

# 東京メトロの震災対策

— お客様と社員の命、東京の都市機能を守る取組み —

東京地下鉄(株) 鉄道本部 安全・技術部次長 木暮敏昭

東京メトロでは、前身である帝都高速交通営団（営団地下鉄）時代から自然災害対策に取り組んでいる。そのうち震災対策についての歴史は古く、1927年にアジア初の地下鉄として東京地下鉄道浅草～上野間の開業の際には、すでに関東大震災クラスの地震に耐えうる構造として建設されていた。

それ以降も震災の経験および実際の国内の地震を踏まえた行政からの基準の見直し等を契機として、ハード面とともにソフト面においても対策を強化してきた。

これらの対策は、特に発生の危惧される首都直下地震への備えとなるもので、本稿ではその概要について述べる。

## 1. はじめに

東京メトロは東京都心を中心に9つの地下鉄路線を保有しており、その営業キロと駅数はそれぞれ合計で195.0km、180駅となっている。そのうち7路線において8社と相互直通運転を行い、直通運転区間の営業キロは355.8kmで、自社の営業キロと合わせると550.8kmに及んでおり、首都圏の旅客輸送の中枢として1日約755万人（2020年3月）のお客様にご利用いただいている。

鉄道事業者にとっての最大の使命は言うまでもなく安全・安定運行であり、自然災害対策は日ごろの事故防止とともに最重要施策に位置づけられ、震災対策と大規模水害対策を柱とする自然災害対策を重点施策のトップに掲げ継続的に取り組んでいる。

## 2. 耐震補強

### (1) 阪神・淡路大震災後

1995年の阪神・淡路大震災では、鉄道においても地上施設の被害のみならず、地下鉄トンネルの崩落も発生した。これらの被害を踏まえて国から新たな耐震基準が示され、これにしたがってトンネル・高架橋・建物の耐震性を診断し、必要な

箇所の補強工事を行い、2012年度に完了した。これにより、震度7クラスの地震でも大規模な崩落や倒壊は起きないものと考えている（写真-1）。

また、この震災で注目された液状化現象についても、対象となる東西線2箇所と千代田線1箇所の計3箇所で対策工事を行い、2003年度に完了している。

### (2) 東日本大震災後

この震災においては、東京メトロの施設の被害はごく軽微であり、列車運行に支障するものはなかった。これは、この時点で前記(1)の耐震補強が99.8%完了していたことが大きかったのではないかと考えている。一方、震度7の揺れを受けた宮城県地方では、鉄道施設の倒壊や崩落は起きなかったものの、一部で運行に支障する損傷が発生し復旧に時間を要した。これを踏まえ、前記(1)の診断で補強不要と判断していた1,200本余りの高架橋柱の補強を開始し、さらに丸ノ内線の石積み擁壁も補強を行い、いずれも完了している（写真-2）。

### (3) 熊本地震後

この地震でロッキング橋脚の落橋が起きたことから耐震省令が追加・変更され、対象となる中目黒駅で補強工事を行う。また、鉄道局長通達では開削トンネルRC中柱等の復旧性向上が追加となったことにより、総数約4,000本の補強を開始している（写真-3）。

## 3. 地震発生時の運転

### (1) 地震警報システム

強い地震発生時には、走行中の列車をいち早く安全に停止させる必要があり、このため地震警報システムを導入している。

本システムは1998年に導入し、沿線の6箇所（小石川、深川、行徳、綾瀬、代々木上原、和光）に設置した地震計で地震



写真-1 高架橋柱の補強

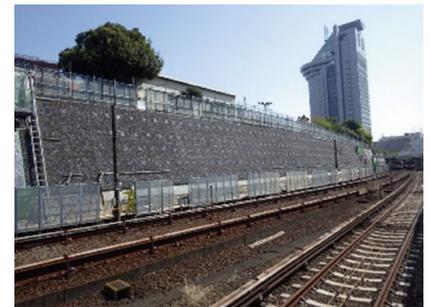


写真-2 石積み擁壁の補強



写真-3 トンネル中柱の補強

の初期微動（P波）を検知すると、その後に来る主要動（S波）の強さを予測し、その予測値あるいは実測値が40ガル以上の場合には列車無線で「地震発生、緊急停止」の自動音声流れ、運転士の手動操作で緊急停止させるものであった。

