

地下道路網の適用性検討

STUDY ON APPLICABILITY OF UNDERGROUND ROAD NETWORK

谷利 信明^{1*}・奥村 忠彦²・竹束 正孝³・千々岩 三夫⁴

Nobuaki TANIKAGA^{1*}, Tadahiko OKUMURA², Masataka TAKETSUKA³, Mitsuo CHIDIWA⁴

In a society low birthrate and aging progress, it is important to create a safe, secure, and comfortable city environment that makes sustainable urban growth possible. Many urban infrastructures can be listed up, e.g., such as energy supply, hygienic environment and creation of cityscape, and it is particularly important to find the right role for the road network that ensures the flows of people and logistics and supports human life and industry continuation in normal and abnormal circumstances. However the construction of a new road network in a mature and heavily congested urban city may impose many challenges, such as land acquirement and relocation of existing facilities. This report examines the applicability of the underground road network to these issues. Though the construction of underground roads may be costly, it also possesses high resistance against disasters. Degree of risk at each district is evaluated, and the best candidate for the actual road construction site is extracted in the examination.

Key Words : underground roads, hazard map, disaster prevention, disaster mitigation, great depth, airspace roads

1. はじめに

(1) 検討の背景

少子高齢化社会への施策として、コンパクトシティの形成が提唱されている。これは、都市施設の整備により都市機能を集約化し、効率的で快適な都市域の実現を目指すものであるとされている。また集約化は、都市のエネルギー効率の向上にも寄与する側面を有し、地球温暖化の抑制にも対応するものであるとされている（図-1）。

コンパクトシティは、都市への人口集約を招くものでもあり、その中での安全・安心で効率的、快適性を実現する計画的な都市施設整備が重要であると考えられる。

さらに、東日本大震災を契機に首都圏直下型地震等に対応した密集環境での防災・減災への備えの必要性もこれまで以上に論議されるに至っている。

また、1960年代に急速に整備された道路施設等の社会インフラの老朽化対策、更新等も防災・減災と合わせて検討されるべき重要な事項とされている。

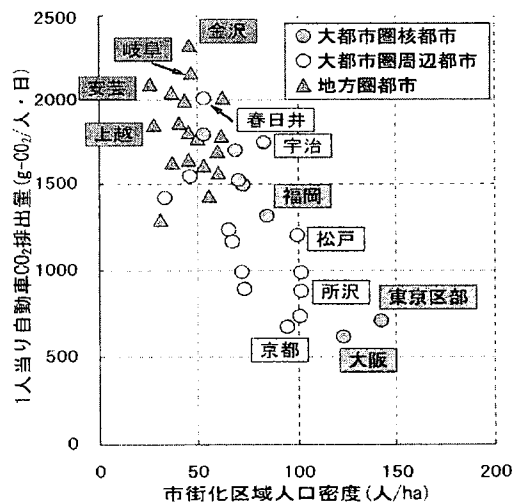


図-1 人口密度と1人当りガソリン消費量の関係

出典：都市構造から見た自動車CO2排出量の
時系列分析，都市計画論文集 No. 43-3

キーワード：地下道路，ハザードマップ，防災，減災，大深度，立体道路

¹ 正会員 鹿島建設(株) 土木管理本部, Technology Development Division, Kajima Corporation, Email (tanikaga@kajima.com)

² フェロー会員 一般財団法人エンジニアリング協会, Engineering Advancement Association of Japan

³ フェロー会員 一般財団法人エンジニアリング協会, Engineering Advancement Association of Japan

⁴ 正会員 鉄建建設(株)土木本部エンジニアリング部, Engineering Division, Tekken Corporation

(2) 検討の目的

集約化する都市の安全・安心、快適性の実現のためには、ソフト、ハードの両面にわたる都市環境整備（地域コミュニティの醸成、社会インフラの更新・再構築等）が必要である。

本稿は、首都圏等の成熟・過密した都市環境の中での地上空間、地下空間の有機的、合理的な連携によるこの実現を検討するものである。

具体的には、検討対象とする社会インフラを道路網に絞り、安全・安心、効率性、快適性に関わる地下空間の持つ特性（耐震性、閉塞性等）を生かした都市形成の検討を行うものである。

