪水時等による浸水被害を防止している。しかし、地震によってこれらの施設が機能しなくなった場合には、大規模な被害が発生することを予想される。

また、ゼロメートル地帯には、地下鉄や地下街等の空間利用も行われている場所があり、河川等からの浸水が発生した場合には、人命等を失う危険性が高い。

そのため、ゼロメートル地帯の地盤高、地下鉄等の地下利用の入り口、排水機場や水門等の河川構造物の設置位置等を事前に把握しておく、地震水害による危険性を整理しておく。

東京ゼロメートル地帯は軟弱な沖積層からなり、墨田川、荒川、江戸川などの大河川と多くの支派川が流下し、東京湾に注いでいる地域である。大正から昭和 40 年代にかけて進出した地盤沈下の影響で、地盤高が朔望平均満潮位より低い「ゼロメートル地帯」が広範囲に分布していることや、地震時に液状化の原因となる軟弱地盤が厚く堆積していることから、災害への備えが重要な地域である。

この地域に隣接している大河川には、図 2-1 または図 2-2 に示すように数多くの排水機場や水門が整備されており、また多くの地下鉄の入り口が整備されている。

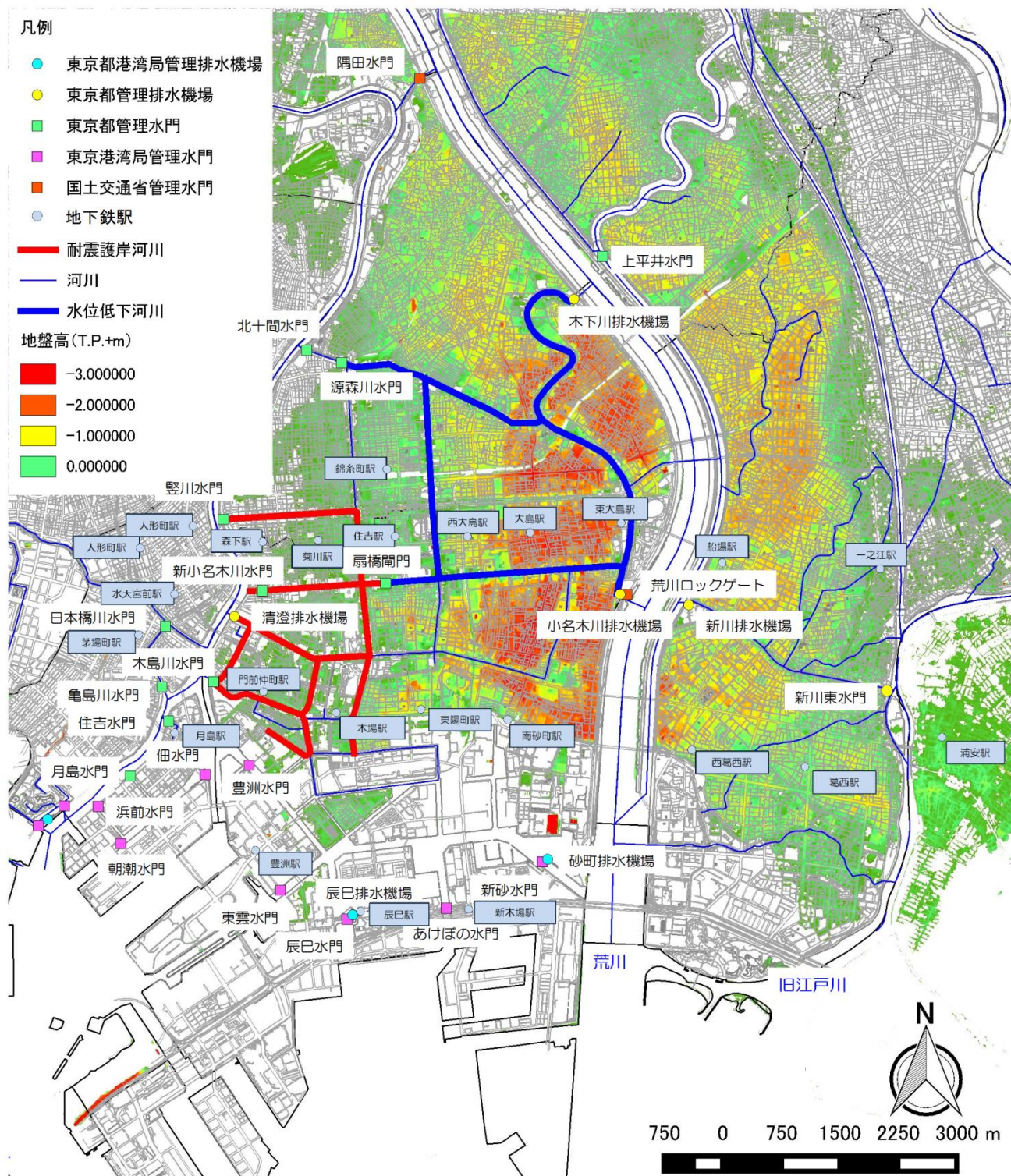


出典：東京都建設局東京都の低地河川事業 H25



※出典：東京メトロの水害対策

図 2-1 東京ゼロメートル地帯の地盤高と施設の状況



出典：国土交通省国土数値情報、国土地理院基盤地図情報 1/2500

図 2-2 東京ゼロメートル地帯の地盤高と施設位置図

2.2 ゼロメートル地帯の高潮浸水被害状況

ゼロメートル地帯は洪水や高潮による浸水被害が発生しやすい地域であることから、外力規模と浸水被害との関係を把握するため、過去の台風等による浸水被害状況を整理する。

【解説】

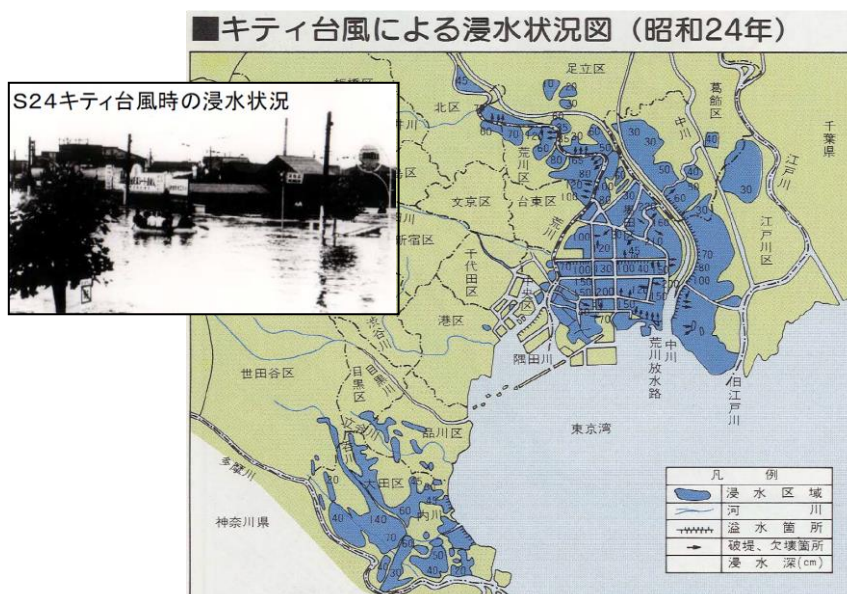
ゼロメートル地帯は、地表標高が満潮時の平均海水面よりも低い土地であり、洪水や高潮による浸水被害が発生しやすい地域である。浸水被害軽減対策を検討する際の参考とするため、過去の台風等による浸水被害の実態を把握する。

東京ゼロメートル地帯で発生した高潮による大規模な浸水被害は表 2-1 に示す 2 洪水があり、中でも 1949 年のキティ台風による高潮の東京における最大潮位は A.P.+3.15m とさほど大きなものではなかったが、荒川低地と多摩川低地が広範囲に浸水した。河川や水路を遡上した海水が内陸で氾濫し、浸水域が内陸に深く伸びた。荒川沿岸に広がる海面下の地域はほぼ浸水している。

表 2-1 ゼロメートル地帯における過去の台風による浸水被害

	キティ台風	大正 6 年の台風
年度	昭和 24 年	大正 6 年
気圧(hPa)	985.9	952.7
時間最大雨量(mm)	12.6	16.5
総雨量(mm)	64.9	161.6
最大風速(m/s)	24.9	39.6
潮位(A.P.+m)	3.15	4.21
浸水面積(ha)	8121	8660
床上浸水家屋(戸)	73751	131334
床下浸水家屋(戸)	64127	49004
浸水家屋計(戸)	137878	180338
死者・行方不明者数(人)	160	1324

出典：東京都建設局河川部「東京の低地河川事業」、平成 13 年 10 月



出典：東京都建設局河川部「東京の低地河川事業」、平成 13 年 10 月

図 2-3 キティ台風による高潮被害（東京）

2.3 ゼロメートル地帯の堤防の整備状況

ゼロメートル地帯には、洪水や高潮等による浸水被害を防止するための様々なタイプの河川堤防や海岸堤防が整備されており、その整備状況を把握する。

【解説】

ゼロメートル地帯には、洪水や高潮等による浸水被害を防止するため、河川堤防や海岸堤防が整備されており、河川堤防には「スーパー堤防」、「特殊堤」、「土堤」の形式があり、それらの整備状況を把握する。また、海岸堤防は築造年数が長く、老朽化している場合があることから、それらの状況も併せて把握する。

(1) スーパー堤防の整備状況

スーパー堤防は緩やかな勾配を持つ幅の広い堤防である。堤防の幅を広くして破堤を防ぐスーパー堤防は、地震にも強く、万が一計画を超えるような大洪水が起きた場合でも、水が溢れることはあっても壊滅的な被害は避けることができる施設である。

東京都では、高潮や地震による水害から東部低地帯を守るため、昭和 60 年から、東部低地帯を流れる主要 5 河川（隅田川、中川、旧江戸川、新中川、綾瀬川）において、スーパー堤防の整備を進めている（図 2-4 参照）。



出典：東京都建設局 「スーパー堤防整備事業－安全で、うるおいのある水辺の再生－」

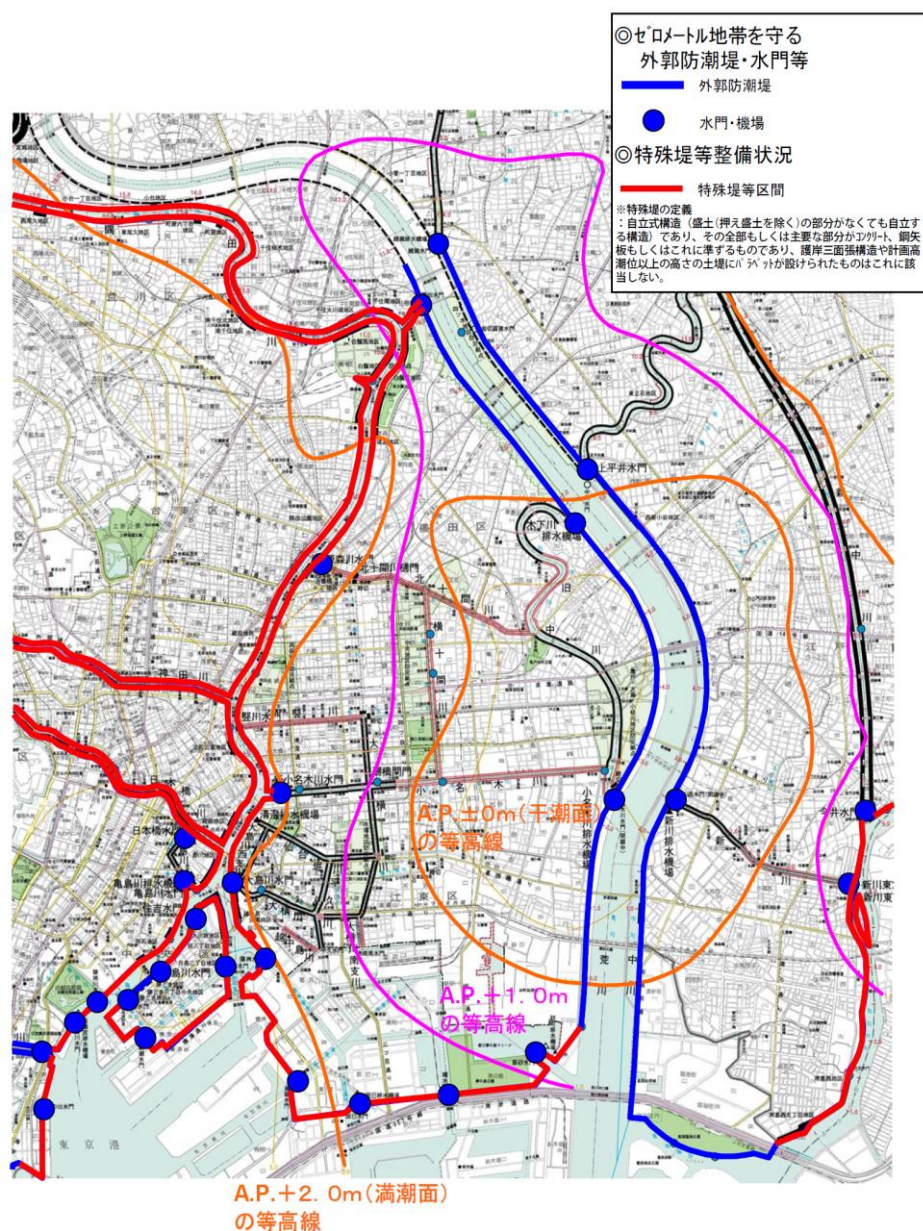
図 2-4 スーパー堤防等整備事業実施箇所配置図

(2) 特殊堤の整備状況

特殊堤は、コンクリートや鋼矢板（鉄を板状にしたもの）などで築造した堤防のことである。この特殊堤は、市街地で堤防の用地取得ができない場合や、河口付近で魚市場や造船所があり、堤防を築造すると日常の活動がやりにくくなる場合などに整備される場合が多く、ゼロメートル地帯周辺では、堤防の大部分が特殊堤となっている。

このような特殊堤は、地震時に継ぎ目が剥がれたり、倒壊するだけでなく、老朽化による空洞化やコンクリートのひび割れが発生している場合があることから、事前に整備箇所や老朽化の状況を把握する。

