

道 路 調 査 費

(その他)

# 長大橋梁上部構造に有効な各種技術の一般橋梁も含めた 適用性に関する研究

Study on applicability of effective techniques for superstructures of general and long-span bridges

(研究期間 平成 20 年度～)

道路研究部 道路構造物管理研究室

Road Department, Bridge and Structures Division

主任研究官 七澤 利明  
Senior Researcher Toshiaki Nanazawa

主任研究官 星野 誠  
Senior Researcher Makoto Hoshino

研究官 石尾 真理  
Researcher Mari Ishio

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher Masanori Okubo

研究官

Researcher

研究官

Researcher

玉越 隆史

Takashi Tamakoshi

大久保 雅憲

川間 重一

Shigeichi Kawama

生田 浩一

Kouichi Ikuta

The examinations to evaluate applicability were executed for the technologies which were thought as applicable to bridges of common lengthen types in the past studies. They consist of improvement of fatigue durability of open-grating-deck and applicability of high strength reinforced concrete, super high tension bolts and FRP to inspection decks for highway bridges.

## 〔研究目的及び経緯〕

これまで、大規模橋梁のライフサイクルコストの縮減と長期耐久性の実現の観点から様々な技術的検討が行われてきた。そこで検討されてきた技術の中には、一般的な条件の橋梁に対しても適切に応用することでコスト縮減効果が期待できる技術もある。

今年度は、そのような技術の中から、過年度の研究成果を活用して比較的早期に一般的な条件の橋梁に対する応用が可能と考えられる技術を対象に、適用性評価などの実用化のための検討を実施した。主な検討項目は、軽量化が図れる鋼製オープングレーチング床版の疲労耐久性向上策、高強度鉄筋コンクリートの橋脚構造への適用性、高力ボルト接合部の大型化・高強度化、複合材料の構造部材等への適用である。

## 〔研究内容〕

### 1. オープングレーチング床版

過年度までに表面部材の走行性と疲労耐久性確保に関しては一定の知見が得られているものの、表面部材と主桁の間で応力分散を担う床組構造桁については、一般の道路橋の床版として十分な疲労耐久性が確保できる条件について不明な点が残されていた。そのため、弱点となる構造桁の部材交差部の細部構造に着目して、実験と数値解析により疲労メカニズムの解明と疲労耐久性向上策の検討を実施した。

### 2. 高強度鉄筋コンクリート

鉄筋量の削減による断面の縮小、過密配筋解消による施工性の向上などによる省力化、死荷重減によるコ

スト縮減効果などが期待できる高強度鉄筋を用いたコンクリート部材の道路橋への適用については、鉄筋とコンクリートの付着特性、大変形時の耐荷力特性などに未解明な点があり実用に際して課題となっている。そのため、縮尺模型による交番載荷実験及び鉄筋の引き抜き試験を行い、一般的な道路橋への適用性について検討を行った。

### 3. 鋼橋ボルト接合部の高度化

高力ボルトの高強度化は、接合部の小型化、施工量の削減につながることからコスト縮減が期待される。一方、ボルトの締付け力の増大による母材や添接板の板厚、摩擦面の素地性状、リラクゼーション等との関係において道路橋への適用の観点からは、継手性能に不明確な点も残されている。そのため、本研究では上記要因に着目し、実用可能性の高い高強度ボルトを用いた継手の基本特性について体系的な継手耐力試験を行い、継手性能の評価を行うとともに、活用効果の検討を行った。

### 4. 複合材料等の新材料の有効活用

非金属の複合材料は軽量化が図れるとともに腐食耐久性に優れるため、塩分環境の厳しい大規模構造物のライフサイクルコスト縮減策として期待されている。また、一般の道路橋においては、腐食環境が相対的に厳しい検査路設備の腐食劣化が維持管理上の懸案となっており、複合材料の活用が期待されている。しかし、複合材料の構造部材への活用は耐荷力特性や接合部の構造特性には不明確な点が残っており、普及のための

課題となっている。そのため、本研究では、他分野では使用実績も多く信頼性が高い繊維強化プラスチック (FRP) を対象に、構造部材への適用性を実物大の検査路供試体を用いた実験を行って検討した。

[研究成果]

1. オープングレーティング床版

図-1 に、輪荷重走行試験機と構造桁の供試体を示す。構造桁は横主部材との交差部構造の異なる4種類とし、タイプ1は過年度に調査で使用実績があるもの、タイプ2~4は交差部の拘束条件、応力集中の程度の異なる条件とするために溶接範囲やスカーラップ構造(大きさ、形状)を変えたものである。

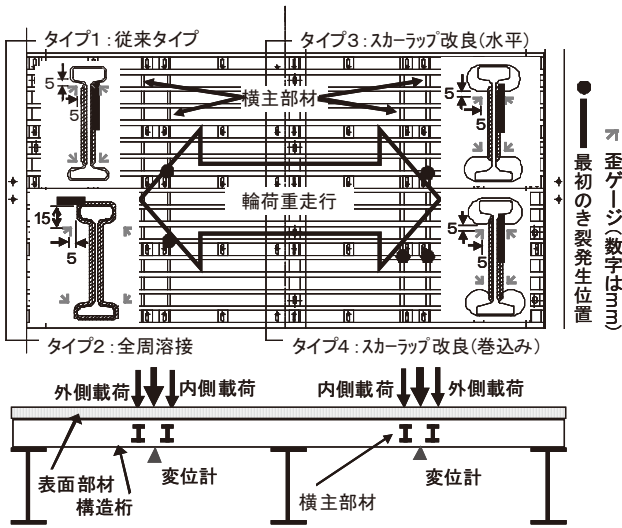


図-1 輪荷重走行試験及び供試体

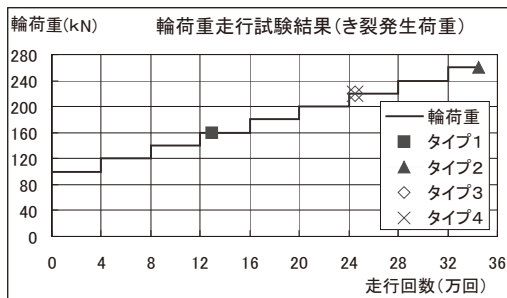


図-2 輪荷重走行試験結果

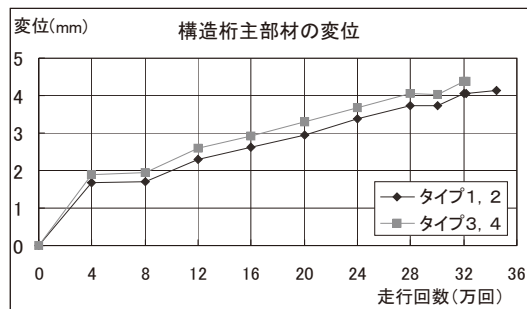


図-3 構造桁主部材の変位

荷重は、100kNから開始し、4万回毎に20kNずつ増加させる階段状とした。図-2に、タイプ毎に最初のき裂が発生した輪荷重とともに示す。最初のき裂発生時期は、タイプ1は約13万回(160kN)、タイプ3と4は約24.5万回(220kN)、タイプ2は約34.5万回(260kN)である。き裂発生位置は、タイプ1、3、4ではいずれも横主部材ウェブ上側の溶接箇所、タイプ2では横主部材上フランジの溶接箇所であった(図-1参照)。また、き裂発生位置は全て荷重走行位置直下の隣の桁であった。各ケースともき裂発生後も荷重を継続した結果、タイプ1と3では荷重につれ新たなき裂の発生が確認された。一部のき裂については主部材の下フランジを破断するまでに進展したため溶接補修を実施したものの、すぐに再破断し、補修効果は認められなかった。

図-3に、支間中央での輪荷重直下の構造桁主部材の変位を示す。き裂の発生に拘わらず荷重終了まで、床版構造としてはほぼ弾性的挙動を示しており、き裂の発生に伴って直ちに走行安全性を喪失するような大きな耐荷力の低下が生じることはないものと考えられた。

図-4に、横主部材ウェブ上側のほぼ同じ位置(図-1参照)で計測されたミーゼス応力を示す。大きさは、タイプ1>タイプ3>タイプ4>タイプ2の順番となっており、輪荷重走行試験結果のき裂発生の順番に整合している。

