

タイ国
日本の道路陥没リスク診断技術を
活用した道路ネットワークの
レジリエンス強化に係る案件化調査
業務完了報告書

平成 28 年 8 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

ジオ・サーチ株式会社

国内
JR (先)
16-075

タイ国 日本の道路陥没リスク診断技術を活用した道路ネットワークのレジリエンス強化に係る案件化調査 業務完了報告書

目 次

頁

- 巻頭写真
- 略語表
- 要約

第1章	タイ国の現状	1
1-1	タイ国の政治・社会経済状況	1
1-2	タイ国の運輸・交通インフラ分野における開発課題	3
1-3	タイ国での運輸・交通インフラ分野における開発計画、政策、および法制度	10
1-4	タイ国に対する我が国の援助方針および運輸・交通インフラ分野におけるODA事業の先行事例分析	13
1-5	タイ国のビジネス環境の分析	16
第2章	スケルカ技術サービスの概要と活用可能性および海外事業展開の方針	18
2-1	スケルカ技術サービスの特長	18
2-2	事業展開における海外進出の位置づけ	21
2-3	海外進出による我が国地域経済への貢献	22
第3章	現地活動およびスケルカ技術の調査結果と活用可能性の検討	23
3-1	現地活動報告	23
3-2	スケルカ技術の現地調査概要と結果	32
3-3	スケルカ技術の現地適合性の検証(非公開)	44
3-4	現地で確認したニーズ	44
第4章	ODA案件化に向けた検討	46
4-1	ODA案件化の検討	46
4-2	具体的な協力計画および開発効果	51
4-3	対象地域およびその周辺状況	55
4-4	他ODA案件との連携可能性	56
4-5	ODA案件形成における課題	56
第5章	海外ビジネス展開に向けた検討(非公開)	58

巻頭写真



[バンコク都庁との協議風景]



[運輸省地方道路局:DRR との協議風景]



[運輸省地方道路局:DRR 本部スケルカー説明会]



[運輸省地方道路局:DRR 本部スケルカー説明会]



[タイで開催した道路陥没対策セミナー]



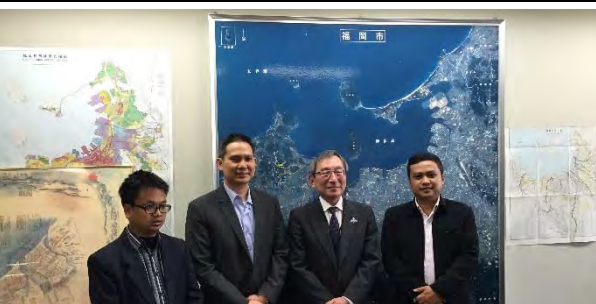
[タイで開催した道路陥没対策セミナー]



[タイで開催した道路陥没対策セミナー]



[タイで開催した道路陥没対策セミナー(会場)]



[本邦受入れ研修(行政研修)]



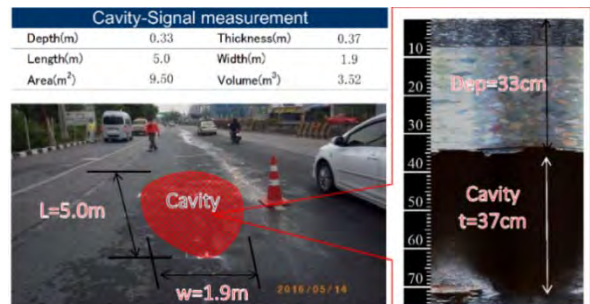
[本邦受入れ研修(技術研修)]



[スケルカー計測状況(郊外道路)]



[スケルカー計測状況(運河道路)]



[調査で確認した重交通幹線道路の大規模空洞]



[トレーラーによるスケルカーのタイ国内運搬]



[DRR 協力による道路交通規制]



[空洞信号箇所での詳細調査状況(郊外道路)]



[空洞柱状写真撮影状況(運河道路)]



[空洞内部観察、撮影状況(郊外道路)]



[現場計測前の安全確認ミーティング(毎日)]



[削孔箇所埋戻し(現地職員への指導、試行)]

略 語 表

No	略語	正式名称	和称
1	ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
2	AEC	ASEAN Economic Community	アセアン経済共同体
3	ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
4	ATA CARNET(カルネ)	Admission Temporaire/Temporary Admission CARNET	物品の一時輸入の通関手帳、通関用語
5	BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画
6	BMA	Bangkok Metropolitan Administration	バンコク都
7	BOI	The Board of Investment of Thailand	タイ投資委員会
8	BRR-1	Bureau of Rural Roads 1 (Pathumthani)	地方道路第1支局(支局は18まで) 運輸省地方道路局(DRR)の下部組織
9	BTO	Build Transfer Operate	PFI [※] の事業方式 建設・資金調達は民間、完成後は所有権を公共に移転し、その後は一定期間、運営を同一の民間に委ねる ※PFI：Private Finance Initiative
10	C/P	Counterpart	カウンターパート
11	DAC	Development Assistance Committee	開発援助委員会
12	DOH	Department of Highways	タイ国運輸省道路局
13	DRR	Department of Rural Roads	タイ国運輸省地方道路局
14	EIT	The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage	タイ国工業会
15	EM-DAT	Emergency Events Database	CRED [※] が運営する海外の災害を国別・災害別に検索できるデータベース ※the WHO Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters：ベルギー国ルーベンカトリック大学災害疫学研究所
16	EXAT	Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand	タイ高速道路公社
17	F/S	Feasibility Study	フイージビリティ調査
18	GDP	Gross Domestic Products	国内総生産
19	GIS	Geographic Information System	地理情報システム
20	GMS	Greater Mekong Sub region	大メコン圏
21	JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
22	JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
23	M/M	Minutes of Meeting	ミニッツ、協議議事録
24	MOT	Ministry of Transport	タイ国運輸省

No	略語	正式名称	和称
25	NCPO	The National Council for Peace and Order	タイ国国家平和秩序評議会
26	NESDB	Office of the National Economic and Social Development Board	タイ国国家経済社会開発委員会
27	ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
	PDCA サイクル	plan-do-check-act cycle	事業活動における生産管理や品質管理などの管理業務を円滑に進める手法のひとつ
28	SKELE-KA (サービス名称)	SKELE-KA Technology Service	スケルカ技術サービス
29	SKELE-Car (固有名詞)	SKELE-Car	スケルカー ; スケルカ技術サービスで使う調査車両の名称
30	STREAM	Sustainable TRansport for East Asian Mega cities	一般財団法人運輸政策研究機構運輸政策研究所によるプロジェクト名称 : アジア大都市の持続可能な交通プロジェクト

要 旨

第1章 タイ国の現状および道路交通機能確保/強化に対する開発課題

タイ国は、インドシナ半島の中心に位置する、東南アジアの経済成長をけん引してきた中進国である。2015年11月に東南アジア諸国連合(ASEAN)によるASEAN経済共同体(AEC)が発足した直後の現在は、周辺諸国の経済開発を踏まえた地政学的な優位性や、これまで培ってきた産業や知識の集積の発揮が同国の課題となっている。

同国の道路整備は、延長が50万kmを超え、初期の整備区間が建設後30年を超えるストックとなってきた。現在、同国の物流機能の9割以上を道路が分担しており、円滑な道路交通機能を確保/強化を図っていくことは、同国の経済発展において重要な施策となる。また、既にバンコク首都圏などの道路渋滞による交通機能の低下は深刻な問題となっており、さらには地中インフラの老朽化等が起因となった道路陥没が交通を遮断する実態も増えてきている。今後、地中ストックの老朽化や軟弱地盤であるバンコク首都圏での地下利用の高度化、地球規模の気象変動に伴う豪雨や舗装の軟性化など、陥没の発生要因は増えていくものと考えられ、タイ国およびバンコク都が現状と同じように事後対応もしくは手探りの対応を続けていけば、道路陥没事故の発生数および陥没事故損失およびリスクは増加し、社会問題へと発展していくことが懸念される。従って、タイ国の道路交通機能確保/強化に対する**開発課題は「事前防災・減災の概念に基づいた道路陥没予防の実施体制が確立されていないこと」**と整理した。同国にこのような予防体制が確立されれば、2011年の大洪水のような甚大な自然災害時の復旧に支障となる道路陥没への迅速な対応ができ、産業の早期回復も可能となる。今から予防保全として事前防災・減災に取り組むことが、同国の将来の利益につながると考える。

第2章 スケルカ技術サービスの概要と活用可能性および海外事業展開の方針

スケルカ技術サービスは、地中に潜む危険を特定して、減災対策に資する情報を提供するサービスであり、道路陥没防止・床版抜け落ち防止・埋設管マッピングの3つのコンテンツを主とする。本調査で適用性を検討する陥没防止サービスは、地中に潜在する空洞を探查した結果をもとに、陥没の危険度を診断し補修に必要な情報を提供する。診断は、世界初の高速・高解像度マイクロ波探查車「スケルカ」を用いた時速60kmでの走査と、計測データの解析等をおこなう。探查車「スケルカ」、解析ソフトともに自社で開発したツールであり、創業時に路面下の診断システムを世界で初めて実用化して以来、現場での実証結果をもとに改良を重ね続け、ノウハウの構築とともに独自に開発し進化させてきた。特に、確実な診断を実現する空洞信号を判別する解析技能については、日本国内の技術コンペにおいて数年にわたり他社の追随を許さない結果で高い評価を得ている。社会の成熟が進むASEAN地域のモデル国であるタイ国仕様のスケルカ技術サービスを創出することができれば、長期的にはASEANを視野に入れた海外拠点を中核に新たな顧客を創出し、提案企業の事業拡大を担えるものと期待している。

第3章 現地活動およびスケルカ技術の調査結果と活用可能性の検討

本調査では、6回の渡航による現地活動と、1回の本邦受入れ研修を実施した。C/P候補については、調査開始当初は、道路陥没が顕在化するBMAを候補機関として活動していたが、最終的にDRRから本調査の相手機関として承認を得ることができた。同局からは機材輸入など様々

な面でサポートいただき、技術適用性を評価するために探査車「スケルカ」実車による現地計測等が可能となった。スケルカ技術サービスによる診断は、同局との協議を進めるなかで道路陥没診断と同国で問題となっている運河道路の干ばつ起因の盛土崩落の予兆検知の可能性の二つとした。道路陥没診断については、円借款で建設された区間を含む220kmを5日間で走査し16箇所空洞の可能性のある異常信号を検出し、その中から選定した8箇所で詳細調査を実施し、全8箇所で空洞を確認した。そのうち1箇所は、重交通区間の幹線で大規模(縦5m×横1.9m×厚0.37m)な空洞であり、陥没の事前防止に寄与した。そして、スケルカ技術サービスが同国の陥没防止策として技術的な適用が確認された。運河道路の崩落問題に対しては、表面に顕在する舗装クラックや路体内部の補修跡等を捉えることができたが、最終的にスケルカ技術サービスによる盛土崩落の予兆や道路体の異常として診断することはできないと判断した。

途中、運輸省地方道路局(DRR)本部での探査車「スケルカ」の実車を用いた説明会には、日本大使館も出席し、同局長へスケルカ技術サービスを直接説明する機会を持つことができた。さらには、最終渡航時にはチュラルローンコーン大学およびタイ工業会(EIT)の協力で、道路陥没防止セミナーを開催し、本調査での取組み内容や結果等を発信した。セミナーにはBMA職員やタイの民間土木会社など、会場が満席になる参加者があり、興味の高さが伺えた。

第4章 ODA案件化に向けた検討

本調査での一連の関係機関との協議や実測による診断結果などをおして確認された、タイ国の道路行政機関ごとに道路陥没対策へのニーズと力量・リソースでの違いをもとに、同国での道路陥没防止策に関するODA案件化を検討した結果、普及・実証事業にて運輸省地方道路局(DRR)をカウンターパート(C/P)候補機関として、「道路陥没防止ガイドライン」策定などを取り入れた、陥没防止アクションの導入を図っていく計画を立案した。

この目的は、スケルカ技術サービスを活用した道路陥没防止アクションの有効性、ならびに「道路陥没防止ガイドライン」を用いた運輸省地方道路局(DRR)の道路陥没対策体制の構築可能性が実証され、かかる経験をタイ国の道路管理者に普及することであり、3年間の期間とした。

第5章 海外ビジネス展開に向けた検討

道路陥没対策事業の市場について、国家の経済成長とインフラ老朽化対策の必要時期の関係を整理し、急激な経済成長から約30年後にインフラの老朽化が顕在化し始めているという実態から、今後の需要を検討し、タイ国道路行政機関における道路陥没予算規模についても試算した。また、タイ国でのスケルカ技術サービス事業の実施形態について検討した。

案件化調査

タイ国 日本の道路陥没リスク診断技術を活用した道路ネットワークのレジリエンス強化に係る案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：ジオ・サーチ株式会社
- 提案企業所在地：東京都大田区
- サイト・C/P機関：タイ国運輸省地方道路局(DRR)



タイ国の開発課題

- 事前防災・減災の概念に基づいた道路陥没予防の実施体制が確立されていないこと
- 近年バンコク首都圏で道路陥没が顕在化し、交通を遮断する事象が増加(2011年以降に100件以上の陥没事故が発生)
- これに対し事後対応、予防する確実な診断技術やノウハウがない
- 今後、地中ストックの老朽化など陥没発生要因が増していくと予想され、経済活動の基幹となる道路交通機能の確保/強化が望まれる。機能低下は多大な損失をもたらす、深刻な社会問題へ発展していく懸念がある

提案企業の技術・サービス

- スケルカ技術サービス：地中に潜む危険を特定し、減災対策に資する『情報を提供する診断サービス』
- 自社開発の探査車「スケルカ」で、迅速に走査(時速60km)
- 日本で他社の追随を許さない確実な解析技術で、道路陥没の原因となる路面下の空洞箇所を特定
- 現地状況から空洞発生要因などを診断し、補修方法や予防策を提供

調査を通じて提案するODA事業及び期待される効果

- 普及・実証事業で、道路行政機関に道路陥没防止アクションを導入し、陥没予防体制を構築する手段として「道路陥没防止ガイドライン」を策定する
- 効果① タイ国の、道路陥没による交通事故が予防され、道路ネットワークのレジリエンス強化と経済損失の回避も図ることができる
- 効果② 同国の行政機関に道路陥没対策のノウハウが構築されるほか、人材育成/技術の習得もでき技術水準があがる
- 効果③ 同国内の自治体やASEAN諸国への陥没防止アクションが波及し、質の高い日本のインフラ技術の輸出が促進される

提案企業のビジネス展開

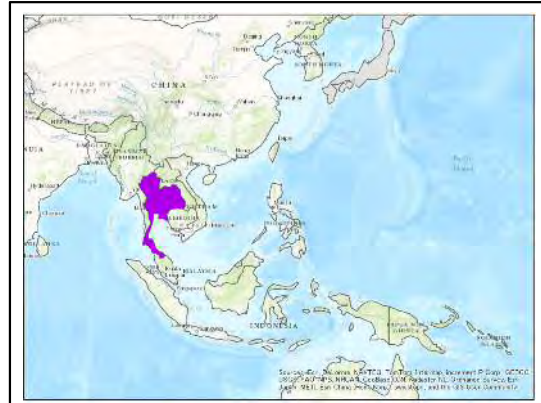
- タイ国の道路行政を顧客とし、普及・実証事業で作成するガイドラインを活用した道路陥没防止ビジネスを実施する
- 同国でのガイドライン策定の実績を使って同国内の認知度をあげ、電力公社や空港などの公共機関へのスケルカ技術サービス等を展開し、さらには同国を拠点としたASEAN地域への展開を図る

第1章 タイ国の現状

1-1 タイ国の政治・社会経済状況

1-1-1 タイ国の概況

タイ国は、インドシナ半島の中心に位置する、東南アジアの経済成長をけん引してきた中進国である。国土規模は、面積がわが国の1.4倍で人口は半分程度(図-1.1¹⁾、我が国とは600年にわたる交流があり、伝統的に友好関係を維持してきた。同国のこれまでの経済成長には、周辺の東南アジア諸国に比べ整ったインフラ、幅広い産業集積と豊富な人的資源、数回の経済危機を乗り越えた経済成長率の安定が強みとなり、さらには外資優遇政策も後押しし、これまで我が国をはじめとした多くの外資が導入されてきた。2015年11月



	タイ国	日本
面積	51.4万 km ² 日本の1.4倍	37.7万 km ²
人口(2015)	67.9百万人	126.9百万人
首都	バンコク都	東京都
都市人口比率	47.9%	92.5%

図-1.1 タイ国の概要

に東南アジア諸国連合(ASEAN)によるASEAN経済共同体(AEC)が発足した直後の現在は、アジア開発銀行(ADB)主導の大メコン圏(GMS)開発プログラムによる、生産拠点や交通要所の変化が見込まれており、周辺諸国の経済開発を踏まえた地政学的な優位性や、これまで培ってきた産業や知識の集積の発揮が課題となっている。

1-1-2 政治情勢および行政体制

タイ国は立憲君主制であり、1932年の立憲革命以降、20回を超える政変を経験してきた。現在は国王が国家元首、国政の最高責任者は首相である。近年は、2005年以降に軍事クーデターや反政府デモが数回発生しており、2014年、軍事政権創設の国家平和秩序評議会(NCPO)が全統治権の掌握を宣言した後は、同議会による民政復帰に向けた「ロードマップ」に基づいた国政が進められており、現在は新憲法発布に向けた準備段階にある²⁾。

同国の行政体制は、図-1.2³⁾に示すように①国の行政、②(中央政府(内務省)の監督下の)国による地方行政、③特別法に基づく地方自治行政の3系統で構成される。③については、77の県行政機構、町行政機構、バンコク都、パタヤ特別市という地方自治体が混在しており、県知事・郡長は内務省官僚が任命されるが、バンコク都知事のみ公選による。

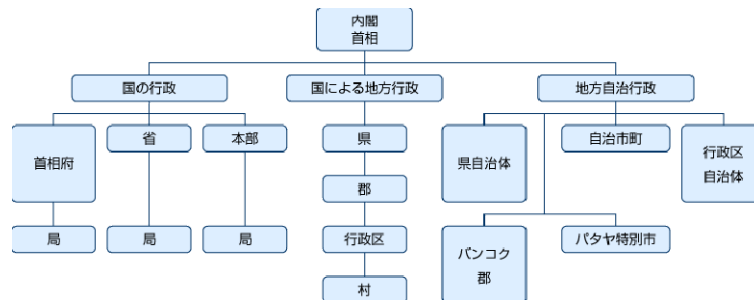


図-1.2 タイ国の行政体制(出典:国交省 web サイト)³⁾

¹⁾ 人口:世界銀行ウェブサイトより <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

²⁾ 政情:外務省ウェブサイトより <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/thailand/data.html>

³⁾ タイ国の行政体制:国土交通省国土政策局 web サイト <http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/international/spw/general/thailand/>

1-1-3 経済状況

タイ国は、ASEANの中軸国として経済基盤をASEANに置き、1980年代後半からの経済の急成長で周辺国をけん引してきた。また同国は、ASEANには1967年の結成時から加盟し、APECにも1989年の結成時から参加するなど周辺国との連携強化を重視してきており、我が国とのつながりも強い。現在は、2015年11月のAEC発足、GMS開発プログラム、東アジア地域包括的経済連携(RCEP)や環太平洋戦略的経済連携協定(TPP)など、同国を取り巻く経済に関する動きが平行して進んでおり、今後も同国の経済発展には、周辺国との関わり方が大きな軸となると考えられる。

中進国となった同国のこれまでの経済成長は、外資導入政策に拠るところが大きい。この導入に対しては、1977年に投資奨励法制定を根拠としたタイ投資委員会(BOI)が設置され、現在もこの委員会が同国の外資を一手に所管し、同国の厳しい輸入規制において重要な役割を担っている。1980年代の輸入代替的工業化から、外需依存の輸出指向工業化へと転換した産業構造は、今後は周辺諸国へ産業集積網を広げていく変換期を迎えるものと考えられる。

図-1.3⁴のASEAN4との経済成長率の推移が示すように、同国の経済には3度の大きな金融危機があった。1997年のアジア通貨危機、2008年のリーマンショック、2011年の大洪水である。これまで、同国は各々の危機後に経済回復してきたものの、政情の混乱があった2013年以降の成長率は他のASEAN諸国より低く、近年は減速している。実際に2015年の成長率は、軍事政権創設で加速が期待されたものの2.9%にとどまった。これは同国の国家経済社会開発委員会(NESDB)によると、政府投資やサービスの輸出などは大幅に増加したものの、民間消費が本格的な回復に至らなかったことや、企業の設備投資に対する慎重姿勢などが影響したとされている。また、同委員会によると2016年については、国内経済の強化をめざし、政府の景気対策と大型インフラプロジェクトの進展で経済活動が加速するものの、成長率の見込みは他国より低い3.0~4.0%となっている。

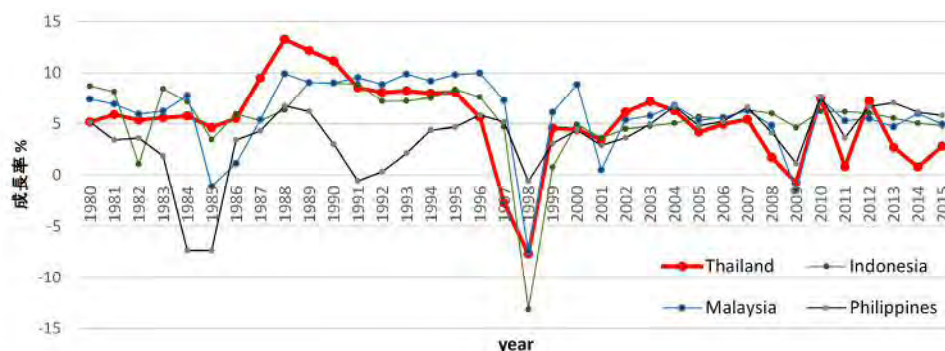


図-1.3 ASEAN4の経済成長率の推移⁴

近年のタイ国の経済指標として、国内総生産(GDP)・失業率・貿易額等を、ASEAN6との比較を表-1.1⁵に、GMS5国の比較を表-1.2⁵に掲載する。これらからタイ国の経済規模は、①アジアの貿易・金融の中心地であるシンガポール、②主要産業が石油・天然ガスであるブルネイ、③インドネシアに次ぐもので、マレーシアと同等規模ということがわかる。また、貿易額が占める割合から輸出指向工業の産業構造が数値としても読み取れる。さらに、隣接するGMS諸国と比較すると、経済格差および一日あたりの最低賃金が高いことがわかる。このことから、同国が今後GMS開発によって、これまで国内に集積してきた産業拠点を、隣接諸国へ集積網とし

⁴ 世界銀行データ <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>

てシフト/広げていく時には、高付加価値製品—汎用的な製品や役割の差別化など、戦略的な配置が必要となる。また、同国の労働力については、失業率が0.8%と低いものの、表-1.3^{7,8}に示すとおり GDP 構成比の中で第2次産業の重要性が見て取れるが、就労人口比は第1次産業が多いという逆転がみられる。このことから、賃金の低い農業が受け皿となって失業率の低さを実現している構図と、同国が価値の高い労働力の確保という課題を抱えていることが読み取れる。このような様々な開発や状況が進展する中で、さらには急速に進行している高齢化もあり、今後のタイ国の経済成長には、産業網を広げていく中で輸送物流の連携を強化することと、高付加価値産業の育成およびそれを担う人材の育成が急務であると考えられる。

表-1.1 ASEAN6 の経済指標 (GDP・失業率・貿易額等、2013～2015年)⁵

国	項目 名目GDP総額 単位：10億ドル	一人当たりの 名目GDP 単位：ドル	輸出額 単位：10億ドル	輸入額 単位：10億ドル	貿易依存の目安 (輸出額+輸入額)÷GDP	失業率	1日あたりの 最低賃金※ 単位：ドル
タイ	373.80	5,445	224.792	200.210	98.6%	0.80%	9.7
インドネシア	888.49	3,531	176.293	178.179	39.9%	5.90%	2.7
シンガポール	308.05	56,319	410.076	366.300	252.0%	1.95%	21.3
マレーシア	343.00	11,055	234.039	208.961	129.2%	2.9%	9.4
フィリピン	285	2,850	61.932	64.530	44.4%	6.8%	9.1
ブルネイ※	17	41,703	12.440	2.943	90.5%	3.9%	-

表-1.2 GMS5 カ国とタイ国の経済指標の比較⁵

国	項目 名目GDP総額 単位：10億ドル	一人当たりの 名目GDP 単位：ドル	輸出額 単位：10億ドル	輸入額 単位：10億ドル	貿易依存の目安 (輸出額+輸入額)÷GDP	失業率	1日あたりの 最低賃金※ 単位：ドル
タイ	373.80	5,445	224.792	200.210	98.6%	0.80%	9.7
ベトナム	185.35	2,052.00	150.042	148.058	160.8%	3.4%	2.2
ラオス	11.70	1,692.65	4.685	7.948	108.0%	-	2.1
カンボジア	16.55	1,080.82	10.738	17.506	170.7%	-	2.0
ミャンマー	62.80	1,221.36	22.487	24.313	74.5%	4.0%	1.1