東京ゼロメートル地帯では、図 2-5 に示す箇所に特殊堤が整備されている。



出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-5 東京ゼロメートル地帯における特殊堤等の整備状況



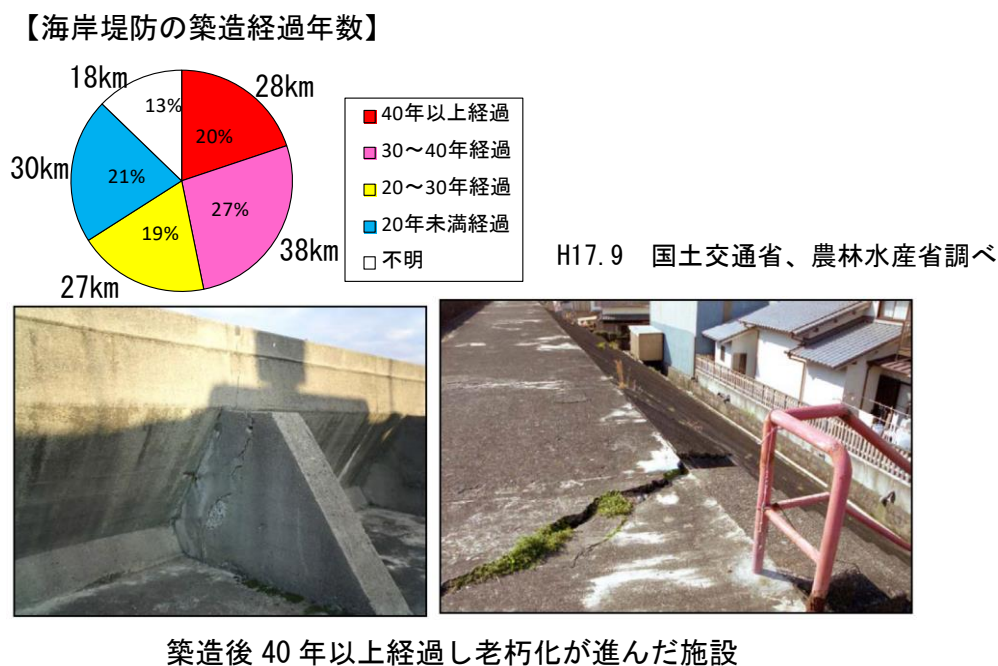
図 2-6 中川と旧江戸川の特設堤

(3) 海岸堤防の構造と築造経過年数

海岸堤防は、高潮、津波、波浪などにより海水が陸地に浸入するのを防ぐ海岸保全施設の一つで、海岸線付近でこれに平行に築造されている。一般に現地盤を盛土またはコンクリートなどによって嵩上げし、表法面、天端面、裏法面をコンクリートまたはアスファルトで完全に被覆されていることが多い。構造様式は、法面が鉛直に近い直立型と法面が傾斜している傾斜型、これらを組み合わせた複合型などがある。直立型はコンクリートで一体としてつくることが多く、堤防敷地が狭いとき、基礎地盤が良好なときに選択される。傾斜型は、比較的広い敷地が確保され、大量の堤体土砂が得られるときには、地盤がそれほど良好でなくても築造できるので広く用いられている。

これらの海岸堤防は、築造経過年数が多いものが多く、老朽化している場合があるため、構造形式と併せて築造年数を把握する。

東京湾では、図 2-7 に示すように海岸堤防の 20%が建設後 40 年以上経過しており、老朽化が進行している箇所が見られる。



出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-7 海岸堤防の築造経過年数

2.4 ゼロメートル地帯の高潮対策の現状

ゼロメートル地帯では、高潮による浸水被害を防止するための対策が実施されており、その整備状況を把握する。

【解説】

ゼロメートル地帯では、これまで伊勢湾台風等を外力とした高潮対策計画が策定され、その計画に沿った高潮堤防の整備が行われている。

高潮対策計画の目標・コース設定の考え方

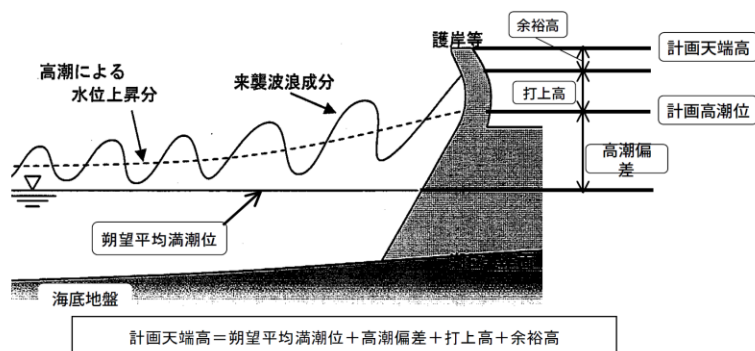
	東京湾(東京港)	伊勢湾(名古屋港)	大阪湾(大阪港)
計画外力	伊勢湾台風(S34.9)	伊勢湾台風(S34.9)	伊勢湾台風(S34.9)
計画高潮位	T. P. +3.0~4.0 m	T. P. +4.5 m	T. P. +3.9 m
高潮偏差	2.0~3.0 m	3.5m	3.0 m
朔望平均満潮位	T. P. +1.0 m	T. P. +1.0 m	T. P. +0.9 m
コース設定	伊勢湾台風、キティ台風他の平行経路を比較し、最悪のコースを設定	伊勢湾台風実績コース	室戸台風、ジェーン台風を比較し、被害が大きくなる室戸台風コースを設定

出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

東京ゼロメートル地帯では、伊勢湾台風を外力とした高潮計画が策定され、それにもとづく高潮堤防の整備が実施されており、その概要を以下に示す。

(1) 高潮堤防の設計の考え方

東京湾における高潮堤防は、図 2-8 に示すように計画高潮位を T.P.+4.0m として整備が進められている。



高潮対策計画の目標・コース設定の考え方

	東京湾(東京港)
計画外力	伊勢湾台風(S34.9)
計画高潮位	T.P.+3.0~4.0m
高潮偏差	2.0~3.0m
朔望平均満潮位	T.P.+1.0m
コース設定	伊勢湾台風、キティ台風他の平行経路を比較し、最悪のコースを設定

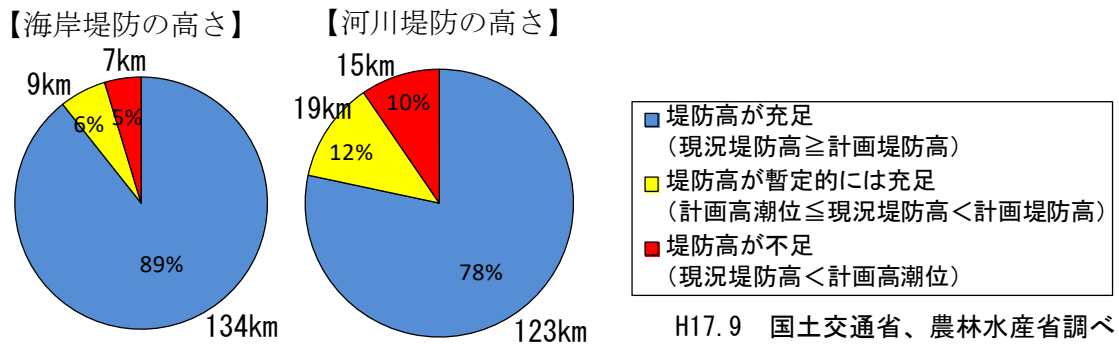
出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-8 高潮堤防の設計の考え方

(2) 高潮堤防の整備状況

東京ゼロメートル地帯周辺の高潮堤防は図 2-9 に示すように全延長の 90%で高さが満足されている。その他の 10%では高さが暫定的であったり、不十分である地点も見られる。

また、東京ゼロメートル地帯の高潮堤防の整備状況を図 2-10 に示す。



出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-9 高潮堤防の整備状況（東京ゼロメートル地帯）



出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-10 東京ゼロメートル地帯における高潮堤防の整備状況

2.5 ゼロメートル地帯の津波対策の現状

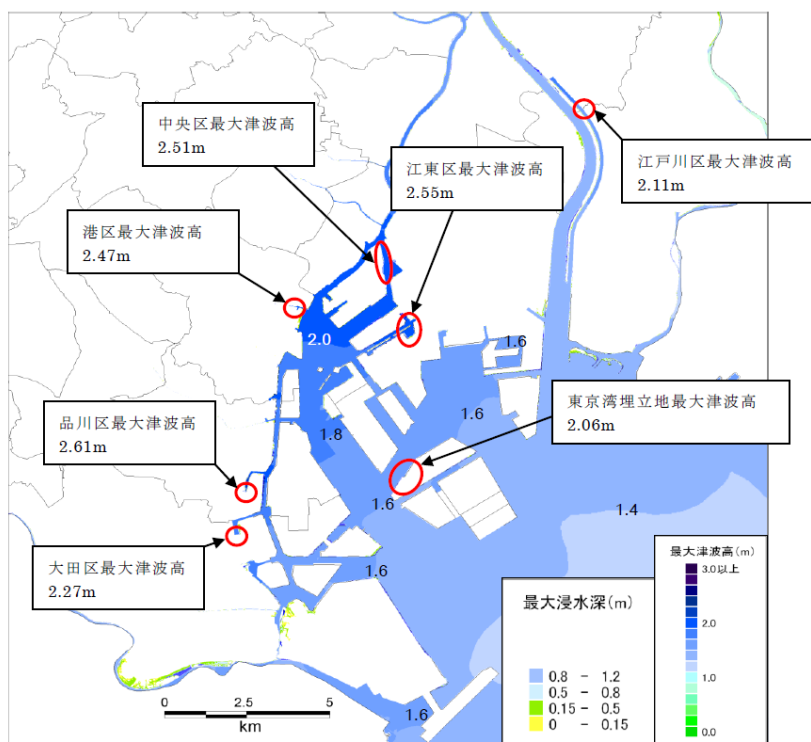
ゼロメートル地帯では、津波による浸水被害を防止するための対策が実施されており、その整備状況を把握する。

【解説】

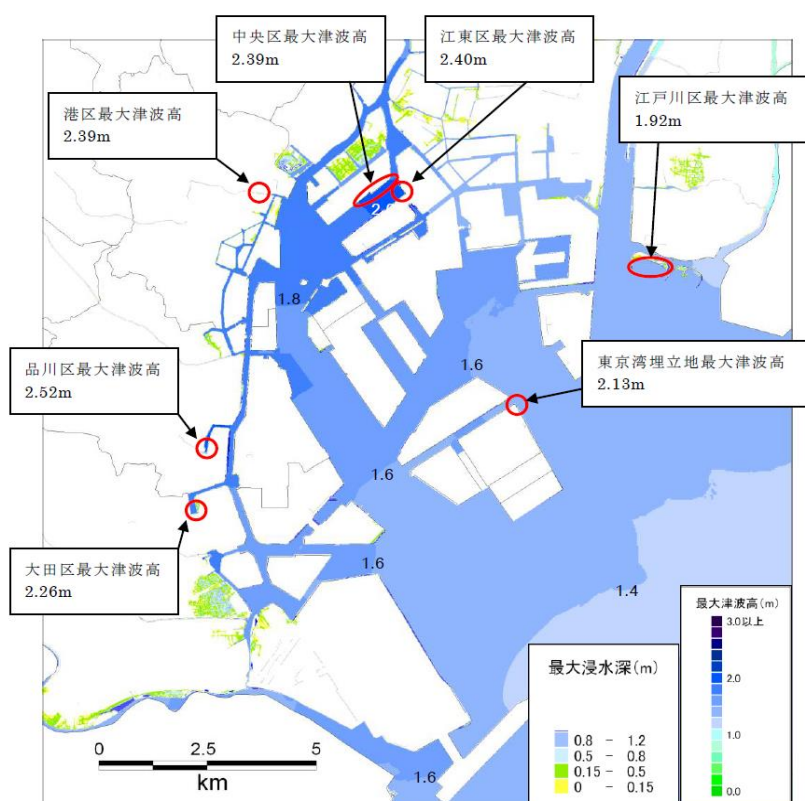
津波対策は将来にわたって考えられる最大級の地震が発生した場合においても、浸水を防止するため、堤防の耐震強化、水門等の構造補強や設備の高い位置への設置等の耐震・耐水対策を行っている。特に東京都の水門は自動降下することになっている。

東京ゼロメートル地帯では、高潮計画による打ち上げ高と津波高を比較した結果、高潮計画の打ち上げ高の方が高いことから、河川・海岸堤防の高さは、高潮計画の値を採用している。

「首都直下地震等による東京都の被害想定 東京都」では、被害想定が公表されている。図 2-11 に、東京都低地河川において大きな被害が懸念される「元禄型関東地震（プレート型）」による想定津波高を示す。



元禄型関東地震(M8.2)(行谷ほか(2011)モデル)・水門閉鎖の場合



元禄型関東地震(M8.2)(行谷ほか(2011)モデル)・水門開放の場合

(図中の津波高は T.P 表示)

出典:東京都 首都直下型地震等による東京都の被害

図 2-11 津波による被害想定

2.6 ゼロメートル地帯の耐震対策の現状

ゼロメートル地帯に整備されている堤防や水門等の河川構造物は、地震時の破壊や操作不能を防止するための耐震対策が行われており、その対策の考え方や実施状況を把握する。

【解説】

ゼロメートル地帯には、河川堤防、海岸堤防、水門や排水機場等の河川構造物が多数設置されており、洪水や高潮等による浸水被害を防止している。これらの施設は、地震による崩壊や操作不能を防ぐための耐震対策が進められており、その対策の考え方、対策工法、対策の実施状況を把握する。

(1) 耐震対策の対象とする地震

東京都では以下のように、耐震対策の対象とする地震を「将来にわたって考えられる最大級の地震動」としている。

1 耐震対策の対象とする地震

これまで想定してきた地震動に加えて、将来にわたって考えられる最大級の地震動を対象とする。

最大級の地震動として、国が定めた基準である「河川構造物の耐震性能照査指針(平成24年2月 国土交通省水管理・国土保全局)」(以下、「指針」という)に示されている地震動及び平成24年4月に東京都防災会議が示した「首都直下地震等による東京の被害想定」で用いられた元禄型関東地震¹⁾、東京湾北部地震²⁾を用いる。

なお、津波高の想定には、東京都防災会議が示した上記の2つの地震を用いる。

1) 元禄型関東地震 (M8.2)

相模トラフで発生することが想定されている地震。

東京湾北部地震と比較して地震の規模が大きく、津波高は相対的に高い。しかし、東京の沿岸部からは離れた位置に震源があるため、津波到達までに時間がかかる。

〈参考^{※)}〉 中央区晴海地点 最大津波高 T.P.+2.41m(A.P.+3.54m)
30cm 津波到達時間 55分

2) 東京湾北部地震 (M7.3)

