

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。

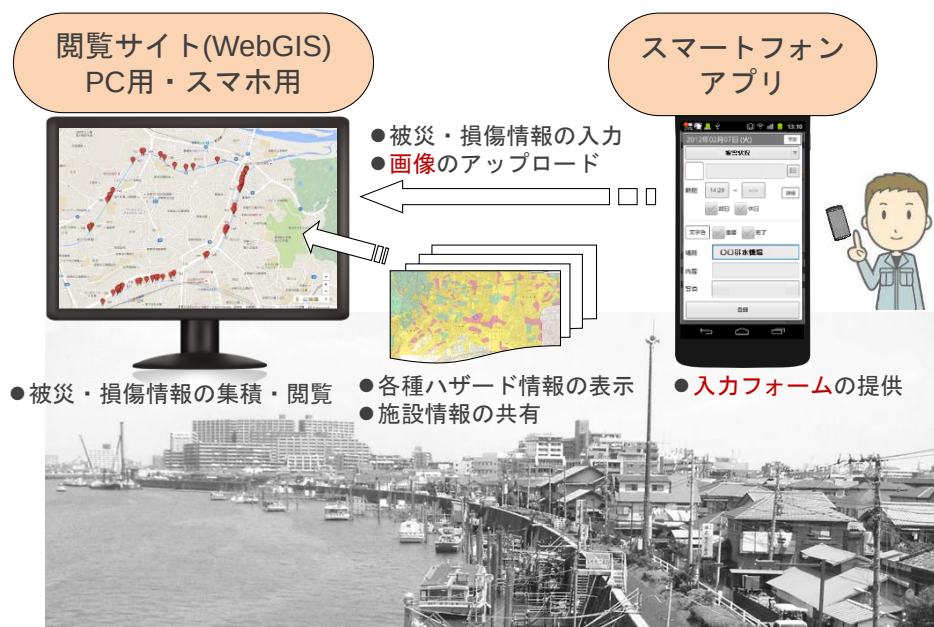


図 5-2 WebGIS を利用した情報ネットワーク

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。

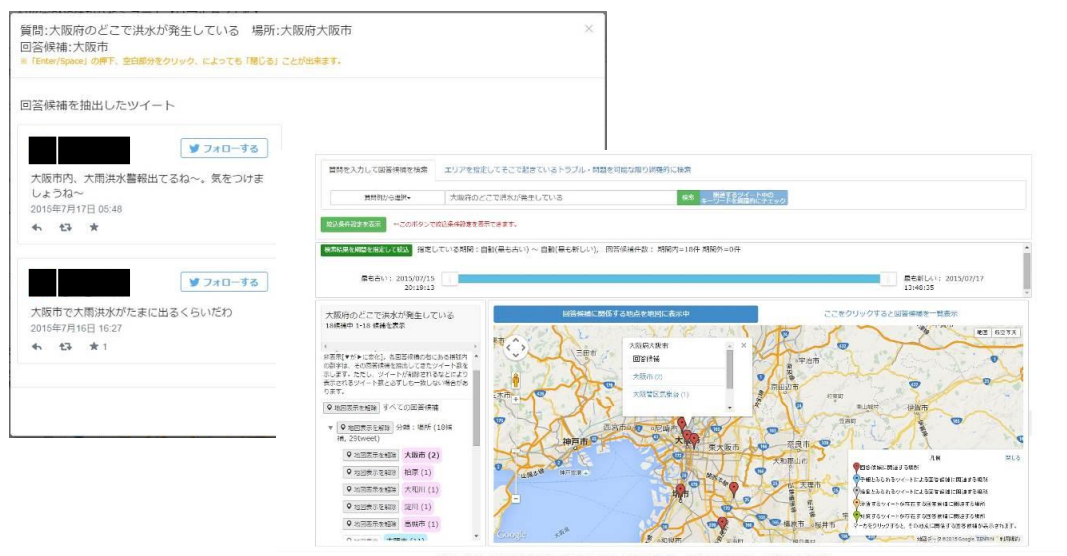


図 5-3 対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」

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。

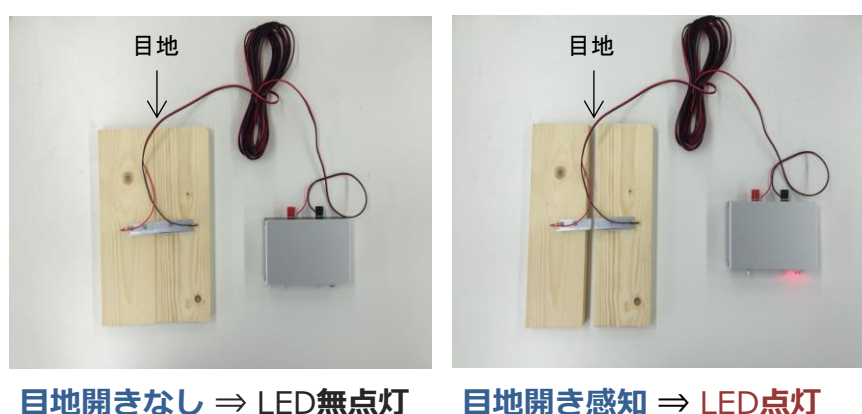


