

大深度地下道路建設の現況及び技術開発の方向

STUDY ON PRESENT STATUS OF DEEP ROAD TUNNEL AND FUTURE TECHNOLOGIES

韓国建設技術研究院 地盤研究室 研究委員 金昌珞

韓国建設技術研究院 地盤研究室 首席研究員 任聖彬

近年、先進諸国では、大都市の交通渋滞を解消すると共に、地上の緑地空間を確保するため、地下交通施設の建設が推進されており、韓国においても、ソウルや首都圏を中心に様々な関連事業が行われている。しかしながら、国内における大深度地下道路の建設経験は少なく、関連の核心技術の検討や技術蓄積も不十分である上、大深度交通施設の安全や防災に対する議論も十分に進められていないのが現状である。そのため、より精緻な検討に基づいた技術的・政策的な検討が求められている。従って、本研究では、韓国における大深度を活用した交通施設関連の主要プロジェクトの現況について検討すると共に、安全かつ経済的な大深度地下道路を建設するための技術開発の必要項目を洗い出すことで、今後の研究開発の方向を提示する。

Key Words: 大深度地下道路、U-SMARTWAY、首都圏広域急行鉄道(GTX)、

1. 序論

近年、欧米の先進諸国においては、地上の緑地空間を確保し交通渋滞を解決すると共に、持続可能な新空間を開発しグリーン成長を図るために、都心地域の地下空間を活用する交通施設の建設が活発に進められている。

韓国においても、用地補償費や工事苦情などの理由で、大都市における地上交通施設物の拡充は限界に達している。特に、ソウルや首都圏への交通集中及び渋滞により年間 12.5 兆ウォンの経済損失が発生¹⁾している。このような中で、交通渋滞を抜本的に解消する方策として、大深度地下交通施設の必要性が浮上している。

これを受け、ソウル市は、総延長 149km、6 本の地下道路と 2 本の環状道路網の構築を柱とする U-Smartway 計画を打ち出した。また、国土海洋部と京畿道は、地下 40m 以上の大深度を活用する首都圏地下広域鉄道事業を発表するなど、都心地域で大深度地下交通施設を活用するための多様な方策が提示されている。最近、ソウル市政開発研究院により、京釜高速道路と京仁高速道路の一部区間における地下高速道路事業の必要性が提案され、現在、政策研究が進められている。

政府は、大深度地下交通施設の建設を活性化するために、地下空間の活用及び管理改善に関する研究²⁾を行い、この研究に基づいて、国土海洋部は「地下空間基本法」の制定を推進するなど、制度的な基盤が整備されつつあ

る。

しかしながら、外国に比べて韓国は、大深度地下道路の建設経験が少なく、関連の核心技術の検討も不十分である。また、技術が十分に蓄積されておらず、事業が推進される場合、外国の技術に大きく頼らざるを得ない。何より、現在の計画によると、建設される道路は既存道路の下や都心の下を通ることになるが、これまでの提案、検討されているのは、一般的な発破による NATM トンネルと開削トンネルである。

国民の多くは大深度交通施設の安全と防災に対して不安感を抱いており、専門家の意見も一致していないため、今後、さらなる積極的な検討と、その検討に基づいた技術的・政策的な代案策定が求められる。

韓国の環境に合う都心地域地下道路の概念を定すると共に、経済的で安全な地下交通施設を構築するための設計・施工技術の確立が急がれている。本研究では、韓国の大深度を活用した交通施設に関する主要プロジェクトの現況について検討し、大深度地下道路を建設するための主な核心技術項目を洗い出すと共に、技術開発の方向について提示する。

2. 大深度地下道路

大深度地下道路とは、高密度化している都市を再整備し交通量を制御するために、都心地域の下部に建設する

地下道路をいう。都心地域の過密化、用地補償、苦情問題を解決し、環境・都市美観に対する意識の高まりにも対応できるため、近年、その必要性が注目されている³⁾。

大深度とは、一般的に地下鉄建設には利用されない深度の地下40m以上、又は、一般的に建築物の基礎の設置に利用されていない深度である支持地盤上部から10m以上の深度をいう。国内で計画中の都心地域地下道路は、ほとんど深度40m以上の大深度を活用する方策が検討されている。大深度地下空間を交通施設として活用するメリットと、交通施設の地下化を推進するために必ず考慮すべき課題について表-1にまとめた。

表-1 大深度トンネルのメリットと技術的な課題

大深度トンネルのメリット	<ul style="list-style-type: none"> 大深度地下の事業費を節減 事業期間の短縮 合理的な線形による費用の節減 騒音・振動減少・景観維持、地上の都市環境保全 混雑な地上での大規模都心土木工事を回避 地震による被害がほとんどない
技術的な課題	<ul style="list-style-type: none"> トンネルの環境対策(換気塔、地下水問題) トンネルの防災対策 トンネルの換気方式 トンネル構造及び工法 建設及び維持管理費用の増大 出入口の制限及び拡張が困難