図-5は、輪荷重走行前に行った静的荷重の結果である。荷重は支間中央部と内外に100mm偏心させた位置

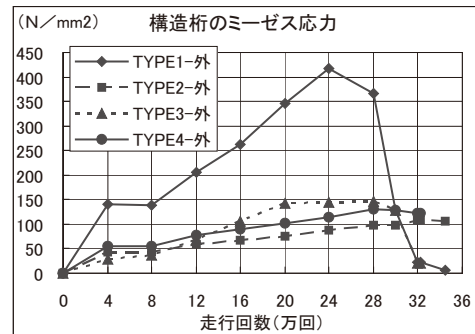


図-4 輪荷重走行試験時の構造桁のミーゼス応力

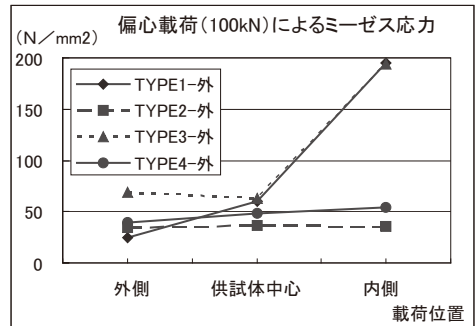


図-5 偏心荷重による構造桁のミーゼス応力

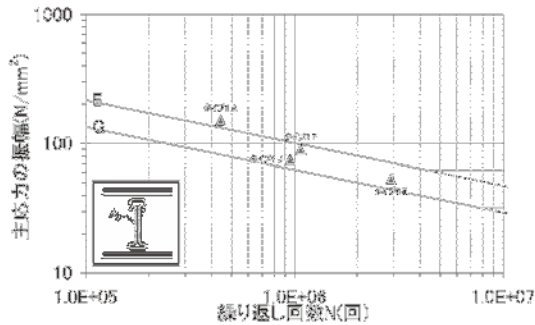


図-6 SN線図

で行っている。タイプ1、3では偏心荷重時に大きな応力が発生しており、荷重位置が疲労耐久性に大きく影響する可能性があるものと考えられる。

以上より、タイプ1に対して、タイプ2～4はいずれも疲労耐久性の向上が認められた。スカーラップの形状改良ではタイプ3（水平）よりもタイプ4（巻込み）の効果が大きく、特に、輪荷重位置のばらつきの影響を受けにくく、かつ構造桁の交差部近傍での発生応力、応力集中の程度がともに相対的に小さくなる可能性が高いタイプ2、4は、タイプ1に比べて疲労耐久性が大きく向上する可能性が高い。なお、タイプ2はスカーラップがなく全周溶接する構造であるため、安定した溶接品質確保と製作工数低減の観点からコスト面で不利となる可能性がある。

輪荷重走行試験の結果をSN線図へ当てはめ、図-6に示す。縦軸は100kN荷重時の主応力振幅とし、横軸は、荷重が段階的に上がる荷重であるため100kN荷重時の走行回数となるよう3乗則で換算走行回数を算出して図化した。さらにデータを追加して、このような定量的な相関関係を、ばらつきのある実供用条件に対

しても安全側になるよう信頼性を考慮して設定することで、オープングレーチング床版の実用化が可能となるものと考えられる。

特に、タイプ2、4については従来タイプ(タイプ1)に対して安定した疲労耐久性向上効果も期待できることから、設計、製作、品質管理の手法を確立することで早期の実用化が図れるものと考えられる。

## 2. 高強度鉄筋コンクリート

### (1) 交番荷重実験

高強度の軸方向鉄筋及び高強度コンクリート(SD490、 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ )を用いた鉄筋コンクリート橋脚を対象に交番荷重実験(荷重パターンを図-7に示す。)を行って、曲げ耐力、変形性能及び破壊特性の確認を行った。実験ケースは表-1のとおりである。ここでは、耐震性の評価で重要となる変形性能との関係に着目して、軸方向鉄筋比、横拘束筋体積比、軸圧縮応力をパラメータとしてケース設定を行った。

各ケースの水平荷重に対する変位応答を図-8に示す。水平力のピークは、軸方向鉄筋が1段のNo2と2段のNo.1,3,4で顕著な差が見られた。一方、全てのケ

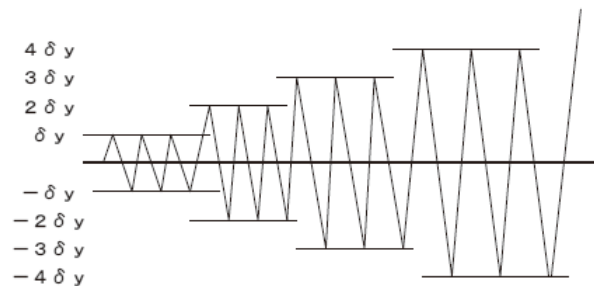


図-7 荷重パターン

表-1 交番荷重実験ケース

供試体番号	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
コンクリート強度 $\sigma_{ck}$ N/mm <sup>2</sup>	40	40	40	40
軸方向鉄筋強度	SD490	SD490	SD490	SD490
帯鉄筋強度	SD345	SD345	SD345	SD345
橋軸方向幅B m	0.600	0.600	0.600	0.600
直角方向幅D m	0.600	0.600	0.600	0.600
高さH m(荷重点～基部)	3.000	3.000	3.000	3.000
軸方向鉄筋配置	D13-65ctc-56本	D13-65ctc-32本	D13-65ctc-56本	D13-65ctc-56本
軸方向鉄筋量 $A_s$ mm <sup>2</sup>	7095.2	4054.4	7095.2	7095.2
鉄筋比	0.020	0.011	0.020	0.020
帯鉄筋配置	D6-40ctc-3本	D6-40ctc-3本	D6-40ctc-4本	D6-40ctc-3本
横拘束筋体積比	0.012	0.012	0.016	0.012
基部軸力 V KN	360	360	360	900
基部応力 $\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	1.00	1.00	1.00	2.50
せん断スパン比H/D	5.00	5.00	5.00	5.00
断面図				

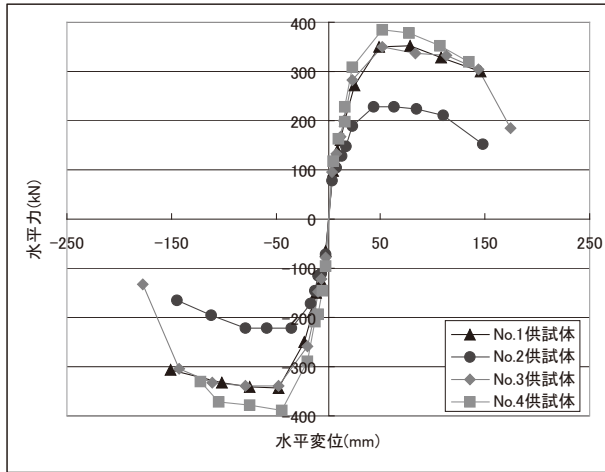


図-8 荷重包絡線

ースで最大耐力後に水平変位の増加につれて顕著に耐力低下する傾向が見られ、現行設計で一般に考慮される鉄筋コンクリート橋脚の「最大水平耐力が発揮された後、変形の増加に対してある程度耐荷力が維持される」という特性とは異なることが確認された。

また、同じ2段配筋のケースでは、鉄筋比、横拘束筋体積比、軸圧縮応力鉄筋比の差の影響は顕著でなく、耐荷力特性を安定的に発揮できる条件の特定と、それらを考慮した設計手法の確立が課題である。なお、実験で見られたひびわれ発生状況や破壊性状からは、耐荷力特性に配筋などの構造細目も大きく影響する可能性が示唆された。部材に求める性能に応じた構造細目の確立も不可欠であると考えられる。

### (2) 引抜き実験

高強度鉄筋の定着性能を明らかにするため引き抜き実験を行った。実験では、埋込み長、鉄筋径、コンクリート強度、鉄筋強度、鉄筋本数及びフシの形状を変化させた15体の供試体で鉄筋を鉛直上方に片引きし、最大耐力、伸び出し量、破壊形態、ひずみ分布等を確認した。

実験の結果、引き抜き抵抗は、鉄筋とコンクリートの付着面積や埋め込み深さと単純な相関を示さず、引抜き力の増加につれて浅い位置から順次付着抵抗の発揮と破壊が下方向に進行し、ある深さ位置で最大の抵抗力が発揮される結果となった。鉄筋の高強度化によって鋼材の降伏比、破断時の弾性変形量なども異なってくることから、実用化を目指して、引き抜き荷重の増加に伴う付着抵抗機構の変化とそれらに係わる要因の関係について、現行基準の見直しも視野に詳細な整理を行っていく。