※印のデータの出所は、The AIBS Journal(アジア・国際経営戦略学会)⁶、他は独立行政法人日本貿易振興機構(JETRO)データ⁵

表-1.3 タイ国の産業別 GDP 構成比⁷と就労人口比⁸

	GDP 構成比(2015年推定)	就労人口比
第1次産業	10.4%	29.7%
第2次産業	37.7%	23.9%
第3次産業	51.9%	46.4%

1-2 タイ国の運輸・交通インフラ分野における開発課題

1-2-1 タイ国の運輸・交通分野インフラ分野にかかる現況

タイ国は、ベトナム戦争で米軍の基地が同国内に置かれたことを背景に、「道路整備7カ年計画(1965-71)」をはじめとして、1960年代から急速に道路整備が進められ、現在は46万kmの

⁵ JETRO データ JETRO ウェブサイト <https://www.jetro.go.jp/world/search/compare.html>

⁶ AIBS ジャーナル 第7号 2013年度 P33-37, 高橋「タイ・GMS(大メコン経済圏)と2015年ASEAN 経済共同タイへの展望」

⁷ CIA The World Factbook <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/th.html>

⁸ タイ統計局データ http://web.nso.go.th/en/survey/lfs/data_lfs/2016_lf_Q1_Executive.pdf

整備延長となっている。このうち国際幹線道路は全て2車線以上で舗装されており、十分な道路ネットワーク機能を有しているが、一方で整備初期の区間は建設後30年を超えるストックとなってきた。

図-1.4は、タイ国運輸省(MOT)によるレポート⁹⁾による、2015年の同国内物流の機能分担率である。このデータから、同国の2015年全物流量が2,029億トンキロもあり、このうち鉄道の1%対し、道路が92%を占め同国の急速な経済成長を実現した産業を支えてきたことがわかる。また、(一財)運輸政策研究機構アジア大都市の持続可能な交通プロジェクト(STREAM)による研究データ¹⁰⁾によると、首都バンコク中心部の都市面積に占める道路の面積率(道路の面積÷都市面積)は7.1%と非常に低い。参考に、同研究データによると東京23区は18.4%、ニューヨークは25.2%、ジャカルタは7.3%となっており、タイ国の都市部が抱える慢性的な交通渋滞問題が道路空間不足による、深刻な状況が伺える(写真-1.1)。



図-1.4 タイ国の輸送交通機能分担率 (2015、MOT データ⁹⁾)



写真-1.1 バンコクの渋滞状況 (2015年8月、ジオ・サーチ撮影)

タイ国の道路整備および交通機能の現状まとめ

- ・2015年、タイ国の道路整備延長は50万kmを超える
- ・国際幹線道路は、舗装率100%で2車線以上が確保され、ネットワーク機能を有している
- ・初期の整備区間は建設後30年を超えるストックとなってきた
- ・タイ国の産業を支える物流の機能は道路が9割以上を分担しており、同国の経済発展に対して道路交通機能の確保/強化は重要な課題である
- ・バンコク都心の慢性的な渋滞問題が深刻である

また、同国の鉄道は1889年に開業し、現在は4,000kmが敷設され国有鉄道として運営されている。工業団地と港湾との直通ルートも敷設されているものの、機関車および貨車の不足、複線区間は4,000kmのうち90km程度にとどまるなど、運用面に直結する問題が多い。また、赤字経営が続いていることから設備投資も行われず整備が遅れている。2015年の国内輸送交通機能分担も1%と非常に低い状況にある。

⁹⁾ 「Transport STATISTICS」 Ministry of Transport <http://www.mot.go.th/statmot.html?id=25>

¹⁰⁾ 「運輸と経済」第68巻11号(2008年11月)表2・STREAM研究データ http://www.ide.titech.ac.jp/~hanaoka/East_asia.pdf

1-2-2 タイ国の道路維持管理体制

タイ国運輸省(MOT)データ⁹をもとに、タイ国の道路管理者と道路種別を表-1.4にまとめ、2015年のJICA(独立行政法人国際協力機構)報告書から抜粋した管理体制図を図-1.5¹¹に掲載する。表に示すように、同国で道路延長の大部分を占める35万kmの地方道路は、運輸省地方道路局(DRR)が整備し、管理を地方局へ移管することとなっている。また、同報告書¹¹によると、DRRは、地方道の計画から維持、管理を行う中で、標準図面・仕様書・点検評価マニュアルを整備し、地方政府へは研修や勉強会などを開催し指導教育を実施している。同国の有料道路区間については、BTO¹²形式による整備や管理と運営主体が異なる場合がある。

表-1.4 タイ国の道路管理者と種別 2015^{9 11 13}

道路管理者	道路種別	概要
運輸省国道局(DOH)	幹線国道	68,794km (舗装率 98.86%)、道路等級 1~3 級
運輸省国道局(DOH)	建設中もしくは改修中	1,283km
運輸省地方道路局(DRR)	地方道路	47,507km (舗装率 90.11%)、バンコク都内の産業環状道路やチャオプラヤ川の橋梁建設も実施、
内務省地方自治局 (Department of Local Administration)	地方道路	352,465km(2003年データ) 運輸省地方道路局(DRR)が建設し、管理が自治局に移管される
農林水産省灌漑局 (The Royal Irrigation Department)	地方道路	23,153km (2003年データ)
バンコク都(BMA)	自治体道路	1,228km 本庁と6つの道路事務所
地方自治体(BMA以外)	自治体道路	11,900km (1985年データ)
運輸省タイ高速道路公社 (EXAT)	有料高速道路	207.9km、供用区間、バンコク都内を中心とする有料高速道路、地方部の一部区間は民間会社のBTO形式で整備・運営されている
管轄：DOH、運営：ドンムアン有料道路会社	有料道路/Concession	ドンムアン有料道路のみ、民間セクターがDOHとBTO ¹² 方式で建設し通行料金から建設費を回収する
タイ国の道路整備状況 ¹⁴ <ul style="list-style-type: none"> ・延長・・・72.2千km(1990年)、231.62千km(2012年) ・整備率・・・141.3km/千km²(1990年)、352.4km/千km²(2006年) ・舗装率・・・55.3%(1990年)、98.5%(2000年) 		

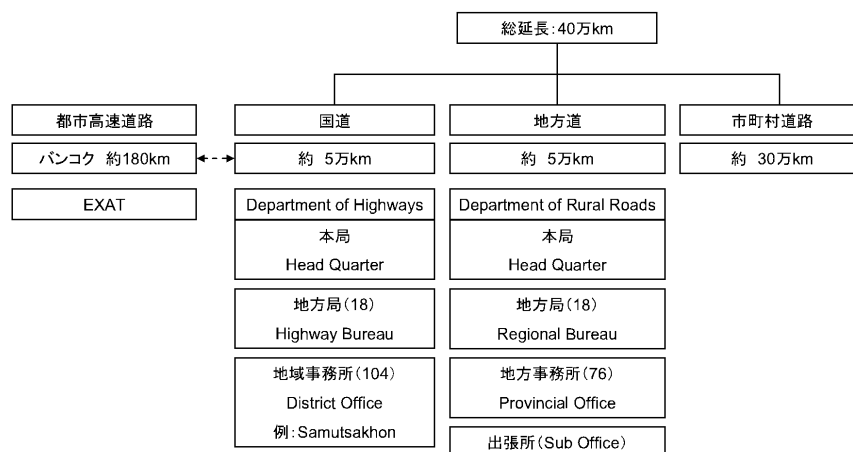


図-1.5 タイの道路管理区分と種別¹¹

¹¹ 出典：「道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査」最終報告書 平成25年1月 JICA、株式会社三菱総合研究所

¹² BTO：略語表9

¹³ タイ国経済概況 2014/2015年版(バンコク日本人商工会議所発行)

¹⁴ 出典：国土交通省 web サイト http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/kokusai/kensetsu_database/thailand/page4.html

1-2-3 タイ国の道路陥没にかかる現状

(1) 道路陥没の発生原因

道路陥没は、地中に発生した空洞が上方へ拡大し、舗装下でさらに広がった空洞が、舗装を支えきれなくなった時に舗装の破壊とともに、突然発生する現象である。地中に空洞が発生する要因には、以下に示すように地中インフラの破損箇所からの土砂の吸出し現象、大型地下構造物躯体周りの地盤のゆるみや地下水の変動、それらの複合的な地盤作用によるものなどがある。空洞の発生自体は、地中インフラの老朽化/経年的な劣化の側面からアセットマネジメントとして考えることもできるが、実際は地盤の複合的作用のものが多く、被害者が出る確率や被害額も考慮すると、リスクマネジメントとして捉えることが適する。また、大規模地震の揺すり込みも空洞の発生原因であり、日本では、地震後に復旧活動の安全確保を目的とした緊急調査を実施することがある。

ア 老朽化した地中インフラの破損による陥没

日本の国土交通省は、下水道管路の老朽化起因の道路陥没が平成26年度に約3,300件発生したと報告した¹⁵。これは、図-1.6に示すように、地中で老朽化した下水管路が破損し、破損箇所から土砂が吸出されるため空洞が発生・拡大する現象によるものである。日本では、1990年代から下水道長寿命化施策や路面下空洞調査により道路陥没防止策が図られてきたが、近年、ソウル市を中心に韓国でもこの現象が顕在化し(写真-1.2)、社会問題となったため国が政策として対応する検討が始まった。近い将来、タイ国内でも特に都市としての成熟度が高いバンコク都や、地下インフラの老朽化がはじまる地方都市部において、同様の事態がとなるものと予想される。

イ 地下利用の高度化/大型地下構造物による陥没

これまでの日本国内での研究結果¹⁶から、輻輳する埋設物や大型地下構造物(図-1.7)の躯体周りの地盤のゆるみが道路陥没の要因となることがわかっている。現在タイ国では、鉄道の新設や洪水対策のための大型地下構造物の建設が進められており、今後地中に空洞ができやすい地中状況になっていくと考えられる。

ウ 地下水位の変動による空洞拡大化

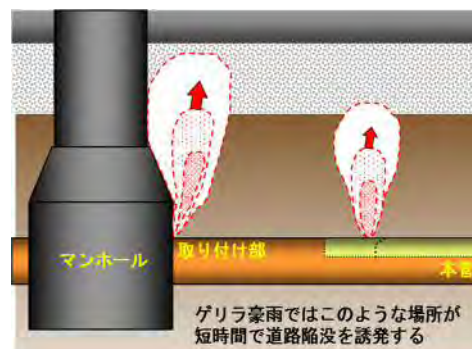


図-1.6 下水管破損起因の空洞発生イメージ図

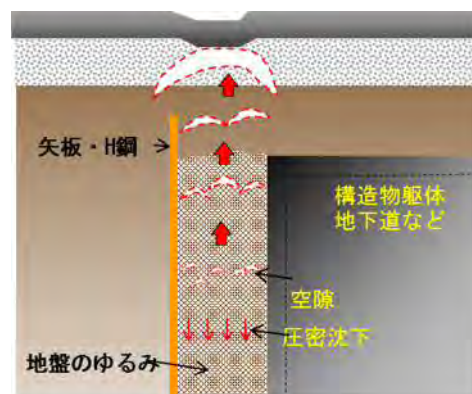


図-1.7 大型地下構造物周辺の空洞発生イメージ図



写真-1.2 2014年韓国ソウル市の陥没ニュース(出典:コリアタイムズ)

¹⁵ 国土交通省下水道局道路陥没データ <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/>

¹⁶ 参考文献：小池ら(2012)；路面下空洞の発生状況に関する考察(その1)、第47回地盤工学会研究発表会、地下利用の高度化；<http://www.jica.go.jp/>

さらに、土槽実験に基づく日本国内の研究成果¹⁷として地下水位の変動が、地中に発生した空洞を拡大化させることがわかっている。タイ国には、元来から気象環境として雨季の集中豪雨があり、さらに2011年の大洪水に代表される長雨も経験している。今後も、地球規模の気候変動は同国の降雨量に影響を及ぼすことが予想され、これに伴い空洞を拡大化させる地下水位の動きも活発になる可能性があると考えられる。

(2) 道路陥没事故の発生実態

タイ国の首都バンコク首都圏では、2011年の大洪水以降の道路陥没の顕在化が社会問題となっている。本調査で、タイ国内の道路陥没ニュースを調査した結果100件以上の陥没記事¹⁸を収集でき、バンコク首都圏で陥没事故が多数発生している実態が明らかになった(図-1.8)。また、記事の内容から陥没に対して社会的な関心が寄せられていること/ニーズも確認された。



図-1.8 タイ国バンコク首都圏の道路陥没ニュース記事(抜粋)

¹⁷ 参考文献：佐藤(2011)；地盤内空洞の生成・進展における地中構造物躯体の影響、東京大学大学院工学系研究科社会基盤専攻 修士論文

¹⁸ タイ国内インターネット <http://www.dailynews.co.th/crime/509498> など

バンコク都(BMA)が公開する行政発信のプレスリリースや新聞記事を集約したデータベースサイト¹⁹では、道路陥没の事故・対応・それに対する都庁からのコメントが50件以上収録されており、都の道路陥没に対する関心が高いことが伺える。中でも、2015年8月の記事は、同都公共工事が陥没の緊急補修に必要な機材を、局予算の10%の額面となる375百万THB(約13億円)で購入するという内容であり、都として対応が迫られていることがわかった。

表-1.5 バンコク都(BMA)の道路陥没対応の記事¹⁹一覧表(抜粋・ジオ・サーチ英訳)

Date	Headline / Speaker
August 7, 2015 11:53 pm.	Bangkok Metropolitan – BMA set a budget of 375 million baht purchase of equipment for the urgency road maintenance. Hope road collapsed solutions were caused by construction and natural disasters. The News reports
July 28, 2015, 10:50 pm.	Bangkok lean budget of the road collapsed permanent solution is not good Bangkok Metropolitan – Deputy Director of BMA Public Work Department
July 15, 2015, 9:29 pm.	BMA ask for cooperation, Most people avoid the vehicle running in the canal area. Defense collapsed road Mom Ra ChaWong Sukhumpan Paribatra, governor of Bangkok, the Permanent Secretary
July 7, 2015 10:26 pm.	BMA, use scan tool for prevent the road collapsed* Mr.Suraphol. Anawat Pongpan Deputy Director of the Department of Public Works. Bangkok 空洞探査実施について：英訳：ジオ・サーチ Mr. Suraphon Anuwatpongpan, Deputy Director of BMA Public Work Department said preparations scanner to scan the road surface in the construction of the Metro. To determine whether or not an underground cavity. After finding the Phet Ka Sem road, the construction area of the Blue Line Metro collapsed because a large hole under the road surface. He ask for people to inform the public authorities if people saw the road surface even dropped slightly.
January 7, 2015 8:21 pm.	Accelerated training plans 'Chok' no water to paddy field Mr. Adisak Kantee, Deputy Permanent Secretary for the BMA

図-1.9 にバンコク首都圏の2011年の洪水範囲²⁰と陥没地点(140地点)²¹を重ねた図を掲載する。EM-DAT²²データによると、この2011年の大洪水の被害損失は400億米ドルに上った。このような自然災害時さらには災害復旧時に発生する道路陥没は、復旧作業に支障をきたすなど、自然災害による直接的な影響と相まって、損失を拡大させることとなる。

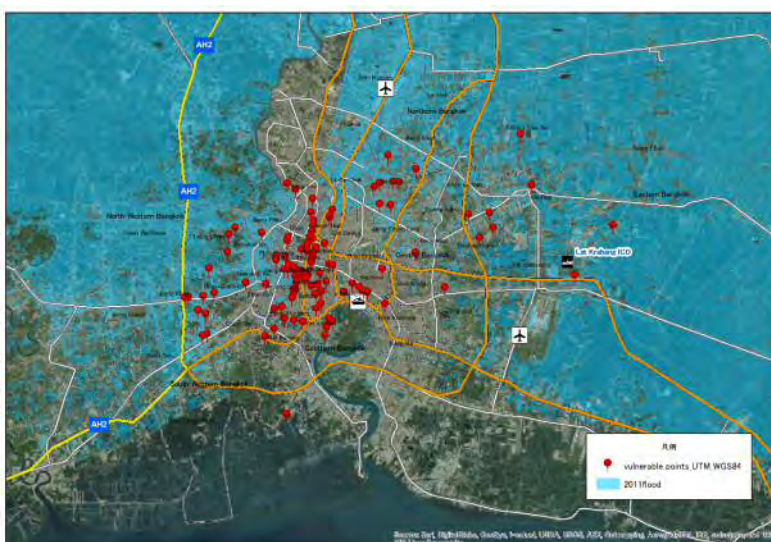


図-1.9 バンコク周辺の2011年の洪水範囲²⁰と陥没地点²¹(140地点)

¹⁹ バンコク都記事DB：<http://110.170.184.194/bmanews/viewBrowse.aspx?type=newsGroup&groupID=2>

²⁰ 洪水データソース：<http://flood.gistda.or.th/>

²¹ 陥没データソース：ジオ・サーチ作成

²² EM-DAT：略語表15

(3) 政府の対応状況

- タイ国政府の道路陥没に対する対応(運輸省国道局(DOH)および運輸省地方道路局(DRR))

前項(2)で整理したとおり、タイ国では道路陥没に対して社会的な関心が高いものの、国の道路行政機関である DOH および DRR の本局でのヒアリングでは、双方とも陥没の発生自体を本局で把握しておらず、公式な統計も存在しなかった。これらのことから、陥没が発生したら現場サイドで補修するといった事後対応を取っていると考えられる。

- バンコク都(BMA)の道路陥没に対する対応

同様に(1)の整理で、陥没が顕在化している BMA の道路陥没に対するアクションに加え、ヒアリングで公共工事が空洞調査を実施しているものの成果を得られていない等の対応状況を把握した。以下に BMA の道路陥没に対する対応をまとめる。

- ・ 2015年8月に高額な緊急補修機材を購入した(新聞記事より、(2)に記載)
- ・ リサーチ部門で3ヶ年計画の空洞探査を、シングルアンテナのハンディ型レーダで実施しているが、データ解析が難しく実際には空洞が見つけられていない
- ・ 調査した結果で空洞信号を4段階に分類している
- ・ 3ヶ年計画の路線選定および調査結果の4段階分類、ともにそれらを分類する基準はない
- ・ 空洞および陥没実態のデータ収集や原因分析をしていない
- ・ 空洞調査方法や記録、補修方法などの教科書やノウハウをまとめた資料がない

1-2-4 タイ国の道路交通機能確保/強化に対する開発課題

タイ国の経済を支える輸送機能は、9割以上を道路が分担しており、円滑な道路交通機能を確保/強化を図っていくことは、今後同国の AEC や GMS 開発による経済発展において重要である。

しかし、既に現時点で、バンコク首都圏や郊外への道路の道路渋滞による交通機能の低下が深刻な問題となっている。さらには、地中インフラの老朽化等が起因となった道路陥没が交通を遮断する実態も増えてきている。今後、地中ストックの老朽化や軟弱地盤であるバンコク首都圏での地下利用の高度化、地球規模の気象変動に伴う豪雨や舗装の軟性化など、陥没の発生要因は増えていくものと考えられる。この状況に対し、タイ国およびバンコク都が、現状と同じように事後対応もしくは低い技術力での対応を続けていった場合、道路陥没事故の発生数および陥没事故損失は増加し、同国での道路陥没に伴う損失発生リスクが年々大きくなり社会問題へと発展していくことが懸念される。

突発的に発生する道路陥没への対応は、事故や重大な問題となった後の事後対応になりがちである。首都圏で陥没の顕在化が始まった現在のタイ国の、道路交通機能確保/強化に対する**開発課題は「事前防災・減災の概念に基づいた道路陥没予防の実施体制が確立されていないこと」**である。この道路陥没予防にかかる開発課題に対する解決策は、同国の道路行政機関内に減災体制(予算)の創設であり、具体策として①日本で活用されている確実な調査技術と運用や空洞補修のノウハウを導入、②人的・物的被害を最小限にする調査計画の立案、③構築した策の継続的な運用が挙げられる。また、体制の創設に際しては技術の検証や日本でのノウハウを記したガイドラインの策定などのサポートも必要であると考えられる。

タイ国にこのような予防体制が確立されれば、2011年の大洪水のような甚大な自然災害が再び発生した場合、この次は復旧期に支障となる道路陥没への迅速な対応ができ、産業の早期復旧も可能となる。また、間接的ではあるが、世界第9位の観光収入を得ている同国にとって、

近年道路陥没が社会問題化してきた韓国のように危険な事象が顕在化する都市のイメージは負に働き、財源の縮小につながることも考えられる。今の段階から予防保全として事前防災・減災に取り組むことが、同国の将来の利益につながると思う。

1-3 タイ国での運輸・交通インフラ分野における開発計画、政策、および法制度

1-3-1 タイ国の運輸・交通インフラ分野にかかる開発計画、政策、および法制度

今後のタイ国の交通インフラの開発は、AEC・GMS 開発による、同国の経済成長を実現するための隣接国との物流の円滑化に焦点が当てられる。道路については、インドシナ半島の物流を担う、南部経済回廊および東西経済回廊がタイ国を横断する整備計画となっており、経済成長を見込んでいる同国にとってその整備がもたらす経済効果に期待が高まるものである(図-1.10²³)。

鉄道については、現在バンコク-チェンマイ高速鉄道の整備計画が円借款事業として準備が進められている²⁴。軍事政権となる前は高速鉄道の整備に多額の予算投入で予定を進めていたが、NCPO による軍政になった現在は、在来鉄道の複線化や都市鉄道など、直近で優先度の高いものに絞り込む動きがみられる。鉄道開発に不透明な部分があるものの、当面の間はタイ国および周辺諸国との輸送機能は道路が中心となることは明らかである。



図-1.10 GMS 開発の経済回廊図²³

1-3-2 タイ国の道路維持管理にかかる政策、および法制度

タイ国の政策のうち、道路維持管理に影響を与える中央政府機関は表-1.6 に示す 4 機関ある。この中で国家経済社会開発委員会 (NESDB) が作成する「国家経済社会開発計画」が国家の方針であり、すべての政府機関の事業・予算配分はこの方針による²⁵。

表-1.6 タイ国中央政府機関の役割²⁵

対象機関	維持管理に影響を与える役割
国家経済社会開発委員会 (NESDB)	<ul style="list-style-type: none"> 国家計画を策定し、事業の方針、重点分野を提示 実施機関が新規事業提案の際に実施するフィージビリティ調査 (F/S) の事業評価ガイドブックの作成
予算局 (BOB)	<ul style="list-style-type: none"> 年間予算計画の策定、予算配分及び予算管理
公的債務管理局 (PDMO)	<ul style="list-style-type: none"> 国家の債務計画の策定 公的債務の管理 実施が決定した事業に対する負債調達の斡旋
国営企業政策事務局 (SEPO)	<ul style="list-style-type: none"> 国営企業の方針策定及び業績評価 56 国営企業の株主として、自己資金の評価と助言 国営企業の投資形態の検討

²³ GMS 開発計画、東西経済回廊・南部経済回廊: JICA パンフレット http://www.jica.go.jp/publication/pamph/ku57pq00000na_jg5-att/asean.pdf

²⁴ <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000095072.pdf>

²⁵ 出典: 「タイ国 インフラ・マネジメント情報収集・確認調査 ファイナルレポート」(2014年12月、JICA、国際航業株式会社)

この中で、タイ国全国レベルの5カ年計画、「国家経済社会開発計画」は現行11次計画(2012-2016年)である。計画内には、具体的な道路陥没に関する文書や課題設定はないが、第8次計画からタイ国の経済、社会資本の強化とリスクマネジメントの改善を目標に掲げている。また、本調査により現在のタイ国に道路陥没に関する政策、法制度が存在しないことが確認された。

- 持続可能な環境整備のための戦略の1つとしてインフラ・マネジメントの強化を掲げている
- 策定中の12次計画も11次計画を継続しており、鉄道網の改善に重点をおき、周辺諸国に対する競争力を強化する方針である

この二つから、鉄道網改善への重点シフトに伴って道路分野が維持管理に移行していくという認識があると捉えられている。

1-3-3 タイ国の道路維持管理にかかる政府/自治体の取組み

本調査で、タイ国の道路行政機関として、運輸省国道局(DOH)、運輸省地方道路局(DRR)、バンコク都(BMA)の3機関に道路陥没および道路維持管理体制について実態調査を行った。DOHおよびDRRは、当初は国際担当部署が担当窓口であったが、カウンターパート(C/P)候補となったDRRについては、本調査の協力受入れに際して同局局長からメンテナンス部の担当者も任命されたことから、国際担当部門を兼任する計画部とメンテナンス部の2セクションが相手先となった。同局では、メンテナンス部が道路の舗装・橋梁などの維持管理の実務を行っている。また、BMAでは公共工事局で調査し、空洞の調査はリサーチ部、補修はメンテナンス部で実施されていることがわかった。以下に、DRRとBMAでの、道路維持管理に対する取組みをまとめる。

