

東京地下鉄の地下駅浸水対策について

TOKYO METRO'S FOR UNDERGROUND STATION FLOOD MEASURES

田港朝也^{1*}・竹内正師²・荒木浩³・白箸一貴⁴
Tomoya TAMINATO^{1*}, Masashi TAKEUCHI², Hiroshi ARAKI³
Kazutaka SHIRAHASHI⁴

Flood damage due to the impact of typhoons and heavy rains guerrilla recent years, have occurred frequently are being generated much interest in the inundation measures have been increasing world.

This paper describes recent measures taken to strengthen damage prevention in order protect the lives of passengers and tokyo metro employees and to protect the functions of the capital in the event of heavy flooding. these measures are in addition to conventional flood-damage preventive measures. Based on the anticipated inundation that has been published from a new government, we describe the development policy of flooding measures.

Key Words: *Inundation measures, Urban flood, Large-scale flood, Flood control equipment*

1. はじめに

東京メトロの地下鉄線は、9つの路線を保有し、営業キロ195.1km、全駅数179駅のうち、地下区間の営業キロ168.6km（総延長に占める割合は86.4%）、地下駅数158駅（全駅に占める割合は88.2%）を保有し、1日約673万人のお客様に利用していただいている。

これらの地下駅では、お客様に安全・安心して利用していただくため、さまざまな災害対策に力を入れている。とりわけ、近年多く発生している水害、いわゆる浸水対策に重点をおいている。なかでも、出入口からの浸水が最も懸念とされており、自社で所有している単独の出入口だけでなく、他社の地下空間と接続されている箇所も多く、一部のターミナル駅では巨大かつ複雑な地下空間に組み込まれている。さらには、近年公表された新たな想定被害によると、駅構内が浸水ことでトンネルを通じ、首都全体に大きな被害を拡大されることも想定され、首都機能に多大なる影響を及ぼすとされている。

本稿では、駅に関するこれまでの浸水事例及びこれまでの対策から、新たに公表された浸水想定被害並びに、今後の浸水対策について考察する。

2. 浸水事例

ここでは、東京メトロの過去の地下駅浸水事例について述べる。

1993年8月27日には、台風11号の豪雨により丸ノ内線の赤坂見附駅で浸水が起こった。当時、銀座線の赤坂見附駅から虎ノ門駅間において、トンネルの改良工事が行われており、その工事区間から水が流入し、軌条面より約158cmの高さまで浸水した。（写真-1）

1999年8月29日には、1時間に114mmの記録的な集中豪雨が起り、銀座線溜池山王駅で浸水が起こった。この駅の周辺は、地盤が周りに比べて低く雨水が溜まりやすい状況であり、換気口から水が流入した。

（写真-2）

同じくして、半蔵門線渋谷駅も集中豪雨（写真-3）により被害を受けた。この時は駅員が流入するレベルの雨ではないと確認したが、わずか15分後には道路が冠水し、出入口から水の流入が始まるほど急激な豪雨であった。（写真-3）

このような被害が発生した都度、ハード面、ソフト面ともに対応・対策を講じてきた。

キーワード：浸水、都市型水害、大規模水害、浸水対策設備

¹非正会員 東京地下鉄(株)工務部工務企画課 Engineering section Engineering Planning Division(E-Mail:to.taminato@tokyometro.jp)

²非正会員 東京地下鉄(株)工務部工務企画課 Engineering section Engineering Planning Division.

³非正会員 東京地下鉄(株)工務部工務企画課 Engineering section Building Division

⁴非正会員 東京地下鉄(株)工務部工務企画課 Engineering section Engineering Planning Division.