### 3. 鋼橋ボルト接合部の高度化

現在、道路橋では、高力ボルトはF10T、S10Tを超える高強度のものは道路橋示方書で規定されていない。

一方、建築分野ではS10Tの約1.5倍の耐力を有するS14Tなどの超高力ボルトの実績もでてきている。道路橋と建築では応力状態や腐食環境条件などが同じでないため、耐遅れ破壊特性、すべり抵抗特性、表面処理方法に対する感度、板厚との関係などについて、道路橋への適用に特化して基本的特性を体系的な実験により検討を行った。実験は、土木学会で提案されている標準すべり試験法に準じた方法でパラメトリックに設定したケースで実施した。試験数は1ケース5体、合計60ケースである。主な試験条件は、①ボルト等級(S14T、S10T)、②ボルト径(M22、M24)、③接合面表面処理(無機ジンク65 $\mu$ m以上、有機ジンク同、粗面:ブラスト処理5<Ra<10 $\mu$ m)、④すべり/降伏耐力比 $\beta$ (0.64、0.80、1.00)、⑤材質(SS400、SM490、SM490Y、SM570)、⑥締付長(板厚:57~80mm、100mm)である。

#### (1) リラクゼーション

標準すべり試験は、ボルトの締め付け終了後、約2週間と約1月の2ケースを実施した。図-9に締め付け長57~80mmの結果例を示す。S10TとS14Tで明確な差は認められず、リラクゼーションは従来強度のものと同程度を見込むことでよいと考えられる。この傾向は他のケースでも概ね同様であった。なお、無処理の素面に対して無機ジンクを塗布した場合はリラクゼーションが大きく、ばらつきも大きい傾向が顕著である。

#### (2) すべり係数

接合面の処理がすべり係数に与える影響に関する結果の例を図-10に示す。図中の再試験とは、標準すべり試験実施後に解体、再締め付けした供試体の結果である。無機ジンクのS10TとS14Tは概ね同程度の値となったものの、S14Tの結果はややばらつきが大きい。再試験の結果も同様の傾向である。再締め付けによるすべり係数の低下は顕著であり、一般に設計で考慮される0.4を下回る結果となったものもある。さらに、有機ジンク塗布のケースはすべり係数が極端に小さく、

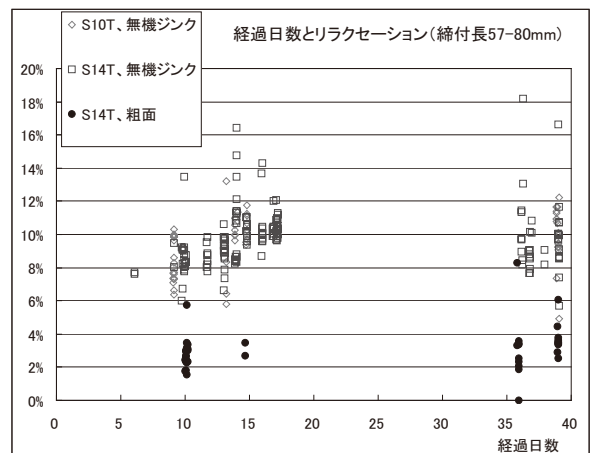


図-9 経過日数とリラクゼーションの関係

0.4を確保することは困難と考えられる。

すべり／降伏耐力比 $\beta$ の影響に関する結果の例を図-11に示す。S14Tにおいても一般にS10T等で確認されているのと同様に、 $\beta$ の増加に対してすべり係数の低下傾向が認められた。

母材・連結板の材質の影響に関する結果の例を図-12に示す。S10TとS14Tで明確な差は認められない。しかし、母材・連結板の材料強度が高い程すべり係数が低下する傾向にある。この傾向は再試験結果でも同様となっており、所要の安全率を確保できる条件を特定するためには、母材・連結板の材料強度がすべり係数に影響する理由の解明が必要と考えられる。

締付長(板厚)の影響に関する結果を図-13に示す。S10TとS14Tで明確な差は認められない。しかし、板厚の増加につれてすべり係数が減少する傾向は明確であり、板厚増に対して従来と同様の安全率を確保する

ためには、相関関係を明らかにし適用範囲を明確化する必要があると考えられる。

以上より、S14Tまでのボルト材質の高強度化については、現行設計・施工技術の延長で道路橋にも適用可能性が高いことが明らかにできた。ただし、板厚増、母材・連結板の高強度化と組み合わせる適用するためには、すべり係数との関係を明確にして所要の安全率が確保できる適用範囲等の条件を、基準等で設定する必要がある。

#### 4. 複合材料等の新材料の有効活用

FRP 構造部材の実用化のために検査路設備への適用性の検討を実施した。安全設備でもある道路橋の検査路設備に求められる性能は、主に作業時荷重に対する構造安全性と、万一の墜落に際して安全帯を確実に支持できることである。本検討では、従来検討されてきた鋼製検査路と同等の性能が確保できるための条件を確立することを目標に、FRPの構造部材としての特性

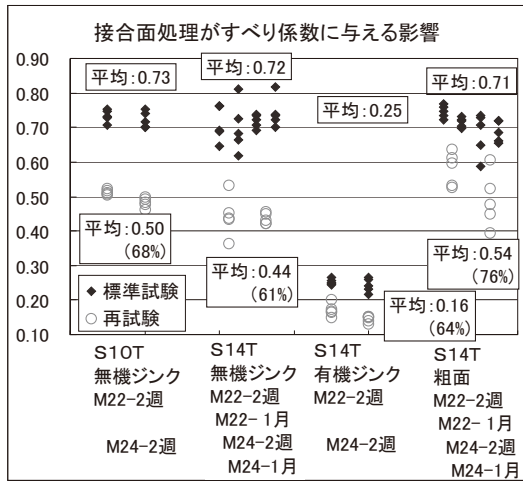


図-10 接合面処理がすべり係数に与える影響 (共通項: SM490、 $\beta=0.64$ 、締付長=57-80mm)

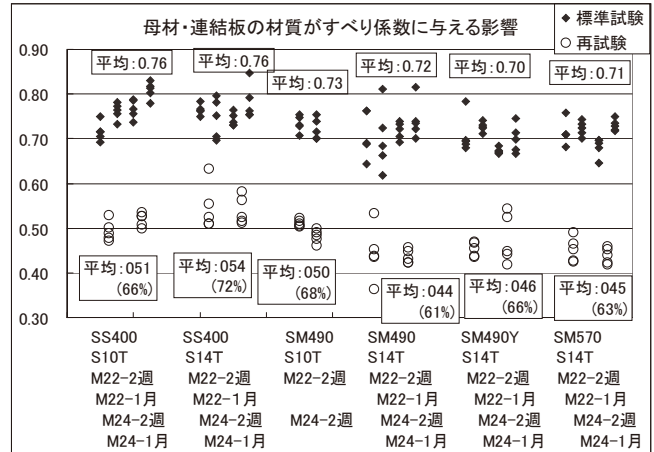


図-12 母材・連結板の材質がすべり係数に与える影響 (共通項:  $\beta=0.64$ 、締付長=57-80mm)

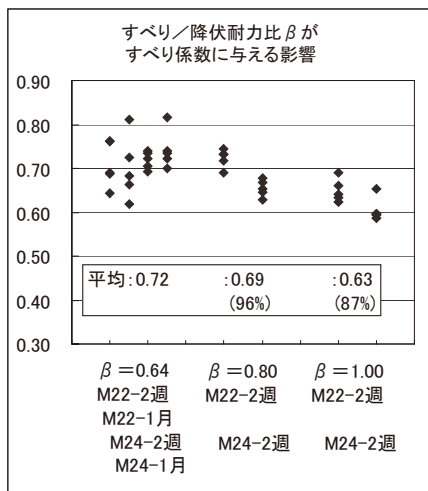


図-11  $\beta$ がすべり係数に与える影響 (共通項: S14T、無機ジंक、SM490、締付長=57-80mm)