3. 大深度地下道路プロジェクト

(1)U-Smartway 地下道路

ソウル市は2006年、地下空間総合基本計画⁴⁾についてこの数年間検討を行い、2009年8月5日、深刻化する交通問題の解決策として、南北軸と東西軸各3路線3×3格子型、延長149kmU-Smartway 地下道路の建設計画を発表した。

U-Smartwayは、地下40~60mの大深度地下空間において、先端通信・情報システムを用いて情報をやりとりしながら、運転者だけでなくシステムを利用して車を制御する道路である。地上空間より安全で快適な新しいコンセプトに基づいた地下道路である⁵⁾。この事業の総延長は149km、推定事業費は11兆2千億ウォンである。

U-Smartwayの路線網の構成を図-1に示した。各エリアの特性が考慮されており、港湾や空港など、ソウルと仁川間のアクセスを改善するための計画となっている。また、都心、副都心、主要拠点地域を格子体系で連絡すると共に、都心を循環する機能も付与することで、都心を通過する交通を迂回処理した。とりわけ、地下に構築される2本の環状網を、地上の「内部環状」や「江南環状」につなぐことで、都心を通る交通量を画期的に低減できるようになっている。都心に進入する車両を抑制す

る対策の一つとして、都心にはオフランプを設けない代わりに、迅速に外郭へ出られるように、4ヶ所のオンランプを都心に設ける予定である。

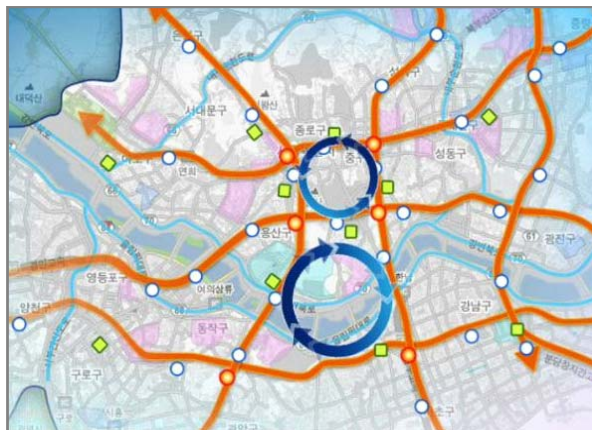
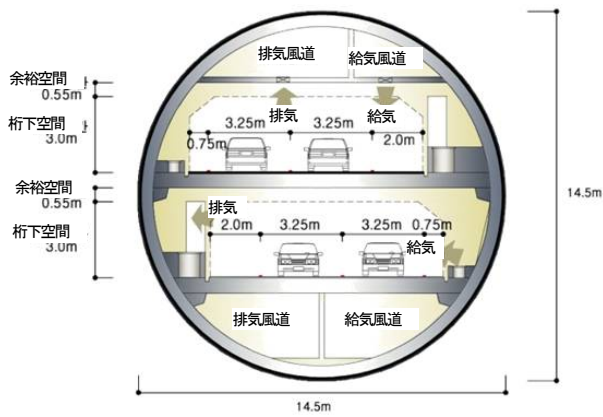


図-1 U-Smartway 路線計画図

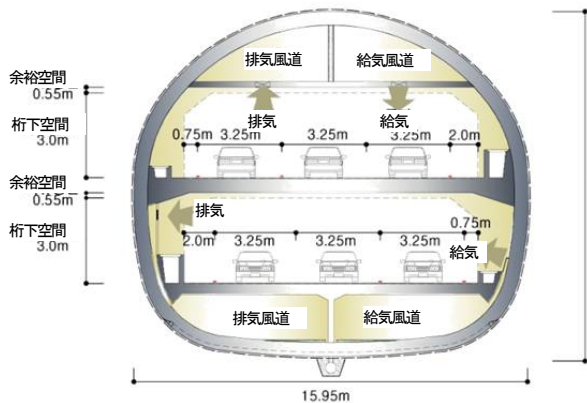
U-Smartway において何より重要なのは防災計画であるが、火災・消防分野を始め、交通処理計画、換気計画、中央統制センターなど、地下道路の構築関連の全システムを連携して計画・運営する予定である。交通の側面では、走行車線の他にも、全区間に2.0mの非常車線を設けて安全区域を確保する予定である。また、水噴霧設備や火災自動感知設備などを設けて、火災の拡散成長を遅延する。そして、地下道路につながる地上道路の交通状況や事故現場について、中央管制センターで、ラジオ、VMS、CCTVなどを利用して、全区間に対して24時間管理を行う予定である。