しかし、2004年の新潟県中越地震において上越新幹線の列車が走行中に脱線したことを踏まえてシステムを改良し、上記に加えP波の検知時に100ガル以上の強さのS波を予測または実測した場合

は、列車無線と同様の自動音声を流すとともに、ATC（自動列車制御装置）と連動して列車を自動的に停止させる機能を追加した。

さらに2007年には、気象庁から発信される緊急地震速報を活用した「早期地震警報システム」も新たに組み合わせ、これによっても40ガル以上の強さの揺れが予測される場合は列車無線で「地震発生、緊急停止」の自動音声の流れる仕組みとした。

なお、東日本大震災後の2013年に、本システムで用いる単位をガル（振動加速度）から震度とし、規定値の「40ガル以上」を「震度4以上」に、「100ガル以上」を「震度5弱以上」に変更した。

#### （2）駅間停止列車の取扱い

前記（1）のシステムによって直ちに列車を停止させた場合、どうしても駅間に停止してしまう列車があることは避けられない。さらに車両や施設の損傷あるいは停電により走行が不能となった場合は、最寄り駅までお客様を歩行誘導することとなる。その際は駅社員が応援に駆け付け、乗務員と協力して車両に非常階段を設置して車両から降りていただく。続いて軌道内を歩行誘導するが、足場が良くないことと、一度お客様が軌道内を歩行すると、避難完了後の安全確認（残留者がいないこと）にも時間を要することになる。

したがって、できるだけ歩行誘導を行わなくてすむよう、次の4（1）で述べるエリア地震計の実測値が40ガル以上の場合には時速25km以下、80ガル以上の場合には時速15km以下、100ガル以上の場合には時速5km以下で運転し、次駅までお客様をお運びすることとしていた。これも、東日本大震災後の2013年に、用いる単位をガルから震度とし、取り扱いも震度4の場合には時速25km以下、震度5弱以上の場合には時速5km以下と改めた。ただし、震度5強以上の場合の地上部においては、技術係員が先に道路上から高架橋や擁壁の安全点検を実施し、異常がなければ時速5km以下で次駅まで運転する。

いずれの際も、乗務員が異常を確認した場合は速やかに停止し、その後の運転が危険あるいは不能と判断した場合は、上記のとおりお客様を最寄り駅まで歩行誘導する。

## 4. 施設の安全点検

### （1）エリア地震計

地震発生後は、その後の運転に支障がないか施設の点検を行うこととなる。前記3（1）の地震警報システム導入当初は、6箇所の地震計のうち1箇所でも100ガル以上を実測した場合は全線で技術係員による歩行点検を行うこととしていた。しかし、2005年の千葉県北西部地震の際はこの取扱いにより全線で歩行点検を行ったところ、運転再開まで大幅に時間を要したという反省を踏まえてそれまでの取扱いを見直し、安全を担保しながら地震の揺れの強さに応じた点検方法を取ることにした。

その点検方法の判断に必要となる揺れの強さを計測するために、2006年に沿線の31箇所に地震計を設置した（これを当社ではエリア地震計と呼んでいる）。点検方法は、このエリア地震計の実測値が40ガル以上の場合には時速25km以下で運転し乗務員が点検、80ガル以上の場合には技術係員が添乗して時速15km以下で運転し点検、100ガル以上の区間では技術係員の歩行による点検を行うこととした。エリア地震計は、2008年に副都心線開業にあわせて2箇所増設したほか、東日本大震災を受けて2012年にさらに3箇所増設し、現在は36箇所となっている。なお、前記3（1）の地震警報システムと同様に、2013年に用いる単位をガルから震度とし、震度4の区間は時速25km以下で運転し乗務員が点検、震度5弱以上の区間は技術係員の歩行点検とした。これは、それまでガルを用いて一連の地震動のうち加速度の最大値のみで判定していたが、震度は加速度だけでなく、周期、継続時間も考慮された「地震の揺れ方の強弱」を総合的に表す指標であることから、構造物の被害と相関性が大きいと判断したものである。

