

特集 「自然災害にそなえる」

建物の水害に対する設計ガイドラインについて

菊地 敏 男 松 田 隆
 猪飼 富 雄 福 田 俊 策 坂 田 尚 子
 (本社設計本部) (本社建築本部) (本社設計本部)

Design Guideline for Preventing Flood Disaster to a Building

Toshio Kikuchi Takashi Matsuda
 Tomio Ikai Shunsaku Fukuda Naoko Sakata

Abstract

In recent years, concentrated local downpours have caused flooding in urban areas. Overflow from rivers and sewers have flooded basements and underground shopping centers, sometimes causing deaths. In addition, coastal areas have been damaged by high tides, tsunami, and typhoons. Maintenance of documents such as "Flood Hazard Maps" or "Anti-inundation Measure Guidelines" have been promoted as countermeasures. However, designers do not sufficiently understand this problem, and present standards are inadequate. This paper proposes methods for application to building design based on these documents.

概 要

近年、都市部では、局所的な集中豪雨により、河川や下水道から溢れた水が地下室や地下街に浸水し、死者が発生する等の被害が発生している。また、沿岸部では、地震による津波、台風などによる高潮の被害も想定される。この対策として「洪水のハザードマップ」や「地下空間における浸水対策ガイドライン」等の資料の整備が進みつつあるが、設計者が水害に対し認識が不足しているため、浸水対策が不十分な場合もある。その原因として、設計の流れに沿った浸水対策マニュアルが不十分であると言える。本報告はこれらの資料を基に、建造物の設計に浸水対策を適用する場合の具体的な考え方をまとめ、その設計フローを提案するものである。

1. はじめに

近年、都市部では、ヒートアイランド現象によるとも考えられる局地的な集中豪雨が多く発生しており、いわゆる都市型水害による被害が増大している。時間降雨量が50mmを超えるような局地的な集中豪雨が起因する都市型水害では、河川や下水道からあふれた水が地下室や地下街に流れ込み、甚大な被害をもたらすと同時に、死亡者を出すような痛ましい事故も発生している。また、沿岸部では地震による津波、台風による高潮被害の危険性も都市を襲う可能性がある。

これらの対策として、国・地方自治体による「洪水ハザードマップ」^{例えは1)}、「津波・高潮ハザードマップ」^{例えは2)}や「地下空間における浸水対策ガイドライン」^{例えは3)}の資料、また、「洪水、津波・高潮の被害予測シミュレーション解析」^{例えは4)}等の整備が進みつつある。しかし、設計者が水害に対し認識が不足しているため、浸水対策が不十分な場合もある。その原因の一つとして、設計の流れに沿った具体的な対策を講じるための資料が不十分であると考えられる。

本報告では、「地下空間における浸水対策ガイドライン」(以降、「ガイドライン」とする)などの資料をもとに、設計者の水害に対する危険意識を高めると共に、

建物の設計に浸水対策を適用する場合の具体的な考え方を示し、その設計フローを提案したものである。

水害に対する危険性はインターネットをはじめ様々な形で公表されており、事故が起きた場合に設計者が知らなかったでは済まされない状況となっている。計画地によっては浸水深さが2mを超え、地下への浸水を免れない場合もあるため、本報告を活用して設計の前提条件を決めておくことが重要となる。

2. 水害対策の設計フロー

実際の設計においては、当該敷地の水害に対する危険性の調査から始まり、収集した情報をもとに、計画への反映を行い、各部の詳細設計を行うという流れになる。

本論では、これらの設計の流れを以下の4つのステップに分類した。

ステップ1 浸水危険性の調査

具体的には浸水想定区域等にあるかの判定になる。主な作業としては計画地の地形など自然社会条件の調査と過去の出水の経験についての記録などが必要な情報となる。

ステップ2 浸水危険性に対する対策等の検討

収集した情報をもとに浸水に対する具体的な危険性と対応を検討する。対応の一つとしては、地下階を作らない計画、重要な施設を地下階に置かない計画、1階の設定高さを調節する計画、などがあり、構造物全体計画にも大きく関わってくる可能性がある。このようなことから、「基本方針（企画設計）設定」の段階で、浸水に対する具体的な対応策を検討しておく必要がある。