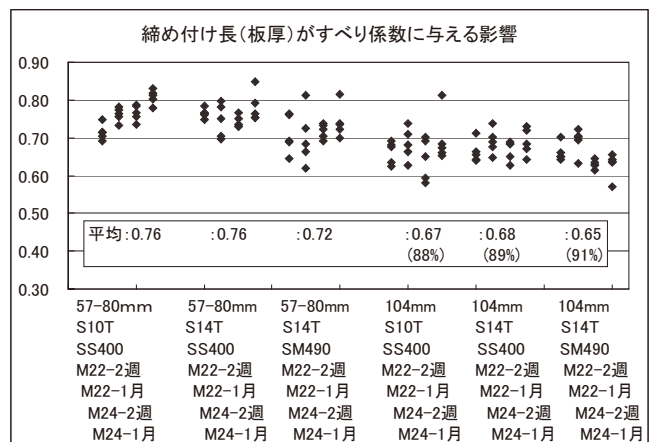


図-13 締付長がすべり係数に与える影響 (共通項: 無機ジंक、 $\beta=0.64$ )

表-2 実験結果一覧

ケース	支柱 間隔	手すり	静的・衝撃的荷重		
			静的荷重 最大荷重 (N)	衝撃的荷重 最大荷重 (N)	衝撃 係数
1	1.9m	円形管	3,854	5,306	6.4
2	1.5m	円形管	4,198	5,504	6.6
3	1.5m	溝形	4,358	5,423	6.5
4(下段)	1.9m	円形管	—	5,809	7.0
5(支柱)	—	—	—	7,115	8.5

の評価を行った。上段手すりに安全帯を介して重錘（85kg）の落下の衝撃が作用する条件と、静的な荷重を載荷するケースである。FRPには、市場性の高いGFRP(ガラス繊維強化プラスチック)引き抜き成型材(JIS K7015の4種、引張強さ300N/mm<sup>2</sup>)を用いた。供試体は、鋼製検査路の標準的な形状と構造に準じたものとし、支柱間隔と手すり材の断面形状、荷重条件を組み合わせる実験ケースを設定した。手すりの設計は、鋼製に準じて作業時荷重(鉛直方向0.59kN/m)に対して手すり中央の発生曲げ応力がFRPの引張強度の1/3以下(設計結果は0.24)となるようにし、鋼部材との靱性の程度や破壊特性の相違については特に考慮していない。実験ケースと荷重条件の概要を表-2、図-14に示す。

静的荷重において、手すり中央に荷重した引張荷重と荷重点から50mm離れた箇所にて計測されたひずみ値の関係の例を、過年度実施した鋼製の結果と対比させて図-15に示す。FRPでは手すりのひずみは荷重に対して当初より若干非線形的に増加する。そして鋼に比べて降伏点は不明瞭で、手すり部材の破損の進行により急速に耐荷力が喪失する可能性が高いことがわかる。一方、鋼製の場合は、荷重3,500N程度で降伏した後破壊に至るまで2倍近い荷重増が見られる。

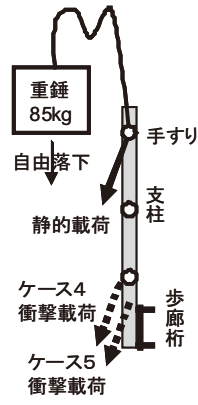


図-14 実験方法

衝撃荷重では、ケース1～4は約5,500Nの最大荷重であり、重錘重量に対する計測された最大荷重の比(衝撃係数と呼ぶ)は6.5倍程度の値を示した。過年度実施した鋼製の場合の18.0と比較すると小さく、これは、FRP手すりでは降伏後は鋼に比べて破壊までに期待できる耐荷力上昇が小さく、破壊が進むと急速に耐荷力が喪失する静的荷重試験で確認された特性によると考えられた。衝撃的荷重に対する手すりの安全性を定量的に保証するためには、衝撃の大きさや破壊過程を明らかにして、設計においてこれを定量的に考慮する必要があると考えられる。

一般的な検査路の手すりは安全帯の取り付け部位であり歩行や作業時の安全柵でもあることから、手すり部材の性能を確実に発揮できるための前提条件として、支柱位置で確実に固定され、手すりの横荷重の破壊に先行して大きく滑ったり抜け出したりしないことが求められる。本検討ではこの点にも着目して実験を行った。その結果、支柱部に開口を設けて貫通させた円形管とボルト接合した取り付け構造ではボルト部に材軸方向にき裂の発生が見られ、所要の性能が発揮できる接合部構造の確立に課題が残った。また、支柱基部の構造検討において鋼製に準じた溝型断面部材の特性を確認した。その結果、ねじりに対して鋼と異なり脆性的に破壊して安定した耐荷力が期待できないことが明らかになった。

このように、FRP部材は変形が大きく非線形的な耐荷力特性と、条件によっては脆性的に破壊が進行するという特徴によって、鋼製部材に準じた設計では機能面から求められる部材の性能が必ずしも保証されない可能性がある。そのため、実用化のためには、適用条件と要求性能に応じて、部材設計に加えて必要な構造細目を確立して組み合わせることが不可欠である。今後、構造部材としての汎用性を持たせるために、設計思想の整理、設計法の確立、構造細目の拡充などを検討していく。

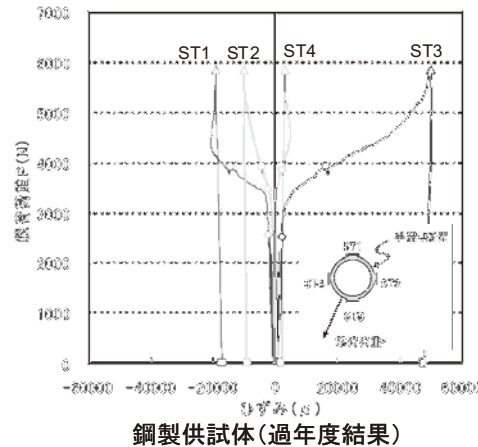
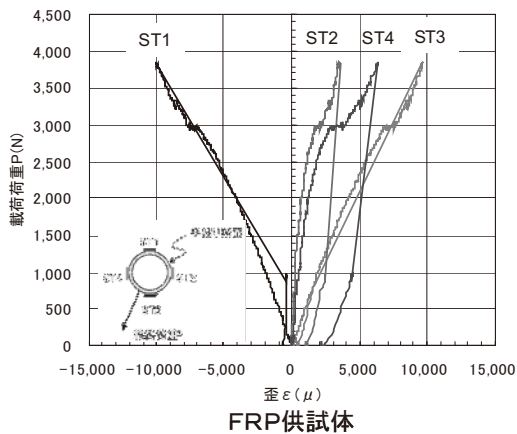


図-15 荷重とひずみの関係

[成果の発表]  
国総研資料及び各種論文等で発表予定。

[成果の活用]  
4テーマとも実用化に向けての基礎資料であり、さらに検討を進め、基準等に反映。

# 都市内道路の空間配分に関する研究

Study on efficient use of road space

(研究期間 平成 20 年度)

—都市部における速度低下要因調査—

Survey of factors to decrease driving speed in urban area

道路研究部 道路研究室  
Road Department Traffic Division

室長 上坂 克巳  
Head Katsumi UESAKA  
主任研究官 大脇 鉄也  
Senior Researcher Tetsuya OWAKI  
研究官 諸田 恵士  
Researcher Keiji MOROTA

To understand factors to decrease driving speed in urban areas, we investigated traffic volume, travel speed, and garrisoned stop. In addition, the problems of road use and the method of efficient use of road space were considered.

## 〔研究目的及び経緯〕

都市部の商業地域周辺に位置する多車線道路では、荷さばきなどの際に路上駐車に依存して経済活動が行われている事実が数多くみられ、その結果、走行機能が低下して多車線道路としてのサービスレベルが十分に発揮されない状況がうかがえる。

特に路上駐車が定常化している道路においては、路上駐車による部分的な車線閉塞にとどまらず、連続する区間が、路上駐車により車線としてまったく機能していないことから、走行可能な車線に交通が集中することで走行速度の低下を招いているのが実状である。

そこで、本調査は、都市部の多車線道路における速度低下要因を把握して、交通量や駐停車の状況等とサービス水準に関する基礎データを収集するとともに、道路の使われ方に関する問題点や、道路空間の効率的な利用等に向けたあり方について考察した。

## 〔研究内容〕

速度低下要因の特定にあたっては、車線数や沿道状況、駐停車状況の異なる2区間において、区間の両端でナンバープレート調査と交通量調査を行い、その結果から旅行時間と交通量を算出し、関係を分析した。