東京湾の直下で発生することが想定されている地震。

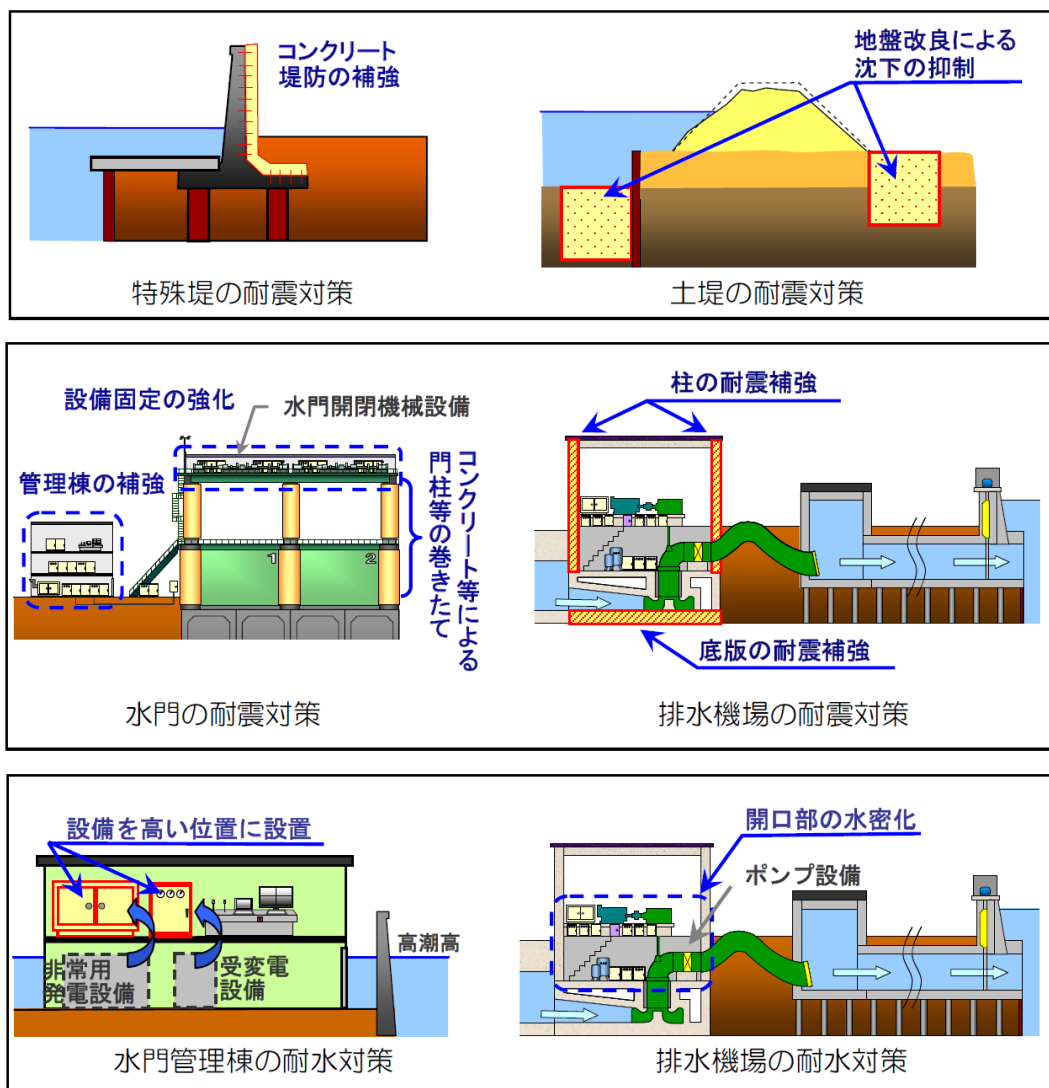
元禄型関東地震と比較して地震の規模が小さく、津波高は相対的に低い。しかし、震源が東京湾の直下であるため、津波到達時間が早い。

〈参考^{※)}〉 中央区晴海地点 最大津波高 T.P.+1.25m(A.P.+2.38m)
20cm 津波到達時間 20分

※) 出典 首都直下地震等による東京の被害想定報告書
(平成24年4月 東京都防災会議)

(2) 対策工法

堤防の耐震対策及び水門・排水機場等の耐震・耐水対策のイメージを図 2-12 に示す。

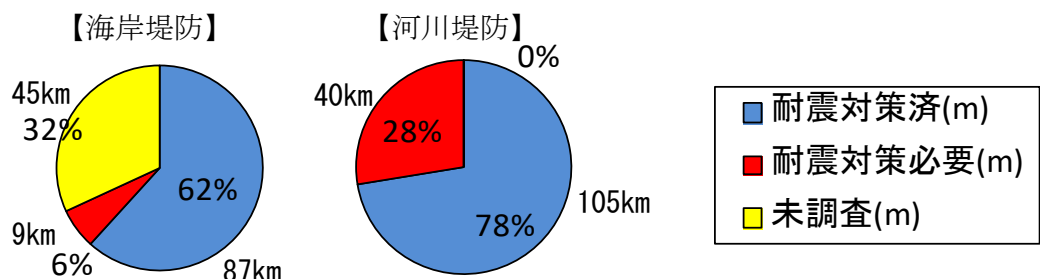


出典：東京都建設局 東武低地帯の河川施設整備計画 平成 24 年 12 月

図 2-12 耐震対策イメージ図

(3) 耐震対策の整備状況

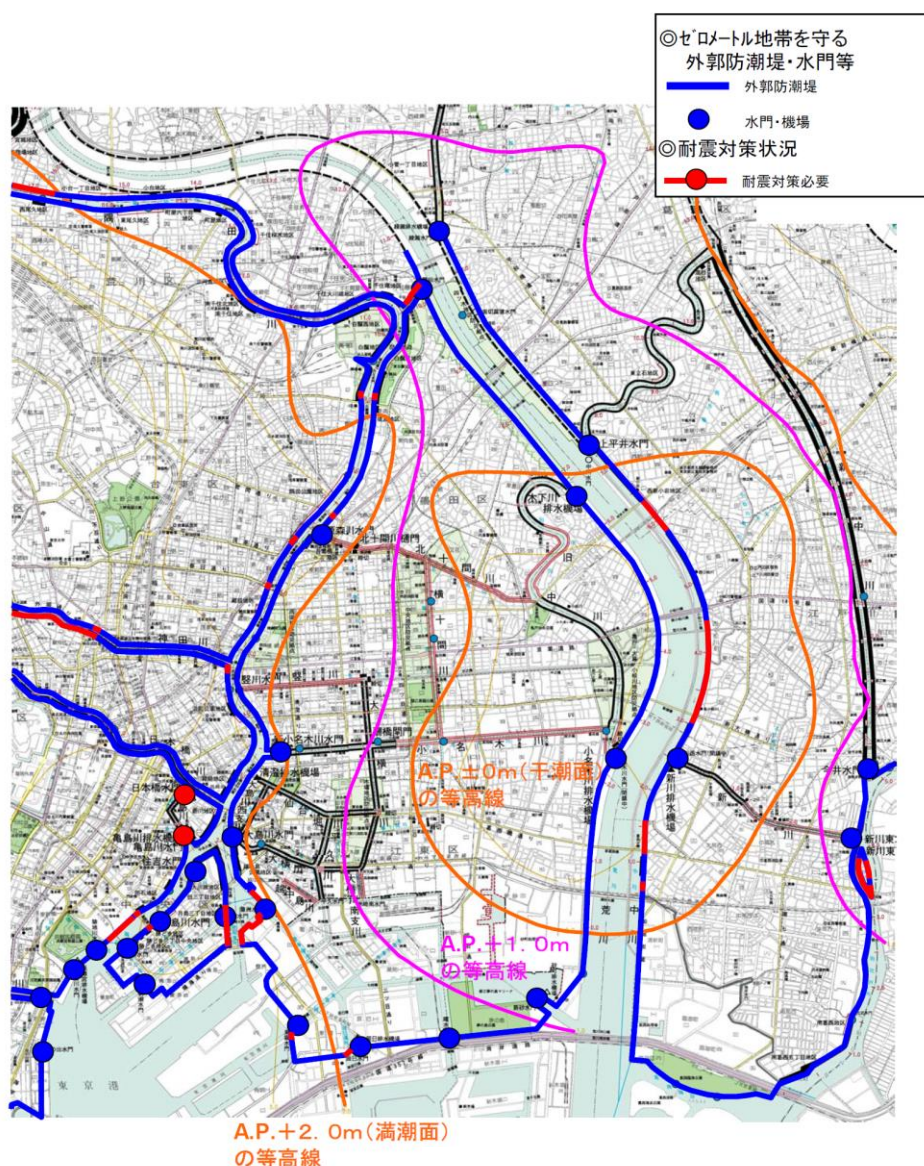
東京ゼロメートル地帯の耐震対策の実施状況は図 2-13 に示すように、海岸堤防では全延長の 62%、河川堤防では 73%が耐震対策済みとなっており、耐震対策の実施済箇所を図 2-14 に示す。



H17.9 国土交通省、農林水産省調べ

出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-13 耐震対策の整備状況（東京ゼロメートル地帯）



出典：国土交通省水管理・国土保全局 ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

図 2-14 東京ゼロメートル地帯における堤防整備状況（耐震性）

3. 地震水害の発生プロセス

3.1 想定される地震被害

想定される地震動の発生に対し、堤防や河川構造物等の水防災施設の被災形態、被災した場合のゼロメートル地帯への想定される浸水現象等を整理・把握する。

【解説】

首都直下地震や相模トラフ沿いの巨大地震等が発生した場合、地震による揺れ、液状化、津波、急傾斜地崩壊、地震火災等により、甚大な建物被害、人的被害及び社会基盤の被災が想定される。

特に東京湾、伊勢湾及び大阪湾のゼロメートル地帯では、その社会的・自然的特性から、地震被害とあわせて地震水害の懸念が高く、外水の浸水により被害の甚大化・長期化、さらに他地域への波及が懸念される。

堤防や水門等の水防災施設で想定される被災形態及びゼロメートル地帯での留意点を表 3-1 に示し、堤防等の地震による被災事例を表 3-2 に示す。

表 3-1 防災施設において想定される被災形態

部位	想定される被災形態	施設の被災による浸水現象等
堤防	・沈下 ・亀裂	・沈下による直接的な外水流入 ・横断亀裂からの外水流入 ・亀裂や堤内地盤からの漏水
特殊堤	・沈下，倒壊，傾倒 ・目地部の開き，ずれ	・高潮、洪水時の外水流入
護岸	・亀裂 ・ずれ，はらみ出し ・コンクリートの破壊，損傷	・破壊、損傷箇所からの直接的な外水流入 ・護岸損傷による漏水 ・横断亀裂、ずれ目からの外水流入
背後地	・側方変位 ・液状化、地割れ	・基盤漏水 ・液状化、地割れによる水ミチ形成
構造物	・門柱の傾倒 ・ゲートの開閉不能 ・樋管の亀裂，継手部の開き，屈曲	・機能損傷による直接的な外水流入 ・内水制御不能 ・亀裂・開き等による漏水
構造物周辺	・樋管直上部の抜け上がり，堤防横断亀裂 ・樋管周辺部の緩み，空洞化 ・取付け護岸の損傷	・横断亀裂からの外水流入 ・抜け上がり、空洞化等による漏水

表 3-2 地震による堤防の被災事例

堤防の被災事例	
	平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震 淀川左岸高潮堤防の被災状況。
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 弓浜干拓地（本堤）右岸 10k040+680 付近の被災状況。 堤防天端に連続した縦断亀裂や段差が発生した。
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 細井地区右岸 37k380 地点の堤防被災状況。 堤防が最大 40cm 沈下。堤外側へのはらみ出しがみられた。

表 3-3 地震による特殊堤と護岸の被災事例

特殊堤の被災事例	
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 彦名干拓地（本堤）右岸 18k860+20 付近の堤防被災状況。 堤防の天端には計画高水位（HWL）に達する横断亀裂が発生。 特殊堤は堤外側に傾くとともに、目地部が 10～30cm 程度開いた。
護岸の被災事例	
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 霞ヶ浦における護岸の被災状況。 堤体下部の液状化に伴い、護岸のはらみ出しと縦断方向に開口亀裂が発生した。
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 霞ヶ浦における矢板護岸の被災状況。 矢板護岸の押し出しと笠コンの損傷。

表 3-4 地震による背後地と構造物の被災事例

背後地の被災事例	
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 那珂川左岸 5.5k 付近の背後地の液状化による噴砂状況。
構造物の被災事例※	
	昭和 53 年（1978 年）宮城県沖地震 阿久戸排水樋管の被災状況。 門柱基部にコンクリートの剥落や軸方向鉄筋の座屈が生じ、門柱が傾斜し、地震後にゲートを開閉することができなかった。
構造物周辺の被災事例	
	平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震 後志利別川豊岡樋管付近の被災状況。 樋管直上部に横断亀裂が発生した。