ステップ3 地下空間における滞在者の避難安全性の確保

人命を最優先として、地下空間の滞在者の安全性を確保する計画とそのための詳細設計を行う。具体的には、階段の配置計画や、地下階の居室や駐車場へのアプローチの保護に関する対策を検討し浸水対策に関する計画に盛り込む。

ステップ4 財産保護と事業継続のための対策

人命の安全性が確保された上で、財産保護と事業継続のための計画、詳細設計を行う。浸水の際の重要施設の機能維持の具体策を設計に盛り込む。

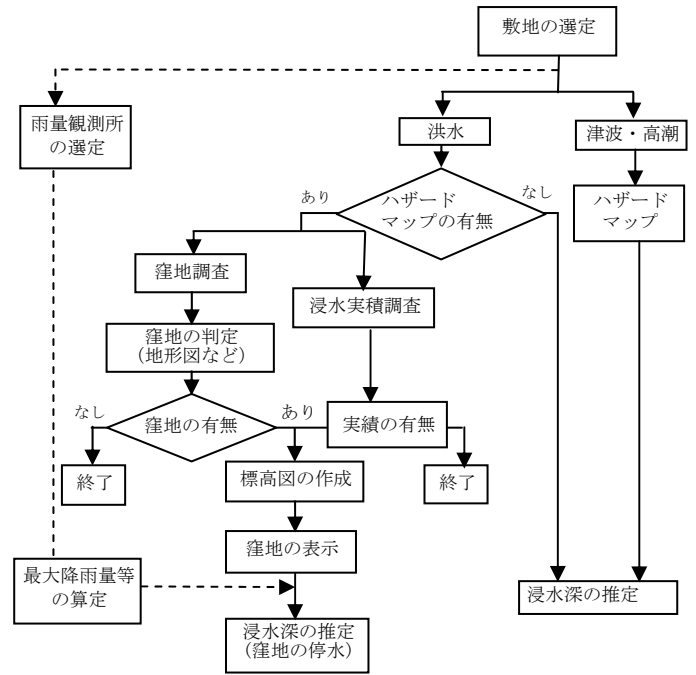


Fig. 1 浸水危険性の調査の流れ
Flow of Inundation danger

3. 浸水危険性の調査（ステップ1）

対象とする敷地での浸水危険性の調査は、各種の要因による「浸水深」を求めるもので、調査の流れはFig.1のようになる。

3.1 洪水による浸水深の調査

3.1.1 洪水ハザードマップ等の調査 市区町村の洪水ハザードマップ、洪水氾濫危険区域図、浸水予想図、浸水想定区域図等を調査する。特に、洪水ハザードマップは、大雨によって河川等が増水し、水があふれた場合の浸水予測結果に基づいて、浸水範囲とその程度や各地域の避難所等を示したものである。このマップを調べることで、当該計画地の浸水深がわかる (Fig. 2 参照)。