図 5-4 目地開き感知 LED センサー（試作機）の作動状況

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）。

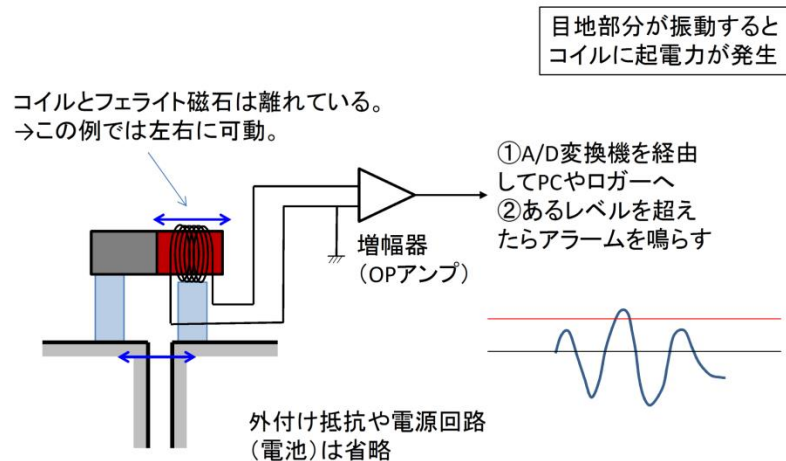


図 5-5 電磁誘導を利用した目地開き感知センサー

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。

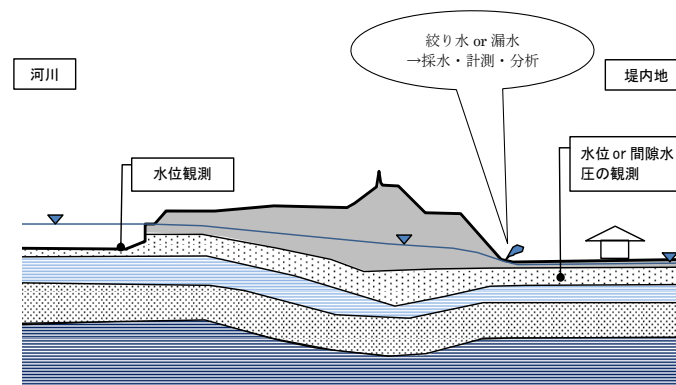


図 5-6 漏水の簡易水質モニタリング模式図

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。

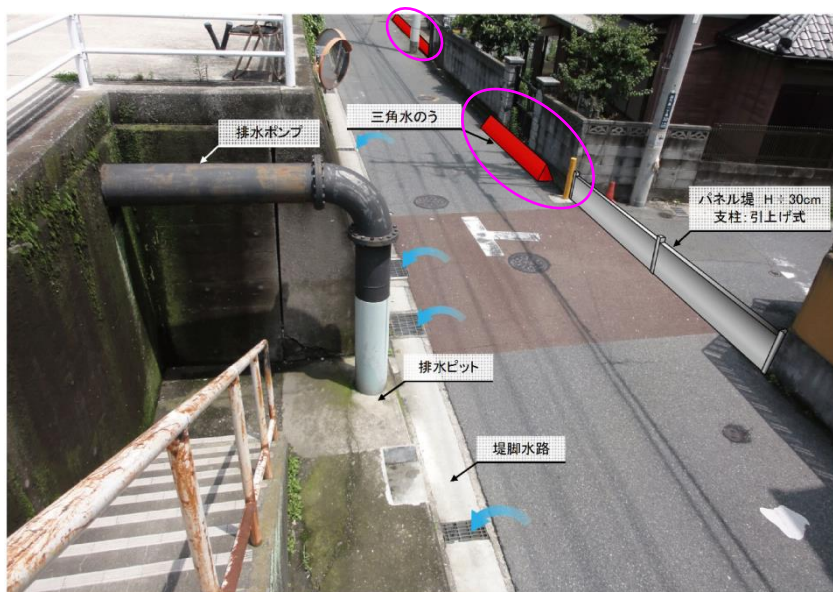
表 5-4 水防工法の一覧表