ナンバープレート調査は、通過時刻や捕捉の精度を考慮し可搬式ナンバープレート観測装置(OC-i:NETIS登録済)を使用した。

また、ナンバープレート調査等と同時に走行調査およびビデオ調査を実施し、旅行時間の変動要因を把握した。

研究対象区間は、一般国道4号上り線(東京都千代

田区・台東区、片側3車線、L=1.6km)および一般国道6号下り線(墨田区向島、片側2車線、L=1.2km)の2区間とした。



図-1 ナンバープレート調査の実施状況

## 〔研究成果〕

図-2は、一般国道4号上り線(東京都千代田区・台東区、片側3車線、L=1.6km)における、当該区間を通過した車両の上流側通過時刻と旅行時間の分布状況を示した図である。同図から、当該区間における1kmあたりの85%タイル旅行時間は4.66分(約4分40秒)で、旅行時間の標準偏差は0.87と算出された。

一方で、図-3は、一般国道6号下り線(墨田区向島、片側2車線、L=1.2km)における、当該区間を通過した車両の上流側通過時刻と旅行時間の分布状況を示した図である。同図から、当該区間における1kmあたりの85%タイル旅行時間は3.15分(約3分9秒)で、旅行時間の標準偏差は0.89と算出された。

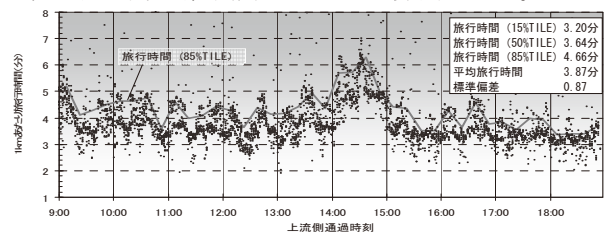


図-2 一般国道4号(片側3車線)の旅行時間



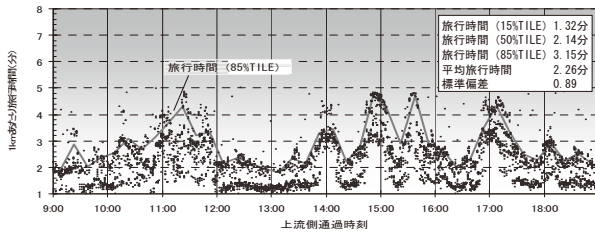


図-3 一般国道6号(片側2車線)の旅行時間

この結果、車線数の多い一般国道4号より、車線数の少ない一般国道6号のほうが、旅行時間が短いことがわかった。これは、一般国道4号は、信号交差点が多く、信号待ちが多いことと、6車線中4車線しか使っていないことが原因と考えられる。

また、図-4は一般国道4号上り線および一般国道6号下り線における1kmあたりの駐停車の状況を示した図である。同図より、駐停車台数は一般国道4号で平均17.2台/km、一般国道6号では5.7台/kmと算出され、一般国道4号の駐停車台数が定常的に多いことがわかる。この結果、一般国道4号上り線における車線利用率は、表-1に示したとおり第1車線の利用率が著しく低くなっている。

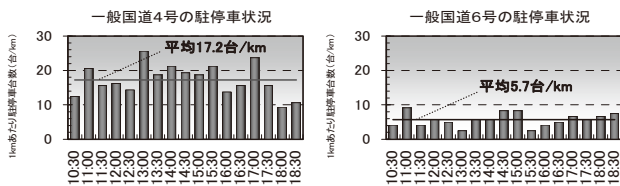


図-4 一般国道4号、6号の駐停車状況

表-1 一般国道4号、6号の車線利用率

	第1車線	第2車線	第3車線
一般国道4号	1.1%	46.4%	52.5%
一般国道6号	36.5%	63.5%	—

※午前9時から午後7時までの10時間調査の結果

これら駐停車状況が異なる一般国道4号と一般国道6号のサービス水準について、交通量と旅行時間の相関を示した図が、図-5および図-6である。同図より、サービス交通量を300台/15分とした場合の旅行速度の試算結果をみると、一般国道4号では16.4km/h、一般国道6号では25.7km/hとなり、車線数が多い一般国道4号の方がサービスレベルが低い結果となった。

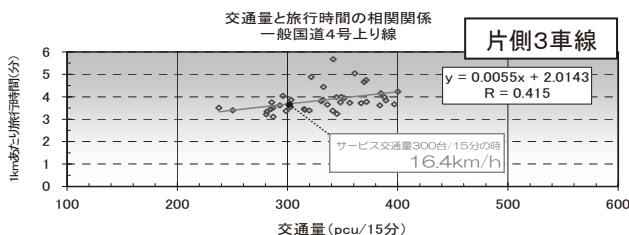


図-5 一般国道4号の交通量と旅行時間の相関

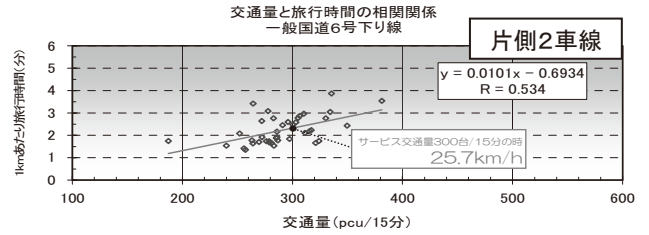


図-6 一般国道6号の交通量と旅行時間の相関

この一般国道4号の状況について上流側通過時刻からの旅行時間と旅行速度の変化の状況について一例を示したものが、図-7である。同図より下流の信号による影響が大部分を占めるが、上流側通過時刻から5分を過ぎたあたりから、路上駐車の影響と交通量の増加が重なり速度が低下している様子が明確に現れた。

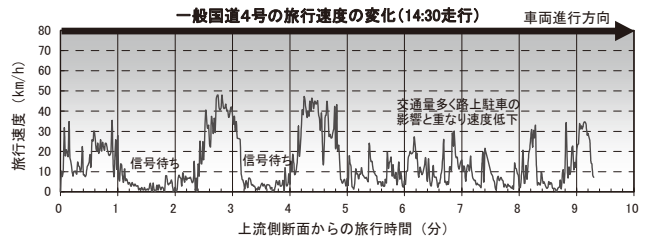
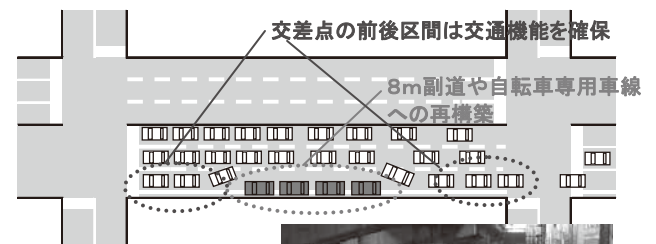


図-7 一般国道4号の旅行速度の変化状況

以上の結果が示すように、一般国道4号については下流側の信号交差点がボトルネックとなっており、単路区間の3車線のうち第1車線は走行車線として機能していないことが明らかとなった。このようなことから、今後はこの車線が走行車線として機能するような運用(取り締まり等)や、以下のような道路空間の再構築について、交差点運用も含め、ミクロな交通挙動を把握しながら、検討していく必要がある。

- ① 1車線を削減し、歩道と併せた8m副道
- ② 植栽帯の一部と併せた十分な大きさのポケットローディングつき自転車専用車線



【成果の発表】  
・土木計画学(予定)

【成果の活用】

本研究の成果については、日本における道路のサービス水準の基礎データとして、有識者と連携し、今後活用する予定である。

# 新しい道路交通システムに関する基礎的調査

## A Basic Study on the New Road Transportation Systems

(研究期間 平成 15～21 年度)

高度情報化研究センター  
Research Center for Advanced  
Information Technology

主任研究官 水上幹之  
Senior Researcher Motoyuki Minakami

Focusing on the New Road Transportation Systems is the investigating for the new paradigm road transportation systems. Nowadays road transportation systems have a lot of issues, for example, traffic accidents, traffic jams, energy consumption, CO<sub>2</sub> emission and environmental pollution. In this year, the fundamental issue about the economic evaluation method on road transportation system was investigated, particularly, about discounting rate.