(1) 運輸省地方道路局(DRR)のアセットマネジメントの仕組み

DRRでは、既にアセットマネジメントの考えを取り入れ、効率的な維持管理体制を図りはじめている。同局は、通行止め箇所やリスクポイントなど道路状況を示す地図情報をウェブサイト(図-1.11²⁶)で、配信している。本調査に関係するところでは、同図に示すように、”The road collapsed(道路崩落、主に運河道路が対象と考えられる)”という項目があり、危険ポイントや未補修または補修箇所を表示、危険情報を配信している。すなわち、同局には交通利用者に危険情報を配

信するという体制が既に構築されており、これは同国の他の道路行政機関の中で最先端の取組みである。

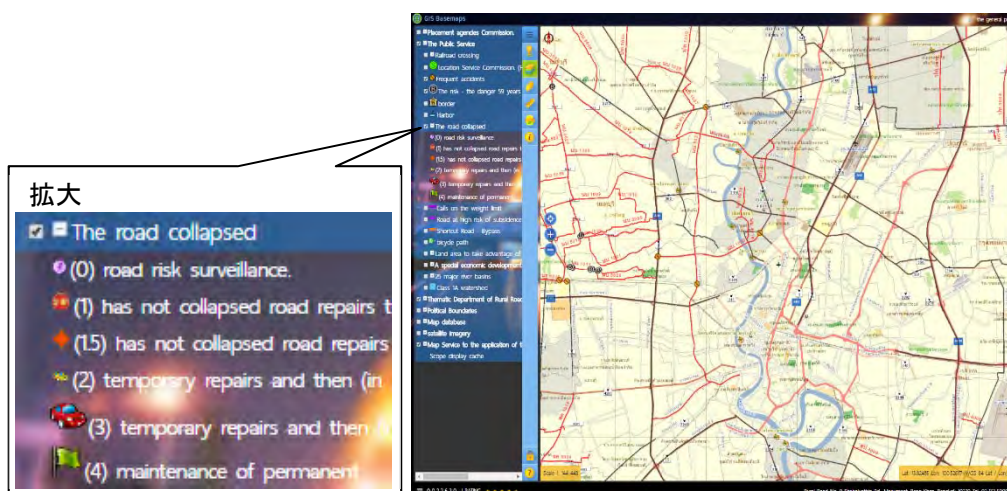


図-1.11 運輸省地方道路局(DRR)がウェブサイトで公開している道路情報²⁶

²⁶ DRR ウェブサイトの道路状況情報サイト : <http://gis.drr.go.th/DRR/Map2.aspx> (2016年8月16日)

また同局は、舗装・安全・橋梁・治水・日常維持管理業務のそれぞれのマネジメントシステムを構築し、それらをひとつのデータベースで集約した道路アセットマネジメントを実践している。図-1.12は、本調査の本邦受入れ研修時に提供された同局のアセットマネジメントの資料の一例で、SMS：Safety Management System(安全管理システム)と、2011-2013年にJICAプロジェクトで構築されたBMMS：Bridge Management System(橋梁管理システム)である。



図-1.12 運輸省地方道路局(DRR)のアセットマネジメント

(左 Safety Management System(安全管理システム :SMS)、右 Bridge Management System(橋梁管理システム :BMMS))²⁷

なお、ヒアリングの結果、運輸省地方道路局(DRR)では道路陥没や事前防災に対して積極的な取り組みがされておらず、今後対応が必要となってくることが確認された。

(2) 地方自治体/バンコク都(BMA)公共工事局による開発計画および関連計画

道路陥没への対応を実施している BMA 公共工事局では、公共事業に対するアクションプラン²⁸が策定されているが、ここに道路維持管理や事前防災についての記載はない。以下に概要と同工事局の道路陥没に対する対応(再掲)を記す。

バンコク都(BMA)公共工事局のアクションプランの概要

名称：‘Action Plan for the year 2558 (28 January 2558).’

作成：Department of Public Works Bangkok Metropolitan Administration

概要：BMA 庁公共工事局は 2558 年現在(※タイ暦 2558 年は西暦 2015 年)、開発 12 年計画のフェーズ 2 と 20 年計画の 2 つの計画と、それらを踏まえた 119 項のアクションプランがある。内容は、道路や橋梁の建設と地図や測量が中心。

バンコク都(BMA)の道路陥没に対する対応 (1-2-3 で整理した内容)

- ・ 2015 年 8 月に高額な緊急補修機材を購入した
- ・ リサーチ部門で 3 ヶ年計画の空洞探査を、シングルアンテナのハンディ型レーダで実施しているが、データ解析が難しく実際には空洞が見つけられていない
- ・ 調査した結果で空洞信号を 4 段階に分類している
- ・ 3 ヶ年計画の路線選定および調査結果の 4 段階分類、ともにそれらを分類する基準はない
- ・ 空洞および陥没実態のデータ収集や原因分析をしていない
- ・ 空洞調査方法や記録、補修方法などの教科書やノウハウをまとめた資料がない

²⁷ 運輸省地方道路局(DRR)が本邦受入れ研修時に提供した資料

²⁸ 出典 バンコク都 web サイト：<http://office.bangkok.go.th/dpw/images/document/pdf/plan58.pdf>

1-4 タイ国に対する我が国の援助方針および運輸・交通インフラ分野におけるODA事業の先行事例分析

1-4-1 タイ国に対する我が国の援助方針

タイ国が抱える課題は「産業競争力の強化」「高齢化対策」「環境・機構変動対策」「周辺国との連携強化」であり、我が国の同国への協力重点分野は、「持続的な経済の発展と成熟する社会への対応」「ASEAN 域内共通課題への対応」「ASEAN 域外諸国への第三国支援」の3項である²⁹。

タイ国およびASEANの経済の発展に不可欠な、産業の基幹となる道路交通機能の確保/強化を実現する本調査案件は、我が国の援助方針とも合致する。

1-4-2 これまでのタイ国におけるODA事業

タイ政府における本格的な道路整備計画は、1962-66年の第一次国家経済社会開発計画を受けて作成された「道路整備7カ年計画(1965-71)」から開始した。これに対し、日本国政府からの政府開発援助(ODA)は1954年の技術協力を始まり、1968年に円借款、1970年には無償資金協力が開始された。以後、円借款プロジェクトとして整備された道路は、バンコク首都圏の首都高速道路やチャオプラヤ川を渡る橋梁、主要幹線道路など多数あり、現在も都市の骨格となる重要なインフラとして機能している。また、**本調査でスケルカ技術サービス*(第2章参照)による地中状況の調査診断を実施した、運輸省地方道路局(DRR)管理の主要幹線道路も円借款にて整備された。**

タイ国とは1993年度をもって一般プロジェクト無償資金協力は卒業したが、これまでのODAは同国の経済と我が国との二国間関係の、ふたつの発展に貢献してきた。同国にとって我が国は海外からの投資額及び援助額ともに非常に大きく、我が国にとっても同国は、多くの日系企業が進出するなど重要な経済活動のパートナーとなった。表-1.7にタイ国に対する我が国の援助形態別実績を掲載する。

表-1.7 日本国の対タイ国援助形態別実績 (出典：外務省 ODA 国別ブック)
(単位：億円)

年度	円借款	無償資金協力	技術協力
2010年度	239.46	10.87	39.76(27.98)
2011年度	-	3.06	51.62(35.29)
2012年度	-	89.86	49.80(34.79)
2013年度	-	1.78	44.85(27.69)
2014年度	-	2.31	17.43
累計	21,986.21	1,705.09	2,486.87(2,242.41)

図-1.13～図1.15³⁰に示すように、日本国のタイ国運輸交通分野に対するODAプロジェクトは、これまで28件実施されてきた。これらはほとんどが2005年までの有償・建設事業であり、鉄道建設が8件と最も多い。近年は、無償の道路改修計画と、道路橋維持管理の技術協力プロジェクト(次項1-4-3に記載)が実施された。

²⁹ JICA ウェブサイトより <http://www.jica.go.jp/thailand/>

³⁰ 3グラフの根拠データ：JICA ODA 見える化サイト <http://www.jica.go.jp/oda/index.html>

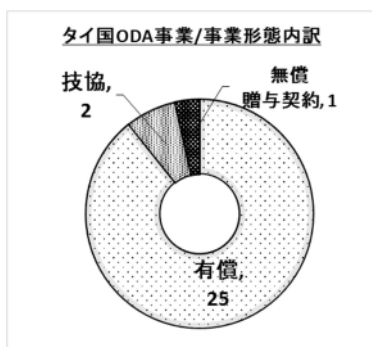


図-1.13 タイ国運輸・交通インフラ分野 ODA 事業/形態内訳³⁰

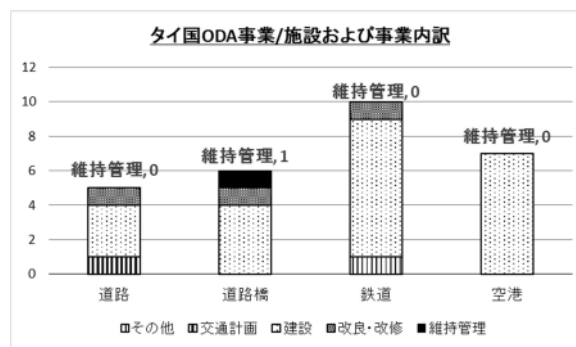


図-1.14 タイ国運輸・交通インフラ分野 ODA 事業/施設および事業内訳³⁰

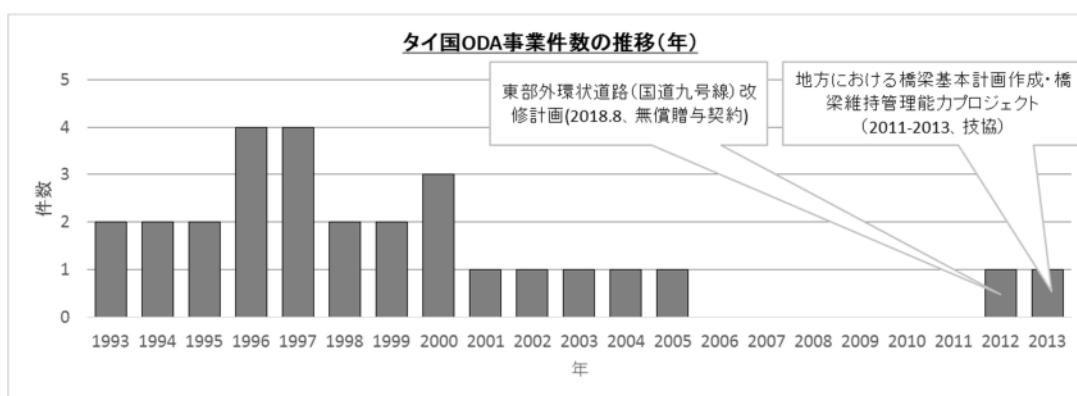


図-1.15 タイ国運輸・交通インフラ分野 ODA 事業件数の推移³⁰

1-4-3 近年の先行事例の分析

(1) タイ国における中小企業海外展開支援事業

タイ国における中小企業海外展開支援事業および案件化調査から普及・実証事業へと進んだ先行事例として、「タイ国 日本の先端測量機器及び計測技術を活用した構造物の3D維持管理手法普及に係る案件化調査」(平成26(2014)年3月、関西工事測量株式会社・株式会社オリエンタルコンサルタンツ共同企業体)³¹、および「2014年度 ひび割れ計測システムを活用した橋梁維持管理手法の普及・実証事業」(クモノスコーポレーション株式会社(旧社名 関西工事測量株式会社)、事業中)がある。本件は、遠隔ひび割れ計測システムをタイ国の道路行政機関へ導入・普及に関する調査で、同国のインフラ構造物の予防保全型維持管理を強化するとともに、総合的な災害対策の推進を目指すものである。

本件のカウンターパート(C/P)候補については、運輸省国道局(DOH)を相手に進めてきたが、先方の人事異動で方針が途中変わったこともあり、普及・実証事業の準備段階にある2016年7月現在は、ミニッツ(M/M)交渉に時間を要しており、まだ締結はなされていない。理由としては、①M/M署名者に提案企業名が含まれており、先方政府内で民間企業との署名に難色が示され調整に時間を要したこと(結局、JICAとC/P機関であるDOHの二者でサインすることで同局側の内部了承を得られた)、②DOH内部の部門間のコミュニケーションがうまくいかず、部門間の調整に時間を要した点が挙げられる。最終的には、クモノスコーポレーション社のC/P機関をDOHではなくチュラルローンコーン大学とし、M/MをJICA、同国立大学、クモノスコーポレーシ

³¹ http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho_h25/pdfs/3a06-1.pdf

ン社の三者で結んだ上で、別途 DOH と国立大学が合意文書を締結する方向で進められている。
表-1.8³²に、同社から提供いただいた本件の交渉経緯を掲載する。

表-1.8 ひび割れ計測システムを活用した橋梁維持管理手法の普及・実証事業の交渉経緯³²

年月	経緯
2015年1月	事業採択
2015年2月	運輸省国道局(DOH)担当部局との交渉開始(窓口：JICA タイ事務所)
2015年10月	DOH の局長が人事異動により交代し、民間企業とのミニッツ(M/M)締結に慎重な姿勢へと方針が変わった
2016年2月	カウンターパート(C/P)の変更について、内部で検討を開始
2016年5月	C/Pの変更を正式に決める
2016年6月	M/Mの大筋合意を取り付ける
2016年7月	チュラルローンコーン大学内でM/Mの最終確認中
カウンターパート(C/P) ・変更前 運輸省国道局(DOH)橋梁建設課(Bureau of Bridge Construction) ・変更後 チュラルローンコーン大学(協力機関：運輸省国道局(DOH))	

なお、本調査を通じて、タイ国の大義名分を重んじる文化や国民性、タイ国の政府機関の階層意識について理解を深めることができ、更に JICA の委託事業ということで、先方がより協力的になった。今後、タイ国の政府機関を相手にして、普及・実証事業等を展開するにあたっては、M/M 締結方法、内容等について上記の点を留意しつつ、C/P 機関と協議をすすめていく必要がある。

(2) 運輸省地方道路局(DRR)(本調査のカウンターパート(C/P)候補)における JICA 技術協力プロジェクト

運輸省地方道路局(DRR)では、JICA の技術協力プロジェクトとして3年間にわたる「タイ国地方における橋梁基本計画作成・橋梁維持管理能力プロジェクト(2011-2013)」³³が実施された。このプロジェクトは、同局の橋梁維持管理の能力向上に必要な制度・組織・個人に対する能力開発を支援することで、タイ国としての橋梁維持管理分野の持続的な実施能力の向上を図ることを目的とした。プロジェクトでは、同局が管理する8,000強の橋梁点検計画の作成およびパイロットプロジェクト、橋梁維持管理システム(BMMS)の整備支援、セミナーやワークショップの開催等が実施された。

なお、提案企業の調査の途中で先方職員から、このプロジェクトで経験したことと同様の技術協力プロジェクトとして調査の遂行を望む声があり、道路陥没対策にかかるC/P機関への技術移転も含めた仕組みづくりが、先方から望まれていることが垣間見られた。

³² 交渉経緯の情報、経緯表はクモノスコーポレーション株式会社から提供いただいた(2016年7月)

³³ http://open_jicareport.jica.go.jp/615/615/615_122_12123154.html

1-5 タイ国のビジネス環境の分析

タイ国には既に日系企業の集積もあり、親日で一般的なビジネス環境は良い。JETRO の調査³⁴によると、2014 年度にタイ国に進出している日系企業は 4,567 社にも上り、近年は中小企業の進出数が大企業を上回る傾向にある。ただし、提案企業のような調査診断サービス事業を営んでいる企業は存在せず、直接的に参考となるケースはない。第 5 章で詳細は記述するが、ビジネスプランとして、現地法人を設立して道路陥没診断サービスにかかる事業の実施を検討している。同国は、外資に対しては、外国人事業法などに基づいた外国資本の参入が規制されている業種がある一方で、投資奨励制度も整備されており、外国資本の参入が規制されている業種であっても、タイ投資委員会 (BOI) の認可を受けることで、一部業種への 100% 外資による進出が可能となっている。特に高付加価値産業や、タイに有益とされる業種（ハイテクノロジー、環境保全型技術、農業、電機、インフラなど）、研究・開発機能の充実化などの投資に対して、法人税および輸入関税の免除、または税制以外についても各種の優遇措置が付与される³⁵。

については、提案企業のビジネスプランを念頭に、投資推奨法、投資規制、貿易管理制度について以下のとおり記載する。

1-5-1 投資奨励法 / 外資優遇制度

投資奨励法は、奨励対象業種を指定し、税制上およびその他の恩典の付与の規定した法律であり、その概要を表-1-9 にまとめる。提案企業は、新技術を活用したインフラ施設診断という事業が対象業種として位置付けられるが、今後タイ当局とのコンタクトを通じて詳細を確認していく。

表-1.9 タイ国 投資奨励法の内容

項目	主な内容
投資奨励	Sufficiency Economy に基づき、持続的成長をもたらし、「中所得の罠」(Middle Income Trap) を乗り越え、競争力を高めるために国内および海外での高度な価値のある投資を促進すること
投資奨励業種	(1) 農業および農作物(20 業種) (2) 鉱業、セラミックス、基礎金属(16 業種) (3) 軽工業(11 業種) (4) 金属製品、機械、運輸機器(15 業種) (5) 電子・電気機械産業(8 業種) (6) 化学、紙、プラスチック(14 業種) (7) サービスおよび公共施設(23 業種)
各種優遇措置	法人税の免除、機械・原材料輸入税免除など、業種により異なる恩典が受けられる。また研究開発など、国または産業の競争力を向上させる投資を行なった場合や、地域分散や産業地区開発を促進するため特定奨励地域や工業団地などに立地した場合は、メリットベースの恩典として、法人税減免期間の延長などの恩典が追加となる

³⁴ JETRO ウェブサイト タイ日系企業進出動向調査 <https://www.jetro.go.jp/world/reports/2015/01/fe4bde99ff9eb75e.html>

³⁵ JETRO ウェブサイト 外資優遇制度の解説 <https://www.jetro.go.jp/world/qa/04J-010442.html>

1-5-2 投資規制 / 外国人事業法

外国人事業法は、「外国人」がタイ国では行ってはならない「規制業種」を3種類43業種に分け、外国企業の参入を規制するもので、概要を表-1.10にまとめる。新技術を活用したインフラ施設診断という事業は規制対象業種には分類されないと考えている。資本金に対する縛りも大きく、現地法人の設立やパートナー企業との連携において留意すべき事項である。

表-1.10 タイ国 投資奨励法の内容³⁶

項目	主な内容
規制業種・禁止業種 (規制業種3種類43業種)	<ul style="list-style-type: none"> ・第1表(9業種)：特別の理由により外国企業の参入が禁止されている業種 ・第2表(13業種)：国家安全保障または文化、伝統、地場工芸、天然資源・環境に影響を及ぼす業種として外国企業の参入が禁止されている業種 ・第3表(21業種)：競争力が不十分な業種であるとして外国企業の参入が禁止されている業種
出資比率	外資比率が50%を超える企業は、外国人事業法により上述（「規制業種・禁止業種」）の43業種への参入が禁止・規制される。ただし、一部例外もある
外国企業の土地所有の可否	原則として外国人（法人を含む）は土地取得不可
資本金に関する規制	外国企業(外資マジョリティ)の最低資本は200万バーツ以上。ただし、外国人事業法の規制業種に基づく特別の認可を取得する必要がある業種の場合は原則として最低資本は300万バーツ以上。タイ企業(タイ資本マジョリティ)は最低資本の規則はない。

1-5-3 貿易管理制度

タイ国には、商務省による輸入規制があり、特に中古車両の輸入に厳しい制限と条件があり、制度上は困難、事実上は不可能とされている。同国の商務省による輸入規制は、自国産業保護育成と環境汚染抑制が理由からくるもので、「輸入許可取得必要品目」(全19品目)が設けられ、中古車両はこのひとつに該当する。ただし、特例として輸入できる場合があるが、その目的は主に個人用、政府関係、再輸出に限ることを許可条件としており、さらに輸入関税が300%という高額な関税率がかけられる。

提案企業が道路診断サービスに使用する自走式探査車両を日本から輸送しようとする時、検査機器を搭載した中古車両となるため同国の貿易時の品目の扱いの確認から始める必要がある。本調査では機材の輸出入を2度行ったが、当初から行政関係による物品の一時使用と決まっていたことと、関係機関へのヒアリングと事前交渉を重ねたことでATA CARNET(ATAカルネ)が適用でき免税扱いとなり、調査工期内での輸出入が実現した。

³⁶ JETRO ウェブサイト https://www.jetro.go.jp/world/asia/th/invest_02.html

第2章 スケルカ技術サービスの概要と活用可能性及び海外事業展開の方針

2-1 スケルカ技術サービスの特長

2-1-1 スケルカ技術サービスが提供する先進的な情報と提案企業独自の体制

道路ネットワークは国民の経済活動や生活に不可欠な機能であり、災害時の機能不全は緊急対応や人命救助、復旧活動を寸断させてしまうため、平常時から健全な状態に維持管理していくことが重要である。しかし近年、老朽化や高度化する地下利用とその工事等が起因となる路面陥没、道路橋床版抜落ち、埋設管破損などの事故が増加しており、このうち路面陥没は、地中に潜在していた空洞が地震や豪雨等の自然災害で拡大・顕在化する現象や、新たに発生することがわかっている。陥没現象は、地中の空洞のうちに対処することで未然に防止できるため、平常時に確実な診断技術による点検で空洞を探索し、その結果をもとに効果的に補修していくことが、災害時の道路ネットワーク機能を確保する減災対策となる。



図-2.1 スケルカ陥没診断サービスが提供する情報

スケルカ技術サービスは、地中に潜む危険を特定して、減災対策に資する情報を提供するサービスであり、2016年8月現在は、図-2.1に示す道路陥没防止・床版抜け落ち防止・埋設管マッピングの3つのコンテンツを主とする。本案件化調査で、タイ国での適用性を検討した陥没防止サービスでは、地中に潜在する空洞を探索した結果をもとに、陥没の危険度を診断し補修に必要な情報を提供する。同サービスでは、世界初の高速・高解像度マイクロ波探査車「スケルカ」を用いた時速60kmでの走査と、計測データの解析診断、判定箇所での詳細調査の3工程からなる。探査車スケルカ、解析ソフトともに自社で開発したツールであり、提案企業の創業時に路面下の診断システムを世界で初めて実用化して以来、現場での実証結果をもとに改良を重ね続け、独自に開発し進化させてきた。特に、確実な診断を実現する空洞信号を判別する解析

技能については、後述するように日本国内の技術コンペにおいて数年にわたり他社の追随を許さない結果で、高い評価を得ている。スケルカ技術サービスに「診断」という文言を用いる理由は、その一連の流れが、経験を積んだ医者が、CTスキャンなどの体内を再現する最先端の機器データをもとに診断する、医療の世界になぞられるためである。確実な診断を実現するスケルカ機材と解析技術が、提案企業の独自性であり強みである。

また、スケルカ技術サービスは、2013年総合科学技術会議で国土強靱化コア技術として紹介された。また2015年国連防災世界会議の併催イベントとして行われた「ジャパン・レジリエンス・アワード(強靱化大賞)」で、従前の事後保全型管理から予防保全型減災対策への転換を促した上、危険度に応じて優先順位付けし補修対応することを可能とし、さらに大幅な調査期間の短縮と費用の削減を実現したとして、【特別顧問賞 古屋圭司(初代国土強靱化担当大臣)賞】を受賞した。さらに、2016年8月に内閣官房国土強靱化推進室「国土強靱化貢献団体の認証に関するガイドライン」にもとづく、第1回レジリエンス認証の認証団体(認証・登録番号L0000001)となった。



2-1-2 点検診断の実績

提案企業は26年前(1989年)に世界で初めて路面下空洞調査システムを実用化して以来、質の高い診断サービスを提供してきた。2016年3月現在、道路調査総延長は地球3.5周以上(155,287km)、発見空洞数は40,634箇所に及ぶ。阪神・淡路大震災、新潟県中越沖地震、東北地方太平洋沖地震などの災害時には緊急調査を実施し、道路の安全確保に貢献した。さらに道路陥没が社会問題となっている韓国ソウル特別市では、2014年に市長からの要請を受けて無償試験調査を実施し、同市が陥没対策を前進させる契機となった。

2-1-3 競合他社サービスと比べた比較優位性

スケルカ技術サービスによる確実な診断は技術コンペにおいても他社の追随を許さない結果を得ている。近年の政令指定都市を主とした自治体における低額入札での安全品質低下を防止するための技術コンペのうち、とある国内政令市における技術コンペ結果は表-2.1に示すとおり、空洞発見数や技術評価点で他社の追随を許さない結果を得ている。また、厳正な能力評価を重視したプロポーザル方式を採用する国交省業務では5年連続で受注し、全国の路面下点検を実施しており、他社サービスに比べ優位であると判断できる。

