

地下街の安心避難対策に関する検討について

A STUDY ON MEASURE OF UNDERGROUND MALL THAT CAN BE EVACUATE AT EASE

安間 三千雄^{1*}・安井 茂信²

Michio YASUMA^{1*}, Shigenobu YASUI²

There are 78 underground malls in Japan (as of March 2012). It forms a public space as important walk-way in the city, many of them have more than 10 million visitors.

On the other hand, many facilities become older since more than 80% of them have been in existence for more than 30 years.

Therefore, it is important to promote safety measures of underground malls. MLIT plan to draft a guideline for underground mall evacuation in this year based on the result of safety inspection of evacuation route and evacuation simulation in a time of disaster.

In this paper, we provide the outline of safety inspection of evacuation route and evacuation simulation in a time of disaster, and future directions.

Key Words : Tokyo Inland Earthquakes, Earthquake Disaster Countermeasure, Underground mall, Disaster Prevention and Preparedness non-structural element, safety measure, Safety inspection, Evacuation simulation

1. はじめに

首都直下地震の被害想定において、地下街は、「地上への出入口や階段等に殺到することによる混乱、転倒・負傷等の事態が懸念される」とされており、一方、南海トラフ地震の被害想定においては、揺れにより非構造部材が落下することによる被害が示されている。

地下街は、全国に78か所（平成24年度末時点）あり、拠点駅の周辺等において、都市内の重要な地下歩行者ネットワークとして、公共的な空間を形成しており、来街者が10万人以上となる地下街も多数存在している。

また、地下街の多くは、昭和30年代から昭和50年代に整備されており、8割以上の地下街が開設から30年以上経過している状況にあり、設備の老朽化等が進んでいると考えられる。

このため、地下街等の安全対策の推進は喫緊の課題であり、国としては、避難路となる通路の安全点検や災害時の避難シミュレーションによる被害予測等を踏まえ、

安心して避難できるよう、必要な対応策を検討し、今年度、安心避難ガイドラインを策定することとしている。

ここでは、地下街の安全点検及び避難シミュレーションについて、概要と現時点の中間報告をするとともに、今後の取組の方向性等について、紹介していく。

2. 地下街安心避難対策委員会について

地下街の安全点検等については、技術基準等が存在しないため、安全点検や避難シミュレーションの実施にあたり、有識者による地下街安心避難対策検討委員会（委員長：岸井日本大学教授）を設置している。

キーワード：首都直下地震、震災対策、地下街、災害予防、非構造部材、安全対策、安全点検、避難シミュレーション

¹ 非会員 国土交通省 都市局 街路交通施設課 課長補佐 Urban Transport Facilities Division, City Bureau Ministry of Land, Infrastructure, Transport and tourism (E-mail: yasuma-m2z8@mlit.go.jp)

² 非会員 国土交通省 都市局 街路交通施設課 街路事業評価係長 Urban Transport Facilities Division, City Bureau Ministry of Land, Infrastructure, Transport and tourism

3. 安全点検

(1) 点検項目の検討

地下街は、様々なタイプの天井を有しているとともに、天井懐が狭い等から、全地下街に適用できる安全点検の実施方法を構築するために、既往指針等から点検項目（案）を整理した上で、モデル的にいくつかの地下街において先行調査を行い、点検項目（案）の妥当性について精査するとともに、地下街特有の点検の課題抽出や、点検すべきポイントの確認等を行うこととした。

(a) 点検項目の整理

天井等落下防止に関する既往指針である、「天井等の非構造材の落下事故防止ガイドライン」（日本建築学会）及び「地震による落下物や転倒物から子どもたちを守るために」～学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック～（文部科学省）を参考に、点検項目（案）を整理した。