写真-1 赤坂見附浸水事例



写真-3 渋谷浸水事例



写真-2 溜池山王浸水事例

(2) 止水板

アルミ製の板2枚で構成され、出入口開口部に板を落とし込んで設置する。1段目の高さは35cmまで、2段目は70cmとしている。2段設置としている理由は、1段目でお客様が避難出来るように跨げる高さとし、避難完了後、2段目を設置し、さらなる浸水に対処している。止水板本体は、出入口に可能な限り近い場所に格納し、早期に対策出来るよう考慮している。(写真-5)

(3) 防水扉

出入口、または出入口通路に設置している。天井まで密閉出来る設備で、水位が高い水害に対しても対策が可能である。過去に大洪水が起きた駅に設置しているケースもあるが、多くは隅田川以東の0m地帯に設置している。(写真-6)

(4) 浸水防止機

路面上にあるトンネル換気口に設置している。大雨警報が発令された際、浸水しないよう蓋をする。浸水感知器により自動閉鎖するが、駅事務室からの遠隔操作も可能で、さらに自動閉鎖・遠隔操作がトラブルで機能しなくても、現地で手動開閉が出来るように機能を備えている設備である。(写真-7)

過去の事例や地形の状況などを勘案して、従来も浸水対策を行ってきたが、新たな浸水被害の想定がなされた。

3. これまでの駅出入口の浸水対策

東京メトロでは、浸水対策のとなる「河川の氾濫、台風、ゲリラ豪雨などで発生する道路の冠水対策」「隅田川以東の0m地帯には高潮対策」などの要因から、出入口の嵩上げ、止水板の設置、防水扉の設置を行ってきた。これらは、現地や大雨警報などの情報を察知した際、設置や閉扉を行う。

また、換気口についても大雨警報が発令された後、閉扉する浸水防止機で閉扉して浸水対策を講じてきた。

従来、設置している設備は以下のとおりである。

(1) 出入口の嵩上げ

出入口を歩道面より数段高くすることで、地下駅に水が流入することを防止をしている。主に隅田川以東の0m地帯に設置している。(写真-4)



写真-4 出入口の嵩上げ状況



写真-5 止水板（2段）の設置状況



写真-6 防水扉の状況

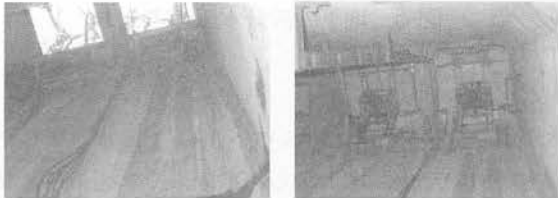


写真-7 浸水防止機の全景 (左：常時、右：閉扉)

4. 新たな浸水想定

東京都ハザードマップ及び内閣府中央防災会議において、従来の浸水対策設備で補いきれない被害想定が公表された。東京メトロでは、人命確保を最優先とし、さらに地下空間への浸水による首都機能の低下を抑え、早期復旧を図ることを目的に新たな想定に対して対策することとした。

(1) 新たな想定

a) 東京都ハザードマップによる都市型水害（ゲリラ豪雨、台風、河川氾濫等）

2000年9月に発生した東海豪雨の被害により国土交通省は、同年同月に「都市型水害緊急検討委員会」を設置。11月には「都市型水害対策に関する緊急提言」を発表した。

これに追随するように東京都も「東京都都市型水害対策検討委員会」を設置し、都市型水害に対する施策につ

いて、2001年11月に最終報告をしている。施策の体系としては、ハード面では河川や下水道の整備、流域での対策の推進、整備水準のステップアップと河川・下水道の連携、ソフト面では、洪水情報の提供、浸水予想区域図の作成・公表、洪水ハザードマップの作成・公表・避難・防災体制の整備・確立、広報・啓発の記載が示されている。これにより2002年6月より東京23区で順次ハザードマップ等が公表されている。図-1は東京都都市型水害検討会において作成された神田川領域浸水予想区域図である。

b) 大規模水害対策（荒川／利根川の堤防決壊）

2009年1月に内閣府中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」により「荒川堤防決壊時における地下鉄等の浸水被害想定公表について」が発表された。その内容は、200年に1度、1000年に1度の確率で荒川の堤防が決壊し、地下鉄等に浸水することが想定され、これまでの浸水対策を前提とすると、首都圏17路線、97駅、延長約147kmが浸水し、堤防決壊後3時間ほどで大手町駅などの都心部が浸水するというものであった。しかし、出入口やトンネル坑口の浸水対策を施せば、完全な止水でなくても大幅に浸水区間を少なくすることが可能であるとの報告であった。