表-2.1 国内政令市における技術コンペ結果

参加業者	2010年度		2011年度		2012年度		2013年度		2014年度		2015年度	
	発見空洞数	技術評価点	発見空洞数	技術評価点	発見空洞数	技術評価点	発見空洞数	技術評価点	発見空洞数	技術評価点	発見空洞数	技術評価点
提案企業	20	71.45	7	79.71	2	72.00	2	74.00	4	90.00	5	90.00
B社	9	29.45	2	20.57	0	0	0	0	(辞退)	-		
C社	7	22.91			0	0						

2-1-4 大学連携によるレジリエンス強化に資する知の創生

提案企業は、点検診断に加えて、大学等との共同研究を積極的に進めている。東京大学生産技術研究所とは、道路陥没メカニズムについてフィールド調査で得た知見と実態を模型実験等

で解明する共同研究を2008年から実施してきた。また神奈川県茅ヶ崎市との産官学の3者で「災害時の道路機能確保に関する研究」も同大学研究所と2014年から共同で行い、空洞の発生実態や実験での検証データと下水道の維持管理の情報、建物情報を用いて地震後の陥没と道路閉塞を試算し、その結果をもとに市内の実施体制、予算など仕組みを検討した。2016年度から検討したマネジメントの仕組みが実際に施策に反映され、路面下空洞調査などの運用が開始、調査の成果はPDCAサイクルとして好循環させていく予定である。

2-1-5 スケルカ道路陥没防止サービスのアウトプットと編成

(1) スケルカ道路陥没防止サービスのアウトプット

道路陥没スケルカ技術サービスは、陥没になる前の地中に潜む空洞を探索し、空洞位置や規模、陥没に対する危険度の分析結果など、未然に補修するために必要な情報を提供する。図-2.2はアウトプット例であり、診断内容や結果が表示された位置図、個々の空洞/空洞信号の三次元空間情報(平面規模と形状、深さ)を掲載した個別の調査カルテ、顧客が補修の判断に必要とする陥没危険度診断などの分析結果などがある。

(2) サービス体制

日本国内で展開しているスケルカ道路陥没防止サービス体制を図-2.3に示す。当サービスは、より迅速で確実性を実現するため、自社開発のハードウェアと、同じく自社開発のソフトウェア、解析・診断・分析などのヒューマンウェアが連携した体制である。創業以来、各要素が有機的に連携しあい開発・改良を重ね、さらにはフィールドでの知見や大学との共同研究による追求で解析や診断技術の高度化で、現在の追従を許さない独創的なサービス像へと進化してきた。今回および次段階の海外(タイ国)での事業展開を目指すための調査活動は、現地 に即したサービス内容やアウトプット、オペレーション体制について理解し、技術変改/革新するための重要なインプットを得る機会であると捉えている。

(3) 使用する機材類(非販売)



図-2.2 スケルカ陥没防止サービスが提供する情報

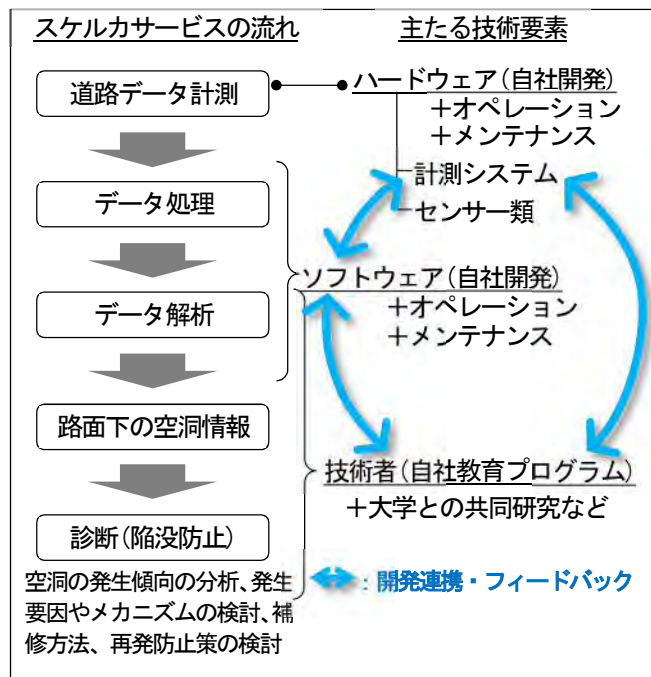


図-2.3 スケルカ技術サービス体制(陥没防止)

スケルカ技術サービスに用いる世界初の高速・高解像度マイクロ波探査車スケルカは、最大時速 60km で走査する自走式探査車であり、路面下深さ 1.5m までの内部状況を三次元で診断する。また、道路下の空洞のほかにも、地中の埋設管、道路橋の床版の内部劣化の診断が可能である。自走式探査車「スケルカ」の技術について、図-2.4 に掲載する。なお、上述のとおり、提案企業は道路陥没診断にかかる診断サービスを提供しているため、探査車「スケルカ」をはじめ、本調査で使用する機材の販売、カウンターパート(C/P)候補パートへの供与は想定していない。

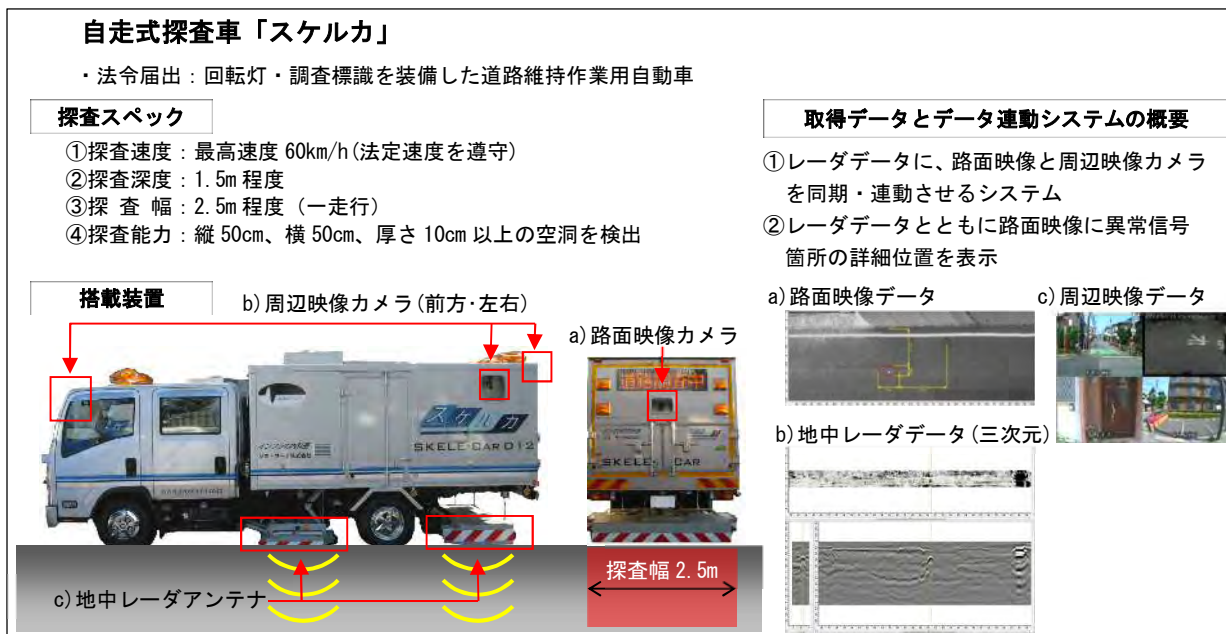


図-2.4 自走式探査車「スケルカ」の技術概要

自走式探査車「スケルカ」で検知した空洞の可能性のある異常信号箇所において、自社開発所有の特殊カメラを用いて、空洞発生状況の把握のため空洞内部を詳細に調査する。それぞれの特殊カメラの技術概要を図-2.5 に示す。

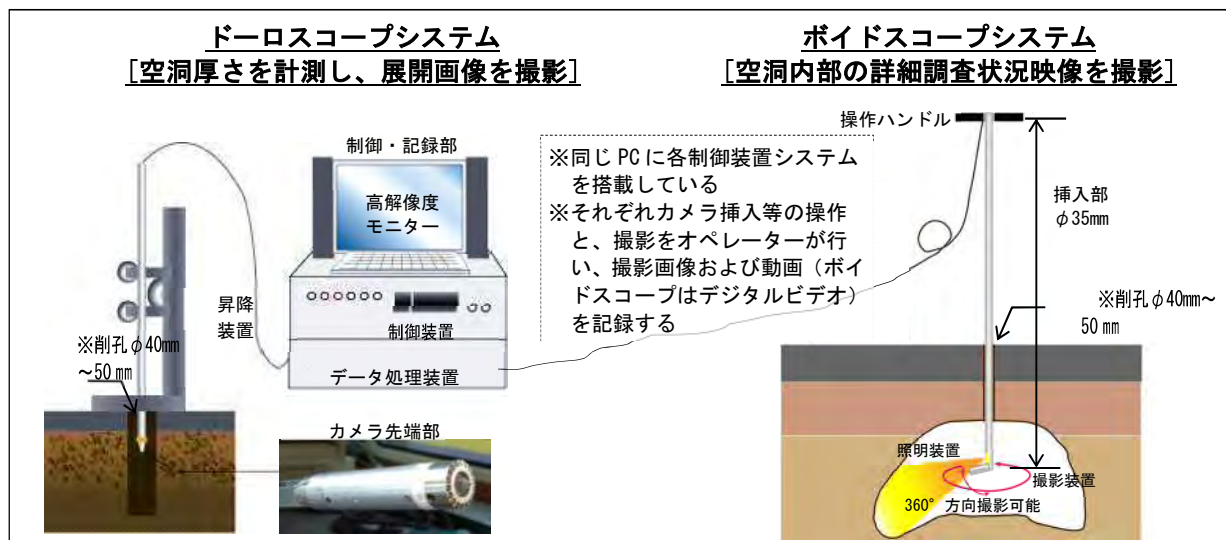


図-2.5 「ドールスコープシステム」と「ボイドスコープシステム」の技術概要

2-2 事業展開における海外進出の位置づけ

2011年の東日本大震災以降、日本国内では2013年に国土強靱化基本法が制定され事前防災体制を強化する流れが本格化した。提案企業は、この流れと平行して自走式探査車「スケルカ」

を30台体制に整え、インフラの内科医としての体制強化を図ってきた。この局面で、主たるステークホルダーを国交省が管理する国道の利用者から、国土強靱化地域計画を推進する都道府県、さらには地域防災計画を実現する市町村が管理する自治体道路の利用者に広げ、顧客となる道路管理者への事業提案を含めた様々な活動で事業の拡大を図ってきた。当面、国内においてはこの延長線上での活動を続け、顧客数を増やしニーズにあったサービス像を明確にしていきながら、提案企業オリジナルの「レジリエンスシステム(強靱化システム)」を作り上げていく予定としている。

あわせて、提案企業は2014年に、道路陥没が社会問題となった韓国ソウル特別市から調査の要請を受け、スケルカで無償試験調査を実施し、同市のみならず同国が陥没対策を前進させる契機をつくった。この経験から、「レジリエンスシステム」の需要が海外にも存在することがわかり、ビジネス展開の検討を開始した。海外の現地で実際に技術サービスを提供する経験は、ニーズの掘り起こしや現地に対応した技術への改良、価格設定などを検討しながら活用可能性を明確にすることであり、ここからの新たなサービス像が創出される。ついては、韓国とタイ国を海外展開の軸とする事業展開を図っていく。社会の成熟が進むASEAN地域のモデル国であるタイ国で創出することができれば、長期的にはASEANを視野に入れた海外拠点を中核に新たな顧客を創出し、提案企業の事業拡大を担えるものと期待している。また、国内の事業資源に対して、甚大な被害想定のある首都直下地震や南海トラフ地震の発生時のBCP(事業継続計画)の観点からリスク分散としても海外拠点を据えることも考えている。

2-3 海外進出による我が国地域経済への貢献

● ASEAN 諸国に対する日本発信の質の高いインフラ防災ブランドのリーディング企業

本事業は、日本ブランドとして質の高いインフラ防災サービスの輸出、スモールスタートのパイロット事業として位置づけること、さらには今後の展開として、他の日本ブランドとなる防災技術や教育、ノウハウ等とパッケージ化して輸出するなど、新たなビジネスモデルの創造の可能性がある。したがって、国内地域経済への貢献として、下記3項を考える。

- ①国内の防災サービスの輸出の機会創出、新たなパートナーとの連携および連携強化
 - ②現地に適合した新たなハードウェア等製作など、事業実施に必要な開発に伴う部品調達等
 - ③データ転送技術を駆使した遠隔診断など、新しいノウハウや事業形態などの国内への還元
- 提案企業のこれまでの経験として、今回のスケルカ技術が、地雷除去支援時期に現地に適合するように開発した三次元の地雷探査技術が礎となり、国内で事業を展開する先進的な技術サービスとなったことがある。さらに、現在国内で事業展開を図っていく中で、探査した空洞の補修に対し、提案企業と経営的な関係性を持たない企業が新たに補修材料を開発し、活用が広まっている状況もある。提案企業の技術サービス自体は常に進化させるため、その展開による地域経済の貢献もあるが、本件の目的である安全な道路を実現するサービスの創出には、現存の潜在技術の掘起しや活用を含め、防災への関わりが少ない企業や大学と連携を加速させ、これが地域の雇用創出、地域産業の発展にも貢献すると考える。

● タイ進出の日系企業のサプライチェーンの安定化

タイ国に進出する多くの日系企業はサプライチェーンとしてタイ国に拠点を置いて機能させている。タイ国内の道路ネットワークのレジリエンス強化を図る提案企業の事業は、同国への直接的な利益はもちろん、タイに進出している日系企業の利益の増進に繋がるものである。

第3章 現地活動およびスケルカ技術の調査結果と活用可能性の検討

3-1 現地活動報告

3-1-1 活動内容の概要

本調査では、6回の渡航による現地活動と、1回の本邦受入れ研修を実施した。調査開始当初は、道路陥没が顕在化し始めたバンコク都(BMA)をカウンターパート(C/P)候補機関として活動していたが、都知事不在という政情が不安定な状況もあって本調査の工期内に先方の受入れ体制が整う見通しがなくなったため、途中、C/P 候補機関を変更し、最終的に運輸省地方道路局(DRR)から本案件化調査の相手機関として承認を得ることができた。DRR からは機材輸入など様々な面でサポートを受け、技術適用性を評価するために探査車「スケルカ」による現地計測、および技術の適用性の評価を実施することができた。表-3.1 にこれまでの活動内容の概要をまとめる。

表-3.1 本調査の活動内容一覧表

年月	カテゴリ	訪問先	内容
2015/10 渡航①	現地情報収集(輸出入)	JETRO タイ事務所	探査車「スケルカ」輸入(通関)相談
	輸出入	タイ日新(通関会社)	
	カウンターパート(C/P)候補 表敬訪問	バンコク都(BMA)局長	公共工事局長へ表敬訪問 JICA 協力レターの提出
	(全体)	在タイ日本国大使館	
	セミナー準備	チュラーロンコーン大学	
	C/P 候補	運輸省地方道路局(DRR)	技術紹介、感触良
	現地情報収集(機材)	西尾レントオールタイ	
	計測準備(車両整備)	TRI PETCH ISUZU SERVICE CO. JP	
	C/P 候補協議(2回)	バンコク都(BMA)	関係者へ技術紹介、実務打合せ 陥没防止、埋設管マッピングに感触良
	C/P 候補	運輸省国道局(DOH)	技術紹介、感触良
	輸出入	バンコク税関内 JICA オフィス	
計測準備(現地踏査)	BMA、DOH、DRR の調査希望路線		
2015/11 渡航②	C/P 候補協議	バンコク都(BMA)	庁内担当者変更となった連絡を受け、新担当へ挨拶・面談し、再スタート
2015/11	タイでの事業準備	(独)中小企業基盤整備機構主催 のセミナー	海外展開セミナーを受講、相談会にて法令など教えてもらう
2015/12 渡航③	C/P 候補協議	バンコク都(BMA)	副知事サインの庁内のプロジェクト承諾書の複写を受領、バンコク都知事不在
	輸出入	レムチャバン港通関局	専門検査官にヒアリング ATA カルネ使用OK、その他準備助言
	C/P 候補協議	バンコク都(BMA) 副局長	BMA が、本件に対し担当者をつけるなど具体的なサポートをしない：「本件を受入れない」ということを確認
	C/P 候補協議	運輸省地方道路局(DRR)	・バンコク都との経緯を説明し、本件の相手機関として打診し、承諾を得た ・計測路線の決定
	輸出入	タイ日新	カウンターパート(C/P)候補の変更、レムチャ通関助言共有
	車両通行許可	陸上輸送局(Department of Land Transport)	ヒアリング、タイ輸入後の通行許可書発行について助言
	計測準備(現地踏査)	運輸省地方道路局(DRR)管理路線、4路線	
2016/1	C/P 候補：庁内担当者任命	運輸省地方道路局(DRR)	本件について、担当者任命レターが局長より発行
	現地外部人材のみ 輸出入協議、計測協議	運輸省地方道路局(DRR)	具体的な輸入準備の協議(現地外部人材、タイ日新)→荷受人はタイ日新、その他全て DRR がサ

年月	カテゴリ	訪問先	内容
			ポート
2016/1 ～2 渡航④	セミナー準備 (全体)	チュラーロンコーン大学 日本大使館	技術紹介、セミナー骨子
	計測準備(駐車場)	運輸省地方道路第1支局(BRR-1、 DRRの下部組織)	駐車場提供
	協議	運輸省地方道路局(DRR)	期間中2回、計測、本邦研修、報告など
	計測準備(現地踏査)	カラパブ通り方面、運河Lエリア、 他、複数名、複数回	
	探査車「スケルカ」輸入通関、 引渡し、再輸出通関	(レムチャバン港、BRR-1)	輸入通関に1週間を要した ※港←→BRR-1はトレーラーにて輸送
	計測	Phatum Thani/DRR3, 4, 5, Kanlap aphnuak/DRR2, Nonthaburi/DRR9 Nonthaburi/DRR1, Nonthaburi/DR R10	JICA立会あり BRR-1の先導車・後備警戒車提供による計測と回 送。DRRへは毎日の計測開始連絡。終了後に日報 を提出
	探査車「スケルカ」説明会	DRR	運輸省地方道路局(DRR)局長、大使館参加
	輸出入	タイ日新	再輸出に関わる実務内容
	輸出入	JICA 通関支援室	情報提供を依頼されたため面談
	現地情報収集	首都高バンコク駐在事務所	現地情報収集の他、DRRでの技プロ内容について ヒアリング
2016/2	本邦受入れ研修	東京大学、福岡市下水道道路局、 ジオ・サーチ	技術と行政研修、スケルカ技術のDRRでの活用に ついて
2016/3	CANAL 対応	探査車「スケルカ」計測を実施した運河道路が崩壊。DRRから依頼があり、早急に診 断し、レポート提出・検討の進め方を提案(メール)	
2016/3 渡航⑤	診断結果報告 二次調査協議他	運輸省地方道路局(DRR)	期間中2回 空洞信号16箇所、二次調査箇所選定、工程確認 プロジェクトの今後について
	全体	日本大使館	期間中2回 佐渡島大使1回、小林書記官1回
	セミナー準備	チュラーロンコーン大学 ワンチャイ教授	セミナープログラム作成、日程決定(2016/5/18)
	輸出入	タイ税関局(本局、バンコク)	二次調査機材輸出入手続きのヒアリング
	セミナー準備	タイ工業会(EIT、会場)	セミナー会場視察、スタッフと段取り打合せ
輸出入	タイ日新	二次調査機材輸出入手続き、日程打合せ	
2016/5 渡航⑥	調査機材の輸入通関、引渡し、 再輸出通関	(レムチャバン港、BRR-1)	車輻(VAN)、機材ともにコンテナ輸送 ※港←→BRR-1はトレーラーにて輸送
	計測(二次調査)	Nonthaburi 県、運河道路(Phatum Thani 県)	空洞の可能性がある16の信号から選定した8箇 所と運河道路2地点、全箇所での空洞を確認、DRR へは毎日の開始終了連絡と日報を提出
	セミナー準備	タイ工業会(EIT、会場) JICAより運輸省地方道路局(DRR)へ、プレゼンターのレター提出	セミナー会場にてスタッフと打合せ他
	セミナー開催	タイ工業会(EIT、会場)	Japanese Advanced Non Destructive Survey for Under Road Surface Maintenance Management in Thailand 講演者：日本大使館、ジオ・サーチ、運輸省地方 道路局(DRR)職員2名、東大桑野教授、JICA本部 参加者：約80名
	大学での講義	チュラーロンコーン大学	セミナー座長のワンチャイ教授からの依頼、学 生・院生とディスカッション
	現地情報収集	首都高バンコク駐在事務所	首都高のタイにおけるビジネス展開の状況と方 針をヒアリング
	現地情報収集	JETRO バンコク	タイでの事業化に向けた現地情報ヒアリング
調査結果報告 今後について協議	運輸省地方道路局(DRR)	JICA本部・タイ事務所同行、次段階としてガイ ドライン作成を提案	

※JICAタイ事務所とは渡航毎に面談打合せをしており、本表からは割愛

※同様に、渡航時の現地ローカルエンジニアとのミーティングも割愛

※現地ローカルスタッフ RIT 氏のカウンターパート(C/P)候補への活動により、プロジェクトが進んだ

3-1-2 スケルカ診断

提案企業のスケルカ技術診断サービスの、タイ国での適用を検証するため、同国の道路で実車による計測と診断を行った。診断内容については、カウンターパート(C/P)候補である運輸省地方道路局(DRR)との準備協議を進めるなかで、①道路陥没診断、②問題化している運河道路の干ばつ起因の盛土崩落の予兆検知の可能性、の2つとした。以下にそれら診断の概要を記載する。

(1) 道路陥没診断(詳細は3-2にて記載)

2016年2月3-9日の5日間、タイ国に輸入した探査車「スケルカ」を用いて3地区の220kmを計測し、解析の結果**16箇所**の空洞の可能性のある信号を検知した。その後同年5月に、選定した8空洞信号箇所特殊カメラ等を用いた**詳細調査箇所の全ての信号が空洞と確認**した。このうち重交通区間であるカラパブ道路の1箇所は、図-3.1に示すようにコンクリート舗装直下に縦5.0m×横1.9m×厚37cmと非常に大きかったため、運輸省地方道路局(DRR)へ速報を提出し、渡航期間中の報告協議では提案企業のノウハウによる発生原因の推測と、補修方法の提案まで行った。調査対象区間は先方からの要望路線から選定し、詳細調査箇所は日本での陥没危険度の評価方法を準用した結果に基づき、先方との協議で選定した。

DRRには、調査の実施に至るまでの通関手続き、車両や機材の保管、計測および詳細調査における先導車両および後備警戒車(安全対策)など、非常に多くの便宜供与をいただき、現地調査が実現した。



写真-3.1 タイ国でのスケルカー計測状況 [市街地エリア、円借款道路] (2016年2月)

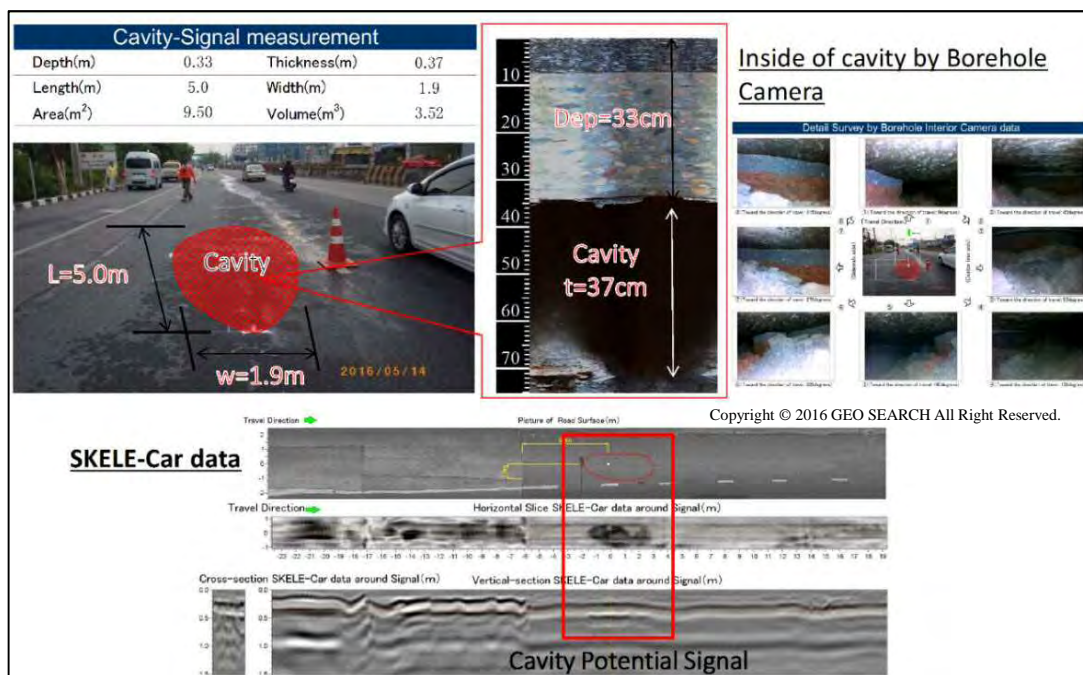


図-3.1 カラパブ道路で確認した大規模空洞の調査データ

(2) 干ばつの影響による運河沿いの道路の崩落予兆検知（詳細は 3-2 にて記載）

タイ国の干ばつで顕在化している運河道路の崩落について、スケルカ技術の崩落予兆検知の可能性検討の要望を受け、3つの運河道路で探査車「スケルカ」計測を実施し可能性を検討した。解析にあたっては、道路体の内部診断となるため、路面下空洞を検知する解析に加え、地中の状況を詳細に解析するため連続的な3次元データを生成し、局所的もしくは断片的に存在する多数の異常信号を検知した。これら信号を4系統に分類し、うち2系統の確認調査を実施した。