(3) 検討項目

検討項目は以下のとおりである。

- ① 道路に求められる機能
- ② 災害特性と道路構造
- ③ ハザードの重ね合せ
- ④ 地下道路路線の試検討

- ・ 植樹帯、中央分離帯の緑化等、良好な景観を確保し、快適な生活環境を提供する空間

これらに加え東日本大震災の津波では、高架高速道路が避難場所となり、また盛土構造が津波侵入を遮り、内陸部へののがれきの流入抑制している等の道路構造物の防災機能も再認識されてる。

また、道の駅等を防災時の物流拠点、防災備蓄の場所とする事例も存在している。（次頁：表-1、表-2）

(3) 市街地形成機能

市街地形成機能の主たる項目としては以下が挙げられる。

- ・ 都市構造・土地利用の誘導形成機能
沿道立地を促し、土地利用の誘導を行う。
- ・ 街区形成機能
街並みを形成し、都市・地区の骨格を形成する。
- ・ 生活空間形成
ベンチの設置やバリアフリー化は歩行者を滞留させ、日常の交流の場として利用され生活空間の機能をもつ。

2. 道路に求められる機能

道路機能を大別すると、人や物資を移動させるための交通機能、上下水道、ガス、電気等の都市としてのライフラインを収容する収容空間、災害の防御・軽減効果を発揮する防災空間などの空間機能、さらに都市の骨格として都市構造を誘導形成する市街地形成機能、避難路や避難場所としての広域的な防災機能などがある。

これらの機能には、道路が地上にあることにより発揮され、地下道路となることにより失われる機能も存在する。他方、地下道路により耐震性（図-2）などその機能がより強固となるものも存在する。

参考として図-3に道路空間の多様な利用方法を示す。

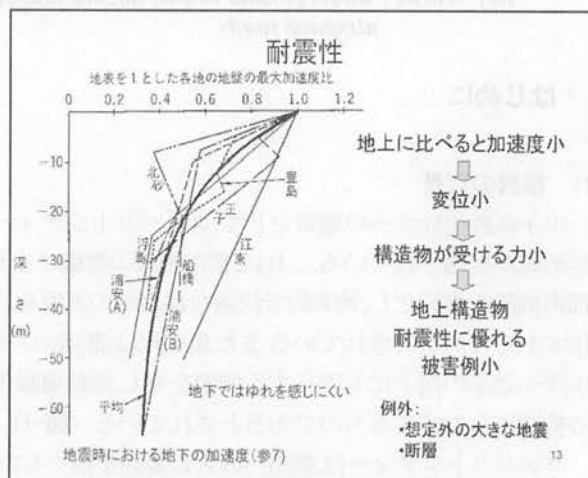


図-2 地下の地震時加速度

出典:「地下都市は可能か」,平井堯鹿島出版会

(1) 交通機能

交通機能を大別すると通行機能（自動車、自転車、歩行者などの安全、円滑、快適な通行）、滞留機能（自動車の駐車や歩行者滞留）、アクセス機能（沿道施設への容易に出入り）などがある。

(2) 空間機能

都市部における道路施設を利用した主な空間機能としては、以下が挙げられる。

- ・ ライフライン収容空間（電力、通信、通信ほか）
- ・ 避難路、避難場所、火災延焼遮断区間としての防災空間



図-3 道路の多様な空間

出典：国土交通道路局 道路行政の簡単解説

表-1 東日本大震災における「道の駅」利用の具体例

道の駅名	所在地	路線名	対 応 の 例
三本木	宮城県大崎市	4号	自家発電により24時間開館し、おにぎり、菓子等を提供。情報館にて避難者を受け入れ。
津山	宮城県登米市	45号	自衛隊やレスキュー隊の前進基地、支援隊員への炊き出しの実施。南三陸町のホテル客が避難。
ふくしま東和	福島県二本松市	349号	おにぎり等食料、トイレ、給水サービスを提供。避難住民1500人を受け入れ。
喜多の郷	福島県喜多方市	112号	給水サービス、食事販売、日帰り温泉施設を被災住民に無料開放。
南相馬	福島県南相馬市	6号	避難所として開放、災害応援の拠点として機能。
ひらた	福島県平田村	49号	避難住民に無料で電源、水を提供、村内の病院や避難所に食材を供給