図-2は、1000年に1度の確率で起こりうる北区志茂の荒川決壊を想定した72時間後のシミュレーションである。左側が浸水対策がされていない状況、右側が完全止水した場合のシミュレーションである。

c) 検証

東京メトロでは、新たに想定された2つのハザードマップに対して、出入口の地盤高さ（T. Pm）を測定し、各々の浸水深さを検証した。

都市型水害は、東京全域で想定されており、地盤が低い箇所（溜池山王、飯田橋、渋谷等）で浸水深さが深く想定されている。



図-1 神田川領域浸水予想区域図



図-2 想定されたシミュレーションの一例

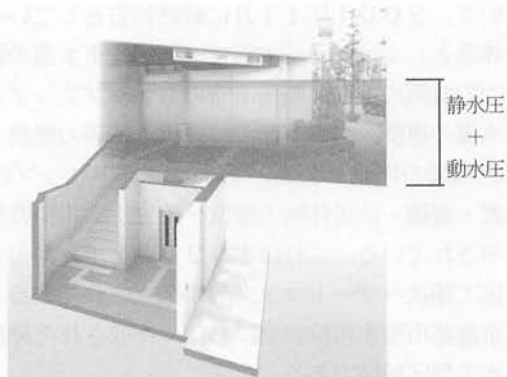


図-4 地上設計水圧の考え方

大規模水害対策では、東京都の東側（皇居の東側）が影響範囲で、最大で5m以上の浸水も想定されている。

両ハザードマップを比べて、浸水深さの深い方が対策する数値とし、平成24年から整備を開始し、自社所有の出入口248箇所、他社出入口164箇所、計412箇所を実施し、平成34年完成を目指す。

(2) ハード対策

出入口の浸水対策は、①地上の出入口上家で対策する、②地下の通路部で対策するの2通り考えられるが、東京メトロでは原則地上で対策することで進めている。これは①水圧に対する耐久性が地下部と比べて小さい、②水が引いた後の早期復旧が可能などの理由である。

水圧について、静水圧と動水圧がある。静水圧とは、静止している水中において働く圧力を示し、水が溜まった時に必ず働く力である。一方、動水圧は水の流れによって受ける圧力のことで垂直面に対しての力である。地上は最大静水圧と動水圧を加算し（図-4）、地下は水が溜まった状態となるため静水圧のみ考慮する。しかし、静水圧は水深が深くなると水圧が大きくなり、地下で対策すると相当な水圧がかかる。これに耐えられる強固な防水扉が必要で、分厚く大きなものを設置しなければならず、通路の幅員が狭くなる。（図-5）