写真-3.2 計測状況 [運河道路]

確認調査は、異常信号箇所とその近傍の健全箇所の2箇所ですでに深さ1mまで小口径削孔し、各孔の柱状写真の撮影とポータブルコーン貫入試験で簡易的に地盤強度を計測した。調査の結果、近傍点同志の舗装厚に30cmも差があること、繰り返してきた舗装のオーバーレイが確認されたが、地盤強度には大きな違いはなかった。各々の異常信号は、想定していた補修跡や極端な舗装構成の変化を捉えたもので、これから**スケルカ技術サービスによる盛土崩落の予兆や道路体の異常として診断することはできないと判断した。**

また、計測から1カ月後の3月1日に、計測路線のうち1路線(3035 (Canal 13 / east))で大規模崩落が発生したため、崩落予兆の検知の有無について、急きょ運輸省地方道路局(DRR)から要請され検討した。検討の結果、スケルカデータの路面映像では、集中発生していた縦断ひび割れがキャッチできたが、崩落の兆候を検知できないことがわかった。発生した崩落の観察とスケルカデータの確認で、崩落は図-3.2に示すようなメカニズム(運河底部付近の抑止力が効かなくなり盛土基部の水平移動による、道路上部は鉛直に崩落)で発生したと推測した。DRRに対しては、運河道路の崩落問題解決へ向けた取組みとして、6段階の技術検討を提案した。

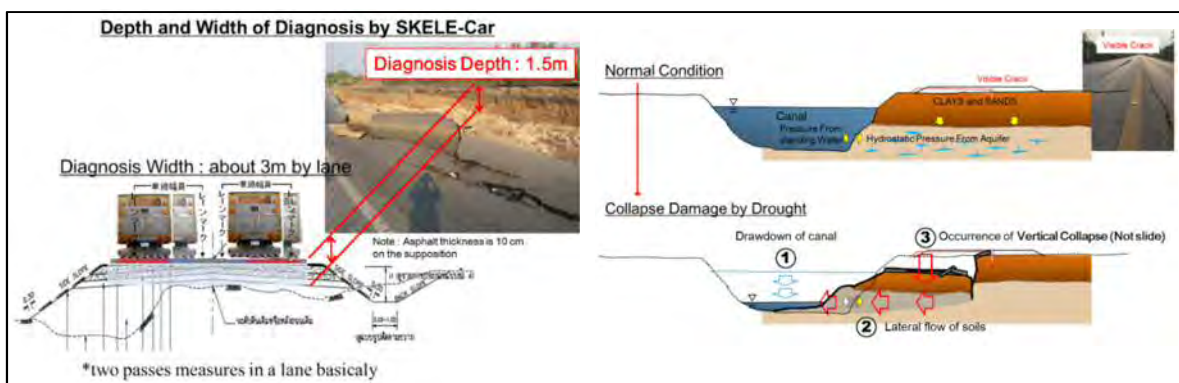


図-3.2 運河道路の探査範囲と提案企業が想定した崩壊メカニズム

3-1-3 機材輸出入手続きの実現性

● 関税免除

タイ国には、中古車両の輸入について厳しい制限と条件がある。これは、自国産業保護育成と環境汚染抑制が理由で、中古車両は商務省が定める「輸入許可取得必要品目」（全 19 品目）の一つであり、通常の輸入で 300%という高額な関税率がかけられ、更に輸入目的は主に個人用、政府関係、再輸出に限ることを許可条件としている。

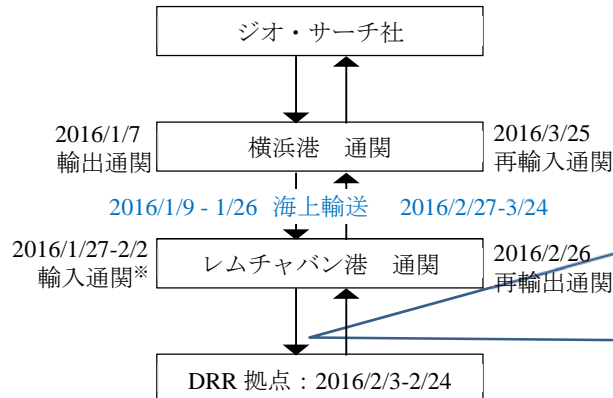
本調査のような、行政関係による物品の一時使用の場合は、相手国の税関で免税扱いとなる便宜や措置を図ることができる場合があり、そのひとつに ATA カルネ(通関手帳)を用いる方法がある(ATA カルネについては、別添資料 7 に説明を掲載)。今回日本もタイ国も ATA 条約に加盟しているため、通常物品であれば ATA カルネ使用による免税措置が図られると考えられていたが、今回は自動車に対する規制が厳しいタイ国での輸入となるため、日本側ではカルネ発行を行う日本商事仲裁協会カルネ事業部において事前審査で可の確認を取ってもらい、タイ側では運輸省地方道路局(DRR)内の法務担当による審査が行われ、最終的に ATA カルネの適用が確認された。

● 通関許可および所要日数

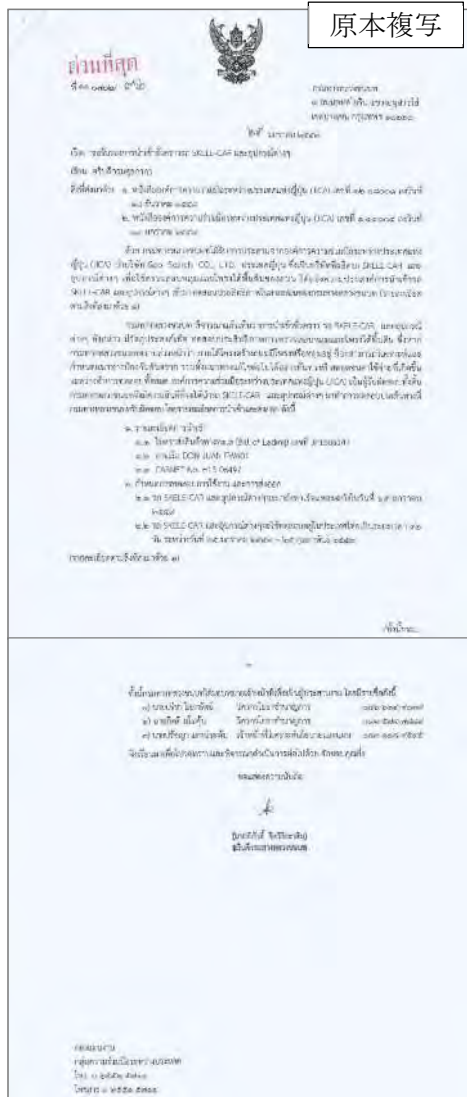
本調査では、技術の検証およびニーズ把握のため、提案企業で開発した機材①計測車両であるシステム搭載の探査車「スケルカ」、②詳細調査用のシステムを搭載した二次車両、③特殊カメラなど調査用機器類を、同国に輸入する必要があった。このため、カウンターパート(C/P)候補を探す段階から通関手続きの便宜協力も併せて交渉し、平行して、輸出入の手続きに必要な準備事項を固めるため、在日タイ国大使館、JETRO などノウハウのありそうなあらゆる関係機関や企業へ、訪問ヒアリングを主とした調査を進めた。ヒアリングを繰り返す中で、特に提案企業のような特殊な機材等を扱う場合は、搭載の部品ごとに許可手続きが必要とされてしまう場合があり、このとき所轄が工業省だけではなくなるため、輸入許可を下す所轄機関が定まらずたらい回しとなる実例があることがわかった。さらに、同国内の荷受人の対応不足から輸入許可が下りない実例も多々あり、同国への輸入自体が相当に厳しいという実情と、さらには輸入通関手続きには通常数カ月～半年かかるという認識があることもわかった。従って、本調査の1年の工期内で2度の機材輸出入を実現させるために、同国にとってイレギュラーな速さで手続きをする必要があり、日々同国の関係者の力量を勘案した内容の工程を立てて動かし、ひとつずつクリアにしていきながら進めていった。

第一弾となるスケルカーの輸出入の手続きは、カウンターパート(C/P)候補をバンコク都(BMA)から運輸省地方道路局(DRR)へ変更した直後の12月から開始した。工程の余裕は全くなく、庁内の局長による担当者任命のレター発行に始まり、経験の浅い担当職員(タイ人)を、本件の現地外部人材(タイ人)が支援しながら庁内の合意獲得と調整を日々進め、最終的にはJICAから運輸省地方道路局:DRR 局長への便宜供与レターを経て、運輸省地方道路局:DRR の局長から通関局局長へ通関承認要請レターの発行が実現し、通関許可が下りた。タイ人同士の連携と、毎日の現地と日本側の密な連携、通関業者(日本企業、タイは支店:担当者はタイ人)との直接やり取りでレターの内容を決め、日本側でのATAカルネ申請・発行など、全てを平行して進めた。最後、海上輸送に1カ月弱かかることから、タイ側の受入れが不確定であったが日本側から見切りで輸出することを判断し、タイ側着港後の輸入通関手続きに1週間を要したが、ようやく現地計測の前日に通関許可が下りた。以下、タイ側の輸入通関手続きのポイントを記す。

- ・通関の免税措置：一時輸入 ATA CARNET にて実施
- ・タイ側の輸入通関種目：Equipment（レムチャバン港通関専門検査官への事前相談による）
- ・運輸省地方道路局（DRR）局長から通関局長へ、承認要請レター発行
- ・タイ国内での車両通行許可：扱いが Equipment のため不要。ただし、承認要請レターに保管場所、機関等を記載。DRR 管理外となる区間はトレーラー輸送とし、移動には全て DRR の先導車・後備警戒車が付くことで対応。
- ・スケルカー輸出入～引き渡しの実施工程：



- ・スケルカー輸入の承認要請レター[運輸省地方道路局（DRR）局長→通関局長]



ジオ・サーチによる和訳

番号コーコー 0702/962
 地方国道路局 8 番 ホンヨーン通り アヌサリ-町 パンセン区 パンコ 10220
 2016 年 1 月 25 日
 件名 SKELE-CAR、及び各種機器の一時的輸入の承認要請
 宛先 税関局長
 送付資料 1. 日本国際協力機構（JICA）の書類番号 12-18001 日付 2015 年 12 月 18 日
 2. 日本国際協力機構（JICA）の書類番号 1-13004 日付 2016 年 1 月 13 日

地方国道路局は、路面下の空洞探査に使用する SKELE-CAR、及び各種機器の製造会社である日本 Geo Search Co., LTD. より、SKELE-CAR、及び各種機器を用いて地方国道路局の路線を効率的に調査する輸入の意向通知があったことにより、日本国際協力機構（JICA）から協力要請を受けた。（詳細は、送付資料 1）上記 SKELE-CAR、及び各種機器の一時的輸入は、路面下の空洞探査を効率的に調査する目的のためであり、地方国道路局が道路建設プロジェクトにおいて空洞を事前に関知していれば、危険防止対策、及び、タイムリーに改善が可能となる。更に、調査実施において発生する全ての経費については、日本国際協力機構（JICA）が全責任を負うものとする。従って、地方国道路局は、検討した結果、SKELE-CAR、及び各種機器を輸入し、地方国道路局の管轄する路線の調査実施を奨励する。輸入、及び輸出についての詳細は下記の通りとする。

1. 輸入詳細
 - 1.1 船荷証券 (Bill of Lading) 番号 JP1606147
 - 1.2 船便名 DON JUAN FW601
 - 1.3 CARNET No. H15 06497
2. 調査実施スケジュール、及び輸出
 - 2.1 2016 年 1 月 25 日、SKELE-CAR、及び各種機器がレムチャバン港に到着
 - 2.2 2016 年 1 月 25 日から 2016 年 2 月 25 日まで 32 日間、SKELE-CAR、及び各種機器をタイ国内にて調査に使用。

（詳細は、送付資料 2）
 これにつき、地方国道路局は、下記の氏名リストの通り実施者を任命する。

- 1) **** 土木専門エンジニア **--**
- 2) **** 土木専門エンジニア **--**
- 3) **** 方策、及び計画アナリスト **--**

引き続き実施検討のほど、よろしくお願いたします。 以上
 (****) 地方国道路局長
 計画課 国際協力グループ電話 0-2551-5711 ファックス 0-2551-5714

3-1-4 探査車「スケルカ」説明会（2016年2月）による現地での紹介

探査車「スケルカ」での計測期間中の2016年2月5日(金)に、3時間を要して運輸省地方道路局(DRR)の本部で、探査車「スケルカ」実物を用いた機材説明会を実施し、局長はじめ30名を超える職員および在タイ日本大使館書記官の参加のもと、スケルカ技術サービスを広報する機会を得た。職員から、技術への多数の質問を受けたほか、局長から「今回、機材販売ではなく、情報を提供するサービスなので受入れを決定した」という言葉をいただき、スケルカの情報提供サービスに理解があったことを確認できた。



写真-3.3 運輸省地方道路局(DRR)本部庁舎前での探査車「スケルカ」説明会(局長参加)



写真-3.4 運輸省地方道路局(DRR)本部庁舎内でのスケルカ技術説明会

3-1-5 本邦受入れ活動（2016年2月）による日本における陥没防止策の取組みを紹介

2016年2月22-26日の5日間、運輸省地方道路局(DRR)職員三名の技術研修として、日本国内における陥没防止事業の取組みを通じて、道路管理者として陥没防止事業を実現するために必要な知見を得ることを目的に、本邦受入れ活動を実施した。

(1) 活動内容

- ア. 日本で最先端である提案企業の道路陥没リスク診断技術と事業の研修
- イ. 東京大学の空洞実験施設見学、タイ現地で計測したスケルカ診断結果を用いた技術診断議論
- ウ. 日本の地方自治体（福岡市）での先進的な陥没防止事業の取組みの紹介

(2) 参加者リスト（氏名 (Mr./Ms.)、所属、役職）

運輸省地方道路局(DRR)の職員3名

- ・ Mr. Preecha Soparat ,PhD, International Cooperation Division, Civil Engineer
- ・ Mr. Kitchakorn Pinlamai , Maintenance Division, Civil Engineer
- ・ Mr. Prutchaya Dangpradub , Policy and Plan Analyst

(3) カリキュラム、日程表

日程 (2016 年)	工程/訪問先	宿泊先
2/22 月	入国 (タイ国→日本/東京 羽田空港)	東京/蒲田泊
2/23 火	午前：ジオ・サーチ社にて技術研修 午後：東京大学にて実験施設見学、タイ現地調査結果の診断について議論	東京/蒲田泊
2/24 水	午前：ジオ・サーチ社にて今後の方向性について議論 午後：福岡へ移動	福岡/博多泊
2/25 木	福岡市にて行政研修	福岡/博多泊
2/26 金	出国 (日本/福岡→タイ国)	福岡空港

(4) 活動状況写真



2/23 ジオ・サーチ技術研修[左・データ解析、中・機材開発、右・ソフトウェア開発]



2/23 東京大学技術研修[左・空洞実験施設見学、右・技術ディスカッション]



2/25 福岡市行政研修[左・勉強会 (福岡市/DRR 各々からプレゼン)、右・地下貯水池見学]

3-1-6 セミナー開催 (2016年5月) による現地での紹介

タイ国で、道路陥没防止の取組みを広く報せることを目的に、チュラルローンコーン大学ワンチャイ教授の協力のもと、2016年5月18日(水)にタイ工業会(EIT)にてセミナー:「Japanese Advantage Non Destructive Survey for Under Road Surface Maintenance Management in

Thailand」を開催した。内容は、在タイ日本大使館の挨拶のあと、①提案企業からスケルカ技術の紹介と今回のタイ国内での現地調査の状況と結果の報告、②外部人材である東京大学桑野教授より日本での陥没防止策と空洞メカニズムにおける研究の最先端の情報提供、③運輸省地方道路局(DRR)職員からのタイ国における道路管理の現況、④JICA本部よりJICAの中小企業海外展開支援事業の枠組みの紹介とした。EIT事務局よりEIT会員へ事前に案内を送付したところ、当日の会場は、バンコク都庁職員、タイ国での地盤系コンサルタント、空洞補修材を扱う民間企業など80名程の参加者で満席になった。図-3.3および写真-3.5に、プログラムと状況写真を掲載する。

Japanese Advanced Non Destructive Survey for Under Road Surface Maintenance Management in Thailand

Wednesday 18 May 2016 13:30 - 16:25 P.M.
Room No. 1, 4th Floor Engineering Institute of Thailand (EIT)

Organized by:
Thailand Geotechnical Society (TGS)
The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage (EIT)

Chaired by:
Dr. Wanchai Teeraraks
Associate Professor in Geotechnical Engineering,
Department of Civil Engineering, Chulalongkorn University

AGENDA

13:30 Opening Address
- 13:35 by Takashi Kobayashi, Secretary, Japanese Embassy
by Representative, Ministry of Transportation

13:35 Report on Japanese state of the art SKELE-KA technology and its application in Thailand
- 14:05 by Mr. Yuzaka Koike, and Ms. Ryoko Sera, GEO SEARCH, Co., Ltd.

14:05 Recent Topics on road maintenance management in Thailand
- 14:50 by Mr. THANACHAI CHIRAPRANUKUL, Director of Rural Road Network Development Division, by Dr. Preecha Soorati, Civil Engineer, Bureau of Planning, Department of Rural Road, Ministry of Transportation

14:50 Coffee Break
- 15:20 Under government cavities, its occurrence mechanism, preventive maintenance and disaster mitigation for preventive aspects of road cave-in accidents in Japan
- 15:50 by Professor Dr. Renko Kuwano, University of Tokyo

15:50 JICA's Partnership with the Japanese SMEs
- 16:00 by Yusuke Yokoyama, Project Formulation for Supporting Japanese SMEs Division, Domestic Strategy and Partnership Department, Japan International Cooperation Agency (JICA)

16:00 Question and Answer
- 16:15
16:15 Closing Remarks
- 16:25 by Yasumitsu Kingohira, Senior Representative, Japan International Cooperation Agency (JICA) Thailand Office

会場のEIT

図-3.3 左・セミナーのリーフレット、中・セミナープログラム、右・セミナー会場のEIT



壇上のバナー

東大桑野教授の講演

運輸省地方道路局：DRRの講演

ワンチャイ教授挨拶

ジオ・サーチの講演

会場の様子(満席)

写真-3.5 セミナー会場の様子

3-2 スケルカ技術の現地調査概要と結果

3-2-1 調査概要

今回、探査車「スケルカ」による計測（一次調査）、計測データの解析、空洞の可能性のある異常信号箇所での詳細調査（二次調査）の3段階の調査を行った。調査の目的は、「地中に潜在する空洞を探査し陥没危険度を診断すること」と「運河道路の崩落予兆検知の可能性検討」の2項の検証である。一次調査は2016年2月3～9日のうち5日間で実施し、3地区6路線で220kmのデータを取得した。その後、一次調査のデータを日本に持ち帰り解析した結果、16箇所の空洞の可能性のある箇所と運河道路の舗装内部に多数の特異信号箇所を検出し、二次調査箇所を選定した。二次調査は、2016年5月11～14日のうち3日間に、3地区4路線において計12箇所（うち空洞箇所8、運河道路4）で実施した。調査状況を写真-3.6に、調査工程等の詳細を表-3.2および表-3.3に、調査位置図を図-3.4～図-3.7に示す。



写真-3.6 写真左・探査車「スケルカ」計測状況(一次調査)と写真右・二次調査状況

表-3.2 一次調査工程および調査路線一覧表

月日	時間	地区	調査番号	道路番号・名前	調査延長
2016/2/3 水	10:00-12:00	Phatum Thani	DRR3	3012 (Canal 13)	13km x 2 = 26km
	13:00-14:00		DRR4	3035 (Canal 13)	8km x 4 = 32km
	14:00-15:00		DRR5	3011 (Canal 14)	6km x 4 = 24km
2016/2/4 水	10:00-15:00	Phasi Charoen	DRR2	3021 Thanon Kanlapaphnuak	7km x 6 = 42km
2016/2/7 日	10:00-15:00	Nonthaburi	DRR9	1020 Nakhon-in Rd	7km x 4 = 28km
2016/2/8 月	10:00-15:00		DRR1	3021 Ratchaphruek Rd	11km x 4 = 44km
2016/2/9 火	10:00-15:00		DRR10	3030 Chaiya Phruk Rd	6km x 4 = 24km
合計				3地区, 6路線 / 5日間	220 km

表-3.3 二次調査工程および調査路線一覧表

月日	時間	異常箇所 No	地区	路線	方向	調査種別
016/5/11 水	10:00～2:00	DRR3-1	Phatum Thani	3012 (Canal 13)	北	空洞
	13:00～5:00	DRR3-1(1,2)		3012 (Canal 13)	北/南	舗装
2016/5/12 木	10:00～2:00	DRR3-1(3,4)		3012 (Canal 13)	南	舗装
	13:00～14:00	DRR5-1		3011 (Canal 14)	南	空洞
2016/5/14 土	4:30～6:00	DRR2-2	Phasi Charoen	3021 Thanon Kanlapaphnuak	東	空洞
	7:00～9:00	DRR9-1	Nonthaburi	1020 Nakhon-in Rd	東	空洞
		DRR9-2		1020 Nakhon-in Rd	東	空洞
	11:00～12:00	DRR9-6		1020 Nakhon-in Rd	東	空洞

月日	時間	異常箇所 No	地区	路線	方向	調査種別
2016/5/14 土		DRR9-7		1020 Nakhon-in Rd	東	空洞
	13:00~14:00	DRR9-4		1020 Nakhon-in Rd	西	空洞
合計			3 地区, 4 路線 / 3 日間			12 箇所

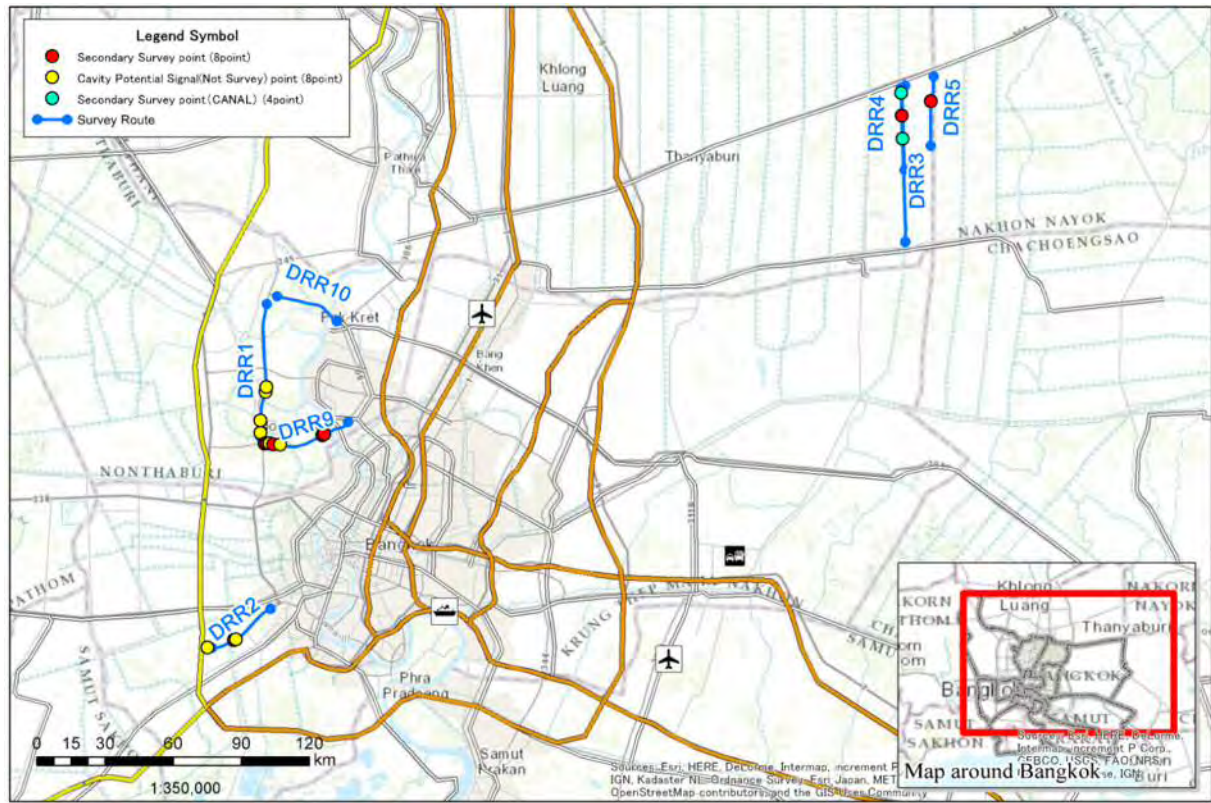


図-3.4 調査位置図 (全体図)