Fig. 2 洪水ハザードマップの例¹⁾
Flood Hazard Map

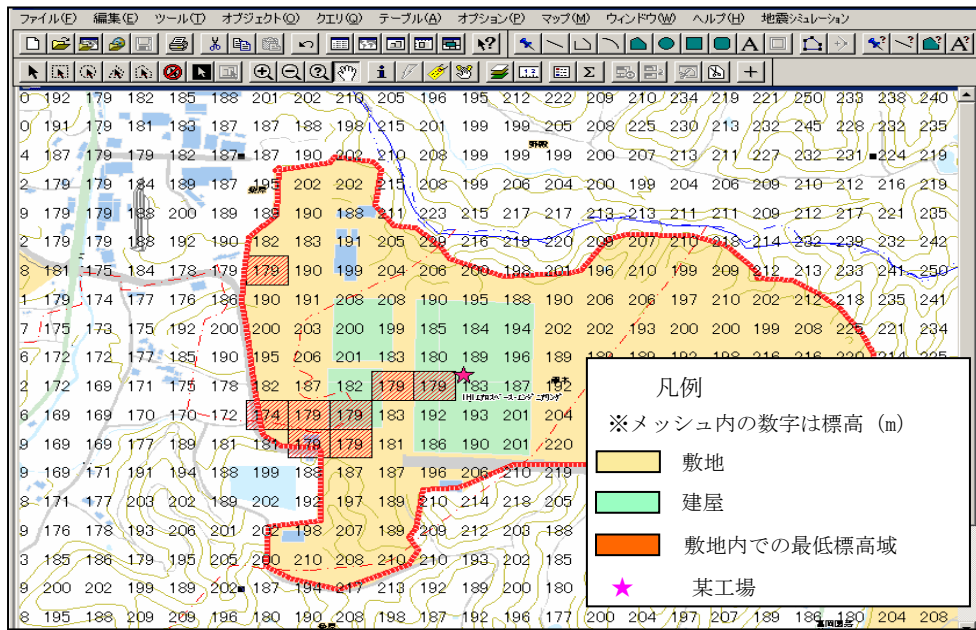


Fig. 3 敷地の標高データ
Altitude data of the Site

3.1.2 窪地の調査 洪水ハザードマップが公表されていない場合は、窪地の調査を行う。具体的には以下の方法に従う。

- (1) 地形図などにより、窪地地形であるかを判定する。
- (2) 窪地地形であり浸水の危険性があれば、対象とする敷地を中心に、概略、東西南北500mの範囲の標高図(50m×50mメッシュ)を作成し、Eq. 1により窪地率を算定する。

$$\text{窪地率} = \frac{\text{当該メッシュの低い方からの順位数}}{\text{全メッシュ数}}$$

--- (Eq. 1)

窪地率は値が小さい程、窪地の程度が高くなるため、低い順に順位を付け、低い方から20%以下を危険な窪地と判定する。(ガイドライン解説2-2)

この時、簡易的な方法として最大浸水深を算定するには周辺地盤高との比較により、当該窪地の「縁の高さ」を算定し、「縁の高さ」=「最大浸水深」としてもよい。

(3) 詳細に最大浸水深を算定するには、「補正降雨量」=「想定最大降雨量」-「当地域の下水排水能力」として、その差を最大浸水深とする。

一例として、窪地地形の状況を検討するため、対象とする計画地付近の標高データ例をFig. 3に示す。図中の数値は標高データで、単位はメートル、緑は現状の建屋を示している。ハッチの部分は、計画地内での最低標高(179m)を示している。また、メッシュの大きさは、50m×50mである。

次に、同上の50mメッシュの標高データを3次元表示したものがFig. 4である。図中、赤は標高が高く、青は低

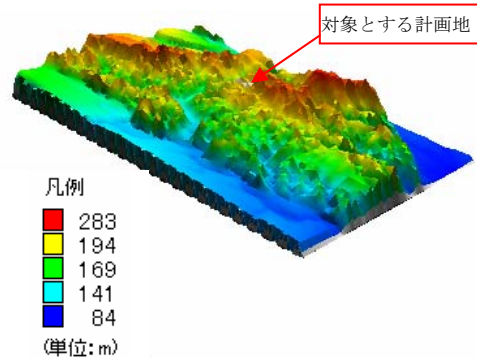


Fig. 4 標高データを用いた3次元表示
3D Bird-eye View of Altitude data

い状況を示す。この図より、計画地は台地上にあり、停水しないことがわかる。

3.1.3 浸水実績の調査 以下の方法で過去の浸水に対する経験を調査し、浸水の予測に供する。

- (1) 浸水実績図や、行政での浸水履歴のヒアリングにより、浸水実績を把握する。
- (2) 下水道や河川改修状況も併せて把握し、危険性の判断を行う。
- (3) ハザードマップが整備されている場合でも、ハザードマップは浸水深「0.2m 未満」は「0m」と同分類で表示されるケースもある事や、上記 3.1.3 3)などの理由から、ハザードマップのみに頼るのは危険であり、多面的な調査が不可欠である。