[研究目的及び経緯]

### 1. 研究の背景

地球環境問題、新興国の台頭など昨今の国際情勢は、激動しており、交通分野における新しいイノベーションな交通システムの研究も、欧米先進諸国のみならず、新興国においても急速に活発化している。

例えば中国・上海において、2004年から、上海国際空港と上海都心間を時速 431km/h で結ぶ、トランスラピッドの超高速磁気浮上鉄道が営業開始となった。

現在の自動車・道路交通システムは、陸上交通の主役であるとともに大変便利なシステムではあるが、反面、交通渋滞や交通事故、二酸化炭素排出等の環境問題、増大する維持管理コスト、将来の石油資源の枯渇に対する懸念といった諸課題を抱えている。

こうした諸課題を抜本的に解決していくためには、従来の延長線上の研究開発だけでなく、交通の原点にかえて、異分野の先端技術開発等も視野に入れながら、グローバルな視野に立ち、新たなパラダイムの下、新たなコンセプト・レベルからの研究開発を鋭意行っていくことが重要である。

### 2. 研究目的

本調査は、こうした背景の下、国際的視野に立って現代の道路交通が抱える諸課題を抜本的に解決し、さらに、新世紀の地球時代に相応しい新しいサービスが提供可能な革新的道路交通システムの構築を目指すものであり、その初期の基盤となるべく、基礎的な調査研究を行っている。

### 3. 研究テーマの特徴

新しい交通システムの研究開発は、既存の例や種々の開発の歴史的経緯から見ても、最初の開発から実際への実用化に至るまでには、長期間の歳月を要する。

新たな交通システムを社会に導入するためには、社会的認知が不可欠であることは言うまでもないが、具体的に実路線配備となれば、その新しい交通システムが有する各種性能、採算性、安全性、信頼性など、技術的フィージビリティだけでなく、経済効果や事業展開していくための法整備やその事業制度の確立など、社会・経済学的な検討も当然必要となる。交通システムのような社会の根幹となる巨大な公共インフラのイノベーションには、様々な観点から、数多くの検討を行っていかねばならず、必然的に長期間を有するイノベーションとならざるを得ない。

例えば、現在 JR で行っている時速 550km/h 以上の速度を出す超電導リニアは、部内で開発検討が最初に始まったのは、1962年からであり、45年以上も検討を行っている。名古屋のHSSTにおいても30年以上の研究開発を行って、2005年に営業開通となった。こうした先導的研究の特徴は、いきなり実験路線を造って研究開発を行ったのではなく、まず基礎的な検討を十二分に行って、地道にスタートを開始している点である。

### 4. 本研究の特徴

本研究は、こうした先例から学び、また、本件が長期間にわたる研究テーマであることを十分に踏まえたものである。具体的には、模型実験あるいは、実験路

線での実験など、物理的な実験へ入る前の、前段階の地道な基礎的・基盤的研究であることを特徴とするものである。

また、本研究の2つ目の特徴として、新しいパラダイムの道路に関する研究ということが上げられる。本研究は、新しいパラダイムとして、道路を構成するひとつのサブ・システムも動くという前提で行う研究であり、いわば動く道路として、動的インフラを考える。現行の道路はいわば静的インフラであるので、パラダイムが全く既存の道路概念のものとは異なる。

従って、この新しいパラダイムの展開を行っていけば、そのシステム実体としても、従来の舗装や既存の橋梁構造の概念ではなく、稼動部分が構成の一部となる非常にメカトロニクス的な道路となる。

## 5. 研究の基本方針

本研究は、パラダイムレベルからの研究である。まず、大元となるパラダイムの検討から始まって、基礎をひとつひとつ詰めていくという方法を取っている。新しいパラダイムとしては、「動く道路」が考えられ、動く部分は、この場合、自動車車両を搭載する個別のパレットを想定している。パレットの支持方法によってシステム的には違ったものとなる。

ひとつは車輪支持であり、もうひとつは磁気浮上支持であるが、磁気浮上支持方式だと、現在の陸上交通が原理的に有する、車輪のころがり抵抗を完全にキャンセルでき、非接触・分散/分布荷重なので、構造物に与える影響を最小限にし、メンテナンス費用も低減でき、騒音や振動も激減できる可能性がある。

従って、本研究においては、数々の特徴を有する磁気浮上支持を念頭に検討を進めることにしているが、磁気浮上道路は、一般にまだ概念が浸透しておらず、コンセプト・レベルにおいても、多数のバリエーションが考えられることから、付加価値の高い対象を絞込んでいくことが非常に難しいシステムである。

またこうした新システムの開発にあたって、最も重要な事柄のひとつに、経済便益効果を事前にある程度、予測しながら開発を進めていく必要があることである。路線の建設コストが巨額での場合、従来の道路交通では得られないような性能やサービスが発揮されようとも、現実的にプロジェクト化するのには困難となる。

## 6. 研究経緯

こうした観点から、本研究は、18年度より、特に経済便益評価について、段階的に地道に基礎調査を行っている。

[研究内容・研究成果]

### 1) 経済評価についての基礎的検討

現行の経済評価の源流は Richard Layard and Stephen Glaister の「Cost-Benefit Analysis」

Second Edition Cambridge Press (1994) である。

英国の経済学者によって導かれたこの考え方は、元々銀行の投資理論から導かれたものであり、この考え方を踏襲した計算手法を土木構造物の建設・維持管理プロジェクトに適用した場合、必ずしも実際に掛かる費用原理等の実態と合致しない点に課題がある。例えば、プロジェクトにおいては、建設期間を長くした方が、現行の計算手法によれば、コストは掛からないことになるが、実際は、建設ロットを大きくして建設期間を短くした方が、コストは掛からない。こうした矛盾を解決すべく、18年度のOpportunity Costに引き続き、19年度の割引率の検討に加え、20年度はコスト評価に関して Present Value に置換することの妥当性や上記の土木構造物の特徴を洗い出すことの検討を行った。

### 2) Present Value の Cost 適用について

Richard Layard 氏と Stephen Glaister 氏が唱えているように、「未来にお金を貰うよりも、現在にお金を貰った方が得をする。」ことになるので、未来の(評価)価値を現在価値に置き換えるためには、割引いてやらなければならないことは、論理的に矛盾を生じない。しかしながら、プロジェクトにおいて、未来において仕事をやってもらう場合においては、現在価値で、それ以上に代価を支払わなければ未来においてその行為が成されることはない。

### 3) 道路の特徴について

投資理論においては、基本的にコンピュータや車等の一般商品が対象となっており、減価償却が適用される。しかしながら土木構造物(道路)は明らかに減価償却可能な一般商品とはその性格を異にする。その主だった特徴を述べると、①道路は超長期間にわたり公共的に利用が可能②一旦建設されると公共の社会的基盤財として少なくともその路線は物理的に撤去することは非常に困難であるので半永久物である③道路の場合、建設された後は様々な沿線価値が付加的に付与されその価値は、あたかも世界遺産のように、時間が経てば経つ程大きく成長する場合が多い等の特徴を有する。このような一般商品と異なる道路の資産価値の特徴を鑑みれば、B/Cによって道路を評価することに基本的な無理があるとも言え、道路版資産価値評価の構築が望まれる。

[成果の活用]

本研究は、最上流過程の研究であり、以下のプロセスに全て影響を与えるので、その意味で極めて重要である。新しいコンセプトの道路交通システムのプロジェクト開発の機運となるべく、基幹・基盤インキュベータとして成果の活用が望まれる。

## 監督・検査の効率化に資する情報管理システムの開発

Development of information management system for construction management and inspection

(研究期間 平成 19~20 年度)

高度情報化研究センター  
情報基盤研究室  
Research Center for Advanced  
Information Technology  
Information Technology Division

室長  
Head  
研究官  
Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer

遠藤 和重  
Kazushige ENDOU  
田中 洋一  
Yoichi TANAKA  
神原 明宏  
Akihiro KANBARA

**Abstract:** This study developed information management system for construction management and inspection, analysis of construction management and inspection, investigation of the information technology and made a concept of the efficiency system for construction management and inspection.