(b) 先行調査

先行調査は、浅草地下街（東京）、アゼリア（川崎）、エスカ（名古屋）、伏見地下街（名古屋）、ハワイティうめだ（大阪）の5地下街で実施した。

表－1 既往の指針等の整理結果及び先行調査の点検項目

点検項目一覧			天井等の非 構造材の落 下事故防止 ガイドライ ン	学校施設の 非構造部材 の耐震化ガ イドブック	先行調査 点検項目	（参考）学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブックにおける 点検のポイント	
外観目視		天井材の状況	○	○	○	天井材（天井仕上げボード）に破損等の異状は見当たらないか。	
	エクスパンション・ジョイント	カバー材	—	○	○	エクスパンションジョイントのカバー材が変形または外れていないか。	
		エクスパンション・ジョイント及びその周辺	—	○	○	エクスパンションジョイント及びその周辺に物を置いていないか。	
		照明器具周辺の天井材	—	○	○	照明器具周辺の天井材に変形やずれは見当たらないか。	
点検口からの目視点検	天井	金属下地天井	吊りボルト	○	○	○	吊りボルトは約900mm以下の間隔で設置されているか。吊りボルトが支持材に緊結されているか。
			振れ止め・耐震ブレース 等	○	○	—	振れ止めは12～30mあたりに1対以上設置されているか。振れ止めは両方向にされているか。
			周囲のクリアランス	○	○	○	天井のふところの大きさに応じて、天井材端部と周囲の壁等の間にクリアランスが5～10cm程度あるか。
			段差部分のクリアランス	○	○	○	天井の段差にクリアランスが設けられているか。凹凸の適合部にクリアランスが設けられているか。
			下地材	○	○	○	天井材は野縁に緊結されているか。野縁は野縁受けに緊結されているか。野縁受けは吊りボルトに緊結されているか。
			天井材（天井仕上げボード）	○	○	○	天井材にずれ、ひび割れ、漏水跡が見当たらないか。
	照明器具	吊り下げ形、直付け形、天井埋込形	吊り材	—	○	○	照明器具の吊り材は支持材に緊結されているか。
			取付部（緊結、ひび割れなど）	—	○	○	照明器具の取付部にひび割れ、変形、露食、緩みは見当たらないか。
	設備機器	配管・ダクト等の吊り状況	○	—	○	—	
		躯体面の状態	—	—	○	—	

通路から外観の目視点検

- 天井材
 - 天井材に破損などの不具合の有無、照明・ガラリなど器具周りの破損・隙間・ズレ跡の確認。
- エクスパンション・ジョイント
 - ・カバー材の状況
 - ・エクスパンション・ジョイント及びその周辺
 - カバーの凹み、外れ、水漏れ、段差などの確認。

天井内の点検口からの目視点検（天井形状ごと）

- 天井（金属下地天井）
 - ・吊りボルト
 - 設備機器吊り材と緩衝していないか。
 - また共吊りされていないかの確認。
 - ・下地材（野縁、野縁受け）
 - 野縁は野縁受けに、野縁受けは吊りボルトに緊結されているか。
- 照明器具・設備機器の吊り状況
 - ・吊り材、・取付部
 - 躯体から吊りボルトで確実に吊られているか。
- 周囲とのクリアランス
 - 天井材端部と周囲の壁等の間にクリアランスがあるかを確認。
- 点検口から見上げ範囲の躯体面の状態
 - 躯体にクラック、ジャンカ、断りがな
 - いかなを確認。※指針等には記載ない項目