### （2）橋りょう監視装置

震度5強以上の地震が発生し列車が橋りょう区間内に緊急停止した際に、その区間の安全確認を迅速に行うため、2015年に橋りょう監視装置を導入した。これは、橋りょうの支承部に設置したセンサーが橋桁のズレ等の異常を感知すると、その上部に設置した表示装置が点滅する（通常は点灯状態）ものである。これにより、地震発生時に表示装置がすべて点灯状態であれば、時速5km以下の速度で

列車を移動させることができるものである。

## 5. 東日本大震災時の対応

2011年の東日本大震災は、東京メトロの事業に大きな影響を与えることとなった。3月11日（金）14時46分ごろ発生した東北地方太平洋沖地震によって、首都圏においても東京メトロをはじめとする交通機関は大きな影響を受け、お客様の避難誘導や案内、施設の安全確認、終夜の運転、計画停電時の輸送確保等、多くの対応を行うこととなった。

東京メトロの施設内において地震によるお客様・社員への被害はなく、また施設の安全点検の結果、施設被害もごく軽微にとどまった。このため地震発生から約6時間後には一部路線では運転を再開し、さらにその後は終夜にわたって運転を行うことができた。しかしその一方で、一連の対応を通じ多くの課題が明らかになったことから、これらについて社内で関係部門が横断的に検討を重ね、対策を実施している。

地震発生からの一連の対応について、主な時系列は以下のとおりである。

### （1）列車の停止処置

地震発生を受け、前記3（1）の地震警報システムは緊急地震速報の情報に基づいて40ガル以上の揺れを予測し、直ちに列車無線で全列車に「地震発生、緊急停止」の自動音声の流れ、すみやかに停止手配がとられた。これにより、都内に大きな揺れが到達した時点ではすでに全列車が安全に停止しており、このシステムが有効に働いたことが確認された。

### （2）駅間停止列車の収容

緊急停止により駅間には86本の列車が停止したことから（駅に停車中あるいはホーム区間に停止した列車は89本）、これらを順次時速5km以下で安全を確認しながら次駅まで運転させ、15時36分に収容が完了した。これにより、駅間停止列車に乗車中のすべてのお客様に、線路を歩かずに次駅まで避難していただくことができた。

### （3）施設点検

この地震により前述4のエリア地震計は、33箇所（当時）のうち大半が歩行点検を必要とする100ガル以上の揺れを観測した。残りの地震計はそれ未満を観

測していたが、本社対策本部では全体的に大規模な地震であったと判断し、全区間において技術係員による施設の歩行点検を指令した。

点検の結果、列車の運転に影響のないことが確認できたため、続いて本線上の各列車に回送で先行列車のあった駅まで徐行運転をさせて、乗務員による最終的な安全確認を行った。

**(4) 運転再開**

安全が確認された路線から、関係する他鉄道と運転再開のタイミングについて調整を行い、これにより20時40分に銀座線全区間と半蔵門線の一部区間で運転再開したのを皮切りに、他路線でも順次運転を再開していった。その後終夜にわたって運転を行ったが、その間もホームの混雑状況によって危険と判断した場合や、警察からの要請を受けた場合において、その後も運転見合わせと再開を繰り返した。

また、相互直通路線においては、翌日



写真-4 高架部の非常階段



写真-5 橋りょうの点検用通路



写真-6 歩行板付トロを使った訓練

にかけて相互直通相手社が運転再開するのに伴い、全区間で運転を再開していった。

**(5) お客様への対応**

運転再開までの間、お客様には駅構内の改札外のスペースでお待ちいただき、その間、運転再開見込み等について情報提供を行った。また、一部では現場の判断でコンコースにブルーシートや段ボールを敷いた駅や、ホームの列車をお客様に開放した駅もあった。