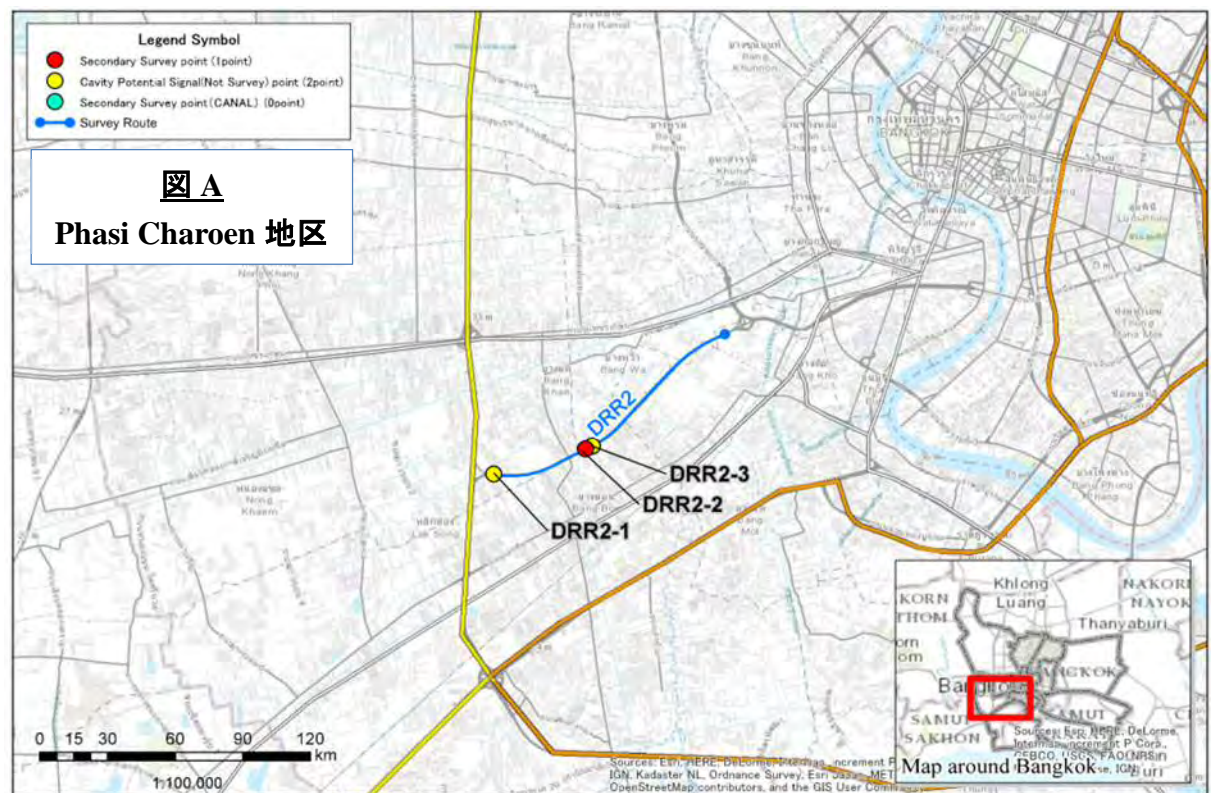


図-3.5 調査位置図 (図 A : Phasi Charoen 地区)

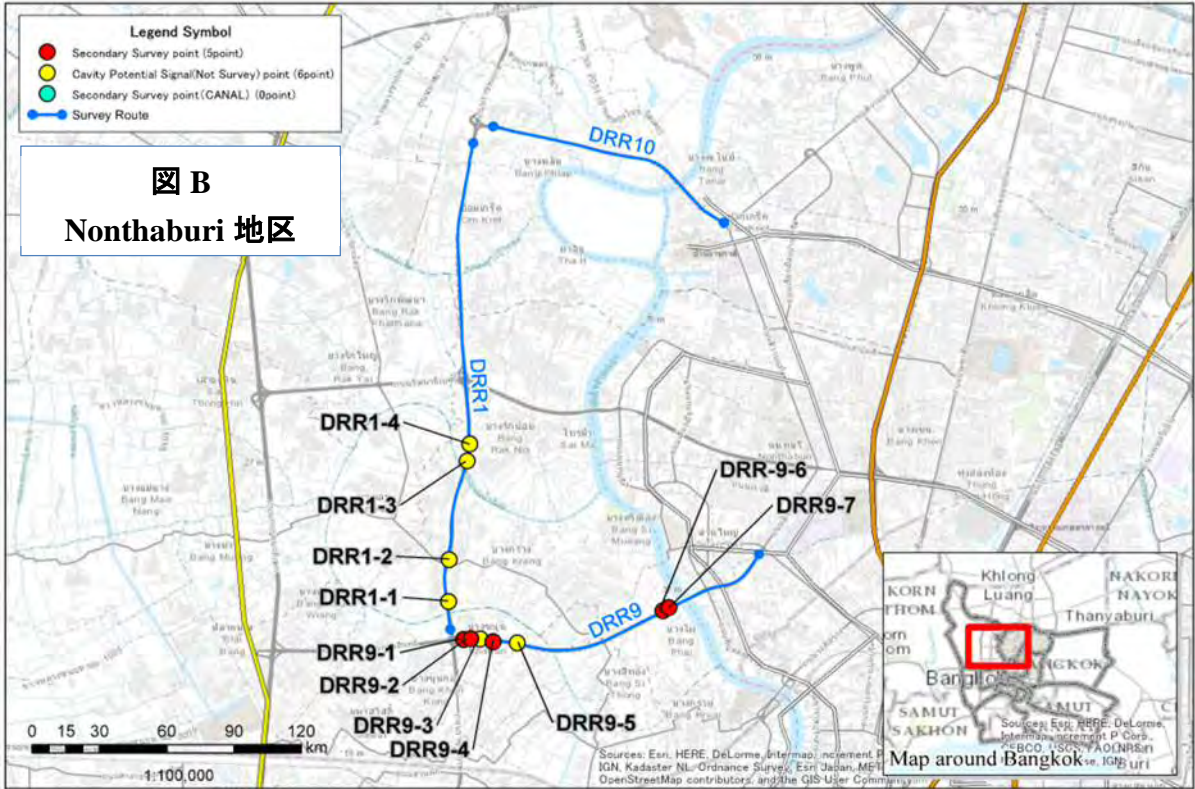


图-3.6 調査位置図 (图B : Nonthaburi 地区)

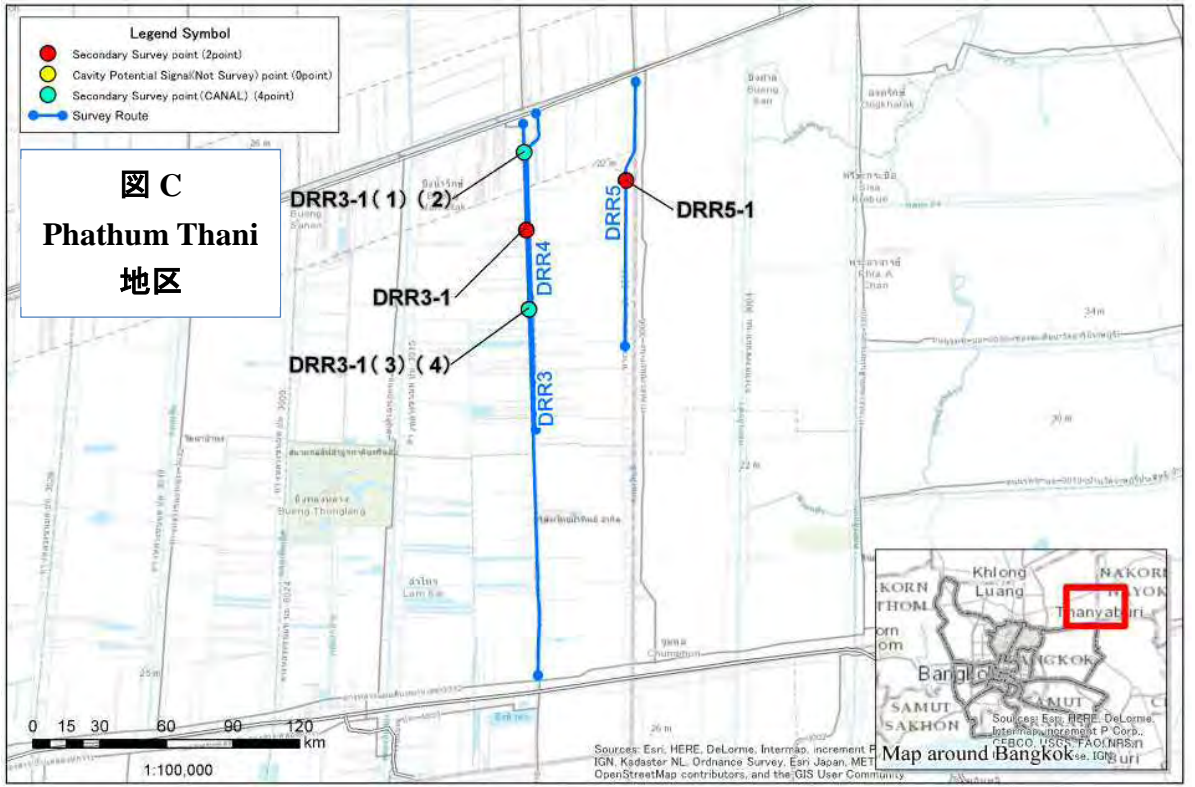
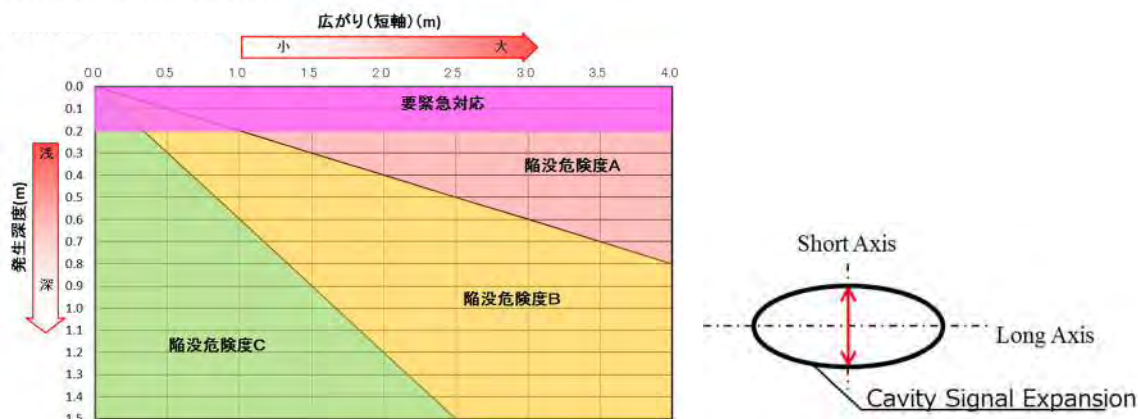


图-3.7 調査位置図 (图C : Phatum Thani 地区)

3-2-2 道路陥没診断結果

(1) 一次調査結果

計測延長 220km のデータを解析した結果、計 16 箇所の空洞の可能性のある信号を検出した。信号の特定にあたっては、信号の形状や特性、信号周辺の状況などから総合的に検討して判断した。特定した異常箇所については、現在提案企業より特許出願中である発生深度と広がり（短軸）を用いて陥没の危険度を評価した。図-3.8 に陥没発生の可能性評価に関する評価基準を示す。



【基本的な評価基準の考え方】

- ・異常信号の広がり計測値は、道路縦断方向と道路横断方向があるが、評価にあたっては広がり短い方（短軸方向）を用いる。これは、空洞上部の舗装体にかかる自重および輪荷重等により、剛性の高い短軸の方に多くの荷重が分配されることを考慮したものである。
- ・本評価については、現在、提案企業より特許出願中である。（特開 2014-98597：発明の名称「陥没の危険性評価方法」）

図-3.8 陥没危険度の評価基準と方法

図-3.8 に示す基準を用いて評価した結果、本調査で特定した空洞の可能性のある異常信号は、「陥没危険度 A : 0 箇所(0%)」、「陥没危険度 B : 5 箇所(31%)」、「陥没危険度 C : 11 箇所(69%)」に分類された。

Level	Repair urgency	Number of Cavity			Total
		Nonthaburi (L=96km)	Phasi Charoen (L=42km)	Phatum Thani (L=82km)	
A	Immediately	0	0	0	0
B	Early	3	1	1	5
C	Take a wait-and-see approach	2	2	1	11
Total		11	3	2	16

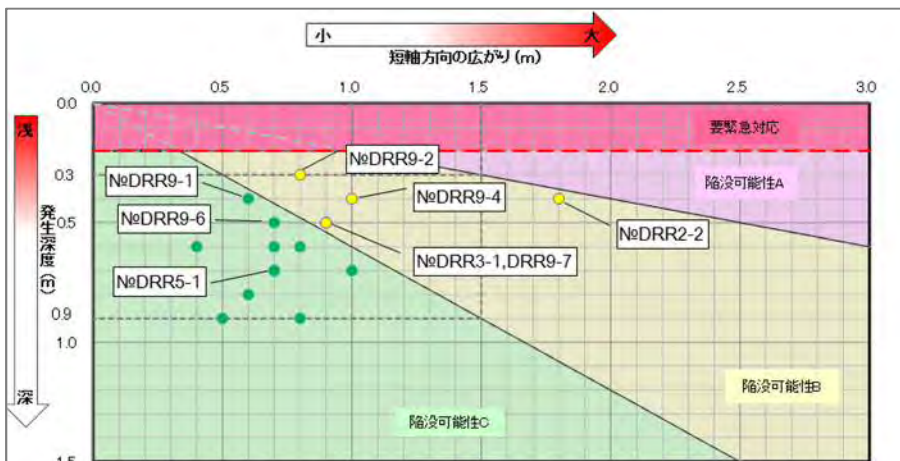


図-3.9 今回調査の空洞可能性信号(全 16 箇所)の陥没危険度評価結果図

(2) 二次調査結果

一次調査データの解析結果である空洞信号を確認するために、陥没危険度Bの全5箇所と、陥没危険度Cの中から運河道路の信号(DRR5-1)と陥没危険度Bの近傍に存在する信号(DRR9-1, 9-6の2箇所)3箇所を選定し、合計8箇所二次調査を実施した。その結果、全ての箇所において空洞を確認した。表-3.4に二次調査結果を一覧にまとめる。

表-3.4 二次調査結果一覧表

異常箇所 No.	調査区間番号	エリア	路線名	方向	車線	空洞規模				判定
						発生深度 (m)	厚さ (m)	縦断 (m)	横断 (m)	
DRR2-2	DRR2	Phasi Charoen	Thanon Kanlapaphruak	東行	センターラインより第3車線目	0.33	0.37	5.0	1.9	空洞
DRR3-1	DRR3	Phatum Thani	Rural Rd Phatum Thani 3012	北行	センターラインより第1車線目	0.40	0.08	0.9	1.1	空洞
DRR5-1	DRR5		Rural Rd Phatum Thani 3011	南行	センターラインより第1車線目	0.58	0.64	1.2	0.8	空洞
DRR9-1	DRR9	Nonthaburi	Nakhon-In Rd	東行	第2車線目(側道)	0.32	0.03	0.8	2.9	空洞
DRR9-2				東行	第2車線目(側道)	0.26	0.09	0.8	1.1	空洞
DRR9-4				西行	第2車線目(側道)	0.30	0.05	0.8	1.3	空洞
DRR9-6				東行	第1車線目(側道)	0.44	0.05	0.9	0.7	空洞
DRR9-7				東行	第2車線目(側道)	0.49	0.06	0.9	0.9	空洞

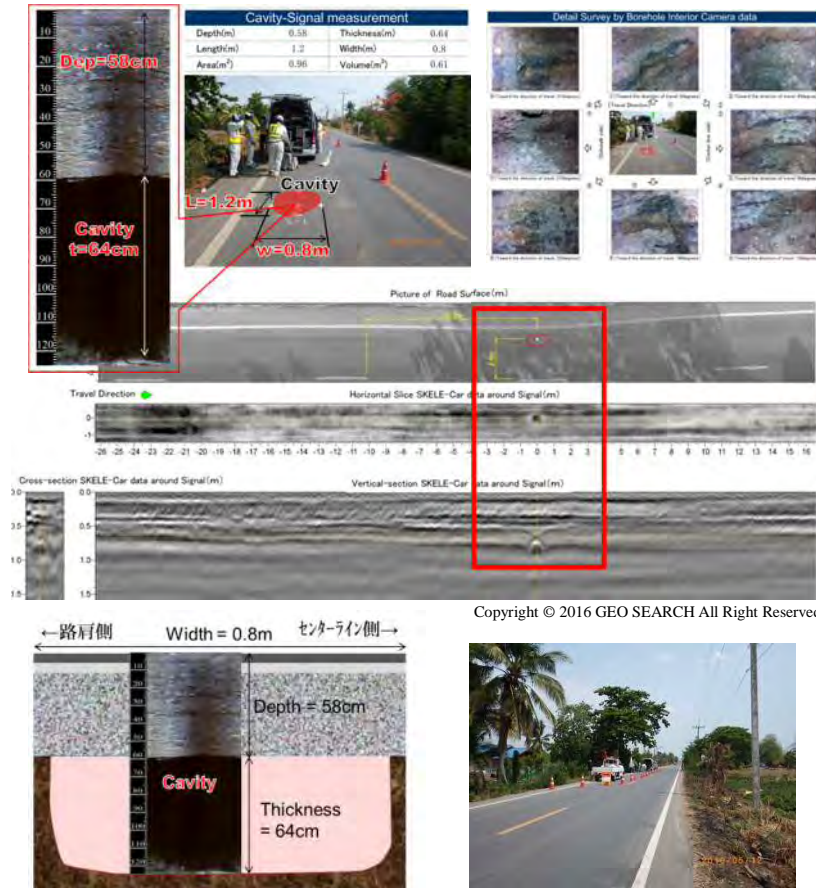
● 特徴的な空洞について

本調査で確認した特徴的な空洞について、表-3.5に考察した。

表-3.5 特徴的な空洞に対する考察

調査データ等	異常箇所番号と考察
<p>調査データ等</p>  <p>スケルカデータ (地中内部三次元)</p>  <p>Copyright © 2016 GEO SEARCH All Right Reserved.</p> 	<p>異常箇所 No. DRR2-2</p> <p>[発生状況]</p> <p>空洞の広がりが大きく(縦5.0m×横1.9m)、厚みも0.37mと比較的厚い。空洞の形状は、路肩側に比べ、センターライン側の方が厚い。発生原因としては、現地状況から空洞の下方には横断水路が埋設されており、規模や形成状況から水路が破損し、その周辺部が土砂の吸出しを受けた可能性が高いと推測される。</p>  <p>空洞下に水路が敷設されていると考えられる</p>

調査データ等



異常箇所番号と考察

異常箇所 No. DRR5-1

[発生状況]

空洞の広がりには縦 1.2m×横 0.8m、厚みは 0.64m と本調査では最も厚い空洞であった。空洞の形状は、寸胴型でに広がりをもつ。井戸等の構造物をそのまま抜き取って蓋をした状態にみえ、発生要因を推測することは難しい。周辺部に水路等の埋設物は存在しない。

当該箇所周辺には水田等の田畑が多く、軟弱地盤地帯の一角である。そのため、アスファルト層の下に 5cm のコンクリート層が敷設されており、路面の凹凸を抑制するための地盤対策を講じていると考えられる。

異常箇所 No. DRR9-4

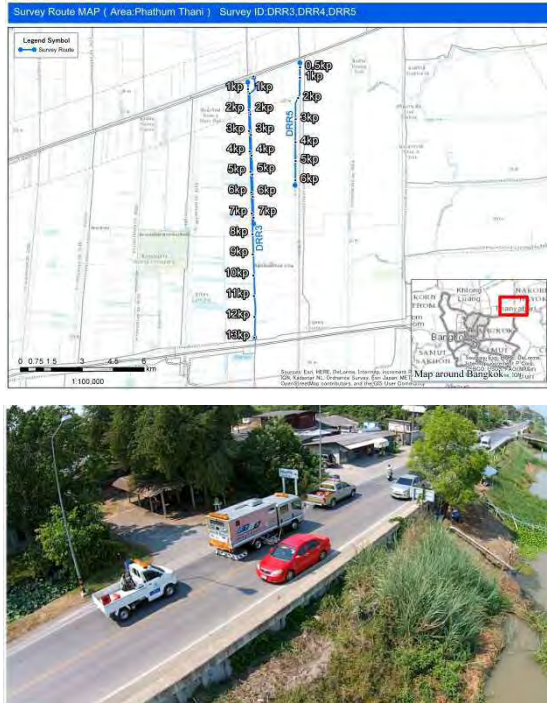
[発生状況]

空洞の広がりには縦 0.8m×横 1.3m、厚みは 0.05m と比較的小さい空洞であった。形成状況としては、直下に地下埋設管が存在し、それに沿って広がりをもつ。電磁波レーダで連続性を確認したところ、地下埋設管は路肩側から地表に飛び出していた (左写真)。管を確認すると、現在は未使用の不明管であった。



(3) 運河道路の崩落予兆検知の可能性の検討結果

本調査は、運河道路の崩落予兆を検する可能性を検討するために実施した。また、一次調査を実施した1か月後の2016年3月に、計測区間内において道路崩壊が発生したことを受けて、その予兆を示す現象（内部クラック等）を捉えているか、三次元処理をしたデータを用いて路体内部の解析を行った。図-3.10に調査位置図と調査箇所周辺の写真を掲載する。



調査箇所No	道路番号・名前	調査延長
DRR3	3012 (Canal 13 / west)	13km x 2 = 26km
	0kp-13kp	
DRR4	3035 (Canal 13 / east)	8km x 4 = 32km (1車線2回計測)
	0kp-8kp	
DRR5	3011 (Canal 14 / west)	6km x 4 = 24km (1車線2回計測)
	0kp-6kp	
合計		82km



図-3.10 運河道路位置図と現地道路崩壊箇所(DRR4) [崩壊前(2016年2月)と崩壊後(2016年3月)]

ア 一次調査結果

運河道路のデータ解析は、路面下空洞探査解析に加え、計測データ全てを三次元化し、道路体内部を対象に詳細に解析し、実際に崩壊した状況とデータを突き合わせた照合や、局所的な異常である特異信号の特定を行った。その結果、**道路内部に道路崩壊の兆候を示す異常は検知することはできなかったが**、他の道路にはない運河道路での特徴的な信号が検知されたため、図-3.11に示す4つに分類し、各路線での発生状況について考察した(図-3.12～図-3.14)。