図－1 先行調査の点検項目として整理した項目

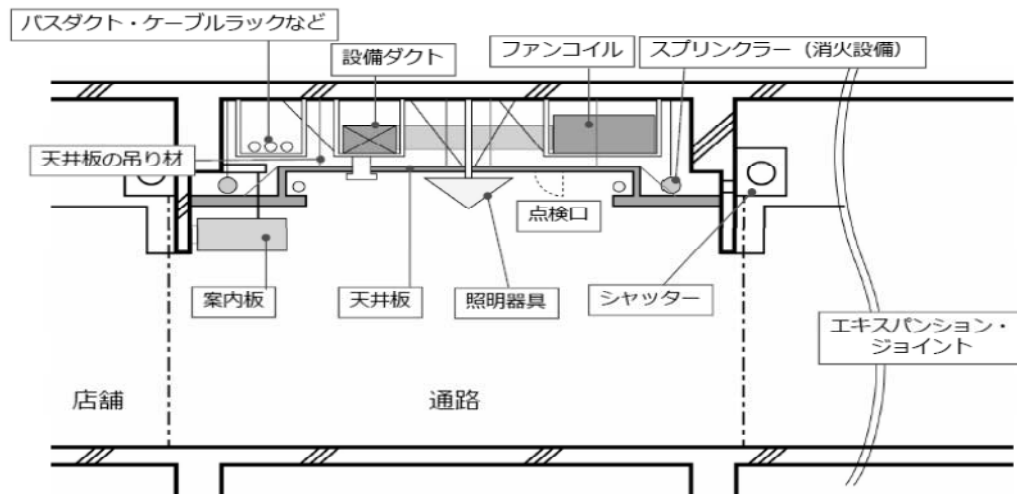


図-2 実地調査の点検項目の概要図

先行調査の結果、設定した点検項目は、ほぼ問題なく点検できることが確認できており、また、天井形状が異なる場合であっても、天井下地の構造（吊り方）には、大きな差異がないことが確認できた。

一方、地下街特有の状況として、以下の点を確認された。

- ・天井懐が狭く、吊りボルトや設備配管等が複雑に絡み合っていることが確認できたことから、相互の干渉状況をよく確認する必要がある。
- ・地下街では、大型サイン板・防火シャッター・エアーカーテンなど重量物が通路部に設置されていることから、これら重量物の固定箇所・固定状況の確認が重要。
- ・躯体の継ぎ目であるエキスパンション・ジョイント部は、可動部からの漏水が考えられるため、鉄部腐食の有無などの確認が必要。