3.1.4 河川氾濫マップの調査 近傍に一級河川がある場合は、一級河川の氾濫マップも調査する。Fig. 5 は

一級河川「隅田川」と「荒川」に挟まれた東京都江戸川区の例である。最大3mを超す浸水深さになり、これは一階の階高を越す想定になっている

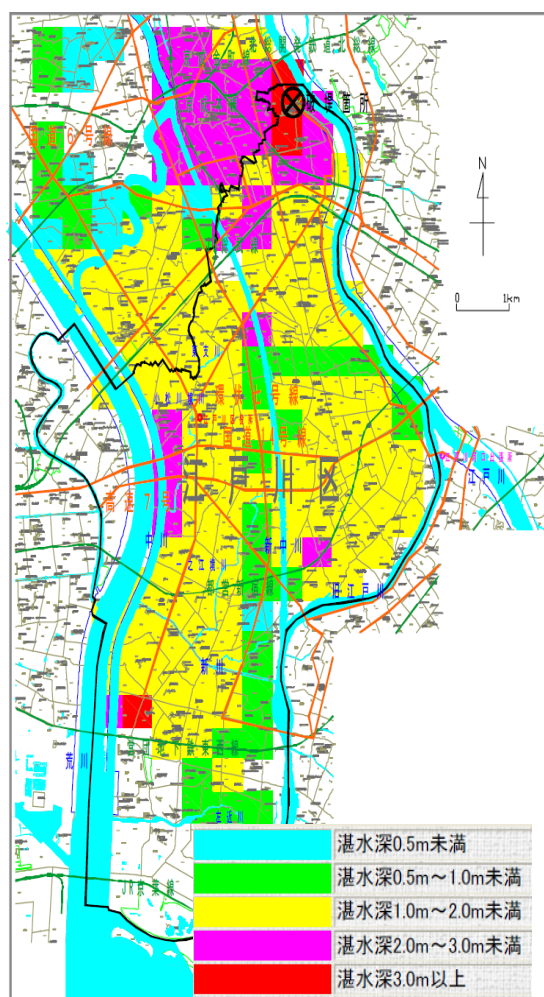


Fig. 5 一級河川周辺の洪水ハザードマップ
Flood Hazard Map around 1st Grade River

3.2 津波・高潮による浸水深の調査

津波・高潮による浸水ハザードマップを調査する。

3.2.1 津波について 下記の資料を参考に浸水深度を想定する。

- (1) 国土交通省河川局「ハザードマップの有無に関する市町村データ一覧」より、対象とする場所が津波を想定しているか否かを判断できる。
- (2) 該当する都道府県に直接問い合わせ資料が入手可能な場合もある。
- (3) 市町村単位のハザードマップがある可能性があるため、さらに検索する。
- (4) 東海、東南海、南海地震に対し、影響を受ける太平洋沿岸の府県などは、上記③のHPか中央防災会議（内閣府防災担当）が公表した沿岸全体の資料もあるので、併せて参照する。

3.2.2 高潮について 発生原因及び来襲する速度に関しては津波と高潮はまったく異なるが、少なくとも自治体レベルでの対応は同等である。高潮ハザードマップも瀬戸内海、有明湾の市町村等で整備している所もあるが、大部分は「津波・高潮ハザードマップ」として作成している。東京、名古屋、大阪などの人口集中区域では、各自自治体のホームページで浸水深さを公表している。

4. 浸水危険性に対する対策等の検討 (ステップ2)

ステップ1で調査した浸水危険性について一つでも該当するものがあれば、浸水対策あるいは使用条件や設置機能による対応措置をとることになる。また、該当項目がない場合でも、周辺から地下空間への流入の可能性がある場合、浸水の防止対策が必要となる。

4.1 設定した浸水深の対応

ステップ1の調査結果より具体的な浸水深の設定を行う。浸水深が設定深さになった時に「財産保全、活動継続」、「避難優先」などの対応を決定する。一般に、浸水深が1.0m以上の場合は、建物内の浸水は防ぎきれないものとして、人命の確保を図る。