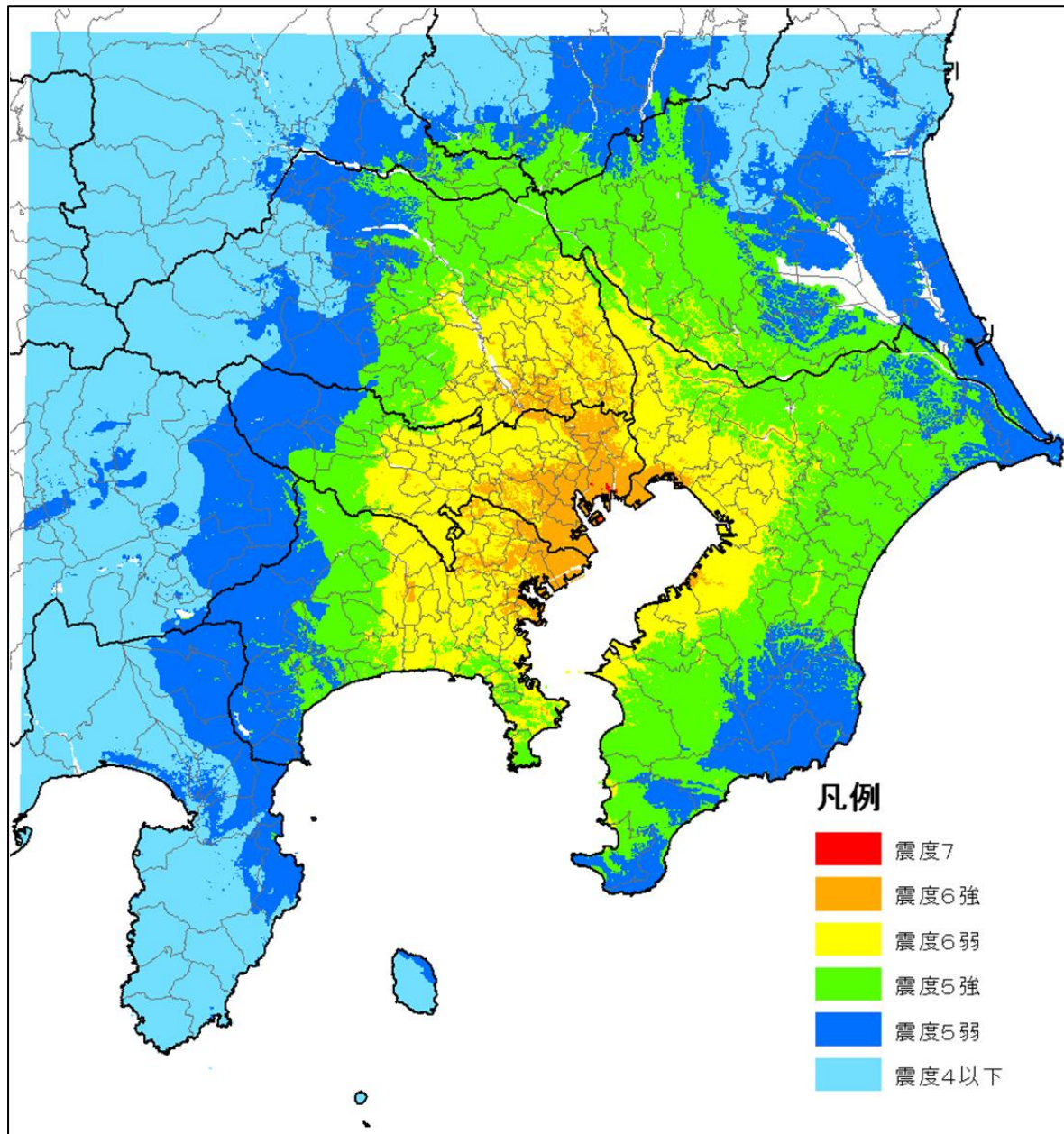
出展：※「土木技術資料 53-9(2011)」p.32

公表されている首都直下地震時における震度分布、液状化・沈下量予測結果を以下に示す。

【震度分布予測結果】

首都直下地震で想定される震度は、図 3-1 のとおりである。

ゼロメートル地帯においては、震度 6 強～震度 7 となることが予測されている。



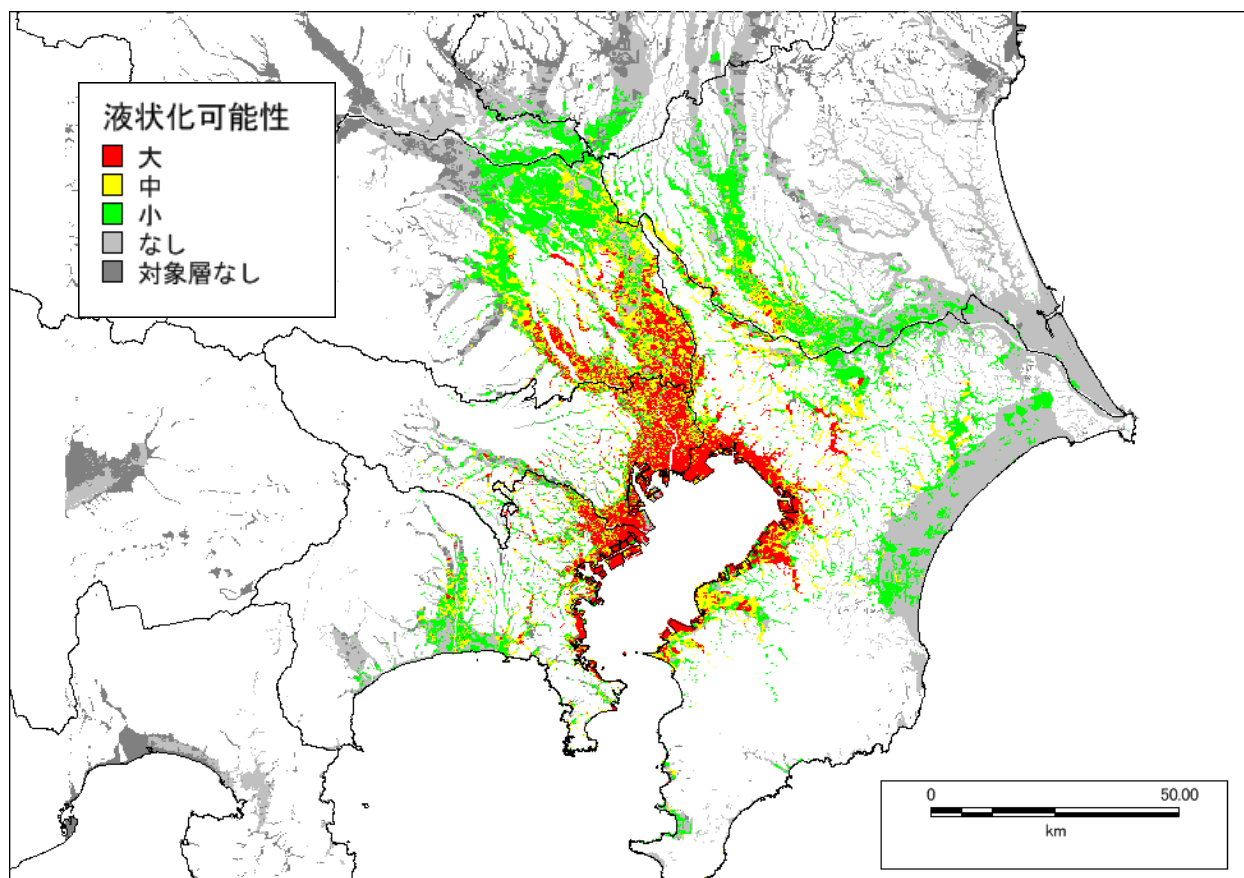
出典：「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）～人的・物的被害（定量的な被害）～【別添資料 1】」

平成 25 年 12 月、中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ、p. 1

図 3-1 震度分布予測結果（都心南部直下地震）

【液状化予測結果】

液状化による建物等の全壊被害は約 22,000 棟と推定されている。特に東京湾及び荒川等の河川沿いでの液状化の可能性が高く、水防災施設についても甚大な被害が発生すると思われる。

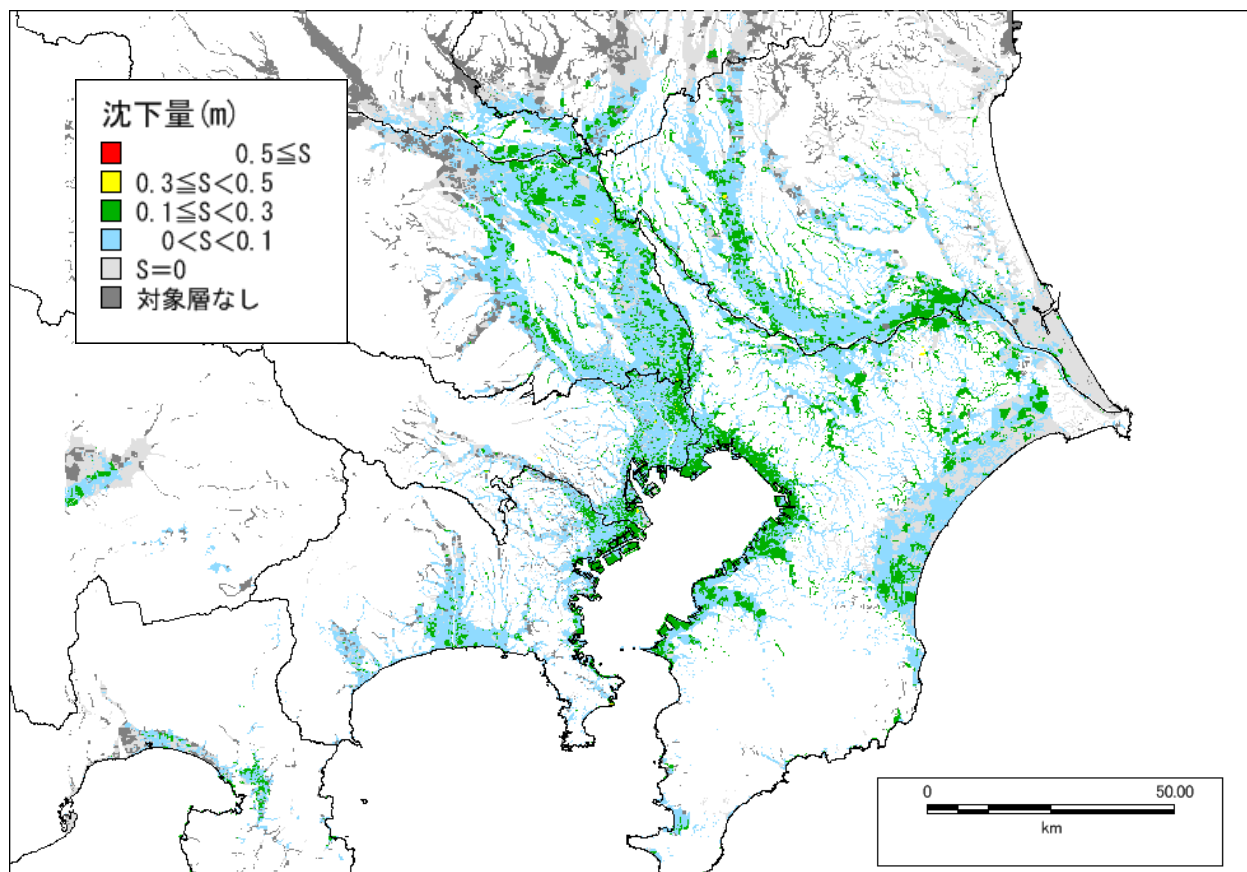


出典：「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 図表集」平成25年12月、首都直下地震モデル検討会、p.133

図 3-2 液状化予測結果(都心南部直下地震)

【沈下量予測結果】

液状化の可能性が高い箇所付近で地盤沈下が発生すると予測されている。東京湾沿岸では10cm から 30cm の沈下が想定されており、高潮堤等では傾倒や目地部の開き、ずれが生じられると思われる。



出典：「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 図表集」平成25年12月，首都直下地震モデル検討会，p.133

図 3-3 沈下量予測結果（都心南部直下地震）

3.2 地震水害の発生タイプの分類と有効な水防技術の選定

地震発生から浸水・湛水に至るプロセスは、地震後の堤防や河川構造物の被災状況、洪水・高潮・津波の外力の規模によって異なる。ゼロメートル地帯の地震水害の発生プロセスを分類した上で、各プロセスに応じて有効な水防技術を選定する。

【解説】

地震により堤防が被災し浸水被害が発生するプロセスとしては、地震直後に堤防決壊し、浸水・湛水するケースと、地震により損傷や沈下した箇所がその後の事象により堤防決壊にまで至り、浸水・湛水するケースが考えられる。さらに、前者のケースでは外力として地震動と地震後の津波の 2 タイプがある。また、後者のケースでは損傷した箇所からの浸透破堤と洪水・高潮による越水破堤の 2 タイプがある。

これらを整理すると、地震水害の発生プロセスは、表 3-5 および次の 4 タイプに分類できる。

■タイプ 1

地震動により直後に堤防が破壊され浸水被害が発生する。

■タイプ 2

地震動では堤防は完全には破壊されないが、その後の津波により堤防が破壊され浸水被害が発生する。

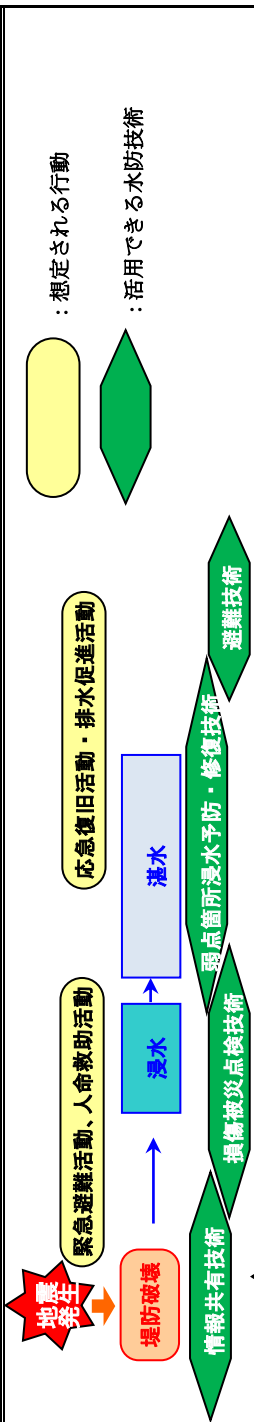
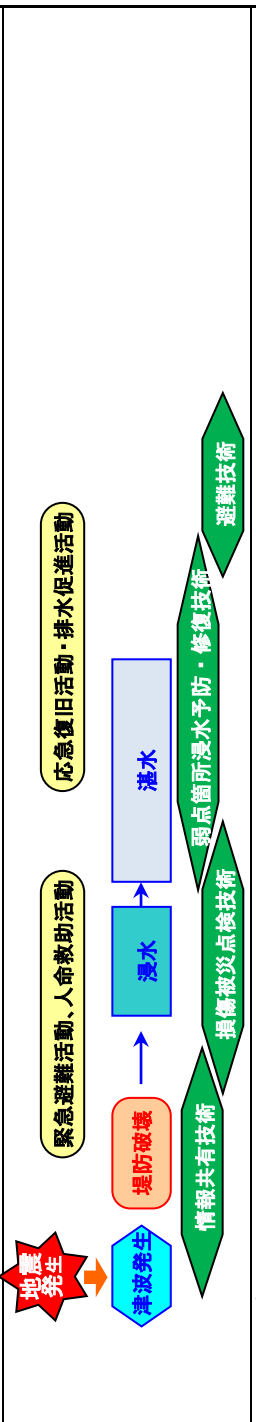
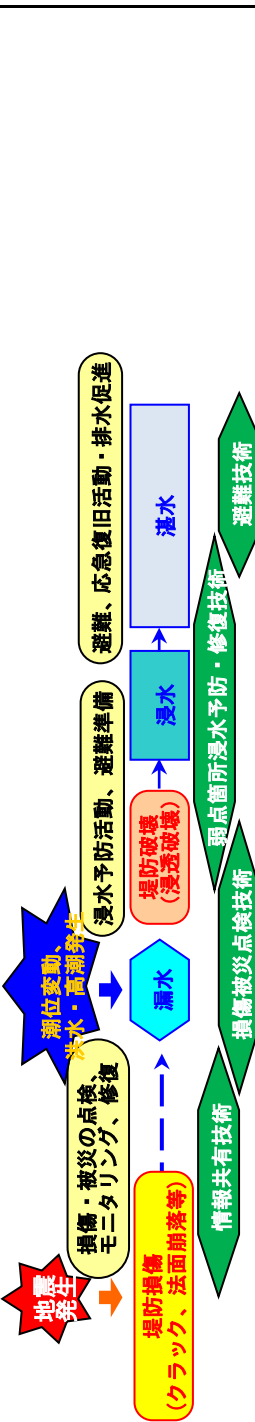
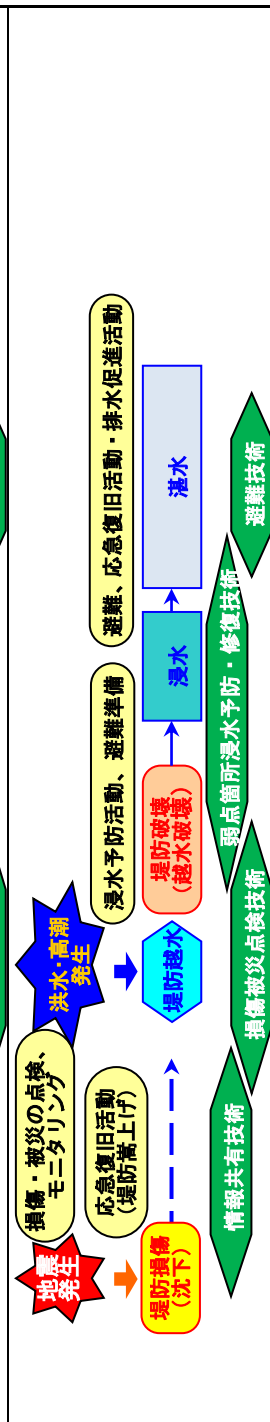
■タイプ 3