以上の点を踏まえ、点検項目の再整理を行い、地下街における天井点検の点検項目を設定している。（図-3、図-4で赤字の部分が修正箇所。）

また、先行調査を踏まえた点検フローを図-5に示す。

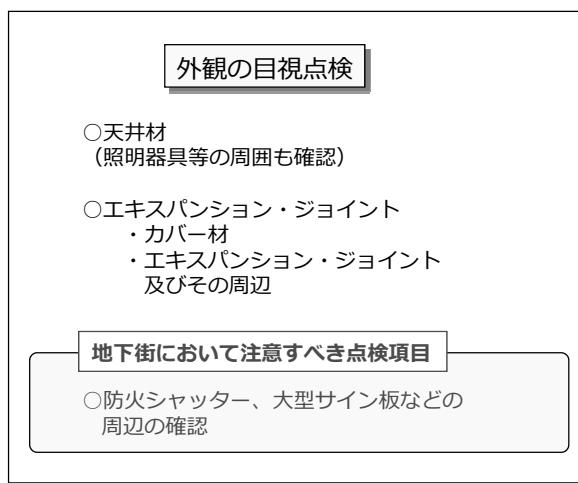


図-3 先行調査結果を踏まえた点検項目（外観）

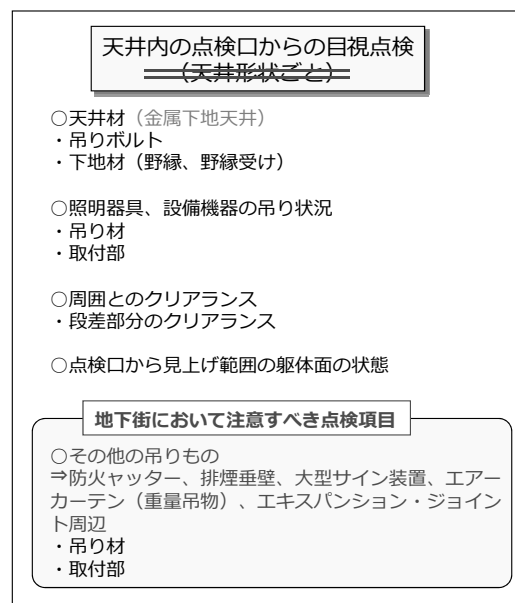


図-4 先行調査結果を踏まえた点検項目（天井内）

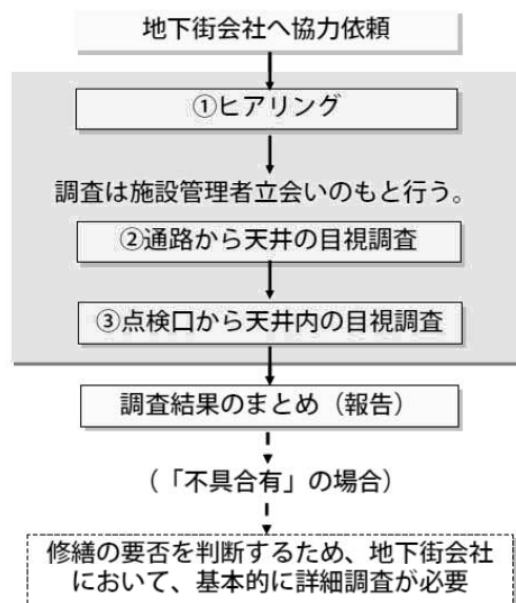


図-5 点検フロー

(2) 安全点検

設定した点検項目をもとに、全国78地下街の安全点検を実施することとしており、年内にはすべての点検を終了させる予定である。

(a) 点検（調査）手順

点検（調査）は図―5の点検フローを基本に、以下の手順による。

- ①地下街会社へ協力依頼
- ②ヒアリング（点検口の特定）
- ③点検対象点検口周りについて、通路から目視調査
- ④点検口から天井内の目視調査

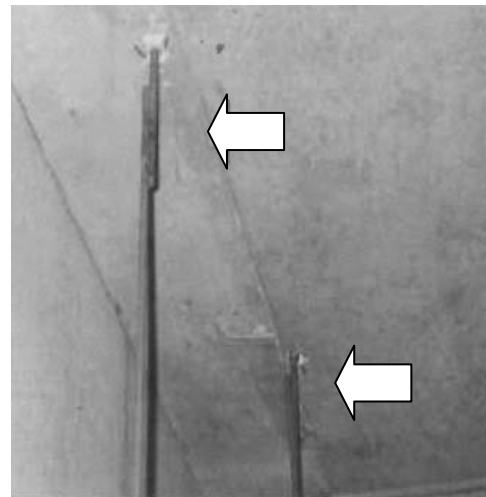
なお、ヒアリングにおいて、図面等をもとに、点検口の特定を行った上で現地調査を行っているが、現地にて気になる点検口等があった場合には、そうした点検口についても、追加で点検を行っている。

(b) 点検結果

10月30日時点で41地下街の調査を実施している。

実際の点検結果として、現時点で得られた知見等は次の通り。

- ・外観目視で、多くの漏水箇所が確認された。これら漏水箇所の天井内を目視点検した結果、不具合が確認された場合が多く見受けられることから、漏水の有無は、点検に際し、重要なポイントである。
 - ・天井材の吊りボルトについては、溶接による継ぎ足しボルトが多く確認された。また、設備機器との干渉などによる吊りボルトの湾曲や、設備の吊りボルトから、溶接した上で天井材の吊りボルトを分岐させた共吊りも確認されている。
- 溶接が直ちに不具合ということではないが、安全度から言えば、入れ替えた方が良くと考えられる。
- なお、改修に際し、こうした溶接継ぎ手を撤去・更新している事例も多く見受けられる。
- ・ハンガーが野縁受けから外れている、あるいは吊りボルト自体が欠損しているものも確認された。これらについては、立ち会っていただいた地下街会社の方に、すぐにお伝えしているが、こうした状況について把握していない地下街も多く見受けられた。



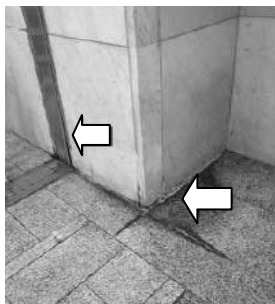
写―3 溶接による継ぎ足しボルト



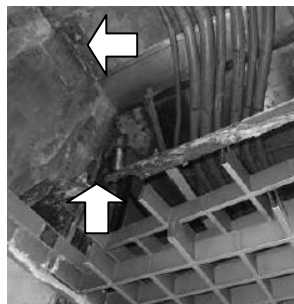
写―4 吊りボルトの湾曲



写―5 溶接による共吊り



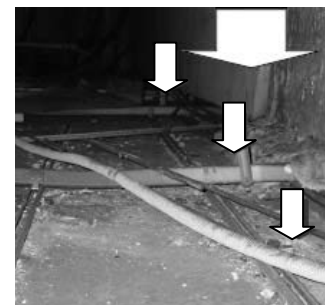
写―1 外観（漏水）



写―2 左写真の上部天井内



写―6 天井ボードの浮き



写―7 ボルトの欠損

4. 避難シミュレーション

(1) シミュレーションの方法

地下街は、設置が始まって以降に起こった事故の教訓などから基準が厳しくなっている。特に昭和44年の建築基準法の改正から昭和49年の「地下街に関する基本方針」に至る一連の基準強化以前と以後に分けて分類する。