出典:国土交通省 高速道路のあり方検討有識者委員会・提言資料

表-2 東日本大震災における高速道路のSP・PA防災備蓄品の活用例

SA・PA	支援先	支援品の概数
折爪SA、柴波SA、岩手山SA、前沢SA	岩手県(対策本部)	・携帯トイレ(22千)、寝袋(8千)、紙オムツ(7千)等
花輪SA、津軽SA	釜石市震災対策本部	・携帯トイレ(7千)、寝袋(4千)、紙オムツ(3千)、南部せんべい(3千)等
寒河江SA	仙台東部道路への避難者	・毛布等
長者原SA、安達太良SA、磐梯山SA、西仙北SA	宮城県栗原市	・携帯トイレ(5百)、簡易寝袋(1.1千)、紙オムツ(7百)等

出典:国土交通省 高速道路のあり方検討有識者委員会・提言資料

3. 災害特性と道路構造

道路の機能は、大規模地震、台風、局地豪雨、及びそれにより引き起こされる2次被害によりその機能を失うことがある。

道路網は、そのような事態に備え外郭環状自動車道、首都高中央環状線等の環状道路整備とともにそれらに繋がる放射道路による多重化したネットワークを形成し、大規模な災害時においても緊急対応が出来るよう整備が進められてきている。

しかし、阪神淡路大震災、東日本大震災等の広域的な激甚災害においては、同一の損傷モードを有する構造群が一挙に損壊し、都市機能が失なわれることが認識されている。

このことは、東南海地震、首都圏直下型地震、あるいは地球温暖化に伴う気象の狂暴化によっても起き得ることと懸念されるものである。

表-3に道路の地下形式（隧道）及び高架形式の構造における各種災害事象に対する抵抗性をまとめる。併せて都市形成におけるそれぞれの構造の適用性をまとめる。

同表に示されるように地下道路は、多くの項目で高架構造に対し高い適用を持つものであると考えられる。

これは、道路整備に於いて「多重性」のみではなく構造の「多様性」の観点からの検討も必要であることを示していると考えられるものである。

表-3 構造形式比較

事 象		道路構造形式	
		隧 道	高 架
災害事象	地震動	◎	○
	沿道火災	○	△
	道路閉塞※1	◎	○
	強 風	◎	△
	豪 雨	◎	△
	冠 水	○	◎
	浸 水	△	◎
	積 雪	◎	△
	濃 霧	◎	△
都市整備	街区形成※2	△	△
	環境負荷	○	△
	空間利用※3,4	◎	△
	用地取得※5	○	△
	建設費用	△	○

※1 沿道建物の倒壊による道路閉塞
 ※2 表は沿道建物と直接アクセス出来ない自動車専用道を対象としまとめている。
 ※3 地下道路上空空間（地上）の有効利用として評価している。
 ※4 立体道路制度の適用により高架構造においても柔軟な空間利用の可能性もある。
 ※5 立体道路制度の適用あるいは、大深度利用による用地確保の可能性もある。

4. ハザードの重ね合せ

(1) 整備概況

都市における様々な危険度を地域ごとに図示するハザードマップ群が整備されつつある。

ハザードマップは主に自治体レベル、例えば東京都にあっては23特別区及び市町村単位を中心に整備されている。これは、自治体毎に置かれている自然条件、地理的条件が異なることによると考えられる。

確認されたハザードマップの対象要素の事例を下記に示すが、これら項目は、全自治で整備されてはならず、各自治体の自然条件、地理的条件を勘案し整備されている。

尚、各ハザードマップを作成するにあたっての基礎データは、関係政府機関、あるいは都府県等で調査、検証されたものとなっている。

洪水	地震	液状化
津波	土砂	火山
全壊建物棟数		火災消失棟数
道路の閉塞		ライフライン
地域危険度		防災

(2) ハザードマップの道路網整備への利用

道路網整備は、広域的であり、その災害等への備えは、自治体毎に整備されたハザードマップを縦覧し検討する必要がある。しかし、ハザードマップは、各自治体の独自仕様で作成されており、その表記方法の統一はなされておらず、こうした検討の実施を阻害する要因のひとつとなっている。