**(6) 計画停電時の運行**

地震発生の翌週から計画停電が実施されたことによって、間引き運転のほか一部相互直通運転の中止を余儀なくされた。実施初日の3月14日(月)は通常の2割~7割の運行であったところを追って運行本数を増加させ、3月17日(木)には8割~所定まで回復したが、一方で日替わりの運行計画に総合指令所をはじめ関係する現業の対応は困難を極めていた。

さらに3月18日(金)以降も運行本数の削減が続く中、4月8日(金)には東京電力から計画停電の原則不実施が発表されたが、その後も夏期の電力不足に備えた体制を継続して実施し、最終的に全線において通常運行に戻すことができたのは電力使用制限令の解けた9月10日(土)であった。

**6. 避難誘導の支援**

**(1) 高架部の非常階段**

駅間の高架部に緊急停止し、列車を移動することができない場合はお客さまを最寄り駅まで歩行誘導することになるが、さらに余震が発生する可能性もあることから、極力高架部を歩く距離を短くし、

できるだけ早く地上に降りられるよう、駅間に非常階段の設置を進めている(写真-4)。

**(2) 長大橋りょうでの避難用機材**

橋りょう上で列車が緊急停止した際に全車両が橋りょう内にあり、さらに停電や損傷等により列車を移動することができない場合は、前記3(2)の取扱いにより歩行誘導を行う。この際には橋りょうの外側にある技術係員用の保守・点検用通路を使用するが(写真-5)、一方で列車の前面扉から降りる位置は軌道内の中心付近であるため、列車から降りてその点検用通路に渡っていただけるよう、専用の機材(歩行板付トロ)を製作し、長大橋りょうの両端にそれぞれ配備している。これにはレール上を移動できるように車輪が付いており、駅社員がこれを押して列車に救援に向かうこととしている(写真-6)。

**(3) 停電に備えた非常走行用電源**

東京メトロの変電設備は二重系になっており、仮に1箇所の変電所で受電できなくても、もう一方の変電所から電力を供給できるようになっている。

しかし万が一列車が緊急停止した際に停電も発生した場合には、次駅まで運転できるよう、非常走行用のバッテリーを銀座線全編成と、丸ノ内線の一部編成(新型の2000系車両)に搭載しており、今後2000系車両導入に伴い走行用バッテリー搭載の編成数も増えていく。

また、日比谷線・東西線・千代田線では長大橋りょう付近に電力貯蔵装置を設置しており、橋りょう内に緊急停止した列車が停電時でも橋りょう区間から移動できるようにしている。

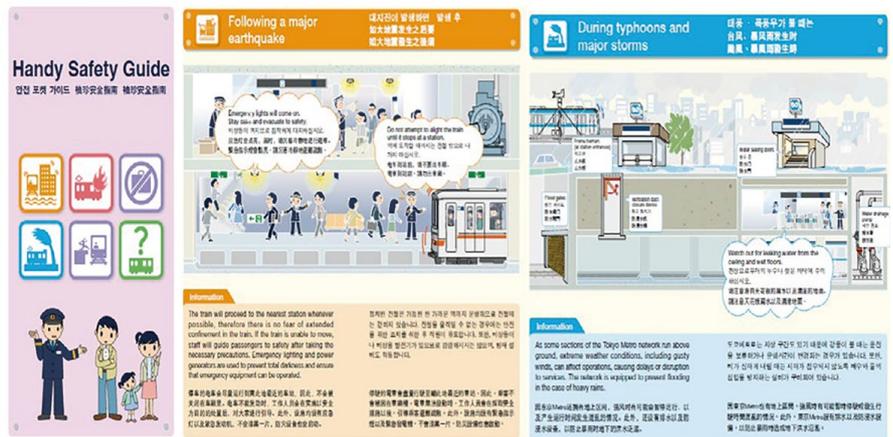


図-1 安全ポケットガイド



図-2 駅構内のポスター（震災対策）



図-3 帰宅困難者用備蓄品

## 7. 他鉄道との連携

東日本大震災時の運転再開にあたっては、相互直通路線では相手社の路線が運転見合わせの間は接続駅まで乗り入れることができず、手前の駅での折返し運転となったが、これ以降各社と運転再開の基本方針について確認し、一部を除き接続駅まで運転を行えるようにした。