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

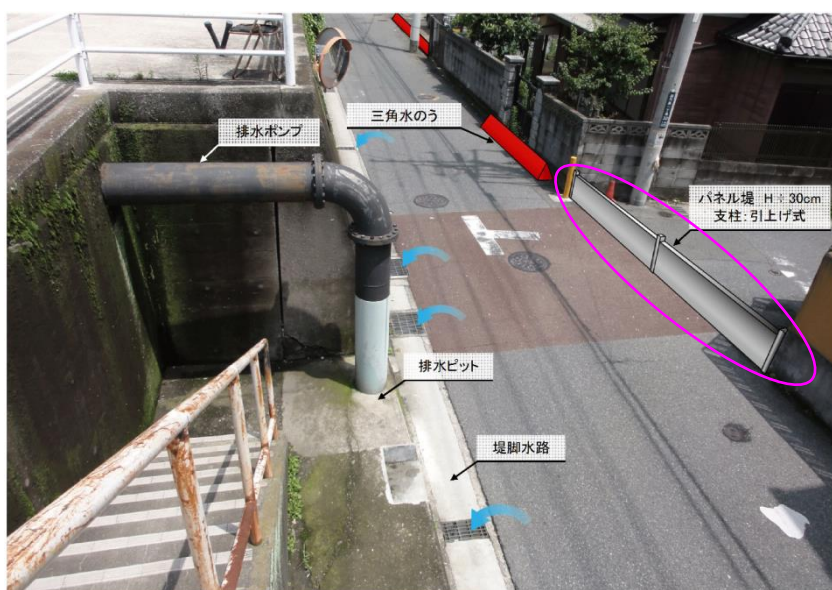


企業等は、隣接道路高に比べて盤上げしている箇所が多く、敷地境界の塀によって浸水が防げるが、玄関口など切れ目になる箇所に三角水のう等を設置することが有効

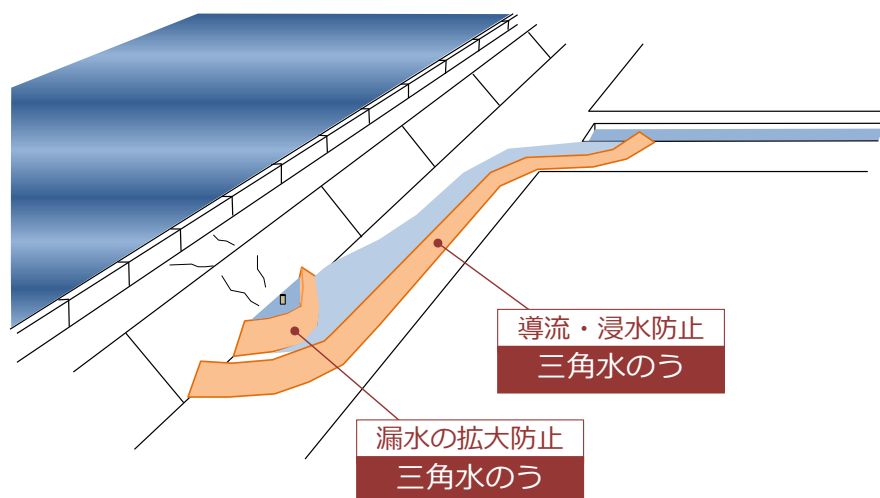
表 5-6 堤内地の状況に応じた水防方法のイメージ

【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

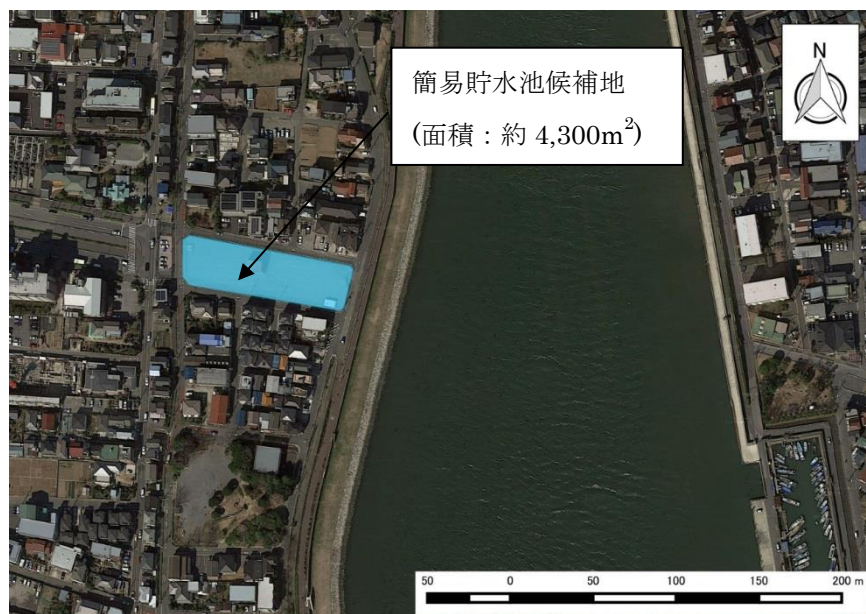


堤内地の地盤高が相対的に低い区間などは、三角水のう等の活用により、道路での貯留と排水ポンプ等による家屋浸水を防ぐことができる。