また、前出「表3 構造形式比較」に示すように道路に対して考慮すべき危険要素は複数であり、それらを総合的に判断し、構造形式を定める必要もある。

これを受け、本検討では、自治体毎に整備されたハザードマップを広域統合するとともに、危険要素を重ね合わせ総合的に地域危険度を判断する為の資料（マルチハザードマップ）を作成した。

マルチハザードマップは、図-4に示す東京23区を中心とした東西2断面、南北2断面について作成した。

重ね合せ項目は、内水・洪水、地震動、液状化危険度、津波高さ、全壊建物棟数、消失棟数、街路閉塞可能性、30年震度6強以上確率の8項目である。

成果のうち、南北軸1のマルチハザードマップを図-5を示す。

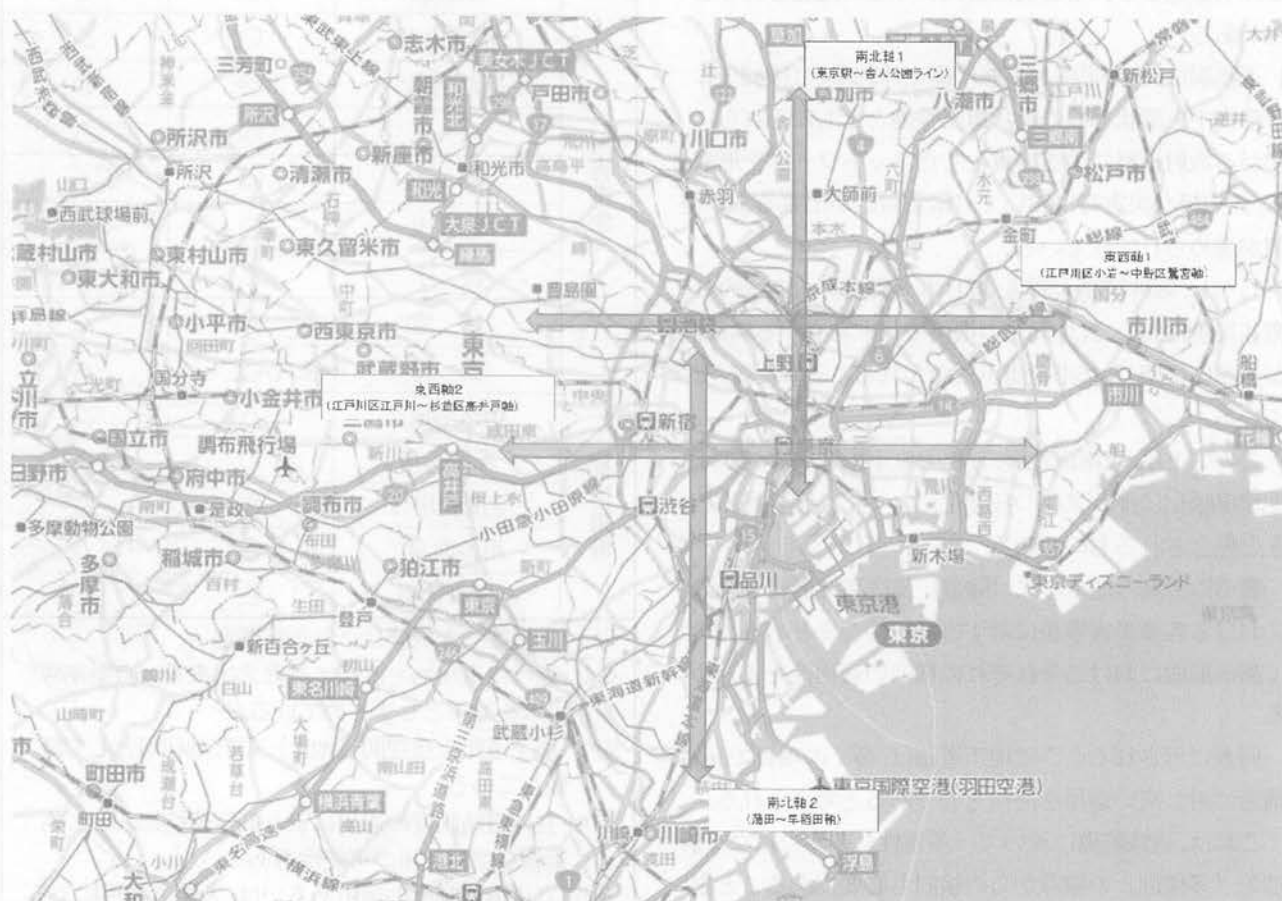


図-4 ハザードマップの重ね合せ断面

5. 地下道路路線の試検討

(1) 検討方針

地下道路の建設費は一般的に高架形式に比較し高いものとなる。これを勘案し試検討路線は、地下道路の持つ特性、長所を生かし、社会インフラとして高い付加価値を有する路線の抽出を行うこととした。抽出条件は下記のとおりである。

- ・ 常時交通で渋滞発生が常態化している箇所
- ・ 災害時の交通機能喪失の可能性が高い箇所
- ・ 災害時の緊急輸送道路の必要性が高い箇所