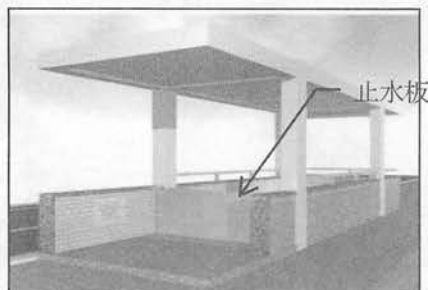


図-6 浸水1. 0m程度の対策

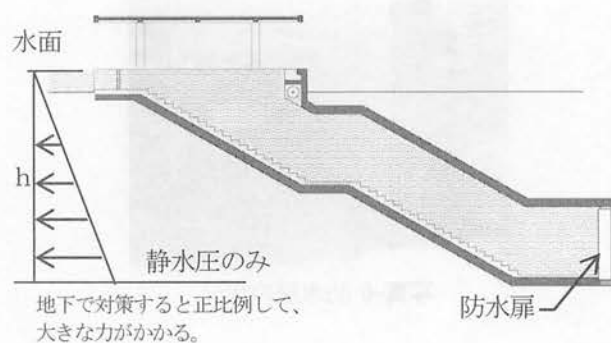


図-5 地下の設計水圧の考え方

水が引いた後の復旧について、地下で浸水対策した場合、水が引いた後、地上から防水扉まで水溜まりとなり、水を吐き出さなければ地下駅に入れない状況となる。地下鉄の早期復旧することを目的とすると、浸水対策は地上で行うことが最善である。しかし、地上で行うにも、①出入口階段の幅員、②限られた占用スペース内での対応、③道路使用者・沿道への配慮などを勘案しなければならない。このことを踏まえて、浸水対策の高さに応じた整備方針を取り決めた。

a) 浸水想定1. 0m程度の対策

従来の仕様と同じ仕組みである止水板で対策とし、想定された浸水深さに応じた高さまで積み上げて設置できるよう改良を行う。なお、従来使用していた止水板の軽量化を行っており、水害が発生してから、より早期に対応が可能ものに改良している。（図-6）

b) 浸水想定1. 0m～1.5m未満の対策

浸水想定が1.0m以上では、上から落として止水板を設置することが困難なため、出入口は防水扉を設置する。また、出入口部分以外の腰壁上部から水が流入しないよう、強化ガラス等で嵩上げて対策する。（図-7）

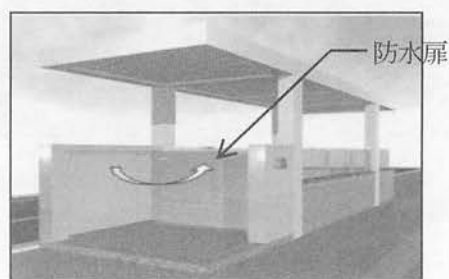


図-7 浸水1. 0m～1.5m未満までの対策

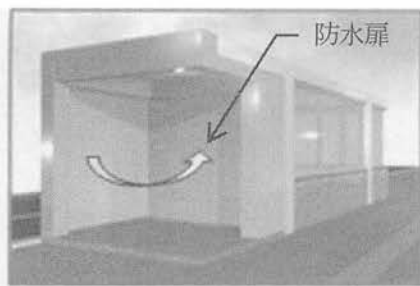


図-8 浸水1. 5m以上の対策（改修）

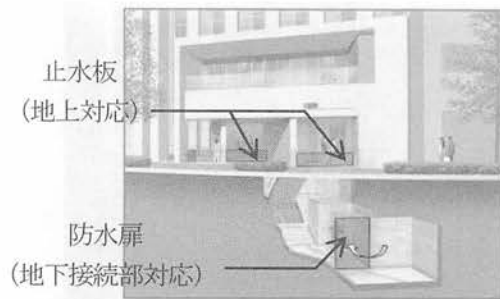


図-9 接続ビル対策イメージ



写真-8 東西線茅場町駅出入口12番（建替え）

c) 浸水想定1. 5m以上の対策

浸水想定が1. 5m以上になると、既存出入口上家の躯体が水圧に耐えられる構造であるか確認し、耐えられる構造であれば周囲3方を上部まで強化ガラス等で覆い出入口には防水扉を設置する。全て囲う仕様になるため、道路使用者・沿道の方の視認性、限られたスペース内での整備することを検討しなければならない。特に防水設備はさまざまな設備を駆使して対応を検討する必要がある。（図-8）なお、出入口上家の躯体が構造上耐えられない場合は、腰壁を全て撤去し建替えを行う（写真-8）

d) 接続ビルの浸水対策

自社の出入口だけでなく、他社の地下空間と接続している箇所についても、浸水対策を行う必要がある。接続事業者と、地上で対策することを第一に協議を行う。ただし、技術的・物理的の可否を勘案し、地下で対策する

ことも視野に入れて検討を進めている。

なお、地下で対策する場合、①通路幅員が狭くなる、②ファースドの一部改良が発生する、③設置可能スペースが制限されているなど難易度が高く、地上での対策にご理解をいただけるように努める。（図-9）

e) 浸水対策設備

従来は、開き戸タイプの防水扉が主流であったが、既存の出入口に浸水対策設備を設置するには①お客様の使用し支障しないもの、②限られたスペースでの整備、③水圧に耐えられるものの選定など、さまざまな条件がある。これから紹介するのは、浸水対策設備の一例である。