地震動によりクラック、法面崩落や護岸損壊等の損傷が生じ、その後の潮位変動や洪水により浸透破壊し浸水被害が発生する。また、特殊堤ではずれの発生した箇所やクラック等から浸水被害が発生する。

■タイプ 4

地震動により堤防天端が沈下し、その後発生した洪水や高潮により越水破壊して浸水被害が発生する。

表 3-5 地震水害の発生タイプ別の水害の発生プロセス及び活用できる水防技術例

地震水害の発生タイプ	地震水害の発生プロセス
タイプ1 地震動により直後に堤防が破壊され浸水被害が発生する	
タイプ2 地震動では堤防は完全に破壊されないが、その後の津波により堤防が破壊され浸水被害が発生する	
タイプ3 地震動によりクラック、法面崩落や護岸損壊等の損傷が生じ、その後の潮位変動や洪水により浸透破壊し浸水被害が発生する。また、特殊堤ではずれの発生した箇所やクラック等から浸水被害が発生する。	
タイプ4 地震動により堤防天端が沈下し、その後発生した洪水や高潮により越水破壊して浸水被害が発生する。	
活用できる水防技術の具体例 ※項目番号は本マニュアルの目次に対応	5.1 情報共有技術 5.2 損傷被災点検技術 5.3 弱点箇所浸水予防・修復技術 5.4 避難技術 

3.3 地震後の洪水・高潮・津波による浸水予測

地震水害の危険性が高い箇所の抽出や、地震水害の水防技術検討の基礎資料とするために、地震後の洪水・高潮・津波による浸水予測を整理する。

【解説】

地震後の浸水予測は、浸水状況（浸水深、浸水範囲、浸水到達時間等）の時間変化や最大の状態を図化したものである。この浸水状況は、堤防や水門等の水防災施設の被災形態（亀裂、ずれ、ゲート開閉不能、堤防決壊等）と、地震後に生起する洪水・高潮・津波の想定規模の組合せにより、様相が大きく変わり、その減災対策として適用する水防技術も異なることに留意する必要がある。

浸水状況と地震水害の水防技術（第5章）の関係を整理すると、表 3-6 のとおりである。

被災形態①では、亀裂やずれの箇所から漏水し、排水路や道路を通じて低地が浸水することが予測される。この場合は早期止水や浸水予防することで減災につながることから、早期に損傷箇所や被災箇所を発見する点検技術・情報提供技術、漏水の早期止水のための修復技術、漏水の早期排水のための浸水予防技術が重要となる。

被災形態②と③では、ゲート閉鎖不能となった水門、沈下した堤防、堤防決壊箇所から外水が大量に勢いよく侵入し、広範囲が浸水することが予測される。この場合は浸水予防よりも避難が優先され、浸水被害等の広域的な情報を早期に把握する情報提供技術、サバイバル避難を含めた自主的避難を支援する避難技術が重要となる。

表 3-6 浸水状況と水防技術の関係

被災形態	浸水状況（洪水・高潮・津波）	水防技術（第5章）	備考
①堤防亀裂、パラペットずれ、樋管亀裂等	・ 亀裂やずれの箇所から漏水 ・ 少量だが漏れ続けると低地が浸水（漏水をとめないと堤防決壊につながる）	・ 損傷、被災の点検技術 ・ 弱点箇所の浸水予防、修復技術 ・ 情報提供技術	・ 弱点箇所の抽出方法は第3章を参照
②ゲートの開閉不能	・ ゲート閉鎖不能となった水門から外水が侵入し、低地内水路を通じて広範囲が浸水	・ 避難技術 ・ 情報提供技術	・ 国や都道府県が浸水シミュレーション※による浸水予測を公表している場合がある。
③堤防沈下、堤防決壊等	・ 沈下した堤防や堤防決壊箇所から外水が大量に勢いよく侵入し、広範囲が浸水		

※国土交通省及び都道府県では浸水想定区域図を電子地図上に表示するシステム「国土交通省 地点別浸水シミュレーション検索システム（浸水ナビ） <http://suiboumap.gsi.go.jp/>」を公開している。

【浸水予測シミュレーション結果（参考）】

次頁以降に浸水予測シミュレーション結果を参考として示した。浸水想定区域図を作成する際の標準的な氾濫解析手法（二次元不定流）を用いてシミュレーションしたものである。

図 3-4 は地震発生後に水門が開状態となり高潮が発生した想定であり、あけぼの水門等から浸水しはじめ3時間足らずで江東区の殆どが浸水する結果となっている。図 3-5 は地震発生後に基本方針規模の洪水で荒川右岸 10k 右岸が破堤した想定であり、氾濫水が3日間にわたり拡大し墨田区と江東区の広範囲が浸水する結果となっている。

【地震発生後に水門が開状態となり、高潮が発生した場合の浸水予測シミュレーション】

- 対象範囲 荒川、隅田川に囲まれた江東低地地域
- 解析手法 平面二次元不定流解析
 - ※125m メッシュ地盤高
 - ※低地内水路はパラペット護岸を連続盛土化
 - ※下水道、地下鉄、地下街等はモデル化していない
- 外力 高潮 ； 伊勢湾台風規模
- 地震による影響 「地震」により、水門が開状態のまま閉鎖不能となり、あけぼの水門や辰巳水門等から浸水

被害特性	▶ 浸水面積:20.7km ² 浸水区域内人口:約36万人
重要施設被害状況	▶ 自治体庁舎:江東区役所 鉄道路線・駅:7路線13駅

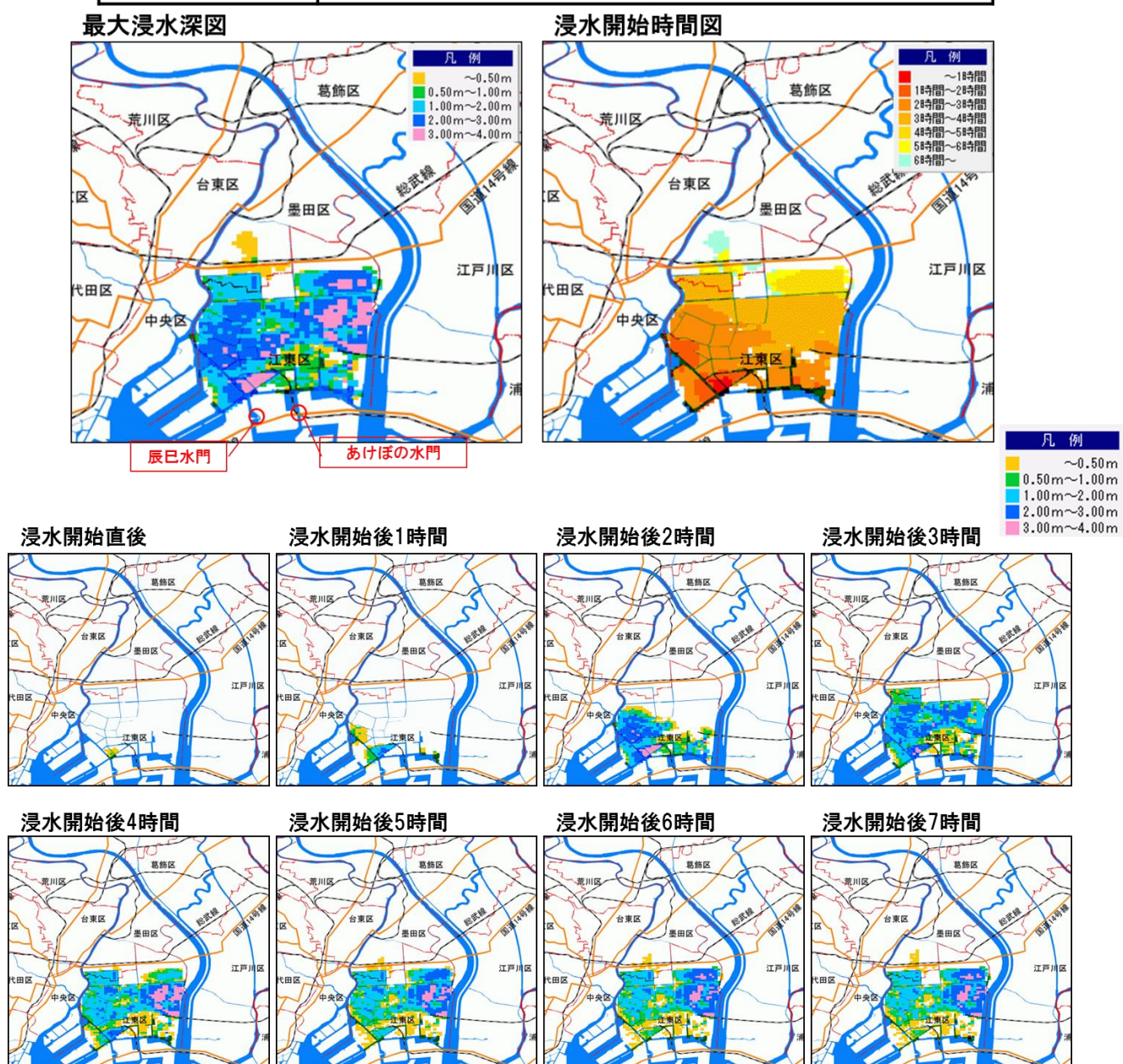
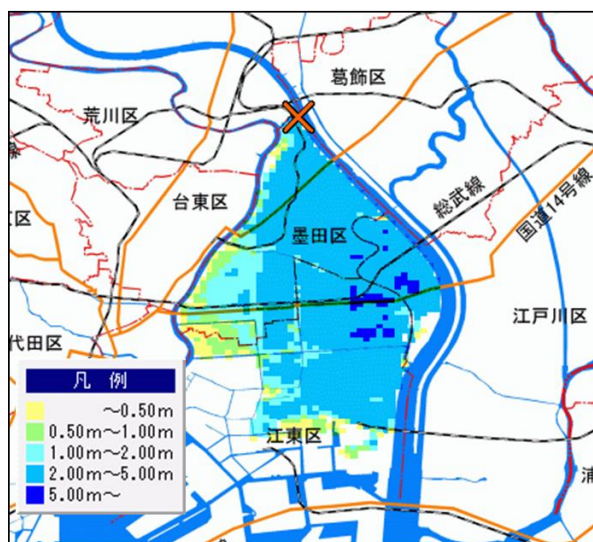


図 3-4 高潮発生時の浸水予測シミュレーション結果

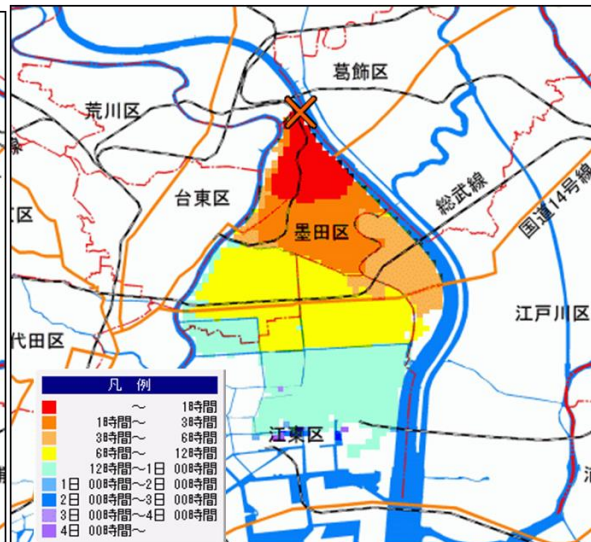
【地震発生後に、基本方針規模の洪水が発生した場合の浸水予測シミュレーション】

- 対象範囲 荒川、隅田川に囲まれた江東低地地域
- 解析手法 平面二次元不定流解析（※125m メッシュ地盤高）
- 外水侵入 1/200 確率規模の洪水
- 河道条件 現況河道
- 排水機場 浸水するまでは運転
- 破堤地点 荒川 10.0k 右岸

最大浸水深図



浸水開始時間図



×：破堤地点

浸水開始後1時間



浸水開始後2時間



浸水開始後3時間



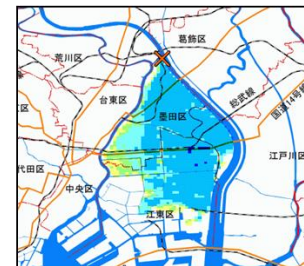
浸水開始後6時間



浸水開始後12時間



浸水開始後24時間



浸水開始後48時間



浸水開始後72時間



図 3-5 洪水発生時の浸水予測シミュレーション結果

4. 地震水害の危険性が高い箇所の抽出方法

効率的にゼロメートル地帯の浸水対策を行うため、河川や沿岸域の危険性が高い箇所は、既存資料による現状の分析結果から、あらかじめ候補となる箇所を選定した上で、①船上からの現地踏査による危険性の高い箇所の絞り込み、②地上からの危険箇所の確認、の手順で抽出を行う。また、氾濫域において浸水被害の危険性が高い箇所は、詳細な地盤高コンターや施設位置などをもとに、地上から危険箇所の抽出と確認を行う。

【解説】

ゼロメートル地帯では、地震によって堤防や水門等の河川構造物が壊れると、外力の大小に関係なく、浸水被害が発生しやすい特性を有している。このような地区において、浸水による被害を極力少なくするためには、地震水害の危険性が高い箇所をあらかじめ抽出し、水防施設の事前配置等を行う必要がある。

ゼロメートル地帯は広範囲であり、様々な施設が存在することから、地震水害の危険性が高い箇所は、「2. ゼロメートル地帯の現状の整理方法」によって候補となる箇所をあらかじめ選定した上で、以下の方法で抽出を行う。

(1) 河川や沿岸域からの外力に対して浸水被害が発生しやすい箇所の抽出

河川や海岸からの洪水、高潮、津波の外力に対する河川堤防や海岸堤防は一樣な高さではなく、橋梁等の横過する構造物、浸水を防止するための施設、沿岸域の利用状況によって異なる。沿川や沿岸域には様々な施設が設置されており、地上から直接確認できないことがあることから、以下の手順で河川や沿岸域からの外力に対して浸水しやすい箇所を抽出する。