尚、検討では、これに相当する路線として、「立川防災拠点と都心を結ぶ東西軸路線」と「上野入谷から首都高三郷線を繋ぐ南北軸」（図-8、9）の2ケースを試検討しているが、本稿は、後者を報告するものである。

(2) 常時交通状況

首都高速1号上野線の入谷から中央環状線に至るルートは、首都高未成線のひとつであり、周辺地域では常時での渋滞が常態化している箇所である。

一般道路では、入谷を含む中央区日本橋～台東区上野～下谷～宮元町に至る経路が渋滞損失ランキングのワースト1と分析されている。

また首都高速道路においては、首都高速6号三郷線と中央環状線を結ぶ三郷JCT～小菅JCT～船堀橋間が渋滞損失ワースト1と分析されている（図-6）。

表記より渋滞解消対策として入谷から1号上野線を中央環状線接続まで延伸するとともに、その後、荒川を渡り三郷線八潮南入口付近に至る路線を適用性の高い試検討路線と判断した。

尚、中央環状線には1号上野線と接続するための準備工が用意されている（図-7）。

(3) 災害危険度の状況

前出、図-5 マルチハザードマップ（南北軸1）に試検討区域のハザード状況がまとめられている。

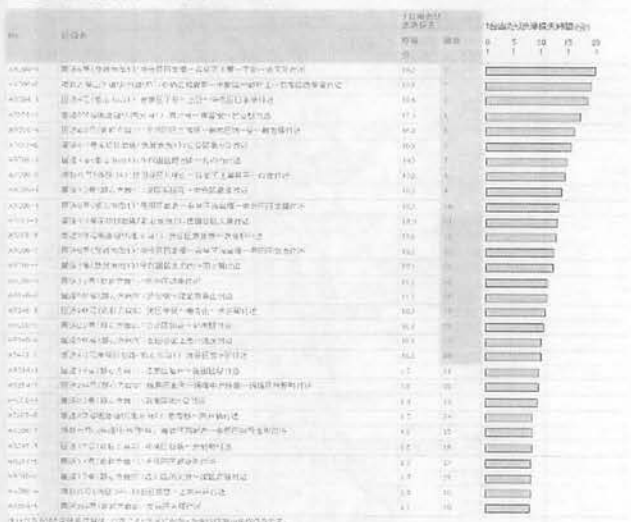
この地域は、荒川破堤時の大規模水害の発生が想定される地域となっており、地震時での液状化危険度、建物焼失件数（所謂、環七火災ベルト）等も高く、複合的な観点から地域危険度が高い地域となっていると判断される。