地下道路の断面形態については、南北3軸を除く5軸は、経済性や環状網の構築の容易性を考慮して、図-2に示すように、小型車専用の重層構造で計画された。また、都心・副都心区間においては、南北軸と東西軸が交差する区間にJCTを設置して、地上空間に出なくても方向を変えることができるようにした(図-3)。

一つの軸が20kmを越える超長大トンネルであることから、換気計画と防災計画を有機的に連携して安定的な排煙性能を実現するために、全区間に給排気ダクトによる横流式換気計画が検討されている。さらに、地下道路の車両から排出される汚染物質を浄化するために、電気集塵器、脱硝設備など、多様な浄化システムを導入してきれいな空気を地上空間と大気中に排出する予定である。



(a) 一般区間(往復4車線)



(b) 都心環状区間(往復6車線)

図-2 U-Smartway 断面計画

ソウル全域を30~40分で移動できるようになり、都市空間の側面では、道路ダイエットを通じて492km以上の自転車専用道路や615kmの街路緑地を確保することができるため、環境にやさしい公共交通中心の空間を創ることができる。経済的な側面においても、交通混雑費用や環境汚染費用を節減することで、年間2兆4,400億ウォンの社会的費用を節減する効果が得られる。

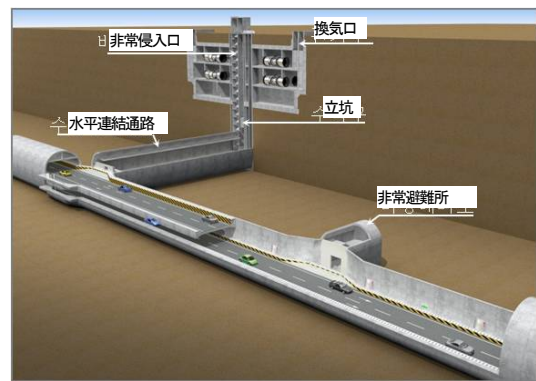
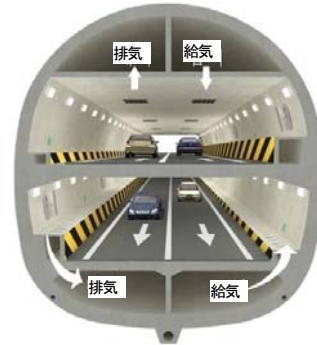


図-4 U-Smartway 換気方式と非常避難施設



(a) JCT



(b) 地下駐車場

図-3 U-Smartway の地上空間と連携システム

地下道路の建設効果については、交通の側面において、

(2) 首都圏広域急行鉄道 (GTX) 事業

近年、首都圏の急速な拡大と、新都市の開発により、通行量や長距離移動需要が増加しており、首都圏の主要幹線道路の通行量やソウル市を出入りする通行量も増えている。京釜軸を中心に、葡萄の玉のように広がる新都市の開発、京畿北部地域の乱開発などにより、交通インフラが不足している。道路交通中心の施設投資は、新たな交通混雑を招いて大量輸送を遅延させるなど、施設投資に比べて効果がそれほど高くない。とりわけ、道路を拡張・新設する道路中心の交通政策は自動車依存型の政策であるため、化石エネルギー依存度が97%に上る輸送分野に対して全般的に見直しが求められる状況である。

そのため、京畿道は、首都圏外郭60kmからソウル都心まで約30分でアクセスする地下50m深度鉄道を建設に向けた基本計画を策定した。この事業は2011年に着工、2016年に開通される予定である。3路線の総延長は145.5km、建設費用は約12兆ウォンと推計されている。

路線は、京畿西北部から東南部をつなぐことで京釜軸と京義軸の慢性的な交通渋滞を解消するための「Kintex

～水西(東灘)路線」、首都圏放射軸のうち通行量が最も多い仁川・富川軸をソウル都心につなぐ「清涼里～松島路線」、ソウルを南北に横切る「議政府～衿井路線」が計画されている(図-5)。



図-5 GTX 路線計画図

4. 核心技術の導出及び技術開発の方向

フランス A86 地下道路、日本東京の中央環状線の地下道路、スペインマドリッド M30 プロジェクト、マレーシア SMART プロジェクト、米国シアトルの Alaskan Way Project など、海外の大深度地下空間を活用した交通施設は、工事中に周辺環境へ与える被害や交通の乱れを防止するために、開削式工法ではなく、環境にやさしいトンネル工法のシールド TBM 工法を必須的に採用している。また、共通的に、断面効率を考慮して小型車専用の重層トンネルを採用している。さらに、この他にも、ほとんどの海外事例をみると、地元住民との円滑なコミュニケーションを図っている上、強力な事業推進体系を構築して事業を進めている。都心地域の大深度地下交通トンネル技術は、世界的に、2005 年に既に完成されたと評価されている。しかし、国内の場合はその時期は 2016 年頃になると思われる。それは、市場性や経済性の問題ばかりではなく、韓国には関連の核心技術がないからである。地下道路の建設を通じて大都市の交通問題を解消しなければならないため、都心の大深度地下交通トンネルを構築するための必要核心技術としては、2 車線以上の広幅トンネル建設技術が挙げられる。2 車線以上の広幅トンネルを施工するためには、超大断面シールド TBM を適用す