明確な設計基準のある基準強化以後の地下街については、モデルプランを作成し、シミュレーションを実施する。一方、明確に設計基準のない基準強化以前の地下街については、避難の上で不利な条件を持つもの数か所を選び(避難階段の間隔が大きい、通行量が大きい等)シミュレーションを実施することとした。

これらのシミュレーションを通じ、地下街の避難安全性の比較と、安全確保の上で留意すべき事項を明らかにするものとする。

項目	基準強化以前	基準強化以後
通路幅員	制限なし 実際の計画では主通路で6m程度 面的パターンのある通路では部分的に4m程度の通路が存在	6m以上 実際の計画では主通路で10m～20m
階段	歩行距離40m以下となるように設置 幅員1.2m以上	歩行距離30m以下となるように設置 幅員1.5m以上 通路端部階段幅員の合計≥通路幅員
通路天井高	制限なし 実際の計画では2.5～3.0m	3m以上
地下広場	なし	歩行距離50m以下となるように設置 排煙・採光のためのふきぬけ、2か所以上の階段設置
店舗面積の割合	制限なし	地下街店舗延べ面積≤公共地下歩道延べ面積

表－2 基準強化以前、以後の基準の比較

	基準強化以前		基準強化以後	
線形パターン	22	28%	11	14%
面的パターン	27	35%	18	23%

表－3 基準強化以前、以後のパターンの比較

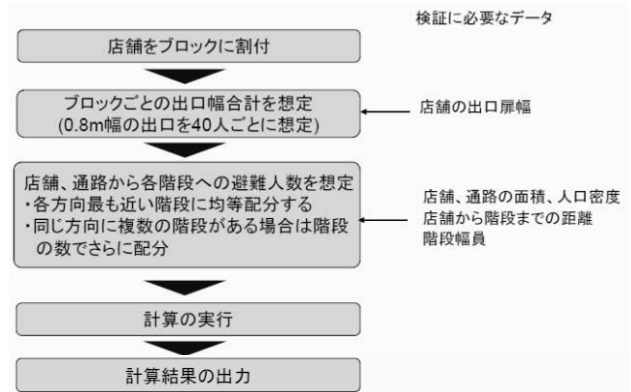
(2) シミュレーションの前提条件等

避難安全検証法における計算や、新・建築防災計画指針に定める避難計算法などを基本に、避難シミュレーションを実施する。

シミュレーション結果の比較・評価については、地下駅等の火災対策基準・同解説(国土交通省監修の地下駅の火災安全対策の基準)あるいは Guide to Safety at Sports Ground(英国 文化・メディア・スポーツ省発行のスタジアムの設計基準)において示されている避難完了時間を参考に、避難開始時間90秒を含め、参照時間として、8.5分から9.5と設定する。なお、今回の検討においては、これらの絶対的数値を参照しつつも、主に計算結果の相対的な違いに着目して検討することとし、ここで参照した避難完了時間が、あたかも基準値のように扱われ、これを超過した場合には危険であるといったような誤解を