複数の浸水深が想定されている場合は、それぞれの場合について対応を検討する。

検討例として足立区西新井では、浸水深とその対応として以下の想定モデルを設定している。

- ①荒川が氾濫した場合 2.0～5.0m → 避難優先
- ②利根川が氾濫した場合 0.5m未満 → 財産保全
- ③江戸川が氾濫した場合 0.2m未満 → 財産保全
- ④隅田川が氾濫した場合 0.2m未満 → 財産保全
- ⑤中川・綾瀬川が氾濫した場合 0.5～1.0m → 財産保全

これらの条件より財産保全の浸水深を1.0m以下と設定する。

4.2 地下階設置の方針検討

浸水深の設定に基づき、地下階及び一階部分の設置の方針を検討することになる。

特に危険性が大きいと考えられる場合においては、地下空間の用途及び規模を勘案し下記の措置をとる。

- (1) 浸水しないことを求められる建築物の場合は、地下室を設置しない。
- (2) 浸水させたくない居室や電気室等の設備は地下に設けない。
- (3) やむを得ず、重要設備や機能を地下階に設置する場合は、浸水しにくい計画にする。具体的には、重要室への浸水の防止策、浸入水の排出策として、建築物の開口部は設定浸水高さ以上の高さに設ける。

4.3 浸水対策チェック表

大林組では、Fig. 7に示す浸水対策チェック表を作成している。このチェック表では、敷地の条件と建物の一階部分の構造形式に関わる調査項目で構成されている。実際の設計時には、これらの項目を確認する形式で対策の確認がなされる。

項目	内容	値/状態
建物周辺の想定浸水深		1m未満
1. 敷地の形状	【周辺地盤との標高差】	0m
2. 建物の構造形式	2-1 1階の【一般、基礎上げ(下げ)、ピロティのみ】	
	【基礎上げ(下げ)高】	0m
	【1階の高さ(ピロティ)】	0m
	※基礎下げは半地下の意味	
2-2 開口部浸水対策(密閉、マウンドアップ、防水板、土(水)嚢等)	【出入口】	0.5m
	【ドライエリア対策高さ】	1m
	【地下明り取り窓】	標準、浸水対策窓 対策済
	【換気口高さ】	2m
	【排水口】	標準、逆流防止口 対策済
※密閉の場合は1階高さ相当		
2-3 壁の浸水対策	貫通ひび割れ有り、無浸水壁	対策済
想定浸水深		1m

Fig. 6 浸水対策チェック表

Check List for Countermeasures against Flood

5. 地下空間における滞在者の避難安全性の確保 (ステップ3)

“地下空間を利用する人は誰なのか？”によって、避難安全性に対する対応方法は多少異なり、その技術的な基準は、「地下空間における浸水対策ガイドライン (日本建築防災協会)」の5-1項に示されている。

地下空間では、建物用途により不特定または多数の滞り者、あるいは特定少数の滞り者の場合があり、前者が利用する地下空間の場合は、そこにいる人が混乱せずに避難できるような避難安全対策が必要である。また、火災時と異なり、避難の必要性を把握することが困難な場合が多いため、適切な誘導が不可欠である。そのため、地下空間への浸水が起こるおそれのある状態を地下空間の管理者等が覚知できる措置を講じ、地下空間に存する者に対し避難が必要なことを周知することができる放送設備等を設けることが必要になる。

一方、特定少数の滞り者の場合は、当該構造物における廊下・階段などの所在を熟知しており、避難ルートが頭に入っていると想定できるため、比較的容易に避難することが可能である。そのため、構造上、浸水を開始した時から地下空間に存する者が避難終了するまでの間、避難経路となる各部分において、避難が可能となる水深以下に保つことが要求される。

地下空間および1階の浸水防止・遅延の対策に関しては、地上からの浸水開始時刻を遅延させること、ならば

に地下空間における浸水の上昇速度を低減させるため、次のような措置の中から適切なものを選択し、避難可能なルートを確認することになる。具体的には、下記の例がある。

- 1) 地下への流入口部をマウンドアップする
- 2) 防水板を設置する
- 3) ドライエリア周辺を立ち上げる
- 4) 換気口等を立ち上げる
- 5) 地上から直通出入口を閉鎖する
- 6) 地下空間に入る前室の拡張