「3. 災害特性と道路構造」にまとめているように、地下構造の道路は、高い災害耐性を持っている。

これより、同区間は、地下化試検討の路線としての適用をが高いものと判断した。

渋滞損失ランキング（区部一般道路）

1台当たり渋滞損失時間ランキング（ワースト10）



渋滞損失ランキング（首都高速道路）

1台当たり渋滞損失時間ランキング



図-6 区間別渋滞ワーストランキング
出典：らくらく東京 ROAD「混雑区位置図・混雑区間一覧」

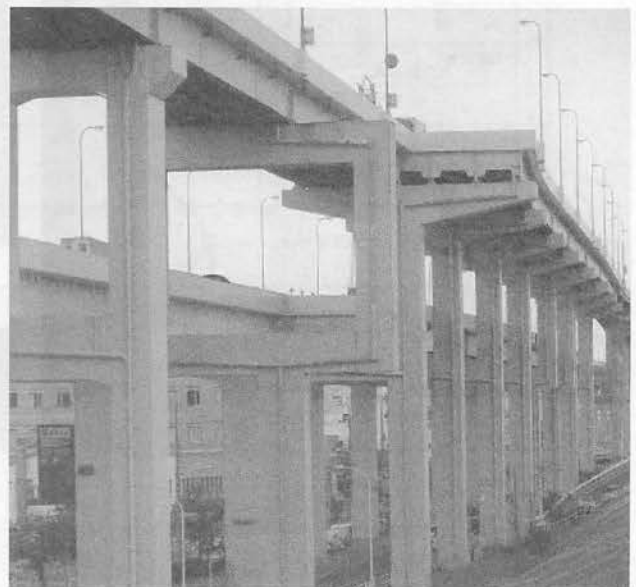


図-7 中央環状線本木南部
ジャンクション建設準備施設

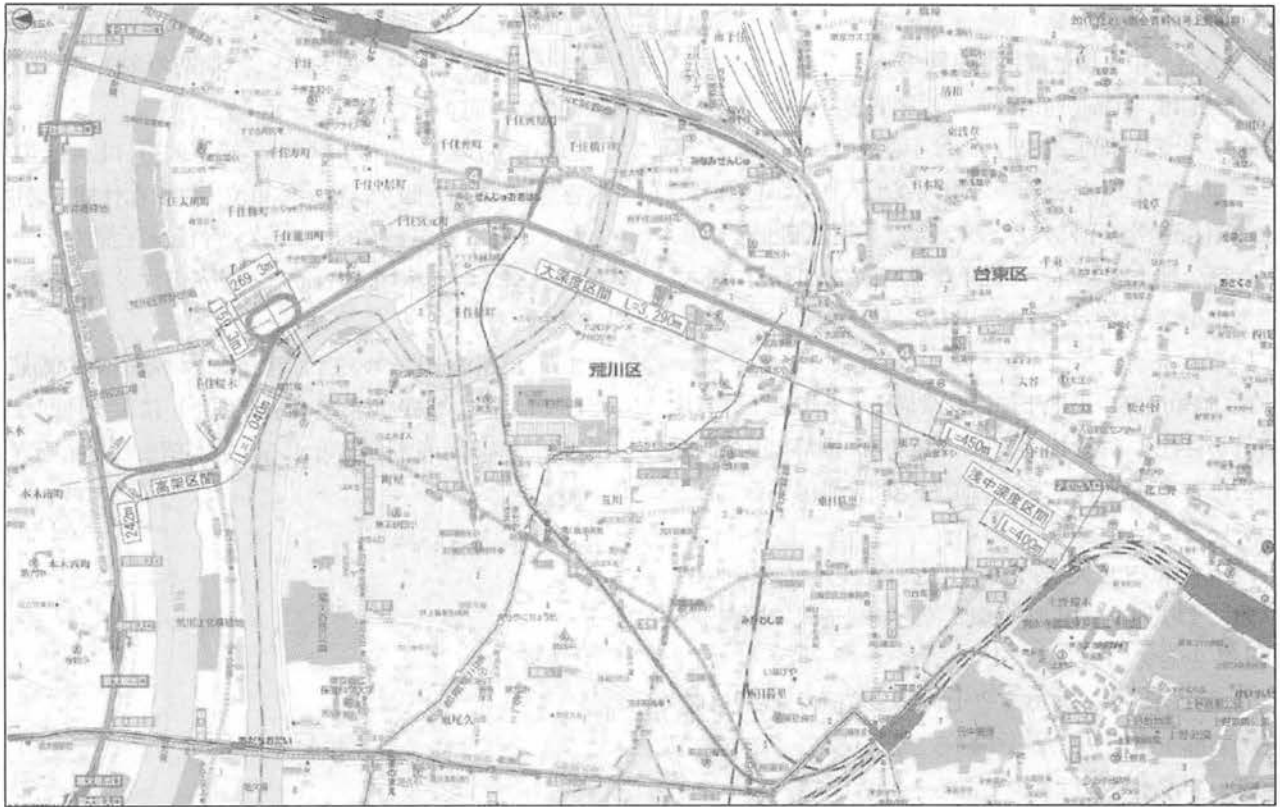


図-8 入谷～中央環状線 試験検討区間



図-9 荒川右岸～八潮南 試験検討区間

(4) 試験検討路線の概要

a) 入谷～中央環状線区間 (図-8)

同区間は、首都高速道路の未成区間のひとつであるが、現時点で具体的な事業計画は示されていない。

本検討では、1号上野線の現入谷出入口から斜路により昭和道路地下に入り、その後、立体道路制度を利用した区分地上権設定等で地下整備空間を確保しつつ大深度地下適用深さに至り荒川右岸域に至るルートとしている。

尚、昭和道路中央地下には既設構造として地下鉄日比谷線が存在するが、検討では、上下線を分離し、道路側部に付け替え移設することで、道路空間を確保することとしている。

荒川右岸では、大橋JCTで適用されたループ式アクセス路により地上に出、中央環状線と橋梁形式で接続するルートとしている。

尚、図に示すループ式アクセス路の位置は、高規格堤防の整備予定地ともなっていることから、ここでの地下洞道への浸水懸念は寡少であると判断している。

b) 荒川右岸～八潮南区間 (図-9)

入谷～中央環状線区間の荒川右岸部より分岐し、荒川を大深度地下で渡河することとしている。

現況の道路網の渡河は、殆どが高架構造、橋梁によっており、同一の損傷モードの構造となっている。

検討では、道路の多重性とともにより構造の多様性を確保することで、より強靱な道路網を構築することを意図し、地下構造で渡河することとしている。

道路は、荒川渡河した後、西進し、国道4号(日光街道)の地下を通り環状七号との交差点を経過した後、大深度地下を利用し、北進し首都高速6号三郷線の八潮南近辺でループ式アクセス路により地上で出ることとしている。