### 〔研究目的及び経緯〕

平成 17 年 4 月から品確法が施行されたことを受け、入札契約において品質等のコスト以外も評価する総合評価方式が導入され、品質向上などの技術提案のあった工事に対し、提案内容の履行を確認する必要がある。また、建設事業縮小を背景にした過当競争による所謂「安かろう悪かろう」的な疎漏工事も懸念され、従前の監督・検査では対応困難な状況となった。

そのため公共工事では、従来の監督検査に加え、技術提案内容の履行確認をしたり、品質確保の方策として監督強化（ビデオ撮影）や品質管理の強化（管理頻度倍増）を実施しているが、多大な労力を要することから、限られた予算・人員の中、品質を確保し、効率良く確認する方法の確立が必要とされている。

一方、情報化施工などの進展により、IT や情報通信技術等を利用して、品質データを施工管理情報として取得することが可能となった。それら施工管理情報の流通が容易となり、各種施工に関連するデータとの連携を進めることにより、監督・検査の効率化に資する方法の構築が可能な環境になってきた。

本調査では、日々の業務として行われている監督業務や検査業務に着目し、経験の少ない監督・検査職員に対し、様々な監督・検査項目の中から必要な情報を提供することで現場での確認・判断を支援することや、現場での確認内容を入力することで迅速な報告を可能となる情報管理システムについて提案する。平成 20 年度は、建設施工における監督・検査の効率化に寄与する施工管理システムについて民間で開発を行うために必要なシステム開発要求仕様書、データ交換標準仕様書およびデータ辞書を作成した。

### 〔研究内容〕

監督・検査業務の実態について監督職員・検査官・施工者にヒアリング調査を実施した。その際、図-1にある開発コンセプトを提示し、現在、現場で試行されている「施工プロセスを通じた検査」において、システムによる支援方法や情報化施工機器から得られる設計・施工データの施工現場における確認等について、監督職員、検査職員から意見を収集した。また、現在の監督・検査業務で非効率である内容や要望に対し、現場でシステム利用した場合の改善の可能性について、現場ニーズとして収集した。現場ニーズ等を踏まえて、明確な開発目標を設定した。監督・検査を支援するシステムの開発は、実現性を考慮し3つのステップに分けて段階的に実施することを提案した。

第1ステップは、基本機能の開発と普及である。システム基本機能の開発として、現場への普及を最優先とした最も実現性の高い3機能の開発とする。実現性の高い3機能として、施工プロセスチェックシートの入力を支援する機能（施工プロセス検査支援機能）、情報化施工データのうち最も簡便に出力可能な出来形帳票を閲覧する機能（出来形帳票閲覧機能）、設計データや出来形・品質管理基準による規格値を閲覧する機能（設計データ確認支援機能）を設定した。

第2ステップは、高度な利用を可能とするための機能追加や情報項目の拡張である。一例としては、ノウハウの共用や工程表の管理、施工機械からの施工データの閲覧等が考えられる。

第3ステップは、他システムとの情報連携機能である。第3ステップでは、監督・検査で利用したデータうち再利用の用途があるデータを他システムと連携す

# 監督・検査を支援するシステムの開発コンセプト

## システムコンセプト

- ◇監督員・検査官は適正・厳正な監督・検査を行うことが求められているが、職員個人の可能な頻度・密度には限界がある。
- ◇職員が現場において効率的に監督・検査行為を行うことができ、事務所においても監督・検査に準じる管理を行うことができるよう、施工情報及び施工管理情報を管理するシステムを開発する

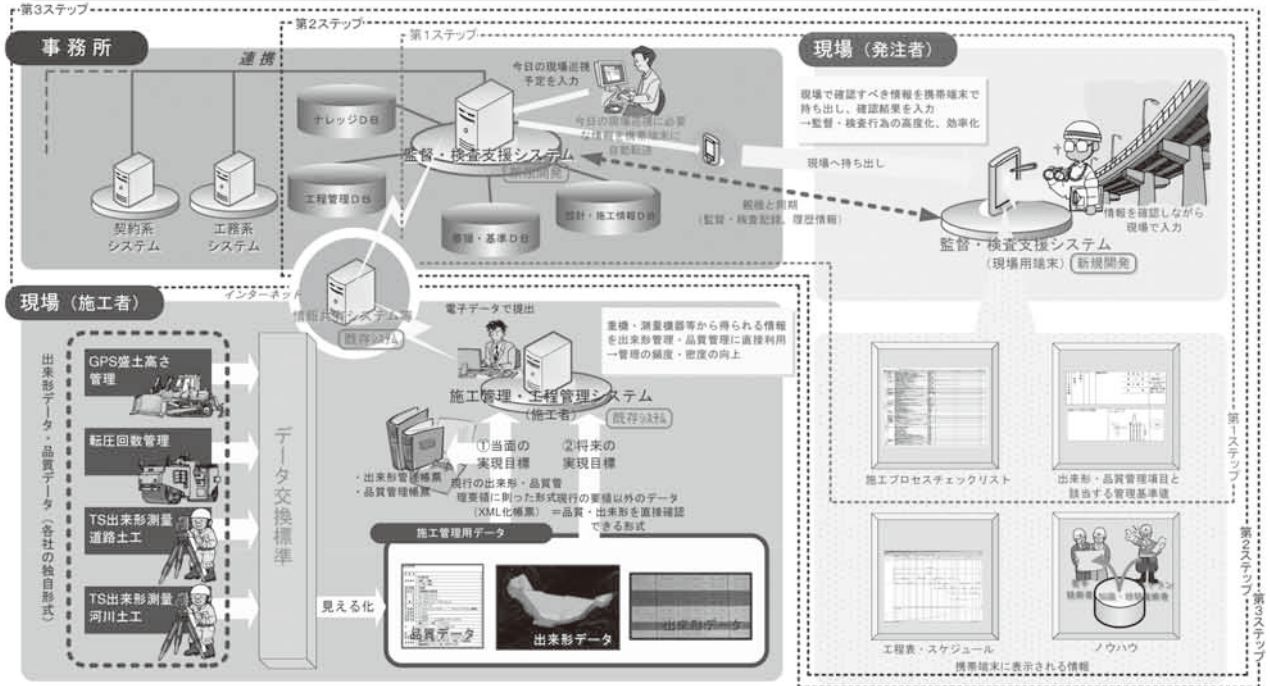


図1 監督・検査支援システムの開発コンセプト

る機能を追加する。図2に第1ステップの設計データ確認支援機能のサービスプロセスを示す

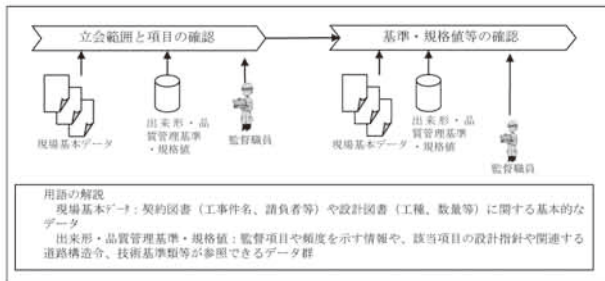


図2 設計データ確認支援機能のサービスプロセス

(2) 監督・検査データ交換標準仕様書の作成

「監督・検査を支援するシステム」で管理基準及び規格値を表示し、システムを介して測定値を受け渡し監督・検査が可能となるよう、データ交換標準仕様書を作成した。

また、本システムを適用する請負工事において受発注者間で交換される情報のうち、特に出来形・品質管理基準および各規格値の情報をデータ構造・形式について定義した。その際の記述方式として、出来形管理用TSでも利用しており、施工分野における情報を統一してソフトウェアで取り扱うことを可能とするXML形式のデータとして記述している。

## 【研究成果】

(1) 開発要求仕様書の作成

「監督・検査を支援するシステム」は、監督職員及び検査職員が、現場において監督・検査行為を行うための補助システムとして利用するものであり、本システムの機器開発の目標となる搭載すべき必要な機能を定義した「開発要求仕様書」を作成した。本仕様書では、システムのハードウェア及びソフトウェアに関する機能要求内容について記述している。

## 【成果の活用】

国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008 目標-5「完全電子納品化に対応した品質検査技術の開発」にて成果を活用

# 自律移動支援プロジェクトの推進

The free mobility project

(研究期間 平成 17~20 年度)

— 自律移動支援システムに関する技術仕様（案）の作成 —

Technical specification for the free mobility system

道路研究部 道路空間高度化研究室  
Road Department  
Advanced Road Design and Safety Division

室長 金子 正洋  
Head Masa hiro KANEKO  
主任研究官 中洲 啓太  
Senior Researcher Keit a NAKASU

The ministry of Land and Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) is developing the free mobility system that is intended to remove any restrictions on the mobility of all people by applying ubiquitous computing technologies. National Institute for Land and Infrastructure Management made draft of technical specifications for the free mobility system based on the experimental studies conducted in several districts all over Japan.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、IC タグなどのユビキタス情報基盤を整備することにより、「移動経路」「交通手段」「目的地」「周辺情報施設」など、あらゆる場面において必要な情報に、「いつでも、どこでも、だれでも」アクセスできる環境の構築を目指す自律移動支援プロジェクトを推進している。平成 16 年度から、全国各地の様々な環境下での実証実験が行われ、平成 21 年度からは、一部の地区より定常的なサービスへの移行を目指している。