また、地下空間への流入を知らせるための対策としては、浸水の危険の表示、避難経路および避難口の表示、浸水情報の整備、避難勧告システムの整備、などがある。

滞在者の避難安全性を確保としては、避難所要時間の把握、浸水時対応の避難扉の設置、歩行のみの避難経路の確保、避難経路上の危険部位の把握が重要である。

対策の一例として、防水対策型ドアをFig. 6に示す。このドアは、ドアの下部に水の流入口を設置し、水圧により流入口を開放(すなわち、ドア内外の水圧差を開放する)し、浸水が開始した時点でもドアの開閉が行なえる構造である。

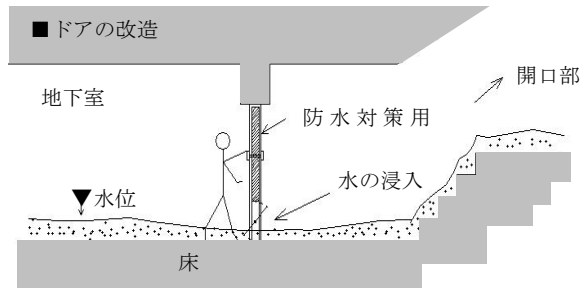


Fig. 6 ドアの改造例

Converted Door for Flood

6. 財産保護対策と事例紹介 (ステップ4)

6.1 措置レベルの決定

重要な機器を設置する地下空間等＝浸水を可能な限り生じさせない構造とするレベルを決定する。

例えば、コンピュータや精密機械等のように、水に対して脆弱で、社会的・経済的に損傷した場合のダメージが大きい設備等がある。また帳簿、写真、図書、電子情報媒体等の情報が喪失し、復旧のための費用・時間の損失等の被害が甚大になることが予測される場合がある。したがって、これらは極力地下空間への設置は避けるべきである。

しかし、やむを得ず地下空間に設置した場合は、想定される浸水に対して地下空間への浸水を絶対に避けるための措置レベルを目標とする。同様に不特定又は多数の

人が利用する地下空間や貴重品、危険物を保管する地下空間等に対しても建築主が浸水しないことを目標として要求することがある。対策費用はかなり大きくなることが想定されるため、費用対効果を十分に検討した上で地下空間に設置するか否かを含めて措置を決めることが重要である。[ガイドライン解説4-1(第7)]

6.2 浸水後の重要室への浸入防止対策

重要な機器を設置する部屋等に浸水を可能な限り生じさせない対策（浸水被害の回避）としては、地上部および地下の対策、重要室まわりの対策や建物内に流入する雨水の排水対策がある。具体的には、地下階明かり取り窓開口部に立上りを設置、ドライエリア周囲に立上りを設置、地下通路入口のマウンドアップ、などが考えられる。

6.3 シミュレーション実施例

ここでは、浸水の予測を時刻歴で行った例を示す。シミュレーションは、水の流れを平面2次元の不定流と考え、浅水理論式を差分化した手法を採用している。GISに地形（標高データ）、建物等を入力した後に、外力条件として雨量を与えた。具体的には2000年9月の東海豪雨の1.5倍として、名古屋地方気象台で観測された12時間分の総雨量(449mm)の1.5倍となる674mmを与えた。解析結果は、Fig. 7に示す豪雨による内水氾濫として評価した。

7. まとめ

本報告は、当社の研究開発チームによる「水害に対する建物設計ガイドライン」の概要をまとめたものである。内容は第一に人命の安全性を確保し、次に貴重な財産の保護、また、企業活動上必要な機能を守るという考えで流れを構成している。

しかし、都市部における局所的な集中豪雨は、過去に経験のない雨量をもたらし、地形やインフラ施設の整備状況によっては、予測もできない被害が想定される。このため、設計者は危機意識を高めると共に、ある程度の被害を想定した設計が重要である。