日光街道と環状七号の交差点付近には、足立区役所、消防署のほか病院が複数位置している。

本検討では、具体的な検討には至っていないが、この区域に中間立坑を構築するとともに、これら施設と非常時に接続する地下アクセス経路を構築することも、この試案の社会資本としての付加価値をより高めるものと考えている。

4. まとめと今後の課題

本検討では、常時交通でのミッシングリンク(渋滞緩和)、災害時での交通機能維持を主たる視点として地下道路の適用性を検討してきた。そのなかで、地下道路線

の計画を立案する時点での考え方として、「複数の危険度(マルチハザード)の考慮」、「構造の多様化による強靱化の考慮」という視点を示した。

しかし、危険度データ(ハザードマップ)は、単一の被害想定に対し、個々に自治体単位で様々な仕様で提供されていることが一般的であった。今後、統合的なデータベースによる、広域、複合的なハザードマップの構築が望まれる。

また、道路構造については、建設における経済的側面だけではなく、多様な構造(高架、地下)による強靱な道路網の構築の検討要素とすることが望まれる。

謝辞：

本検討は、JKA補助事業として一般財団法人エンジニアリング協会)において実施されたものである。検討にあたりご指導を頂きました検討委員会委員の皆様はこの場を借りて御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 谷口守, 松中亮治, 平野全弘: 都市構造から見た自動車CO₂排出量の時系列分析, 都市計画論文集 No. 43-3, P121-126
- 2) 平井堯: 「地下都市は可能か」, 鹿島出版会, P163
- 3) 国土交通道路局 道路行政の簡単解説,
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/dorogyousei/> (2014.3参照)
- 4) 高速道路のあり方検討有識者委員会, 国土交通省
http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hw_arikata/ (2014.3参照)
- 5) らくらく東京ROAD,
<http://www.ktr.mlit.go.jp/toukoku/info/mobility/> (2014.3参照)
- 6) 防災・減災型地下インフラの調査報告書, (一財) エンジニアリング協会, 地下開発研究センター, 2014.3