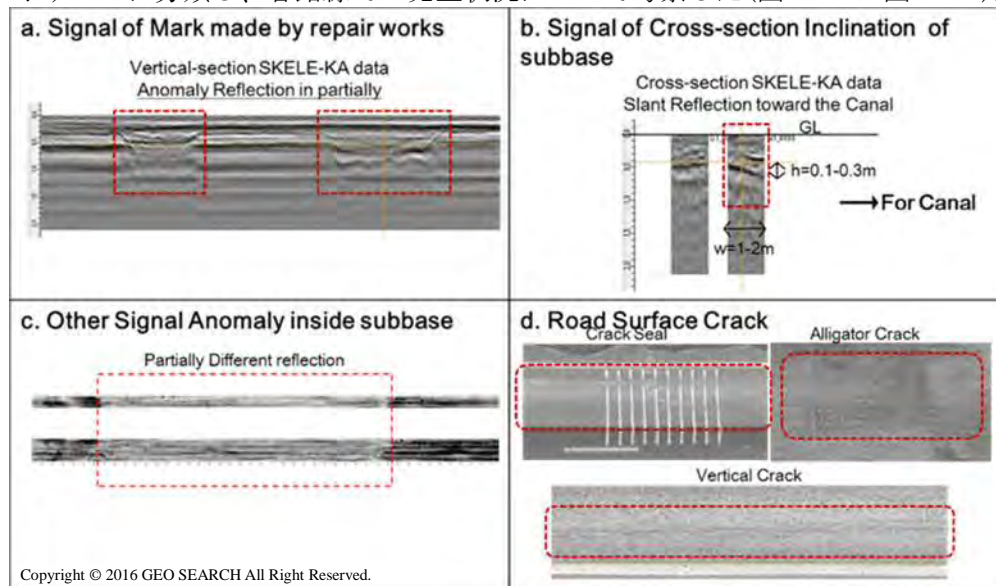
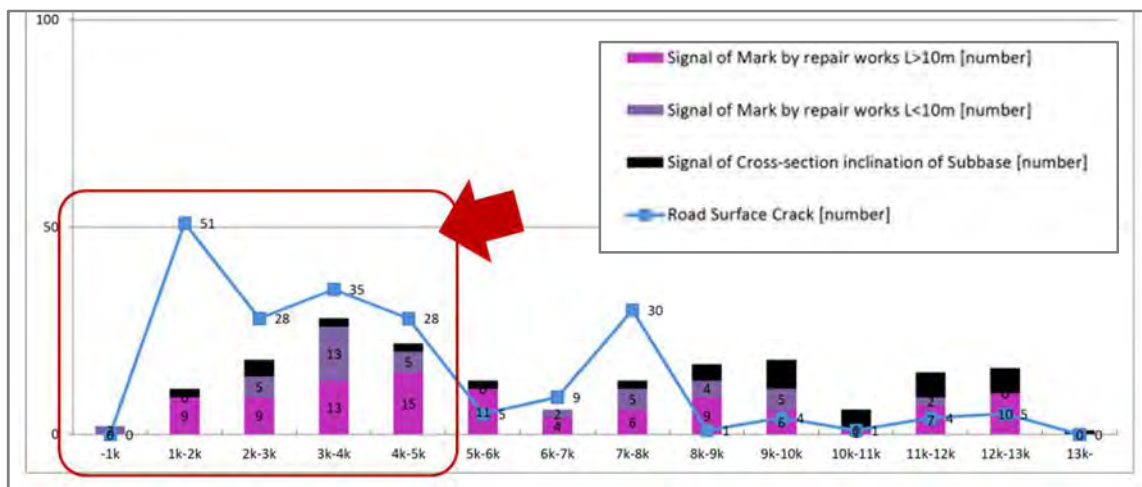


図-3.11 運河道路で検知された代表的な4つの特異信号

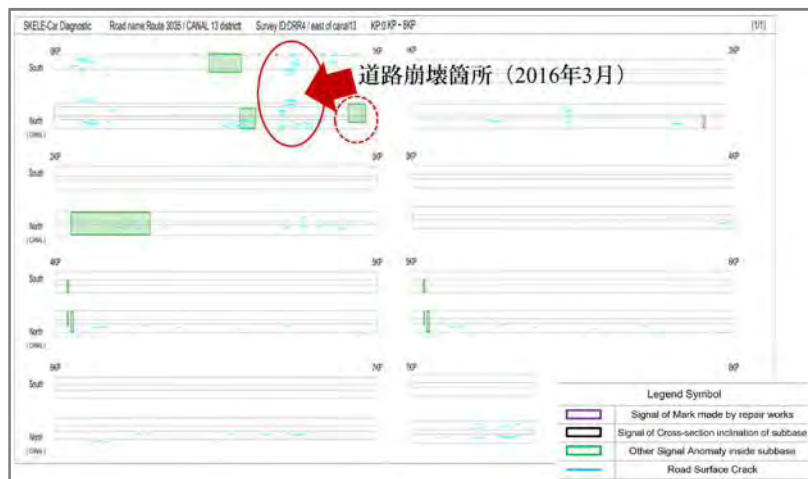
DRR 3の特異信号分布図と区間別発生集計図

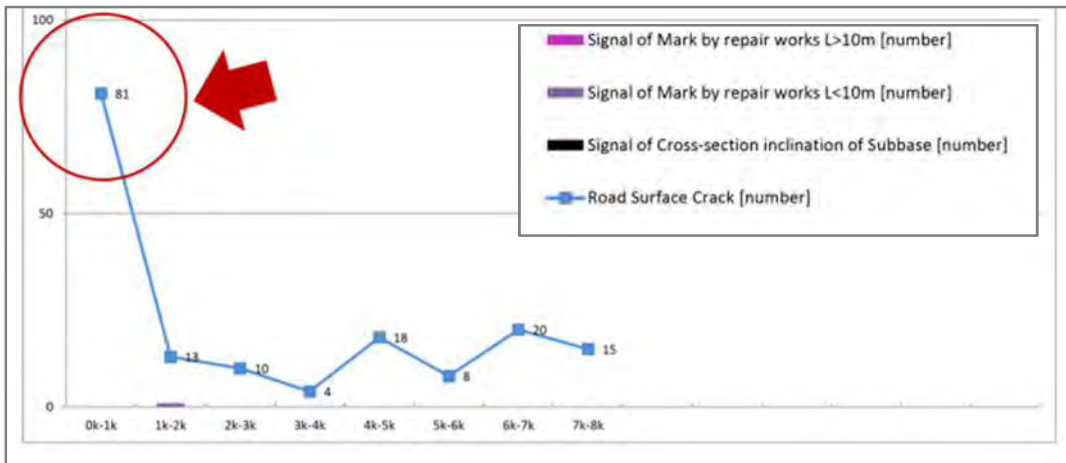


[発生状況の考察] 当該路線は、舗装体の補修跡の信号（パターン a）と道路横断方向に勾配があるように見える信号（パターン b）が他の路線に比べ、圧倒的に多く検知された。これは、過去に路面変状や道路崩壊の現象が多く発生していたことを示唆している。1k-5k 区間においては、舗装表面クラックが多数分布していることから、舗装体下部の脆弱性が表面に現れた形を示している。また、8k-13k においては、まだ舗装表面クラック数は少ないものの、パターン b を多く有する区間であるため、今後クラックが発生していくことが懸念される。

図-3.12 DRR3の特異信号分布と考察

DRR 4の特異信号分布図と区間別発生集計図

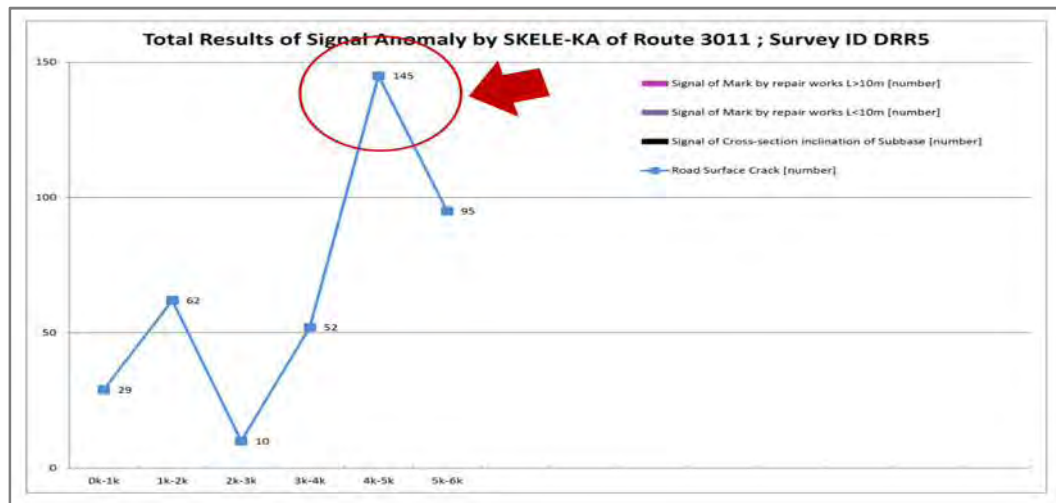




[発生状況の考察] 当該路線は、2016年3月に道路崩壊が起こった区間を有する。道路崩壊箇所のデータから舗装表面のクラックが密集して発生していたことを確認し、計測時にはすでに段差(7-8cm程度)が生じている状況であった。道路内部の状況としては、DRR3にみられたパターンaおよびbの特異信号は見受けられず、地盤改良工事の跡を示唆する信号を確認しているため、1k以下の路線について、データ上では特異的な信号は見受けられなかった。

図-3.13 DRR4の特異信号分布と考察

DRR5の特異信号分布図と区間別発生集計図



[発生状況の考察] 当該路線は、他路線に比べ路面クラックが多く発生している。さらに、レーダデータには、パターンcに示すような局所的に反射強度の弱い区間が多く存在している。これは、電磁波レーダが舗装内部で減衰していることを示唆しており、路盤層の含水率が周辺部に比べ高い状態にあると推測されるため、舗装体の健全性に関しては決して良い状態とは言い難いものと考えられる。

図-3.14 DRR5の特異信号評価

イ 二次調査結果

3路線とも運河道路沿いに位置する道路であり、構造的には大差ない状況であると想定していたが、データを解析した結果、それぞれに特徴を有する路線であることが判明した。

特に、DRR3に関しては、パターン(a)および(b)の信号が多く範囲で検知されていることを考慮すると、3路線のなかでは、路線全体で最も舗装体が脆弱であると考えられる。また、現地状況から運河側の車線には土砂崩壊防止の護岸が敷設されており、計画的に対策は講じられているものの、写真-3.7に示すように5月の二次調査実施時には、2月の一次調査時には存在しなかった路面クラックが顕著に発生しており、舗装体の脆弱化が進行していると推測した。



写真-3.7 2016年5月の路面状況[写真左：DRR3, 写真右：DRR4]

こうした状況をふまえ、本調査においては、パターン(a)および(b)の信号を対象に二次調査を実施することとした。

パターン(a)は舗装体を補修した跡の信号を示しているが、健全な舗装体と補修跡の残った舗装体の下層部におけるゆるみ状態を検証するために、またパターン(b)は道路横断方向に勾配を有する傾斜構造のような信号となっていることから、傾斜の上側と下側の舗装構成の確認と下層部のゆるみ状態を確認した。(パターンcとdは協議のうえ、本調査の対象外となった)

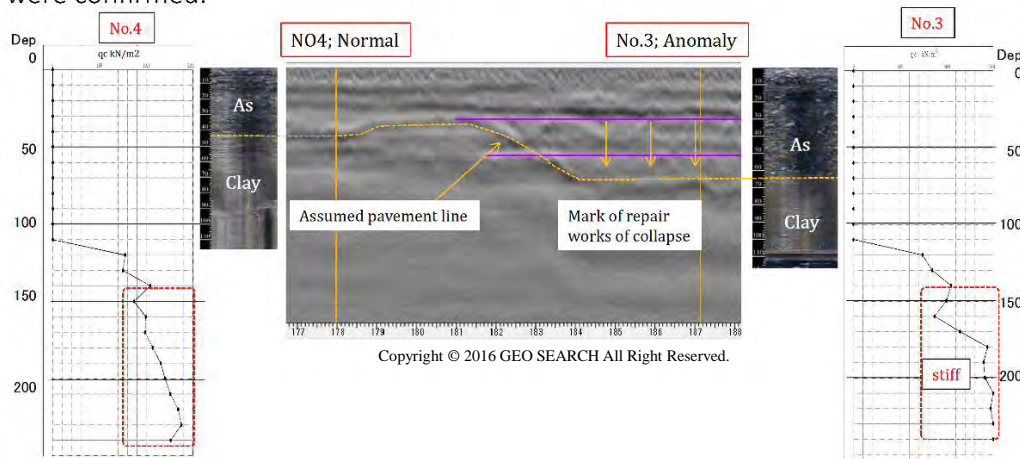
二次調査内容は、ハンディ型地中レーダ探査機でスケルカデータと同じデータを検知し、位置の特定をした後、路面から1m程度の削孔を行い、その孔壁を撮影することによって、舗装構成を確認した。さらに、1m以深のゆるみ状態を把握するために、写真-3.8に示すようにポータブルコーン貫入試験機を用いて計測した。計測した結果を踏まえた考察を図-3.15に示す。



写真-3.8 ポータブルコーン貫入試験機によるゆるみ計測状況

DRR3-1③④

Signal of Mark made by repair works and difference of value of penetration resistance were confirmed.

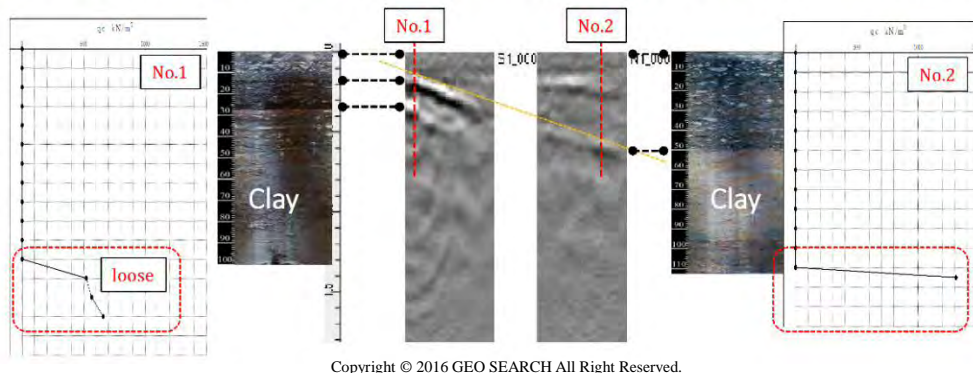


[パターン a の信号の検証結果]

- スコープ調査の結果から舗装ラインは碎石層と粘土層の境界部を示したものであった。
- No. 3 の異常箇所は、過去に舗装体が崩壊もしくは路面沈下等の現象が起こった後に碎石を埋めて補修した跡であると推測した。
- No. 3 および 4 の双方で下層の強度を計測した結果、どちらの舗装体もゆるみを示すデータではなく、一定の強度は保たれている。
- 調査前に想定したことは、補修跡箇所の方が健全な舗装部に比べ下層の強度は弱いものと考えていたが、確実に補修され、十分な強度を有しているという結果であった。

DRR3-2①②

- There is large difference between two points shown as borehole camera photo and there is mark of pavement overlay.
- Anomaly signal of SKELE-Car is boundary of layer and strong signal is clearance gap.
- Value of penetration resistance is a little different, not canal side is looser than canal side.



[パターン b の信号の検証結果]

- 道路横断方向に傾斜のような信号が現れていた層は、碎石層と粘土層の境界部を示したものであった。南向き車線の粘土層が深い点は、過去に土砂崩壊が起こり、アスファルトで復旧した跡であると推測した。
- No. 1 および 2 の双方で下層の強度を計測した結果、北向きの車線側の方がゆるみ傾向にあった。これは、もともと当該路線全体の地盤強度は弱い状態にあり、特に南向き車線については、運河水位の低下に伴って道路崩壊が起こりやすくなっていた。今はその対策として運河側に護岸が設置されている関係で、南向きの車線は十分に締固め施工がなされている状態であることを示唆しているものと推測した。
- 5月の二次調査時において、路線全体で北向き車線に断続的な道路縦断クラックが発生していることを目視したが、クラックが発生することは路盤強度が脆弱であることを示唆している。

図-3.15 ポータブルコーン貫入試験による調査結果

ウ 今後の対応について

調査結果より、例えば、舗装内部のクラック等や道路内部の著しい異常信号など直接的に道路崩壊の兆候を示す信号は検知できなかったが、舗装内部状態の傾向は把握することができたので、技術的な観点から DRR に以下の 2 点を提案した。

第一に兆候信号がどのようなものであるかを検討する前に、今回の崩壊がどのようなメカニズムで起こったものなのかを考えなければならない。図-3.2 に示すとおり、今回の崩壊は円弧すべり型の崩壊ではなく、鉛直方向に真っ直ぐ沈下した形跡を残している。スケルカ技術は可探深度が 1.5m と比較的浅い範囲を計測するものであり、そもそも兆候がその範囲内で現れるものか、可探深度よりも深部にて兆候が現れるものではないかと推測される。また、一般的にもマイクロ波の検知特性から鉛直方向に生じた兆候を捉えることは困難であることを説明した。

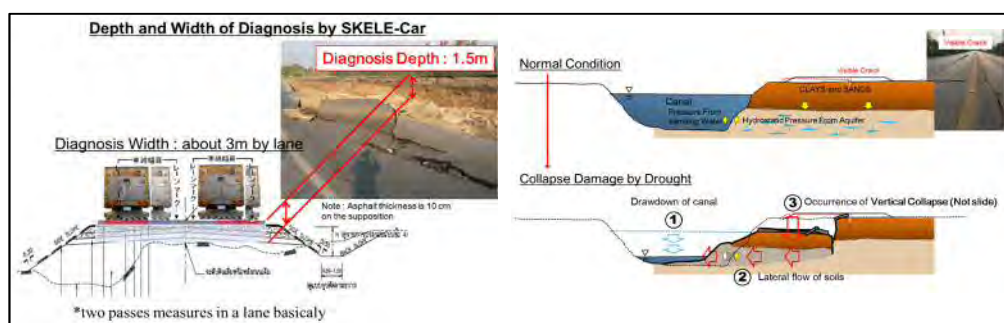


図-3.2(再掲) 運河道路の探査範囲と提案企業が想定した崩壊メカニズム

表-3.6 運輸省地方道路局(DRR)へ提案した技術検討一覧表

内容 段階	テーマ	検討のポイント	検討の方法	実施者	検討期間 予算・資金
Step1	スケルカで得られた特徴的なデータの解釈	・現況との対比	・過去の工事履歴 ・調査地点の路盤・路床状況の調査結果	・ジオ・サーチ ・本業務で実施する詳細調査	・本業務
Step2	道路盛土崩壊の原因とメカニズムの検討	・関連情報の収集 ・影響因子の分析	・路面現況、水路現況 ・降雨状況 ・水路水位の変動 ・埋設構造物の存在の可能性 ・過去の工事履歴 ・地盤調査	・DRR ・特別調査チーム	・6ヵ月 ・資金不明
Step3	道路盛土崩壊予測手法の検討1	・崩壊メカニズムの想定	・数値シミュレーション ・土槽実験	・DRR ・特別調査チーム	・6-12ヵ月 ・資金不明
Step4	道路盛土崩壊予測手法の検討2	・スケルカデータ活用可能性検討	・他の地点における追加スケルカ調査	・DRR ・ジオ・サーチ	・6ヵ月 ・資金不明
Step5	道路盛土崩壊の予測方法の検証と実務への適用	・予測方法の全国の道路へ適用性	・ケーススタディ ・(スケルカ調査)	・DRR ・特別調査チーム ・(ジオ・サーチ)	・6-12ヵ月 ・資金不明
Step6	対策工法の検討と実証	・実証事業	・対策工事	・DRR ・特別調査チーム	・不明

第二に、本調査で舗装内部状態の傾向把握が可能であるとしたが、この結果を踏まえ、実証事業までの道筋を提案した。表-3.6 に示すとおり、道路崩壊の原因およびメカニズムの検討を行うために、関連情報の収集や影響因子の分析等をふまえ、崩壊メカニズムを再現するための数値シミュレーションや土槽実験を行うこと、さらにシミュレーション等の解析結果からスケルカ技術の活用の可能性がある。

3-3 スケルカ技術の現地適合性の検証

非公開部分につき非表示

3-4 現地で確認したニーズ

3-4-1 タイ国行政機関での路面管理に対するニーズ

現地での活動を通して確認した、各行政機関での路面管理に対するニーズを表-3.10 にまとめる。

表-3.10 タイ国行政機関のニーズの整理

相手機関	バンコク都(BMA)	運輸省地方道路局(DRR)		運輸省国道局(DOH)
	公共工事局	計画部(国際部門)	メンテナンス部	国際部門
活動内容および実績	 促進活動、技術説明、協力依頼レター取交しまで	 促進活動、技術説明、運輸省地方道路局：DRR 内で3名の担当者が局長から任命	 本邦受入活動；福岡市で勉強会	 技術説明のみ、感触は良好であった
ニーズの内容	陥没防止 顕在化している/高い	運河道路崩落予防 顕在化している/高い	陥没防止、舗装構成 など	不明
ニーズに対する機関内の状況	リサーチ部門で3ヶ年調査を実施しているが、空洞を探查できないというコメントあり	リサーチ部門で検討しているが、本問題に対応できる診断技術は確立していない	陥没が予測できないため、具体的な事前対応はしていない。陥没したら補修する	—
セミナーへの参加状況/調査結果報告会での反応	公共工事局リサーチ部門から多数のセミナー参加あり/会場で、以前の協議で面識を持ったリサーチ部門の職員から、庁内の陥没防止に対する現況は以前と変わらず、またセミナーでの情報提供を受けスケルカ技術への期待が高まったとの声があった ※バンコク都下水道局からもセミナー参加あり	話題提供側として参加 スケルカの調査結果は後日実施した協議にて報告し、カラパ道路での大規模空洞の報告で、空洞が潜在しているという認識を持った	スケルカの調査結果を後日実施した協議にて報告 カラパ道路での大規模空洞の報告で、空洞が潜在し顕在化する前に補修する必要があるという認識を持った 更には、これまで地中レーダによる空洞調査の経験があったが、的中率・規模計測など技術の高さを認めた	— 案内を送ったが参加者なし

3-4-2 その他スケルカ技術サービスが提供する情報へのニーズ

● 陥没防止サービス

調査の中で、タイ国では道路に限らず空港でも陥没が発生しており、予防保全にニーズがあることがわかった。高い水準で安全を遵守する必要がある空港で陥没が発生すると、事故へ直結するほか、他の便の発着時間の変更が余儀なくされ、非常に大きな影響を及ぼす。2015年5月には同国ハジャイ空港で陥没事故が発生し、滑走路が3時間半にわたって閉鎖されたとの記事があった。

● 埋設管マッピングサービス

調査の中で、特にバンコクエリアにおいて、スケルカ技術サービスが提供する「地中埋設物の三次元可視化情報(図-3.17)」についてもニーズがあることがわかった。以下にその理由を記す。

- ・タイ国では既に1984年から道路の電線類地中化事業は開始されており、現在もバンコク都内で電線地中化工事が進められている。工事にあたっては、日本と同様に電気以外の既存の水道や下水などの埋設物との調整等が必要と考えられる。日本では電線類の地中化事業は道路管理者が事業者であるが、調査したところ、タイ国の場合は配電会社MEA(首都電力公社)が事業者となる。行政機関での埋設情報集約等が期待できないため、さらに地中埋設物の三次元可視化情報の活用が必要だと考える。
- ・バンコク都内の架空電線類の現状は、写真-3.10に示すように非常に多くて煩雑である。さらに断線大雨や暴風、劣化による断線による停電や通行者の危険がニュースで度々取り上げられ、社会問題となっているため、地中化が望まれている。
- ・バンコク都庁でのスケルカ技術説明会時に、埋設管マッピングサービスへの質問が多く、特にデータの判読方法など実務的な内容が殆どであったため、既に何らかの取組みがあるものと考えられる。

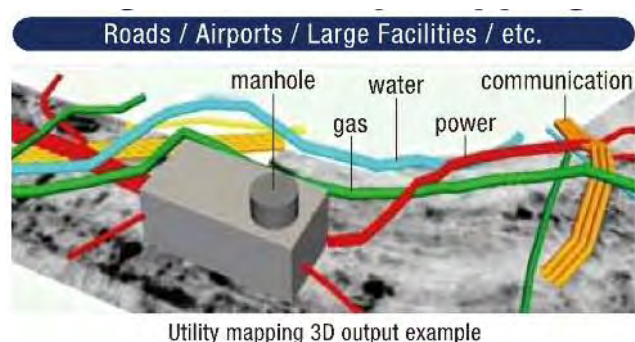


図-3.17 提案企業の埋設管マッピングサービス



写真-3.10 バンコク都内道路の架線電線類

第4章 ODA案件化に向けた検討

4-1 ODA案件化の検討

4-1-1 タイ国における道路陥没対策にかかる開発課題と本調査の成果の整理

タイ国における道路交通機能確保/強化に対する開発課題については既に第1章に記載したが、以下のとおり整理することができる。

タイ国の道路交通機能の現状と想定する今後の状況

- ・タイ国では道路が経済活動の基幹となる重要な施設であり、輸送機能の9割以上を分担
- ・既に渋滞による交通機能の低下が深刻な問題
- ・さらには首都圏では地中インフラの老朽化等が起因となった道路陥没が顕在化し、交通を遮断する実態が増えてきている
- ・道路陥没に対し、これまでと同様に事後対応もしくは低い技術力での対応を続けていった場合、道路陥没事故の発生数および陥没事故損失が増加し社会問題へと発展していく懸念がある

これらのことから、同国の道路交通機能確保/強化に対する開発課題は、「事前防災・減災の概念に基づいた道路陥没予防の実施体制が確立されていないこと」と整理した。

本調査では、まず現地のニーズとして行政機関やニュースなどの資料調査で陥没事故発生の実態を調査し、バンコク都内で顕在化が進んでいることを把握した。さらに、運輸省地方道路局(DRR)の管理道路でのスケルカ計測・診断によって上記①の調査技術の検証ができ、空洞の主たる発生要因である地中埋設物が少ない同管理路線にも関わらず、道路下に複数の空洞が潜在していたことが明らかになった。このうち、バンコク郊外の重交通区間で大規模な空洞も確認された。これら現地の診断結果から、タイ国の地方道路では、まだ顕在化には至らないが陥没の危険性が潜在していることがわかり、この実態を道路管理者であるDRRと共有することができた。また、一連の現地活動を発信する場として開催したセミナーでは、バンコク都(BMA)職員をはじめとした行政職員や民間企業の積極的な参加で会場が満席となり、道路陥没問題と日本の先端技術への関心の高さが伺えた。これらのことから、タイ国では、バンコク都内の道路で今後さらに陥没の顕在化が進み深刻な社会問題へと発展していく懸念があり、事前予防体制構築の必要性があると考えられ、スケルカ技術サービスのニーズがあることが確認された。