地上対策における折れ戸式防水シャッターについて、常時、天井上部に納めており、管理シャッターの機能としても使用。浸水対策として使用する場合は、圧力を掛け水密性を高めて水密性を確保する。上部に設けることから省スペース化が可能となり、手摺の連続性が確保できるなどメリットがある。（写真-9）

地上対策における防水シャッターについて、折れ戸式と同様、常時は管理シャッターとして使用する。浸水時に圧迫して水密性を確保する。通常のシャッタースラットではなく、水圧に耐えられるようパネル構造で順次積み重ねる仕組みである。（写真-10）



写真-9 折れ戸式防水シャッター



写真-10 防水シャッター



写真-11 片開き防水扉



写真-13 浸水深さ6m以上対応可能な浸水防止器

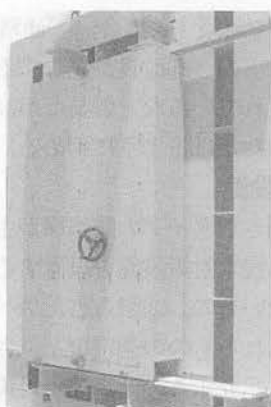


写真-12 逆圧引き戸式防水扉

地上または地下対策における開き戸タイプの防水扉について、常時は壁の戸袋に収納。片開き戸、両開き戸タイプがある。使用法は、スウィングさせてハンドル等で締め付けて水密性を確保する。外からの水を受けられるため通常は外開きとするが、スペースが無い場合は水圧を加味して内開きタイプもある。（写真-11）

地下対策における逆圧引き戸式防水扉について、地下のビル等の接続部に設置する。省スペースで設置することが可能。しかし、負圧側に設置するため、水圧に押されてしまうが、その圧力に耐えられる設備である。現在実用に向け、メーカーと開発中である。（写真-12）

f) 浸水防止機

換気口に設置している浸水防止機について、浸水深さが2m以上になる箇所は、従来の浸水防止機よりもさらに水圧に耐えられるよう、耐久性が高い設備にする必要がある。浸水深さ6m以上の水圧に耐えられる構造のものに改良する。（写真-13）

g) その他

地下に水を流入させないためには、地下駅の出入口、換気口のみならず、大開口となるトンネルの坑口や車両搬入口、地下空間につながる建物も対策が必要となる。当該箇所においては、緊急時に閉扉できるよう大型の防水扉（防水ゲート）などの設置を検討している。

また、鉄道の早期復旧を実施するためには、地上駅（図-10）や変電所、通信機器など電車を動かすための設備が入っている建物（図-11）についても対策する必要がある。建物は、扉だけ対策するのでなく、窓や換気ガラリなど開口が空いている箇所に対しても対策が必要となり、また、浸水深さが深い場合は水圧が大きくなることを考慮し、外壁が耐えうる構造であるか強度を検討し、必要に応じて補強を行う。



図-10 地上駅の浸水対策例

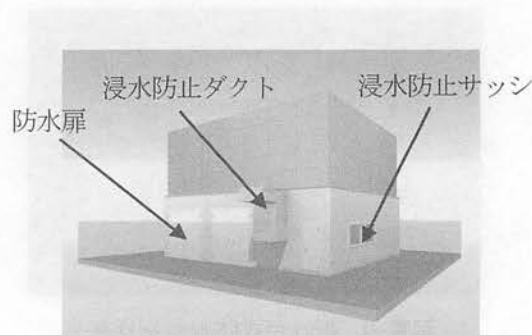


図-11 地上建物の浸水対策例



写真-14 海拔表示状況

(3) ソフト対策

浸水の発生及びその恐れがある場合、お客様の生命の確保を最優先とし、また社員の生命の確保もするため、迅速な避難行動が取れるよう、規定類を整備し、基本的に関係は行政からの情報によって対応する。