① 船上からの現地踏査による堤防高が低い箇所や開口部等の危険性が高い箇所の絞り込み

② 地上からみた堤防構造や地盤高さ等による危険箇所の詳細確認

(2) ゼロメートル地帯に浸入した流水による被害の発生または拡大しやすい箇所の抽出

地震後に洪水、高潮、津波が発生した場合、ゼロメートル地帯に浸入した流水によって浸水被害が発生や拡大する場合がある。ゼロメートル地帯には、極端に地盤高が低く小規模な降雨でも浸水が発生する箇所、水門や排水機場などの施設が設置されている箇所、地下鉄や地下街などの浸水被害が発生しやすい箇所など、様々な条件を有している箇所があり、これらの箇所は詳細な地盤高コンターや施設位置等をもとに、事前に危険な箇所を抽出した上で、地上から確認を行う。

上記の方法による具体的に危険性が高い箇所は、以下のような箇所があげられる。

- ・耐震対策が行われていない施設や液状化対策が行われていない箇所
- ・堤防整備が完了しておらず、堤防断面が不足している箇所
- ・橋梁が横架している堤防高が低い箇所
- ・船着き場などの海岸や河川堤防が低くなっている箇所
- ・特殊堤において既にひび割れや亀裂が発生している箇所
- ・堤防付近や水路の近傍において地盤高が極端に低く、浸水が発生しやすい箇所
- ・水門や排水機場のような施設が設置されている箇所（堤防構造が変化する箇所）
- ・地下鉄や地下街等の入り口

東京ゼロメートル地帯における船上および地上からの現地調査状況は次頁に示すとおりであり、これらの調査による地震時に被害発生の危険性が高い箇所を図 4-1 に示す

【東京ゼロメートル地帯における船上からの現地調査状況：平成 27 年 6 月実施】

船上から荒川左岸堤防を望む	樋門、水門などがある箇所
	
堤防高が低くなっている船着き場	陸閘などの開口部
	

【東京ゼロメートル地帯における地上からの現地調査状況：平成 27 年 7 月実施】

一定区間において地盤高が極端に低い箇所	排水機場の敷地との境界箇所
	
ひび割れやブロックの沈下のある箇所	特殊堤の目地部分
	

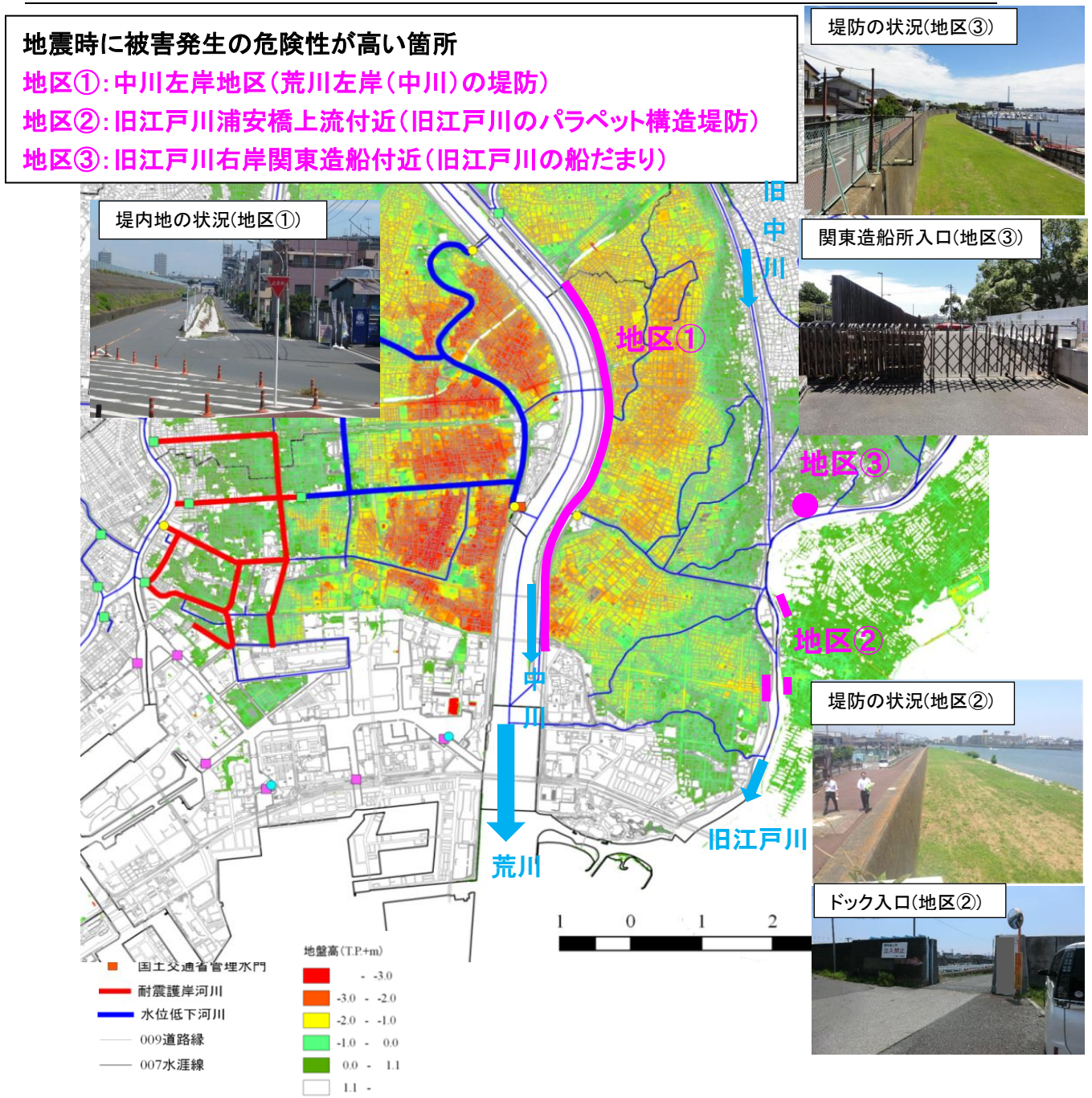


図 4-1 東京ゼロメートル地帯において地震時に被害発生の危険性が高い箇所の例

5. 地震水害の水防技術

5.1 情報共有技術

施設の損傷・被災箇所、浸水被害等の情報収集と提供を目的としたネットワークを構築する。ネットワークの構築にあたっては、利用目的や取り扱う内容に応じて、適切なツールを選定する。また、精度の良い情報を効率的に収集するため、作業ルールの徹底など利用者教育も行う。

【解説】

施設の損傷・被災箇所、浸水被害等の情報を早期に収集・共有するには、当該地域の住民など一般の協力を得ることが有効である。例えば、埼玉県和光市では、大規模災害が発生した際に、被災状況に関する情報共有の手段の一つとして **Twitter** を活用し、和光市の災害に関するハッシュタグを定めて、効率的に情報の収集と提供を行うこととしている。

Twitter のような **SNS** は、すでにツールとして完成しており、そのまま災害時の情報提供に活用できるというメリットがあり、図 5-1 に示すような利用が可能である。運用方法、最低限のルールとしては、下記のような事項が挙げられる。

- ・ 行政のホームページやアカウントから、情報の投稿要請を発信する。
- ・ ツイートの分類・検索のため、ハッシュタグの設定と利用を呼び掛ける。
- ・ その他の投稿ルールを発信する。例えば、施設の損傷・被災箇所に関する情報の場合には、投稿者が非専門家であることを想定して、施設の見方・チェックポイント、を発信する。
- ・ 文字入力には 140 文字という制限があるため、入力する情報を簡素化する（入力文例の提示、施設種別や損傷ランクの記号設定）。また、写真の添付も要請する。
- ・ 位置情報を取得するため、ジオタグの添付も要請する。



図 5-1 SNS (Twitter) を利用した情報ネットワーク

SNS を利用して、広く一般からの情報を受け入れる場合、投稿された情報の中に不確実なものが混入する可能性がある。そのため、情報の提供にあたっては、その真偽の判別、取捨選択が必要になってくる。

不確実な情報を減らす方策の一つとして、投稿者を限定することが考えられるが、SNS では投稿自体を制限することはできない。したがって、投稿者を限定したい場合には、それが可能なシステムを別途整備することを考える必要がある。例えば、入力・閲覧のためにユーザ登録が必要な形式にすれば、これが一定のフィルタとなり信頼性の向上につながる。ただし、この場合は収集できる情報量は、SNS の場合と比べて少なくなることが想定される。

このようなシステム構築を考えたとき、情報整理・提供の観点からプラットフォームに WebGIS を用いれば、SNS とは違った利便性が得られる。システムのイメージを図 5-2 に示すとともに、施設の損傷情報などの収集に向けて想定される運用方法及びルールを下記に列挙する。

- ・ 登録者のみ入力・閲覧できるようにする。
- ・ 入力のしやすさ、投稿された情報の整理のしやすさを考慮して、入力用インターフェース（チェックリスト形式、画像のアップロード、位置情報（GPS）の取得など）を用意する。
- ・ 現地からの入力を想定して、スマートフォンでの利用に対応する。
- ・ 事前に施設情報をデータベース化しておき、個別情報を閲覧できるようにする。また、WebGIS の特性を活かして、予測震度分布図、液状化危険度マップ、高潮浸水想定区域図など災害時に参考となり得るハザード情報も閲覧できるようにする。

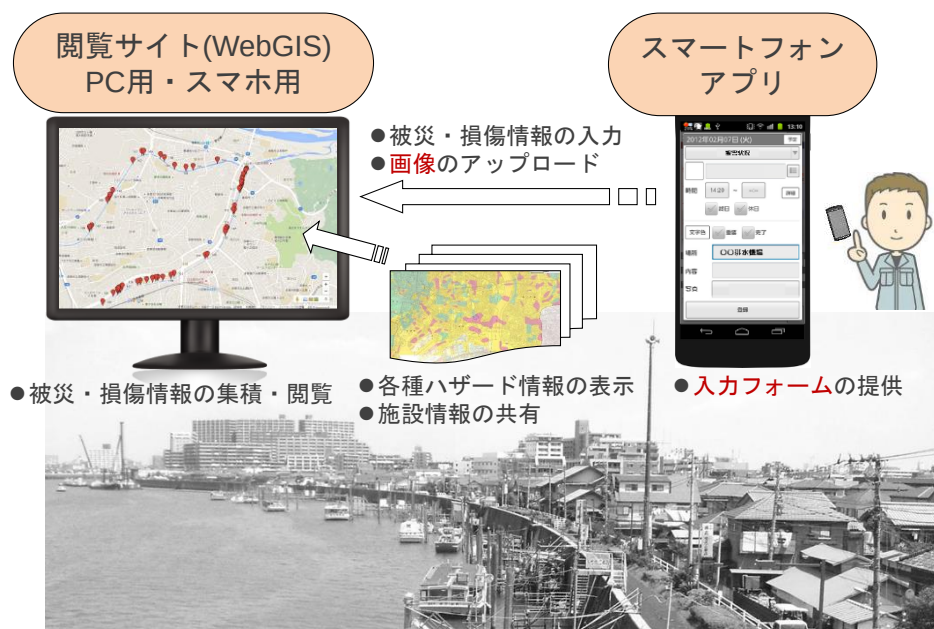


図 5-2 WebGIS を利用した情報ネットワーク

ここで挙げた2つの情報ネットワークについて、表 5-1 に比較して整理する。

なお、両形式の共通の課題として、投稿者の確保と教育が挙げられる。平常時から、周知徹底、普及促進を図る必要がある。

表 5-1 情報ネットワークの比較

項 目	SNS (Twitter) を利用した情報ネットワーク	WebGIS を利用した情報ネットワーク
ユーザ	不特定多数	登録者のみ
情報量	多い	少ない
信頼性	不確実な情報も含まれる	ユーザ登録による一定のフィルタ
有用な 場面	■ 広く一般に情報を伝達するとき ■ 広域の状況を概略的かつ早期に把握したいとき	■ 特定の目的を持ったグループ間で情報を共有したいとき ■ 詳細な情報を収集したいとき

Twitter に投稿された情報をリアルタイムに分析し、「〇〇県のどこで浸水していますか？」といった質問に対する回答候補を地図上に表示するツールとして、対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」(<http://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp>) がある。DISAANA は、被害の全容を掴むために優れたツールであり、どこを重点的に調査するかといった一次選定に活用できる。

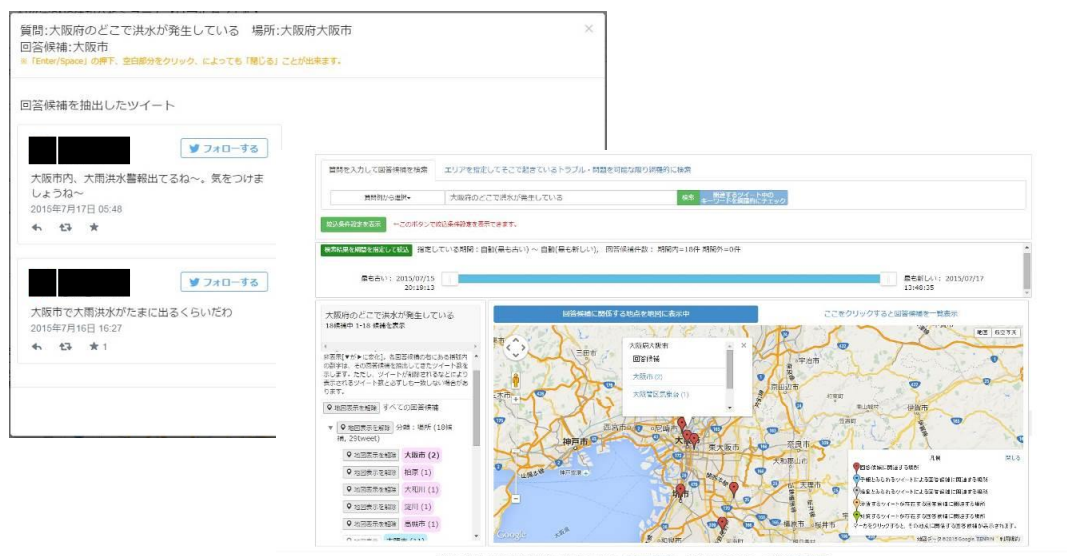


図 5-3 対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」

5.2 損傷・被災の点検技術

地震水害の発生タイプ3として、地震動によりクラック、法面崩落や護岸損壊等の損傷が生じ、その後の潮位変動や洪水により浸透破壊し浸水被害が発生すると想定している。また、特殊堤ではズレの発生した箇所やクラック等から浸水被害が発生するという現象が想定されている。このような損傷や被災の有無や状況を早期に把握するため、地震後は速やかに点検を実施する。特殊堤については、事前に目地部に簡易なセンサーを設置しておき、ズレや開きの発生を光や音で検知する方法が有効である。また、漏水が発見された場合には、漏水の塩分濃度を観測し、漏水の危険度を判断することも有効である。