与えることがないように、検討を進めている。

具体的なシミュレーションフローを図－6に示す。



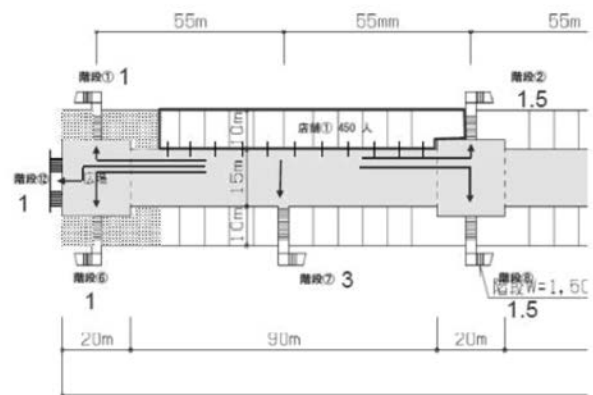
図－6 避難シミュレーションフロー

今回のシミュレーションにおいては、店舗からの避難については、「0.8m幅の出口を40人ごと」と設定している。

また、各階段への避難については、各方向から最も近い階段に均等配分し、かつ、同じ方向に複数の階段がある場合は階段の数でさらに配分を行う。

具体的な店舗あるいは通路部から各階段への避難者の配分例を図－7に示す。

各階段ブロックごとに同じ割合となるよう配分し、階段①、⑥、⑫と、階段⑦と、階段②、⑧とが同率となるように配分する。



※赤い数字は店舗在館者の各階段への配分を示す

図－7 避難者の配分例

(3) シミュレーション結果

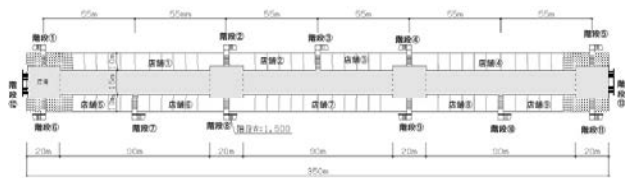
(a) 一般的なシミュレーション

ここでは、基準強化以後の地下街について、線形パターンと面的パターンとで、モデルプランを設定し、シミュレーションを行った結果を報告する。

線形パターンのモデルプランは図－8の通りであり、このシミュレーション結果を表－4に示す。

また、面的パターンのモデルプランは図－9の通りであり、このシミュレーション結果を表－5に示す。

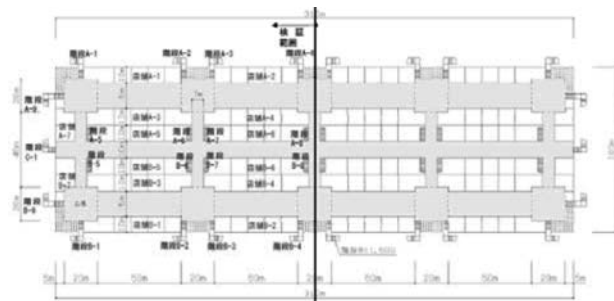
これらをまとめたものが表－6の通りである。



図－８ 線形パターンのモデルプラン

階段名・幅員〔m〕	避難人数(人)										最大滞留人数(人)	避難完了時間(分秒)
	店舖①	店舖②	店舖③	店舖④	店舖⑤	店舖⑥	店舖⑦	店舖⑧	店舖⑨	合計		
階段①(1.5)	50									130	210	3分18秒
階段②(1.5)		50								130	146	
階段③(1.5)	75	63								130	419	5分05秒
階段④(1.5)			63	75						130	348	
階段⑤(1.5)					177					130	486	6分16秒
階段⑥(1.5)	50									130	210	3分18秒
階段⑦(1.5)			50							130	146	
階段⑧(1.5)	150			80	125					130	495	5分44秒
階段⑨(1.5)			150				125	80		130	428	
階段⑩(1.5)	75	63								130	419	5分05秒
階段⑪(1.5)			63	75						130	348	
階段⑫(1.5)	50									130	210	3分18秒
階段⑬(1.5)				50						130	130	2分39秒

表－４ 線形パターンのシミュレーション結果



図－９ 面的パターンのモデルプラン

階段名 (幅員〔㎡〕)	避難人数(人)																		合計	最大 滞留 人数 (人)	避難完了時 間(分秒)
	店 舗 A1	店 舗 A2	店 舗 A3	店 舗 A4	店 舗 A5	店 舗 A6	店 舗 A7	店 舗 B1	店 舗 B2	店 舗 B3	店 舗 B4	店 舗 B5	店 舗 B6	店 舗 B7	通 道	外 部					
階段A-1 (1.5)	73		79							30						65	217	135	3分23秒		
階段B-1 (1.5)								73		79						65					
階段A-2 (1.5)	140		100													120	432	347	5分12秒		
階段B-2 (1.5)								140		100						120					
階段A-3 (1.5)				120		100										100	412	327	5分02秒		
階段B-3 (1.5)										120		100				120					
階段A-4 (1.5)					120	100										120	412	327	5分02秒		
階段B-4 (1.5)										120		100				120					
階段A-5 (1.5)						140		30								40	221	149	3分26秒		
階段B-5 (1.5)												140			30	40					
階段A-6 (1.5)							140									80	229	152	3分28秒		
階段B-6 (1.5)													140			80					
階段A-7 (1.5)								140								60	229	152	3分28秒		
階段B-7 (1.5)														140		60					
階段A-8 (1.5)									140							60	229	152	3分28秒		
階段B-8 (1.5)															140	60					
階段A-9 (1.5)	73		79					30								65	252	174	3分43秒		
階段B-9 (1.5)									73	79						35					
階段C-1 (1.5)								35								80	156	99	2分50秒		