ると共に、超大断面重層トンネルの設計・施工技術、強化された地下空間安全管理技術などに関する研究・開発が必要である。

これまでの先進諸国の例をみると、まだ、既存の交通網との連絡技術は体系化されていないようである。そのため、核心技術開発項目として、既存の交通網との連絡技術についても考慮する必要がある。

表-2 都心地域における大深度地下道路建設のための核心技術

緑地戦略技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ 緑地地下空間を建設する技術 <ul style="list-style-type: none"> -Net-Zero Energy、トンネル技術 -IT 基盤の環境にやさしい換気/防災技術 -環境影響を低減する設計/施工技術 ■ 人間中心の空間活用技術 <ul style="list-style-type: none"> -感性工学的な Green Design 技術 -地下道路-都心地域の連絡を活用する技術 -都心地域における環境にやさしい緑地空間作りのための技術
先端応用技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 基盤の交通制御技術 <ul style="list-style-type: none"> -地下道路交通制御及び管理システム開発技術 -知能型交通システム(ITS)構築技術 ■ K-SMART トンネル技術 <ul style="list-style-type: none"> -大深度トンネル水循環システム技術 -地下道路を多目的で活用する技術 ■ 次世代の都心地における環境配慮型の高速/安全掘進技術 <ul style="list-style-type: none"> -地下空間掘削装備の開発及び生産技術 -複合地盤対応型の TBM 設計/運営技術 -次世代における都心地掘削技術
中核基盤技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下道路の統合設計/施工技術 <ul style="list-style-type: none"> -地下道路の標準化技術 -都心地域大深度地下空間に関する調査/探査技術 -都心地域の地下道路立体施設安全 設計/施工技術 ■ 大断面重層トンネル設計/施工技術 <ul style="list-style-type: none"> -重層トンネル設計/施工技術 -重層トンネル施工及び維持管理装備開発に関する技術

地下トンネルと地上空間をつなぐための大断面・大深度立坑技術や、都心地域における開削式トンネル建設技術は、現在、相当水準の技術が確保されている。しかし、快適な都市生活空間を維持すると共に、施工中に交通混雑を招くことなく、周辺環境への被害も最小限に抑えなければならない。そのため、環境にやさしい経済的な立坑建設技術と開削式トンネル建設技術の発展が求められる。

また、大深度地下空間の安全を確保するための換気・防災技術の確保も優先的に考慮すべきであり、周辺の環境や既存の構造物への被害を最小限に抑えることができる先端建設技術を開発する必要がある。

何より、環境にやさしいグリーン成長時代に応じたトンネル運営のために、エネルギーを自主生産する

Net-zero energy トンネル技術、緑地空間開発技術などに関する研究も欠かせない。人間中心の持続可能な新空間の開発に向けた空間活用技術の開発も必要である。

都心地域の大深度地下道路を建設するための核心技術開発項目を表-2 にまとめた。

5. 結論

既に飽和状態となっているソウルや首都圏において、地下交通網を拡充すると共に、地上空間の緑地空間化を図るため、大深度地下空間の活用は避けられない。現在推進中のソウル市の大深度地下道路網の構築事業と、首都圏の大深度広域急行鉄道構築事業などは、世界的に類例のない大型プロジェクトであり、法律や制度、トンネル建設技術、換気、防災技術など、あらゆる分野における新たな概念確立が求められる。今まではトンネル建設技術より法制度や防災中心の議論が多かったが、今後は、都心地域大深度地下交通トンネル建設をめぐる諸問題について把握すると共に、その結果を踏まえて研究開発戦略を策定することにも力を注がなければならない。

参考文献

- 1) ソウル特別市: OECD ソウル地域政策報告書、2002.
- 2) 国土海洋部: 地下空間の活用及び管理改善に関する研究報告書、2008.
- 3) 韓国建設技術研究院: 未来型新空間/インフラ創出のための地盤技術の新概念活用方策に関する研究(1 段階: 地下空間分野)、2006.
- 4) ソウル特別市: ソウル市地下空間総合基本計画、2006.
- 5) コ・インソク: ソウル市 U-Smartway Project 概要、大韓土木学会誌、第 58 巻 第 2 号、11-19、2010.