また、こうした場合の会社間の連絡手段の確保として、関係する鉄道事業者間で専用の電話回線（JR 電話）を整備した。

## 8. 情報提供等

駅改札口付近のディスプレイモニターでは、平常時は運行情報やイベント告知等を行っているが、災害発生時にはNHKの非常災害時緊急放送を流すこととしている。

このほか、東京メトロの取り組みについても積極的に発信している。駅改札口では「安全ポケットガイド」（図-1）を配布しており、これは東京メトロの安全・防災の取り組みや事故・災害発生時における東京メトロの対応について紹介しているほか、このような場面でお客様に取っていただきたい行動についてもイラスト入りで説明している。2012年に初版を発行し、2013年に改訂を行った。さらに2014年には英語・韓国語・中国語（簡体字・繁体字）表記の多言語版も作成した。

同じように改札口でメトロニュースを配布しているが、時季に合わせて自然災害対策の特集を行っている。

さらに駅構内や車内では自然災害対策の取り組みについてポスターの掲出を行っている（図-2）。

## 9. 帰宅困難者対策等

東日本大震災で大きく社会問題となった帰宅困難者への対応は、東京メトロでも重要な課題となった。

そもそも帰宅困難者の問題は、鉄道の輸送サービスが停止していることが原因であるという事実を踏まえると、鉄道事業者にとってこれを解消するための根本的な対策は早期の運転再開に他ならない。したがって、第一に運転再開に向け全力を傾けるものであるが、一方で現実的には一定時間お客様に駅構内に留まっていたかざるを得ないことから、次のような対策を行っている。

まず、各駅における帰宅困難者受け入れの際の対応マニュアルを定め、原則として帰宅困難者は改札外のスペースへご案内することとした。これは、改札の中まで開放した場合、万が一お客様が帰宅等の目的で歩くために軌道内に立ち入ってしまうと、施設の点検作業に影響を及ぼすのみならず、そのお客様の捜索や安全確認を行うために時間を要し、運転再開が大幅に遅れてしまうためである。

また、他社委託駅を除く全駅に飲料水・

アルミ製簡易ブランケット（防寒具）・簡易マット・携帯トイレ（それぞれ全駅合計で約10万人分）を新たに配備したほか、簡易トイレと救急用品を増備した（図-3）。

一方で、社員の非常食品および飲料水もこの震災を機に数量を見直し、それまでは各職場で社員の出面（シフト）数の3日分としていたものを、所属人数の3日分に増強した。さらに、災害対応が長期化することを想定して、社員向けのフード事業を行っているグループ会社において、食材である米をローリングストックとして備蓄している。

## 10. 対応能力の維持・強化

### (1) 地域防災ネットワーク

現業の各職場は基本的に路線ごとに配置されて普段の業務を担当しているが、これを駅務管区単位の12地域に区分けし、担当路線以外での事故・災害等の現場に迅速に出勤して避難誘導や復旧の応援等を行う体制をとっている。これは1995年の地下鉄サリン事件を受けて、同時多発事案発生時の対応能力強化策として構築されたもので、当時は自治体単位で区分けしていた（図-4）。