【解説】

ゼロメートル地帯の堤防は大部分が特殊堤で構成されており、地震による目地開きやクラックの発生が浸水被害に繋がる事態が想定される。そこで、地震による特殊堤の被災状況を早期に把握し、次段階の水害までに修復すべき被災箇所を広く抽出することが必要となるが、通常行われている目視による点検は、広範囲に被災した場合などには実施困難となる可能性が高い。そのため、目視点検以外の点検技術の開発は喫緊の課題と考えられる。ここでは、このような技術の一つとして、現在開発中の「目地部開き感知 LED センサー」について述べる。センサーに求められる性能は次のように設定した。

- ・特殊堤の目地開き・ズレに対応できること
- ・変形したことを視認できる光によるセンサー
- ・変形したことを音で確認できるセンサー
- ・全ての目地に取り付け可能な安価なセンサー

LED センサー試作機の作動状況を図 5-4 に示す。LED の部分を圧電ブザーに変えることによって「音で確認するセンサー」に変更することが可能である。

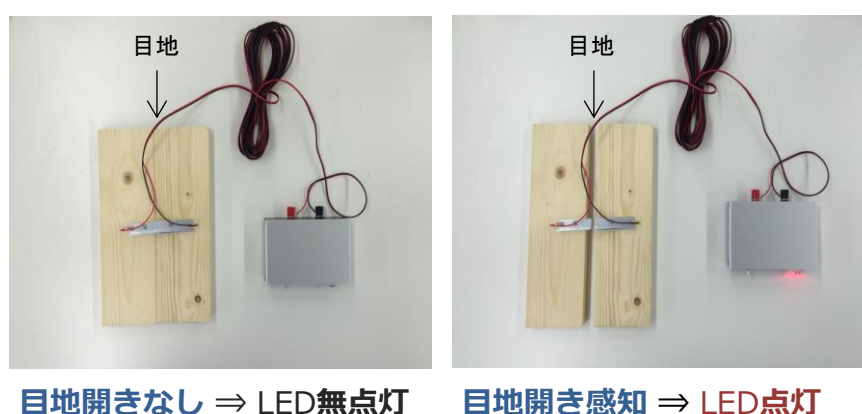


図 5-4 目地開き感知 LED センサー（試作機）の作動状況

耐久性の確保や具体的な取り付け方法についてはさらに検討を重ねる必要がある。その他、電磁誘導を利用した目地開き感知センサーについても検討されている（図 5-5 参照）。

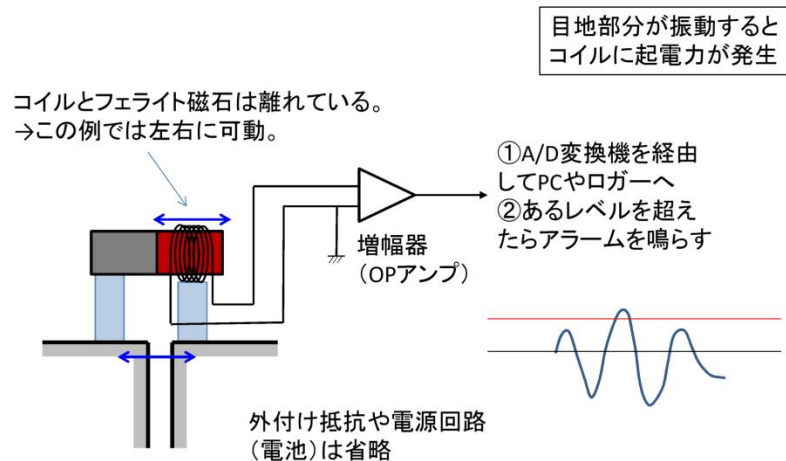


図 5-5 電磁誘導を利用した目地開き感知センサー

センサーによって把握した変状箇所に関する情報は、上述した地域の防災情報ネットワークを活用することにより速やかに集約することが可能になると考えられる。

一方、ゼロメートル地帯では河川水の塩分濃度が高い場合が多い。そのため、堤防の近傍で漏水が発生した場合に、漏水の塩分濃度を観測することにより、浸透に対する危険度を判断することができる（図 5-6 参照）。

漏水の塩分濃度を簡易に調べる場合には、携帯型の電気伝導度計を用いて測定するとよい。また、長期的に観測する場合には、漏水を集める施設または地下水観測孔を堤体のり尻付近に設置し、電気伝導度の定期観測や自動観測を行う。電気伝導度が河川水（塩水）の値に近づくほど、危険な状態に至る可能性があると判断できるほか、電気伝導度の値や河川水位との連動性を平面的な分布状況を調べることにより、河川水の浸透経路を把握できる場合もある。

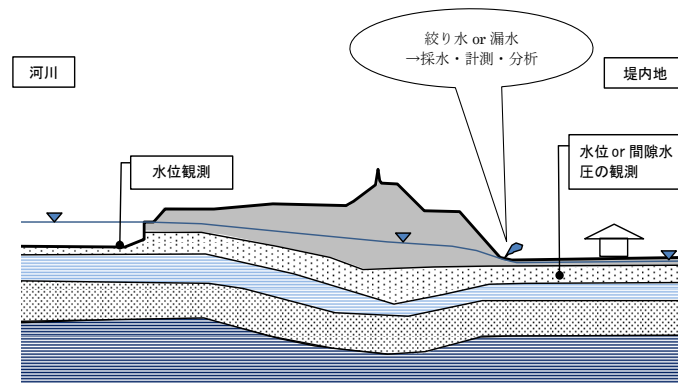


図 5-6 漏水の簡易水質モニタリング模式図

5.3 弱点箇所の浸水予防・修復技術

(1) 浸水を予防するための水防方法

堤防等の弱点箇所からの漏水や越水、あるいは破堤による氾濫水の進入から浸水被害を予防するため、堤内地の土地利用や地盤高の状況に応じて、モバイルレビーを活用した水防を行う。また、陸閘や船着き場等の堤防開口部からの流水の進入を予防するため、モバイルレビーを活用した水防を行う。

【解説】

1) 堤防等の弱点箇所からの漏水・破堤等による浸水被害を予防するための水防方法

堤防構造の変化箇所やすでにブロックの変位や漏水発生がみられる箇所、特殊堤の目地部のずれ及び破損が生じている箇所、堤防が局所的に低い箇所等の弱点箇所においては、地震発生時に堤防損傷が生じ、漏水や越水、あるいは破堤による氾濫水の侵入により浸水被害に至る危険性が高いと考えられる。このような箇所では、氾濫水の進入から浸水被害を予防するため、モバイルレビーを活用した水防を行うことが有効である。モバイルレビーの活用にあたっては、対象箇所の堤内地の土地利用や地盤高の状況に応じて、表 5-2 のような方法が考えられ、事前に必要なモバイルレビーを備えておくことが重要である。

表 5-2 堤内地の状況に応じた水防方法

堤内地の状況	水防方法
①堤脚道路に住宅や企業等の建物が隣接している箇所	住宅や企業等の玄関口に三角水のうやパネル堤を設置し、氾濫水の進入を防止する。
②氾濫水が拡散する危険性のある道路が隣接している箇所	氾濫水の進入口となる道路部にパネル堤を設置し、氾濫水の拡散を防止する。
③堤内地の地盤高が相対的に低い箇所	地盤高が低い箇所の住宅地が浸水しないように三角水のうを配置する。
④堤内地が低地で広い空き地となっている箇所	空き地を囲むようにパネル堤を設置し、内水を一時的に貯留させる。

注：表中の番号は表 5-5 から表 5-8 に示す水防方法のイメージと対応している。

2) 陸閘や船着き場等の堤防開口部における浸水被害を予防するための水防方法

陸閘や船着き場等の堤防開口部においては、地震発生時にゲートの閉操作の遅れ等の不測の事態や出入口等の非連続部からの進入が想定されるため、表 5-3 に示すように事前に開口部にモバイルレビーを設置することにより、浸水予防を図ることが重要である。

表 5-3 堤防開口部における水防方法

開口部の状況	水防方法
⑤陸閘部	ゲートの閉操作の遅れ等の不測の事態が発生した場合にパネル堤を設置し、堤内側への進入を防止する。
⑥開口部となっている船着き場	開口部となっている船着き場入口部に三角水のうを設置し、地震発生時に沈下した場合にも、浸水被害が広がらないよう備える。

注：表中の番号は表 5-9 から表 5-10 に示す水防方法のイメージと対応している。

モバイルレビー実施にあたっては、以下の手引き等を参照する。

- 「河川堤防新技術活用ガイドブック」（2011 年 6 月）一般社団法人リバーテクノ研究会
- 「三角水のう 性能確認試験報告書」（平成 24 年 9 月）一般社団法人リバーテクノ研究会
- 「モバイルレビーの適用と設計の手引き Ver.1」（平成 25 年 2 月）一般社団法人リバーテクノ研究会
- 「ハンディレビーパネル 取扱説明書」（2014 年 3 月）一般社団法人リバーテクノ研究会
- 「ダイヤレビーパネル 取扱説明書」（2014 年 4 月）一般社団法人リバーテクノ研究会

水防工法の一覧を表 5-4 に示す。

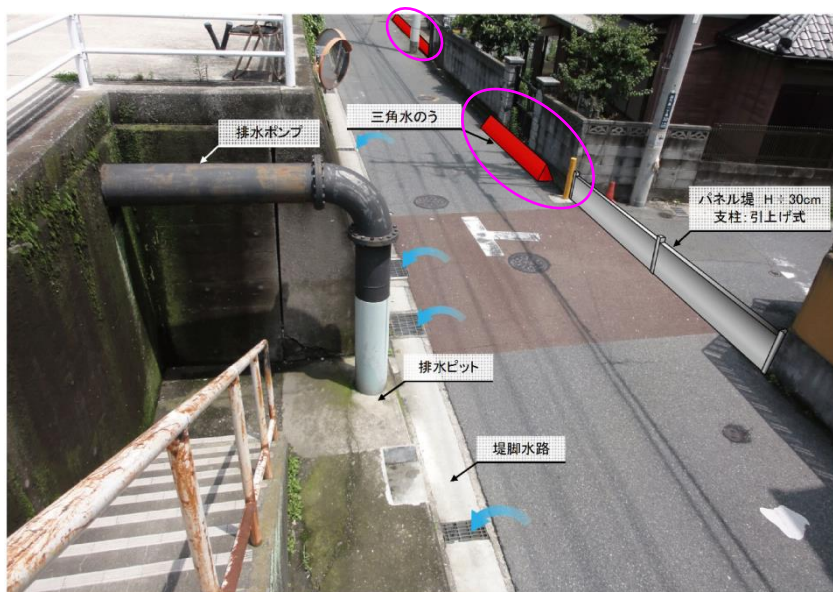
表 5-4 水防工法の一覧表

①越水防止工			
三角水のう	(一社) リバーテクノ研究会	ハイブリッドパネル堤	(一社) リバーテクノ研究会
			
土のうに代わる水防製品。三角形の断面のチューブ状の袋に注水して使用。軽量で簡便に設置でき、繰り返し使用可能。		伝統的な畳堤の「畳」に代わるパネル。プラスチック樹脂板でできており、軽量で設置が簡単であり、長期保存も可能。	
②越流時の法面補強		③浸透防止	
水防シート	(一社) リバーテクノ研究会	遮水シート	(株) 田中
			
ブルーシートよりも強度や柔軟性に優れた、繰り返し使用できる水防シート。隣同士のシート同士の連結が可能。滑りにくい表面加工を施している。		河川堤防に使用される堤防法面用遮水シート。応急復旧にも使用できる。止水シートと保護マットが一体化され、一般的には上面に連接ブロックが敷設される。	