洪水警報発令時の体制は、事故・災害対策規定に基づく非常警備体制により対策本部を設立。情報収集、要員確保の指示、一部の浸水対策の実施の指示等を行う。避難に関する情報が出た際には、非常体制のレベルを上げるとともに運転の見合わせ、お客様の避難誘導、浸水対策の実施、社員の退避を行う。これはあくまで基本的の流れであるが、入手した気象情報や状況判断により、避難の対応を早めに行うこともある。

また、お客様が日頃から浸水時の避難行動について意識していただくきっかけとなるように、駅出入口に海拔表示(写真-14)を行っている。さらに、災害の発生時には、お客様に知っておいていただきたいこと、あるいは、とっていただきたい行動について、イラスト入りで解り易くまとめた、「安全ポケットガイド」(写真-15)を作成し、各駅で配布している。

5. まとめ

(1) これまでの浸水対策

これまでは各路線、各駅で、隅田川以東の0m地帯では高潮対策と豪雨等の水害対策として、ほかの地域についても豪雨などの水害で起きた過去の事例を基に、独自で想定した浸水対策を行ってきた。対策方法として、出入口の嵩上げや、止水板の設置、天井まで密閉できる防水扉を設置して対策を行ってきた。



写真-15 安全ポケットガイド

(2) 新たな浸水想定

東京都ハザードマップ及び中央防災会議の大規模水害対策に関する専門調査会報告により、従来の想定を超えた浸水被害想定が公表された。特に荒川堤防決壊により地下鉄トンネルを通じ、首都への被害が拡大することが想定され、地下鉄の浸水対策により被害が抑制されることが判明。

また、東京メトロとしても、お客様の人命確保及び水害発生後に鉄道ネットワークが早期復旧することで首都機能の低下を抑制できるものと考え、新たに公表された「東京都ハザードマップ」及び「大規模水害対策に関する専門調査会」に基づき、平成34年度までに浸水対策の整備完了を目指すこととした。

(3) 浸水対策の方針

通常営業時にも通行の妨げにならないよう、また沿道や道路利用者の通行の妨げにならないよう、対策場所や防水扉の設備など選定に配慮する必要がある。

また、浸水深さが深くなると同時に水圧が大きく変わり、構造も検討する必要がある。このことを勘案すると、原則は地上で対策することで整備していくことが望ましいと考えられ、限られたスペースの中でさまざまな設備を多用して改良工事を進めていかなければならない。

地下空間で接続しているビルについて、東京メトロの浸水対策について各事業者のご理解とご協力は欠かせないところである。さまざまな出入口の状況に対応出来るよう、多種多様な設備を検討、開発を行っていく必要がある。

現在は、従来の片開き式、両開き式防水扉だけでなく、折れ戸式防水扉や防水シャッター、逆圧引き戸式防水扉など多様な設備が開発された。場所毎で設置できる条件が変わることからさらに検討、開発は邁進していかねばならないと考える。

ソフト面では、安全に避難ができるための経路を明確化し、ハード面とソフト面の両面で連携した対策となる

ように取り組んでいく。

新たな浸水被害想定は、これまでの想定以上に広域かつ大規模なものである。発生確率は低いものの、近年のゲリラ豪雨、大型台風が頻発していることを考えると、いつ大規模な水害が起きるかわからない。全ての出入口を整備するには課題も多いが、早期整備完了することを目指し、更なる安全・安心な地下鉄の運行をお客様に提供するために鋭利進めていきたい。

参考文献

- 1) http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/daikibosugai/pdf/100402_shiryo_2.pdf=内閣府防災情報のページ 資料2 大規模水害対策に関する専門調査会報告 首都圏水没～被害軽減のために取るべき対策とは～ (2014/9/26 参照)
- 2) http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/suigai_taisaku/yosouzu/kanda.pdf=東京都防災ホームページ神田川領域浸水予想区域図 (2014/9/26 参照)