### (2) 各種訓練

これまで述べてきたように、事故・災害等の発生時に、お客様の安全を確保し、被害の防止や軽減を図るとともに、

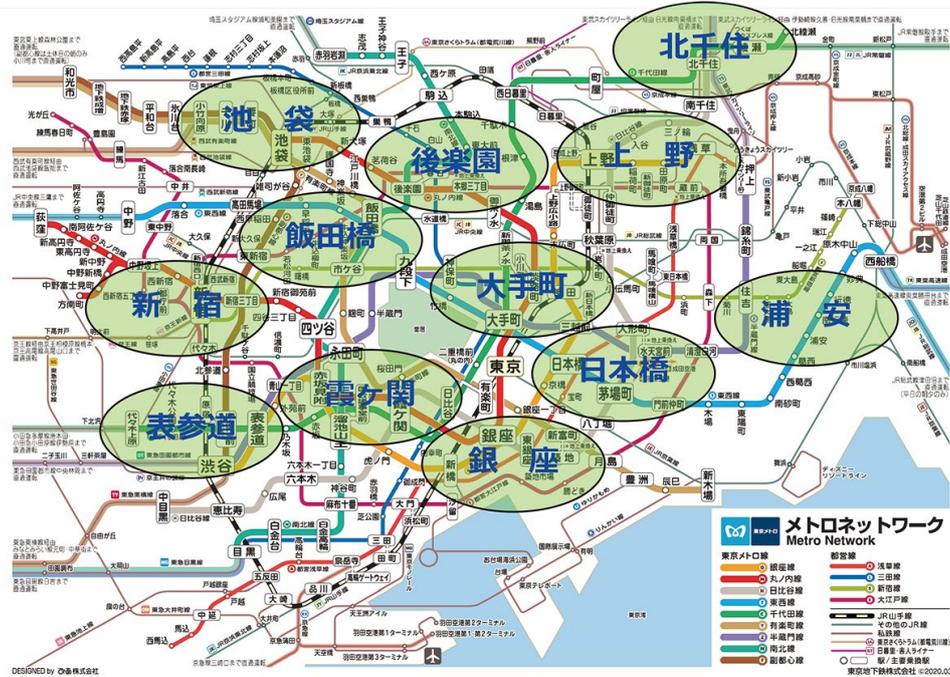


図-4 地域防災ネットワーク



写真-7 対策本部運営訓練



写真-8 異常時総合想定訓練



写真-9 都営地下鉄との合同訓練

適時適切な情報発信ができるよう、しくみづくりや施設・設備の整備等の取り組みを行っている。事故・災害等は起きないことが望ましいが、現実的ではない。したがって、いざという場面で適切に行動できるよう、事故・災害等が発生したことを想定して、避難誘導や復旧活動、お客様・外部への情報提供等が迅速かつ的確にできるよう、各種訓練を実施している。

例えば防災週間では、本社において社長を含め関係の役員および部長が参加して、事故・災害等発生時の対応の確認を行う対策本部運営訓練を行っている(写真-7)。

秋には訓練施設において、実際の車両を用いて所轄の警察・消防とも連携して初動対応、お客様の避難誘導や救護(社員がお客様役として参加)、復旧活動等を行う異常時総合想定訓練を行っている(写真-8)。

さらに各職場や前記(1)の地域防災ネットワークごとの訓練等を行っているほか、他鉄道・自治体・警察・消防等の

主催による合同訓練にも積極的に参加している(写真-9)。

## 11. おわりに

冒頭の繰り返しになるが、東京メトロにおける自然災害対策の目的は、お客様と社員の生命を守り、あわせて首都機能の低下を抑えることであり、これまで述べてきた対策の整備を着実に進めるとともに、さらに体制の維持・強化を図っていくものである。

一方で、非常時における安全性の向上にはお客様同士の共助も欠かせないことから、お客様には係員が行う誘導等の指示に従って行動していただくとともに、合わせて助け合いを行っていただくことにより、一層の安心につながるものと考えている。

東京メトロでは自然災害に備え、ソフト・ハード両面の整備を進めるとともに、他の関係者との連携や協力を図りながら、より安心してご利用いただけるよう、今後とも取り組んでいくものである。