参考文献

- 1) 洪水ハザードマップのHP <http://www.gupi.jp/link/link-b/hazard-index.html>
- 2) 津波・高潮ハザードマップのHP <http://www1.gsi.go.jp/geowww/disapotal/>
- 3) (財)日本建築防災協会：地下空間における浸水対策ガイドライン・同解説，平成14年6月
- 4) (財)日本建築防災協会，建築物防災推進協議会：浸水時の地下水の危険性について(パンフレット)，平成12年6月

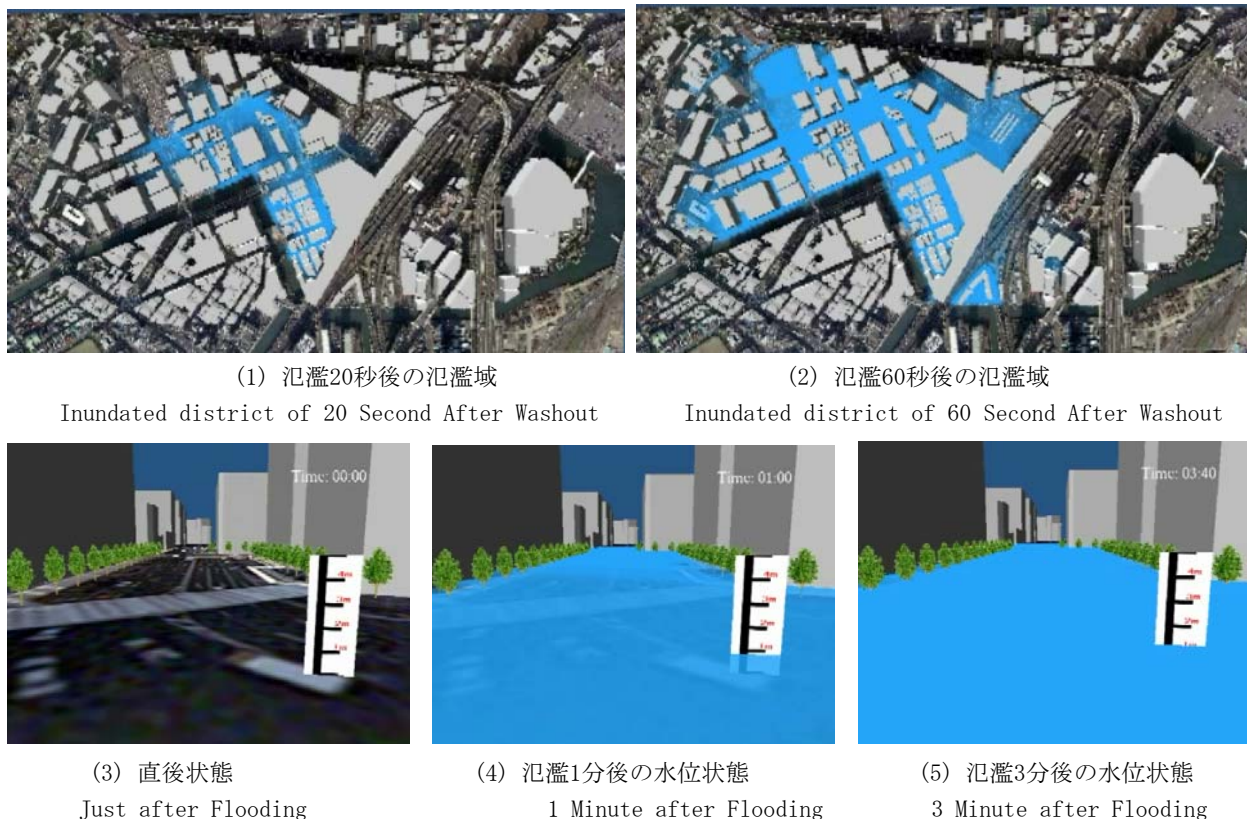


Fig. 7 都市内洪水のシミュレーション解析結果例
Simulation Analysis Results of Urban Flooding