定常的なサービスの提供にあたっては、地区間での機器類の互換性を確保したり、サービス提供に必要なデータを統一的に収集、蓄積していくためのルールとしての仕様づくりが重要となる。

平成 20 年度、国土技術政策総合研究所は、プロジェクト全体を統括する本省、実証実験の運営等を行う地方整備局等、学識経験者、民間企業等と連携しながら、技術的検討を行い、「自律移動支援システムに関する技術仕様（案）」の取りまとめを行った。

## 〔研究内容〕

### (1) サービスの対象者、内容の検討

システム開発において、多くの人が目標を共有し、意欲的な参画を促進するため、自律移動支援システムが想定するサービスの対象者や内容を検討した。

サービスの対象者については、表-1 に示す 11 種類とし、それぞれに対し、状況に応じたケースを示した。サービスの内容については、表-2 に示す 6 通りとし、それぞれについて、概ね実用化段階に達しているもの、将来的に実現を目指すサービスとに分類した。

表-1 サービスの対象

対象者	対象とするケース	対象	対象とするケース
(1)高齢者	(例)歩行が困難、視力・聴力が低下など	(7)知的障害者	初めて訪れる場合
(2)車いす使用者	手動車いすを使用	精神障害者	いつもと状況が変化した場合
	電動車いすを使用	(8)妊産婦	妊娠している場合
(3)身体不自由者(車いすを使用しない場合)	杖などを使用している場合		ベビーカーを使用している場合
	義足・義手などを使用している場合	(9)乳幼児連れ	乳幼児を抱きかかえている場合
	人工関節などを使用している場合		結核の手をひいている場合
(4)内部障害者	長時間の歩行や立っていることが困難な場合	(10)内部障害者	日本語が理解できない場合
	オストメイト(人工虹膜、人工関節装着者)		(例)一時的なけが(施設外やバスを使用しているなど)や構装の場合
(5)視覚障害者	盲導	(11)その他	重い荷物を持っている場合
	色覚障害		初めて訪れる場合
(6)聴覚・言語障害者	聴覚		車庫で移動している車両(いつもと状況が変化した場合)
	言語に障害がある場合		特に移動に対する制約を持たない場合

表-2 サービスの内容

分類	平成20年度の実証実験において提供されたサービス	将来的に実現を目指すサービス
現在位置案内	現在位置の表示/現在位置のランドマークを基準とした案内(利用者による登録機能を除く)	現在位置のランドマークを基準とした案内(利用者による登録機能のみ)
施設情報提供	利用者の属性を考慮した目的施設の情報提供/公共性の高い施設情報提供	—
経路探索	2点間の最短経路を探索/公共交通機関を含む最短経路探索/経路属性を考慮した/リアルタイム経路探索	リアルタイムに変化する歩行空間環境を加味した経路探索/車いすでの電車・バスの乗降の可否を反映した経路探索/公共交通の通行情報を反映した経路探索
移動案内	分岐点や曲がり角における移動経路案内/エレベーター等、操作・行動が必要な箇所まで適切な行動の仕方案内/新たな交差点を曲がる等、案内経路から逸れた場合における適切な経路の移動案内	歩行空間環境の情報の提供/変更の可能性がない(低い)バス停、乗降ホーム等の案内/公共交通の通行状況を反映したリアルタイム移動案内
注意喚起	経路上に固定された地物が存在する場合の注意喚起	リアルタイムに変化する歩行空間環境についての注意喚起/経路上に工事等の機械器具が存在する場合の注意喚起/歩行者・自転車が接近した場合の注意喚起/列車が接近した場合の注意喚起/自動車が接近した場合の注意喚起
緊急情報	災害の避難場所の情報提供	移動案内中の災害発生時避難経路の移動案内

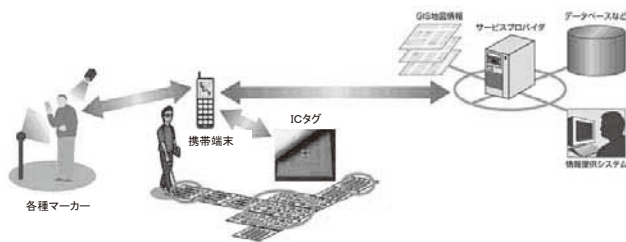


図-1 自律移動支援システムの概要

## (2) 位置特定インフラに関する検証

想定するサービスの対象者、内容を踏まえ、システムに要求される機能、性能を整理した。また、要求される機能・性能に基づき、「電波マーカ」「赤外線マーカ」「IC タグ」「IC タグ付き視覚障害者誘導用ブロック」「QR コードタグ」「地上補完システム (IMES)」「照明器具を用いた可視光線通信」の7つの位置特定インフラの候補について、各地における実証実験、民間企業等へのヒアリング等の結果を踏まえ、現状及び課題、実用化にあたっての留意点等を整理した。

## (3) サービス提供に必要なデータに関する検証

サービス提供に必要な歩行空間及び施設に関するデータベースを構築し、これらのデータを用いたサービス提供を行い、データ作成者、データ活ユーザー (サービス提供者)、サービス利用者 (一般ユーザー) のそれぞれの立場からの意見を聴取し、データベースに関する課題、対応策を抽出、検討した。

## (4) 設置、保守点検に関する検討

既設の位置特定インフラに関して、耐久性調査を行うとともに、設置、保守点検における基礎的な考え方、留意点を現時点における知見に基づき取りまとめた。

## [研究成果]

本研究の成果は、「自律移動支援システムに関する技術仕様 (案)」として、平成 21 年度以降、ユビキタス・コンピューティング技術を活用して、様々な人たちの自律移動支援を行う場合に、想定するサービスの対象者と内容、「場所」に設置される機器類の仕様、サービス提供に必要なデータの仕様等を取りまとめた。

本仕様 (案) は、システムの発展に寄与する技術開発、技術特性を踏まえた効果的な活用法の検討等において、多くの人が必要な情報を共有しながら意欲的に参加できることが重要である。そのため、「①オープンなシステムで作り上げる」「②汎用性、拡張性のあるシステムとする」「③国際標準を目指す」という3つの考え方に基づき作成し、以下の特徴を有するものとして取りまとめた。

- ① 自律移動支援システムが想定するサービスの対象者や内容をできるだけ明示し、システムの開発や活用等において、様々な主体がシステムとして目指すサービスの目標を共有できるようにした。
- ② 現時点で目標とする全てのサービスの対象者や内容に完全に対応することは難しく、地域の実情等を考慮し、臨機応変にサービスの対象者や内容を検討することを可能とした。
- ③ 地域の意欲、実情等を踏まえて設定したサービスの対象者の属性に応じて、特に重視されるサービ

スの内容を整理し、それらのサービスを適切に実施できるかという観点で、システム、構成機器等に要求される機能や性能を示した。

- ④ 要求される機能や性能に照らして、一定の実用性が確認された手法のうち、利用者の利便性、システムの円滑な運用・発展のため、共通化が望ましい必要最低限の事項について、共通ルールを設定した。
- ⑤ 自由な技術開発が可能な部分については、細かい仕様を限定せず、性能規定型の要求事項を示すことにより、現場での創意工夫、競争的発展に結びつくよう配慮した。
- ⑥ 要求される機能や性能に照らし、実証実験等において一定の実用性を確認した手法について、現場実務の一助とするため、参考仕様、実証例等を参考資料として示した。
- ⑦ サービス提供上の技術的課題は、可能な限り明示するようにした。また、利用者等にシステムの特徴や利用上の留意点を示したり、既存の案内システムとの併用を考えることなど、実現性を高める現実的な対応策についても記載した。
- ⑧ 現段階で十分な実用性が確認されなかった手法であっても、将来の可能性を有するものについては積極的に記載した。
- ⑨ 現在の関連プロジェクトにおける技術開発や国際標準化、国内外の関連規格との同行を調査し、参考となる情報を巻末の参考資料に記載した。

## [成果の発表]

- ・ 自律移動支援システムに関する技術仕様 (案)、国土技術政策総合研究所資料

## [成果の活用]

本研究の成果物である技術仕様 (案) は、平成 21 年以降、全国の意欲ある地区において、定常的な自律移動支援のサービスを提供する上で、システム構築になっての仕様 (案) として活用される。また、本仕様 (案) は、現時点の知見に基づき、作成したものであるため、実際のサービス提供を通じて得られた知見、関連技術や規格動向の変化に応じて、技術仕様 (案) の改良に努めながら、システムとしてスパイラルアップを図っていく予定である。