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

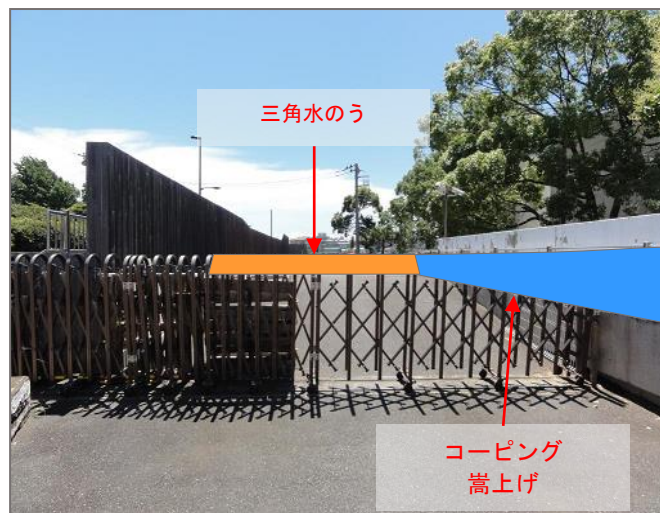
【⑤陸閘部における水防方法のイメージ】



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。

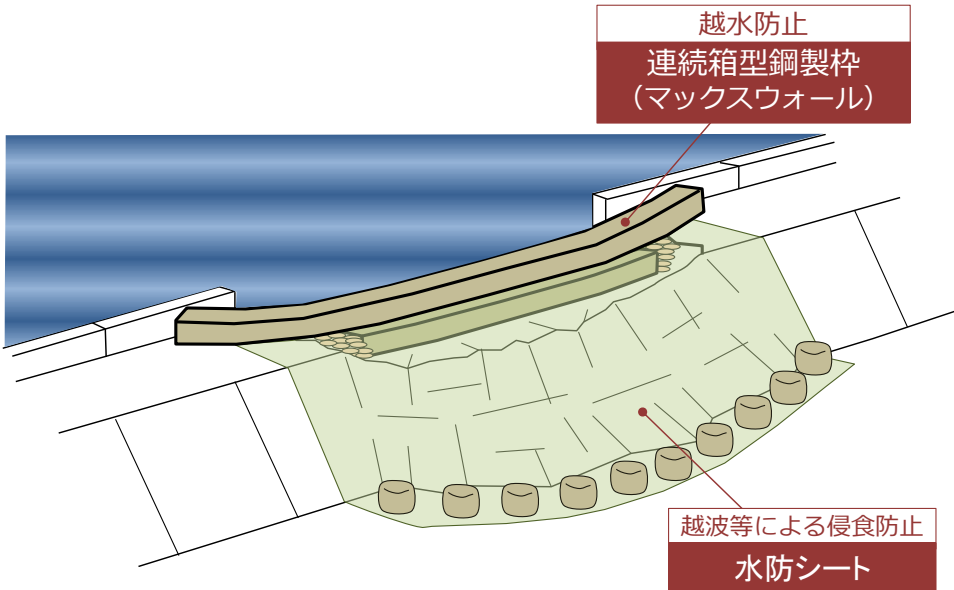
表 5-12 特殊堤等の補強工法一覧

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パス	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)

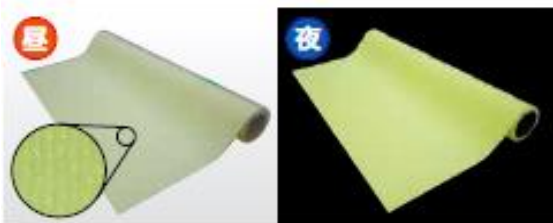
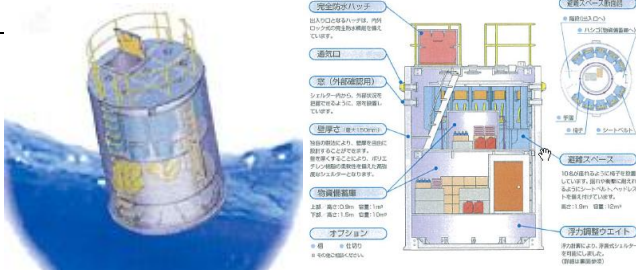
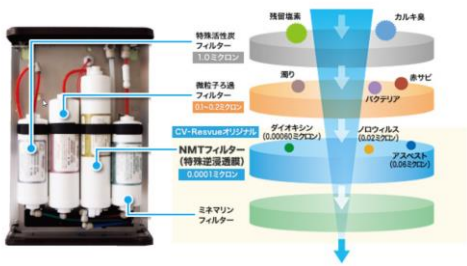
①避難誘導		②浸水防御への助言	
ルミセーフシート	タキロン（株） （大日本プラスチック（株））	ルミセーフサイン	タキロン（株） （大日本プラスチック（株））
			
柔軟な塩ビシートに蓄光材を配合することにより、高輝度・長残光性能を向上させたシート。必要な大きさにカットして粘着テープ等で取り付け可能。		柔軟な塩ビシートに蓄光材を配合することで、高輝度・長残光性能を向上させたシート。パネル状に加工し様々なサインとして活用可能。	
③流通用 保冷バック		④避難工法	
クールカーゴ	太陽工業（株）	ベンチフローターノア	太陽工業（株）
			
保冷車で運搬する食品等を入れて搬送可能。真夏でも－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