表 5-5 堤内地の状況に応じた水防方法のイメージ

【①堤脚道路に住宅や企業等の建物が隣接している箇所における水防方法のイメージ】

住宅地の玄関口に三角水のうを設置



企業等の入口部に三角水のうを設置

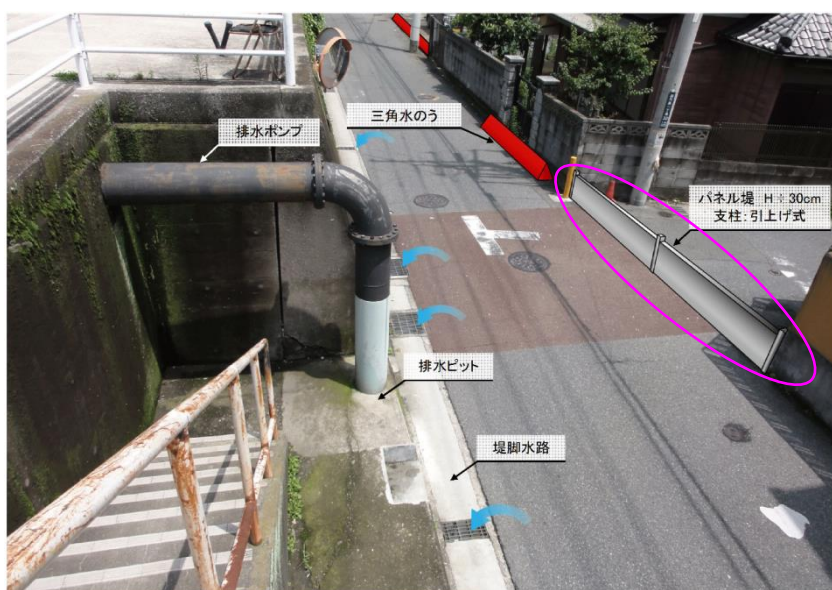


企業等は、隣接道路高に比べて盤上げしている箇所が多く、敷地境界の塀によって浸水が防げるが、玄関口など切れ目になる箇所に三角水のう等を設置することが有効

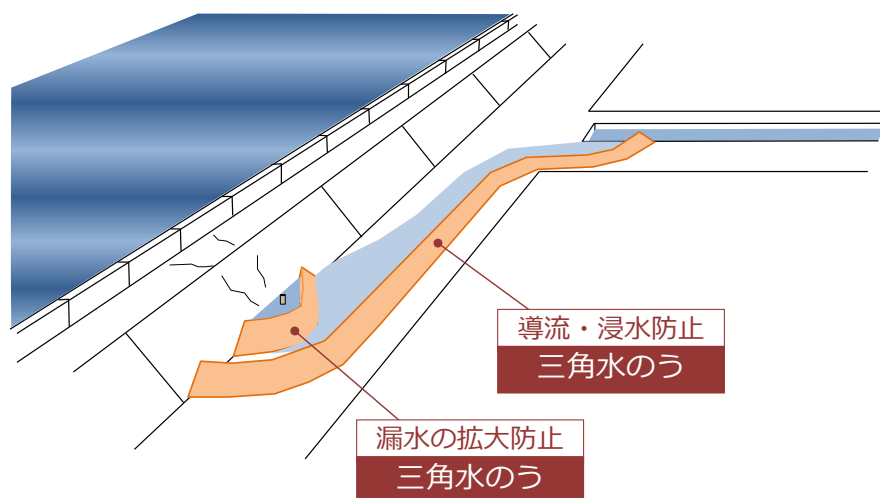
表 5-6 堤内地の状況に応じた水防方法のイメージ

【②氾濫水が拡散する危険性のある道路が隣接している箇所における水防方法のイメージ】

氾濫水の進入口となる道路部にパネル堤を設置



堤防から漏水した水を三角水のう等で水路へ誘導



特殊堤の損傷により漏水した場合、漏水の拡大や浸水防止として、三角水のうを利用した釜段工法や浸出水の導水にシートと三角水のうを利用する。

表 5-7 堤内地の状況に応じた水防方法のイメージ

【③堤内地の地盤高が相対的に低い箇所における水防方法のイメージ】

住宅地が浸水しないように三角水のうを配置

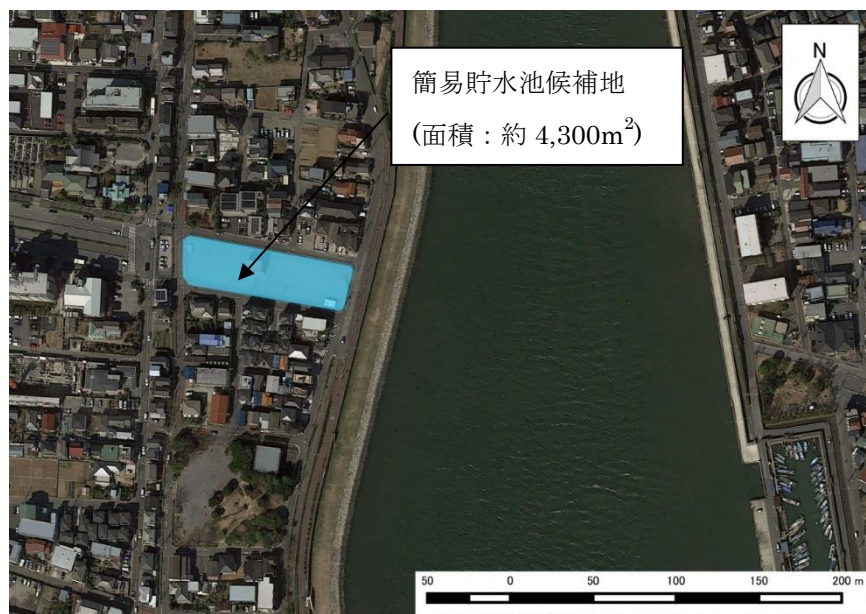


堤内地の地盤高が相対的に低い区間などは、三角水のう等の活用により、道路での貯留と排水ポンプ等による家屋浸水を防ぐことができる。

表 5-8 堤内地の状況に応じた水防方法のイメージ

【④堤内地が低地で広い空き地となっている箇所における水防方法のイメージ】

空き地を囲むようにパネル堤を設置し、内水を一時的に貯留させる



低地区域に集中する生活基盤（商店街・駅等）施設への浸水を防止するため、面積が約 4,300m²の現在空地となっている範囲に高さ 50cm のパネルを設置する。（150m³の内水を一時的に貯留することが可能）

表 5-9 堤防開口部における水防方法のイメージ

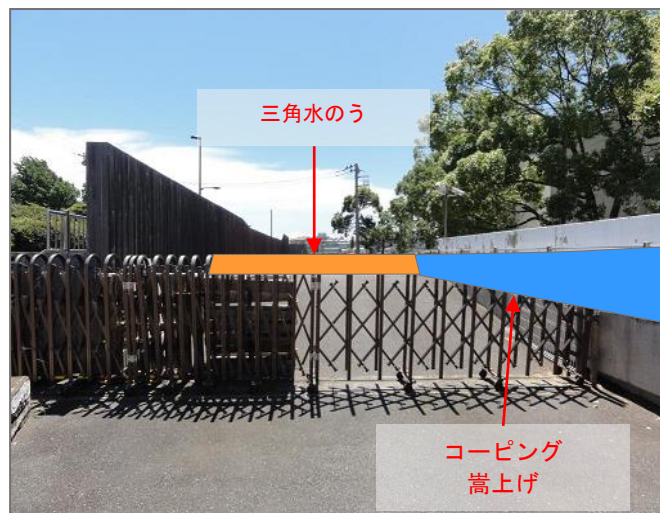
【⑤陸閘部における水防方法のイメージ】



表 5-10 堤防開口部における水防方法のイメージ

【⑥船着き場における水防方法のイメージ】

開口部となっている船着き場入口部に三角水のうを設置



開口部となっている船着き場入口部には、三角水のうを設置し、地震発生時に沈下した場合にも、浸水被害が広がらないよう備える。特殊堤部分は、事前に嵩上げを行うことが有効である。

(2) 特殊堤防の漏水防止工法

特殊堤防の漏水対策とは、大規模地震により損傷を受けた箇所に対して、高潮および出水時における対策を行うことである。地震直後に行う応急対策と、数ヶ月間機能する暫定対策等様々な組合せが想定され、これらを考慮した漏水防止工法を行う。

【解説】

ゼロメートル地帯に地震が襲来した場合、「地盤の液状化、又は堤体内閉封飽和領域の液状化」が生じ、以下の被災が懸念される。特殊堤防では、この内③および④が該当する。

- ① 堤防形状崩壊（天端の沈下）
- ② 亀裂の発生（雨水浸透、漏水）
- ③ 河川構造物の損傷
- ④ 構造体と土堤防接合部の隙間からの漏水

大規模地震では広域的な被害が想定され、水防災施設等の応急復旧作業が遅れる可能性がある。そのため、高潮等による水災害に対しては、地域内に水防用資材を備蓄しておき、水防活動により緊急的な対応を行うことが求められる。

損傷が生じるのは地震直後～余震の間だけでなく、しばらく経過した後の「進行性破壊」により生じる場合もある。大規模な地震の場合、被災箇所は広範囲に及び、対策も数ヶ月以上に及ぶ可能性が高い。従って、地震直後に行う応急対策と、数ヶ月間機能する暫定対策等様々な組合せが考えられる。

特殊堤の被災状況に応じた水防方法は表 5-11 に示した方法が想定される。

表 5-11 特殊堤の被災状況に応じた水防方法

特殊堤の被災状況	水防方法
①特殊堤が沈下し、越水および侵食の危険性が高い	堤防天端の沈下箇所に越水防止対策として、連続箱型鋼製柵（マックスウォール）を設置する。越波等による侵食防止として、水防シートを設置する。
②特殊堤が変状し目地の開き、開口箇所から漏水の危険性が高い	目地の開口部からの漏水対策として、目地板設置やグラウトジャケット等により間詰めを行う。

注：表中の番号は表 5-13 に示す水防方法のイメージと対応している。

特殊堤防の応急復旧や変状が進行した場合に適用可能な補強工法の一覧を表 5-12、水防方法の例を表 5-13 に示す。

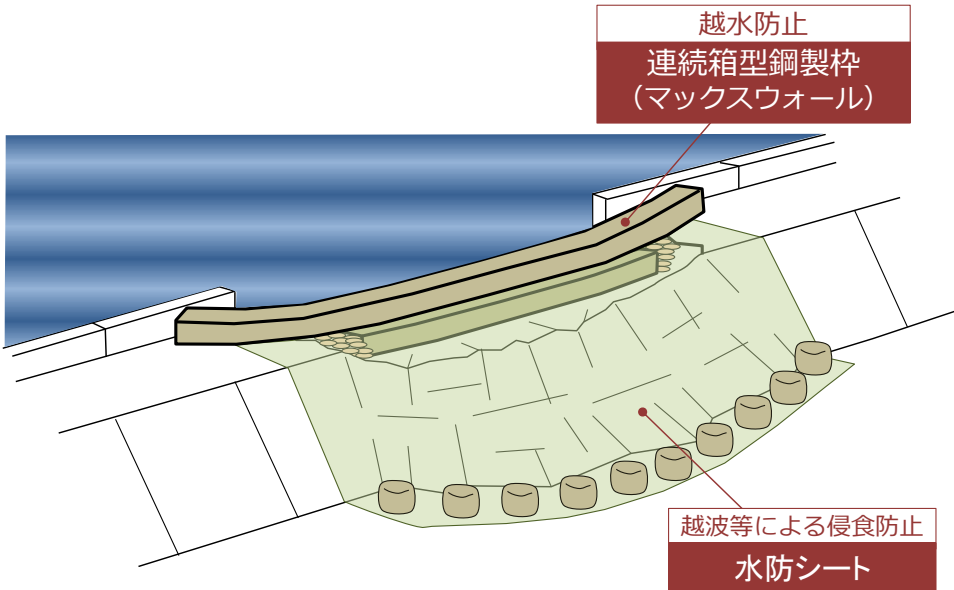
表 5-12 特殊堤等の補強工法一覧

①堤防の補強と復旧			
マックスウォール	太陽工業（株）	シェルトン	（株）田中／三井化学産資（株）
			
連続形状であるので大型土のうに比較して止水性が高い。鋼製であり耐久性があるので長期的な仮設材として使用可能。		ジオグリッドをカゴ状に形成し、割栗等を中詰めすることによりマット状に形成する。クレーン等で護岸のり面に敷設し、のり面の浸食崩壊を防止する。	
②コンクリートの強靱化対策		③簡易のり面保護工・水路工	
タフネスコート	三井化学産資（株）	コンクリートキャンバス	太陽工業（株）
			
吹付時にコンクリート表面に厚さ1～3mmの弾性被膜を形成するポリウレタ樹脂。200%以上の伸度を有し、クラック発生時にも追従し防水機能を保持できる。		セメント粉末入りで、敷設後に散水するだけで硬化する特殊シート。厚さ5、8、10mmの三種類。散水後24時間後には硬化して強固なコンクリート板となる。	

④空隙が生じた時の間詰め	
パブリックジャケット	旭化成アドバンス（株）
	
高伸度の布の中にベントナイトやグラウト材を充填して膨張させ、間詰め材として適用する。	

表 5-13 特殊堤の被災状況に応じた水防方法のイメージ

【特殊堤沈下に対する水防方法のイメージ】

①堤防沈下発生箇所における水防工法
 越水防止 連続箱型鋼製枠 (マックスウォール) 越波等による侵食防止 水防シート 大規模地震発生時に特殊堤が沈下した場合、越水防止として堤防高を確保するため、連続箱型鋼製枠（マックスウォール）を設置する。また、越波による侵食防止として、水防シートを設置する。

【特殊堤の目地開きに対する水防工法の例】

②目地開き発生箇所における水防工法
【目地開き部に目地板設置】 遮水性で引張強度、伸び特性に優れる塩化ビニル製のシートを目地板として設置する。   【目地開き部の間詰め】 高伸度の布の中にベントナイトやグラウト材を充填して膨張させ、間詰めを行う。  

5.4 避難技術

水害が発生した場合に生じる事象に応じて予測される災害を最小限にして復旧対策を迅速に行えるようにするため、避難対策と避難後の生活を快適にするための対策を行う。
--

【解説】

地震水害の発生により生じる事象を災害プロセスは以下のように分類することができる。各プロセスにおける減災と安全を目的とした対策工として有効な既存技術を整理する。

1) 避難誘導に適用可能な技術

避難誘導のサインや安全に避難するための装置

2) 避難施設と避難後の生活を快適にするために適用可能な技術

簡易な避難施設、浄水・給水設備技術

上記の避難誘導の工法と避難後の生活を快適にするための工法を表 5-14 と表 5-15 表に示す。

表 5-14 避難誘導工法と避難後の生活のための工法一覧(1)

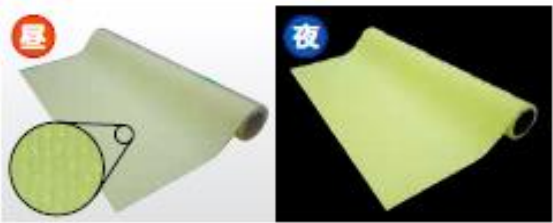
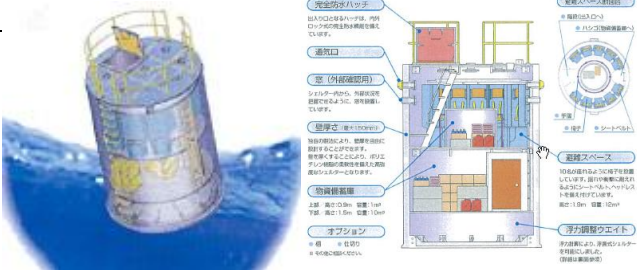
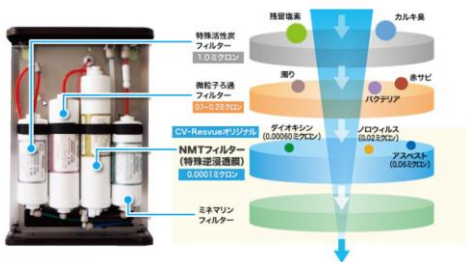
①避難誘導		②浸水防御への助言	
ルミセーフシート	タキロン（株） （大日本プラスチック（株））	ルミセーフサイン	タキロン（株） （大日本プラスチック（株））
			
柔軟な塩ビシートに蓄光材を配合することにより、高輝度・長残光性能を向上させたシート。必要な大きさにカットして粘着テープ等で取り付け可能。		柔軟な塩ビシートに蓄光材を配合することで、高輝度・長残光性能を向上させたシート。パネル状に加工し様々なサインとして活用可能。	
③流通用 保冷バック		④避難工法	
クールカーゴ	太陽工業（株）	ベンチフローターノア	太陽工業（株）
			
保冷車で運搬する食品等を入れて搬送可能。真夏でも－20℃を保持可能。		浮力体でできた簡易ボートで浸水被害地で人や物資の緊急避難・運搬に使用。通常はベンチとして使用し、保管場所の有効活用が可能。	
④避難工法			
ハウエルシェルター	大日本プラスチック（株）		
大口径のハウエル管を避難スペースとして使う方法として開発中の避難資材。食料や物資を備蓄しておくことができる。下部に浮力調整用のウェイトを備えており津波や高潮で浸水した場所でも浮体構造で浮遊して避難可能。			

表 5-15 避難誘導工法と避難後の生活のための工法一覧(2)

①避難施設			
マククイックシェルター	太陽工業（株）	クイックパーテーション	太陽工業（株）
			
軽量で簡易に運搬できる。空気を入れて1分程度で立ち上がる簡易テントで各地の消防で配備されている。トリアージ等の緊急医療場所として適用可能。		避難場所でのプライベート空間を確保するための簡易間仕切り。折りたたんで収納することができ、繰り返し使用可能。	
②給水設備		③災害時浄水システム	
エババルーン	(株) 三菱樹脂インフラテック	CV-Rescue	太陽工業（株）
			
自立式の風船型水槽であり、水を注入するだけで膨らみむため、組立作業不要。軽量で収納や運搬・設置作業に優れた水槽。		特殊逆浸透膜を用いて不純物の除去が可能な浄水機。海水を含む全水域の完全な浄水化が可能。	



〒154-0001 東京都世田谷区池尻2-33-16 TEL.03-3414-5091 FAX.03-3791-5454