表－５ 面的パターンのシミュレーション結果

	総避難人数	避難階段数	合計避難階段幅員	最大避難時間(階段ごと)	最大滞留人数(階段ごと)
モデルプラン 基準強化以後 線形	4,490人	13	22.5m	6分16秒	486人
モデルプラン 基準強化以後 面的	5,422人	19	28.5m	5分12秒	347人

表－６ シミュレーション結果

基準強化以後のシミュレーション結果として、最大避難時間は、線形プランで6分16秒、面的プランで5分12秒となった。

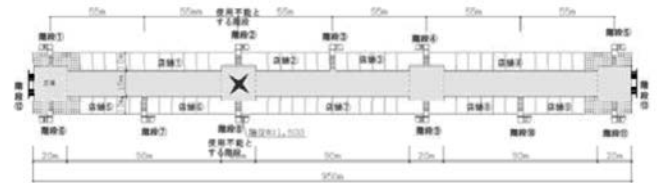
このように、線形プランと面的プランでは、線形モデルの方がやや避難時間が大となり、滞留者も多い結果となった。

これは、線形プランでは、階段⑦のように、ひとつの

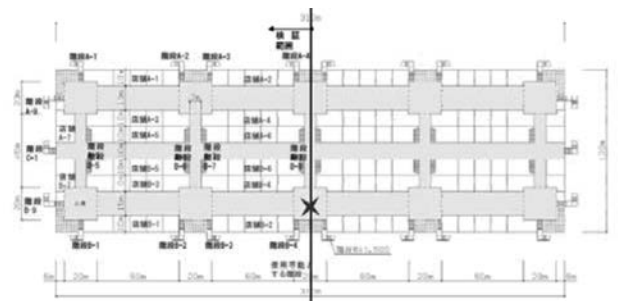
階段で避難者を受け持つようなことが生じているからと考えられる。

(b) 落下物などで一部の階段が使用不可となった場合のシミュレーション

線形プラン、面的プランとも、それぞれ図－１０、図－１１のように、一部の階段が天井からの落下等で使用不可となった場合を想定し、シミュレーションを実施する。



図－１０ 線形パターンのモデルプラン（一部階段使用不可）



図－１１ 面的パターンのモデルプラン（一部階段使用不可）

結果としては、表－７の通りである。

落下物があり、階段が使用不可となることで、避難滞留人数は約２倍となり、避難完了時間も約1.5倍となっている。

	総避難人数	避難階段数	合計避難階段幅員	最大避難時間(階段ごと)	最大滞留人数(階段ごと)
モデルプラン 基準強化以後 線形	4,490人	13	22.5m	6分16秒	486人
階段一部使用不可	4,490人	11	19.5m	9分31秒	1,041人

	総避難人数	避難階段数	合計避難階段幅員	最大避難時間(階段ごと)	最大滞留人数(階段ごと)
モデルプラン 基準強化以後 面的	5,422人	19	28.5m	5分12秒	347人
階段一部使用不可	5,422人	17	25.5m	7分32秒	620人

表－７ シミュレーション結果（一部階段使用不可）

5. 最後に

ここでは、安全点検、避難シミュレーションとも、現時点での報告として、事実を中心とした中間報告となっている。

安全点検については、まだ半分近くが残っていることに加え、避難シミュレーションについても、基準強化以前について、数例シミュレーションを予定している。

今後、これらの結果をもとに、委員会での議論を踏まえ、今年度末に、「安心避難ガイドライン」を策定していくこととしている。