4-1-2 タイ国の行政機関におけるスケルカ技術サービスを活用したODA案件のニーズ

突発的に発生する道路陥没への対応は、事故や重大な問題となった後の事後対応になりがちであるが、予防対策として対応できれば多大な社会損失を回避することができる。陥没対策が行政機関内で機能するには、「陥没防止アクションの導入」と「実施体制の構築」

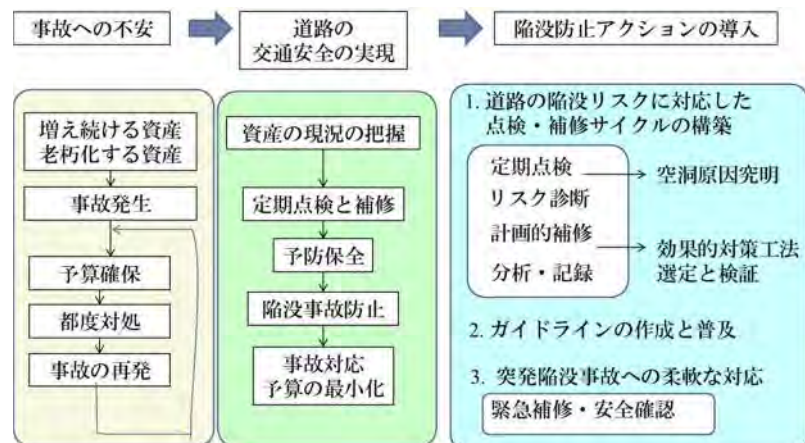


図-4.1 タイ国での道路陥没防止アクションの導入段階

というふたつの段階を経る必要があり、陥没防止アクションの導入については、図-4.1のように整理される。

実施体制の構築およびその実現化については、日本で1980年代の社会問題；陥没シンドロームにはじまった空洞調査事業が現在も継続/地方自治体へ展開している経緯や、近年の韓国での陥没問題と空洞調査導入の経緯から、陥没問題を解決する技術やノウハウが無い場合は、まず行政機関が主導して技術の開発や改良と実施体制の構築を試行錯誤で図っていく必要があり、さらに、対策を図るには手段(技術)だけではなくその都度の体制に合わせた行政機関内の陣容・予算を組む必要もあることから、本格的な対策として機能するまでに非常に長い期間を要することがわかっている。一方で、既存の技術やノウハウを利用できる場合は、事例等から短時間で体制構築が可能であり、実際に活用していく技術や部署間との関係、フローなどの運用のためのルール化の検討が必要となる。

今回整理した、タイ国の道路の交通機能を確保するための開発課題に対し、**解決策としては「同国の道路行政機関内に減災体制(予算)の確立」**、具体策としては以下3項が挙げられる。

タイ国の道路行政機関内に減災体制(予算)を確立するための具体策

- ①日本で活用されている確実な調査技術と運用や空洞補修のノウハウを導入する
- ②人的・物的被害を最小限にする調査計画の立案と運用
- ③導入後の技術やノウハウの継続的な運用

①の調査技術に対しては技術の検証が必要であり、本調査にて適用性が確認された。また、①の空洞補修と②の計画立案に対しては日本でのノウハウを集約した媒体が必要であり、②③にある継続的な運用を考えると、**日本側のサポートでタイ国の行政機関が「道路陥没防止ガイドライン」を策定することが望ましい**という結論にいたった。この実施にあたっては、政府機関をカウンターパート(C/P)として事業を実施するところ、ODAスキームを活用することが必要であると考えられる。

4-1-3 カウンターパート(C/P)候補機関の検討

(1) C/P候補機関におけるニーズの整理

タイ国の道路行政機関との一連の協議、ヒアリング、運輸省地方道路局(DRR)管理路線でのスケルカ診断結果から、それぞれ管理路線の特徴や道路陥没対策へのニーズに違いがあることがわかり、スケルカ技術サービスの有効性について表-4.1に検討した。

表-4.1 カウンターパート(C/P)候補機関におけるニーズとスケルカの有効性

候補機関 (部署)	バンコク都(BMA)	運輸省地方道路局(DRR)	
	公共工事局	計画部(国際部門)	メンテナンス部
実際に起きている現象	都内の道路陥没が顕在化	運河道路の盛土崩壊	陥没顕在化はないが、重交通の幹線道路潜在の大規模空洞を調査で確認
道路陥没対策のニーズ	十分にある	ない	ある
スケルカへの期待	診断技術のみ	有り	有り
	診断結果を活用した枠組み	不明	有り
	コメント	担当者レベルでは、陥没防止技術として、スケルカ技術への期待あり	期待していた運河道路問題は日本でも研究段階であり、本調査の中小企業支援案件では困難

候補機関 (部署)	バンコク都(BMA)	運輸省地方道路局(DRR)	
	公共工事局	計画部(国際部門)	メンテナンス部
管理路線での スケルカの有効性	<u>あると想定される</u> 陥没が顕在化している状況から有効と判断する、深刻な交通渋滞問題を抱える管理路線で、高精度で交通流を阻害しないスケルカの空洞探査技術と補修方法のノウハウは有効	— (路線を管理する部署ではないが、ガイドラインという実施体制構築面で”有”)	<u>大いにある</u> 高精度で交通流を阻害しない空洞探査技術と、補修方法のノウハウ面で”有”

(2) ODA案件化の実現性にかかる検討

表-4.2に、カウンターパート(C/P)候補のODA案件化の実現性を比較する。(1)で整理したように、これまでの一連の関係機関との協議や実測による診断結果などをおして、機関ごとに道路陥没対策へのニーズと力量・リソースに食い違いや特徴があり、ODA案件化に対して取り組みの可能性や課題があることが明らかとなった。

今後の活動におけるカウンターパート(C/P)機関は、庁内体制等から判断される実現性と数年間という比較的短期間で実証可能性を高める必要性から、運輸省地方道路局(DRR)をカウンターパート(C/P)機関として検討を進めていくこととする。

表-4.2 カウンターパート(C/P)候補機関におけるODA案件化の実現性と課題の比較

候補機関 (部署)		バンコク都(BMA)	運輸省地方道路局(DRR)	
		公共工事局	計画部(国際部門)	メンテナンス部
庁内 体制	技術レベル	<u>ほぼない</u>	不足	<u>十分にある</u>
	人的資源	<u>ほぼない</u>	不足	<u>十分にある</u>
	資金力	<u>弱い</u>	不足	<u>相応にある</u>
道路陥没防止ガイドライン策定に対するコメント、相手機関の状況等		都知事が辞任し空席の期間が続いたため、BMA 全体で新規の取り組みに躊躇する雰囲気となった 職員の技術力等を推察するに、ガイドライン作成の共働が期待できないため、陥没問題が深刻になった時に、国の機関で作成したものを準用すると考えられる	2016年5月の協議で、提案したガイドライン作成について賛同があった 道路陥没防止ガイドラインの作成に参画し、国の機関として地方自治体およびASEANへの発信を積極的に行うことに期待がある	道路局長から、機械の販売ではなく、道路陥没に資する情報の提供という考え方へ賛意があった 調査、補修の実動部隊を統括する部局であるため、ここでの共働を進めたい ガイドラインは、特に、調査だけではなく補修まで取り入れる必要がある
ODA案件化の実現性		低い	(窓口担当部となる可能性あり)	ある

(3) 運輸省地方道路局：DRR で既に導入しているマネジメントと路面陥没対策の関係

本調査で、運輸省地方道路局：DRR では、ウェブサイトでGISによる道路情報を公開するなど先進的な取り組みをしている他、既に路面管理に関して橋梁と舗装についてアセットマネジメントを取り入れた管理体制を構築していること、道路陥没については対策の枠組みがないこと、がわかった。道路陥没は、橋梁や舗装での経年的な劣化現象ではなく、突発的に発生するものであり、アセットマネジメントではなくリスクマネジメントの考え方を適用する場合がある。これらの考え方に整理が必要と考え、表-4.3に道路施設のアセットマネジメントとリスクマネジメントの考え方を整理する。なお、本表は、運輸省地方道路局(DRR)との協議時に既に提出したものである。

表-4.3 DRR に導入済の道路施設のアセットマネジメントとリスクマネジメントの比較

	橋梁	舗装	路面下空洞
運輸省地方道路局(DRR)の運用	システム導入済	システム導入済	未実施
現象	構造物の劣化	材料の劣化	空洞の発生
現象の進行	経年的	経年的	突発的
事故の影響	大きい	小さい	大きい
安全確保へのアプローチ	アセットマネジメント	アセットマネジメント	リスクマネジメント
対象場所	地上	地表	地中
点検方法	目視点検	目視点検	非破壊調査
管理ツール	橋梁台帳 点検・補修 DB	舗装構成台帳 点検・補修 DB	道路台帳 点検・補修 DB
必要な準備	導入済み	導入済み	ガイドライン、管理 DB

4-1-4 カウンターパート(C/P)候補機関：運輸省地方道路局(DRR)との協議状況

2016年5月に実施した本調査の最終協議で、運輸省地方道路局(DRR)計画部およびメンテナンス部の出席者に対して、3年間にわたった道路陥没防止ガイドラインの作成を提案し、賛同を得た。また、同協議にてガイドラインの構成については道路陥没に係る情報の取得のための調査方法、活用方法、さらに空洞箇所の補修方法まで取り入れたものにしたいとの要望が寄せられ、具体的な内容や進め方、庁内体制については、JICAの次スキームへの提案時期を踏まえた意見交換を進めていくことが決まった。

4-1-5 ODAスキームの検討

カウンターパート(C/P)候補である運輸省地方道路局(DRR)において、「道路陥没防止ガイドラインの作成」を活用した道路陥没を予防する体制を構築する場合のODAスキームとしては、本調査と同じの中小企業海外展開支援事業の普及・実証事業の適用性が最も高いと考える。表-4.4に、ODAスキームと各種類に対する適用性について検討内容と結果をまとめる。

表-4.4 ODAスキームの検討結果

ODA スキーム	ODA の種類	適用性
中小企業海外展開支援事業	普及・実証事業	<u>適用性◎</u> 本調査での活動をとおして先方機関でのスケルカ技術サービスを活用した道路陥没対策に対する理解も深まってきたため、運輸省地方道路局(DRR)が本調査で得られた知見やノウハウを活用できるようなアウトプットとなる事業となれば、適用性があると考えられる。
技術協力	専門家派遣	単発では効果がないため、 <u>適用性×</u> 調査診断から陥没対策までの予防保全のための一連のフロー作成が必要であり、専門家との議論をとおした仕組み構築に関心が寄せられているが、専門家派遣だけでは課題の解決はない
	研修員受入	単発では効果が低いと考えられ、 <u>適用性△</u> 日本の先端的なインフラ老朽化対策としての予防保全システムについて、行政機関の予算措置から対処までの一連の流れをについて人材育成が期待できるが、研修員受入だけでは、確実性が低く時間がかかる
	機材供与	単発では効果がないため、 <u>適用性×</u> スケルカは操作性や保守点検の難易度が高く、現在のところ供与は困難と考える パイロット事業として、最新機材を用いた診断情報を提供し、作成するガイドラインの基盤とする考え方はある
	技術協力プロジェクト	<u>適用性○</u> 専門家派遣、研修員受け入れ、パイロット事業の推進として、この枠組みの活用の可能性はある
	開発計画調査型技術協力	<u>適用性×</u> 政策立案や公共事業計画策定ではないため、馴染まない
	地球規模課題に対応する科学技術協力	対象外
有償資金協力	円借款	対象外 　ただし、今後、道路・上水道・下水道・地下鉄などのインフラ施設のリハビリ事業の必要性が本格的に高まる。特に円借款事業で作られた道路のリハビリ事業の一環としての陥没対策の可能性はある
	海外投融資	対象外
無償資金協力		対象外

4-2 具体的な協力計画および開発効果

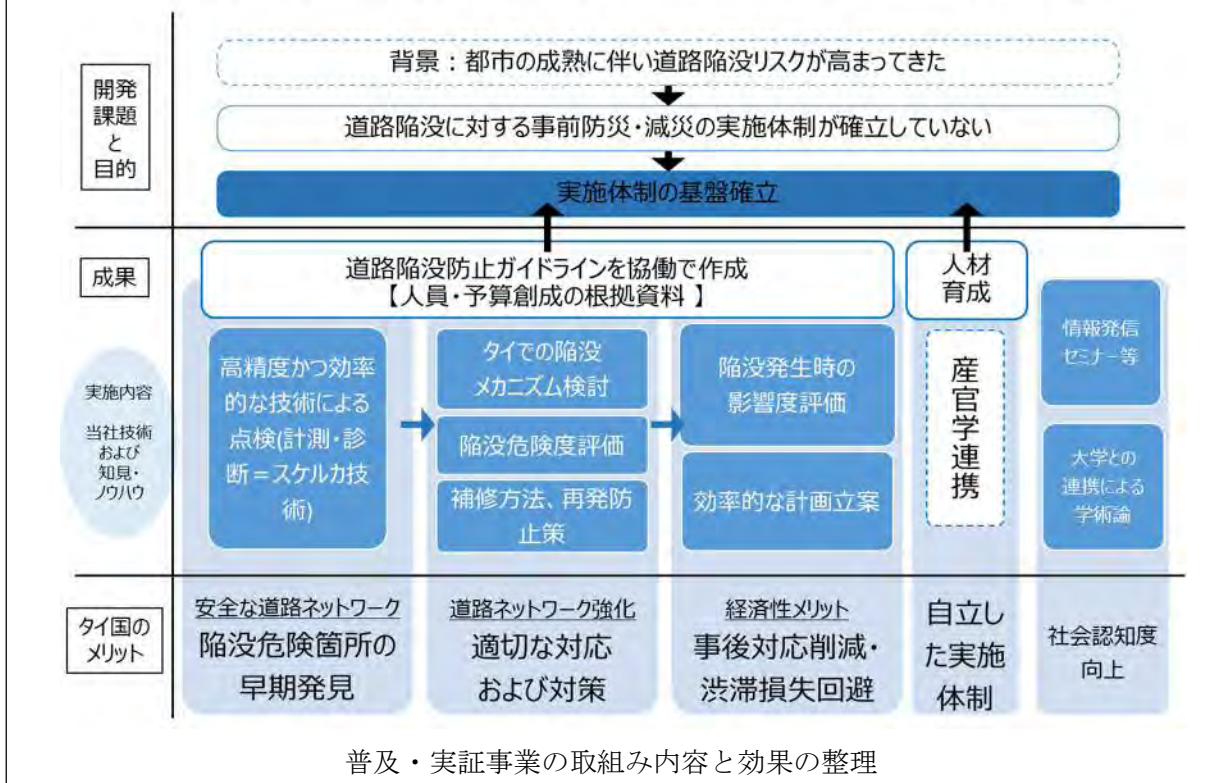
4-2-1 具体的な協力計画：普及・実証事業の検討

4-1 の検討で、タイ国の道路の交通機能の確保/強化という開発課題に対する解決策は、「道路行政機関内に減災体制(予算)を確立する」、具体策として①日本で活用されている確実な調査技術と運用や空洞補修のノウハウを導入、②人的・物的被害を最小限にする調査計画の立案と運用、③導入後の技術やノウハウの継続的な運用、と整理した。ここでは、計画する普及・実証事業の具体的な成果と活動内容を、表-4.5にて検討する。

表-4.5 普及・実証事業のマトリックス(2016年8月)

<ul style="list-style-type: none"> ・事業名：日本の減災/診断技術を活用した道路陥没対策事業(仮) ・実施期間：2017年4月から2020年3月までの3年(予定) 	
<p>目的：タイ国において、スケルカ技術サービスを活用した道路陥没防止アクションの有効性、ならびに「道路陥没防止ガイドライン」を用いた運輸省地方道路局(DRR)の道路陥没対策体制の構築可能性が実証され、かかる経験をタイ国の道路管理者に普及する</p>	
<p><u>成果1</u> 運輸省地方道路局(DRR)において、事前予防の概念とスケルカ技術サービスを活用した道路陥没防止アクションが実施される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活動1-1：陥没予防の実現性と導入メリットについて、日本および韓国における関連の取組みや検討事例の紹介をとおして理解を醸成する ・活動1-2：案件化調査で発見したカラバプ道路の大空洞の補修の技術的なサポートを行い、空洞原因に即した補修方法の採用など日本でのノウハウやメカニズムの追求方法を共有する。また、一連の活動を記録に残し、成果2のガイドラインへ反映させる
<p><u>成果2</u> 運輸省地方道路局(DRR)において、継続的に運用される「道路陥没防止ガイドライン」が策定される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活動2-1：ガイドライン検討メンバーに、チュラルローンコーン大学など行政機関に発信力のある大学も編成しつつ、ガイドライン検討会を発足させる ・活動2-2：空洞の再発を予防するには、メカニズムの解明と記録からの分析が必要であるという理解を得て、大学からの学術的なコメントを受領する ・活動2-3：ガイドラインに掲載する調査計画立案時に、調査・空洞補修に必要な予算規模を試算/算定し、運輸省地方道路局(DRR)と協議を行う ・活動2-4：スケルカ技術の採用を念頭に、現地公共調達ルールに則ったガイドライン案を検討会において策定する ・活動2-5：ガイドライン案を運輸省地方道路局(DRR)幹部に諮ったうえで、ガイドライン運用のための試行期間を行う ・活動2-6：ガイドラインの運輸省地方道路局(DRR)内の承認プロセスをサポートする
<p><u>成果3</u> 成果1および2の経験を、DRRに限らずタイ国の多くの道路管理者に普及するべく、情報が発信される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活動3-1：セミナーを開催する ・活動3-2：活動3-3：DRRのウェブサイトで公表するよう促進する ・活動3-3：EIT(タイ工業会)など技術系機関で広報されるよう促進する ・活動3-4：機会があればアジア地域の技術シンポなどで発表する
<p><u>成果4</u> タイ国におけるビジネス展開計画が策定される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活動4-1：採算の採れる事業規模を確保する ・活動4-2：同国の公共調達ルールに抵触しない遠隔診断の事業モデルの実現化に向け、障壁と課題を把握しクリアにしていく ・活動4-3：現地人材がスケルカをオペレーションできるように、教育/研修する。またスケルカのタイ仕様開発を図る

カウンターパート(C/P)の開発課題に対する取組みと効果の整理



投入計画

日本側	現地側	前提条件
<p><u>人的投入</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ガイドライン内容の検討 業務調整 (外部人材)大学との連携、共同研究 タイ現地仕様の探査車「スケルカ」開発(未定) <p><u>資機材</u></p> <ul style="list-style-type: none"> タイ現地仕様の探査車「スケルカ」開発費(未定)、または日本からの一時輸入/輸出 <p><u>必要経費</u></p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクト活動経費 技術員研修経費 駐在員事務所経費 現地エンジニア雇用経費 外部人材(現地建設コンサルタント企業、ガイドラインおよび打合せ資料作成作業)経費 外部人材(大学、現地コーディネータ)、通訳経費 外部人材(経理精算) 	<p><u>人的投入</u></p> <ul style="list-style-type: none"> カウンターパート(C/P)担当者[メンテナンス部他] ガイドライン内容、アウトプットの検討 陥没対策のための庁内体制の調整、実施フロー図の作成、実行 調査履歴などデータ運用のためのルール化 ガイドラインの発行 ガイドライン発行の広報 庁内研修の運営 <p><u>必要経費</u></p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクト活動経費 セミナー会場等運営経費 ガイドラインの広報費 	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト実施に際して、カウンターパート(C/P)候補機関である運輸省地方道路局(DRR)が共働すること

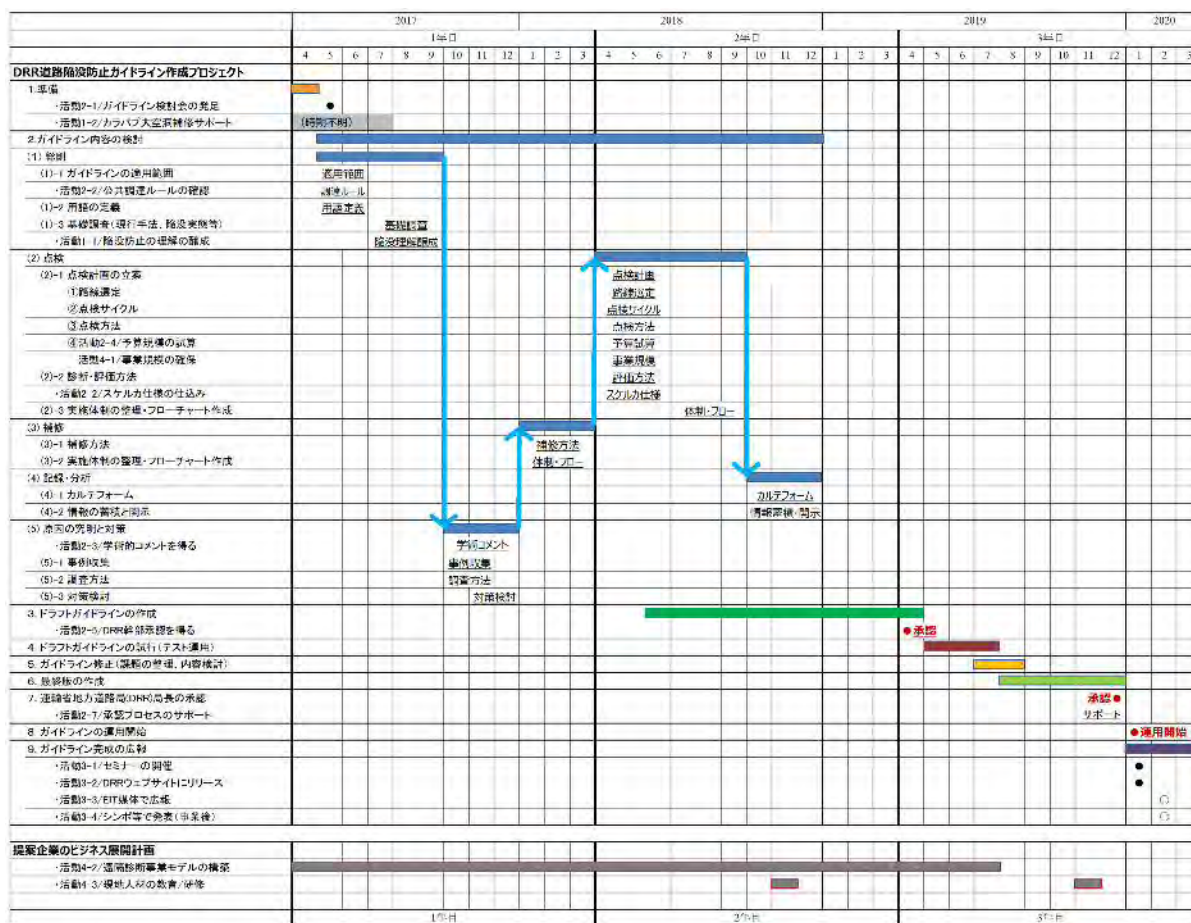
4-2-2 ガイドラインの構成と活動スケジュール

現在のところ、ガイドラインは、総則のほか、調査・補修・記録・原因究明の4構成と計画し、普及・実証事業は3年間を予定している。ガイドラインの内容については、下記①～③の大きな流れで検討を進めていく予定である。

- ① 2年間をかけて資料調査や協議を重ね、ガイドラインのドラフト版を作成
- ② 3年目に実証段階/現地運用テストフェーズを設け、スケルカーなど実機材を用いて試行
- ③ ドラフト版に試行結果をフィードバックさせ、実務的な内容のガイドラインへ更新

現在、運輸省地方道路局(DRR)と進め方について調整であり、今後変更していくものと考えられるが、現段階でのスケジュールを表-4.6に示す。

表-4.6 普及・実証事業スケジュール



ガイドラインの策定にあたり、運輸省地方道路局(DRR)と共働で検討する内容を、表-4.7に記す。

表-4.7 運輸省地方道路局(DRR)と共働で検討する道路陥没防止ガイドラインの内容

前提条件など	ガイドラインの適用範囲、用語の定義、基礎調査(現行手法、陥没実態等)
1. 点検	路線選定、点検サイクル、点検方法、診断・評価方法、実施体制の整理・フローチャートの作成(予算の試算)
2. 補修	補修方法、実施体制の整理・フローチャートの作成
3. 記録・分析	カルテフォーム、情報の蓄積と開示
4. 原因の究明と対策	事例収集、調査方法、対策検討

4-2-3 実施体制

普及・実証事業の実施体制図(計画)を図-4.2 に整理する。

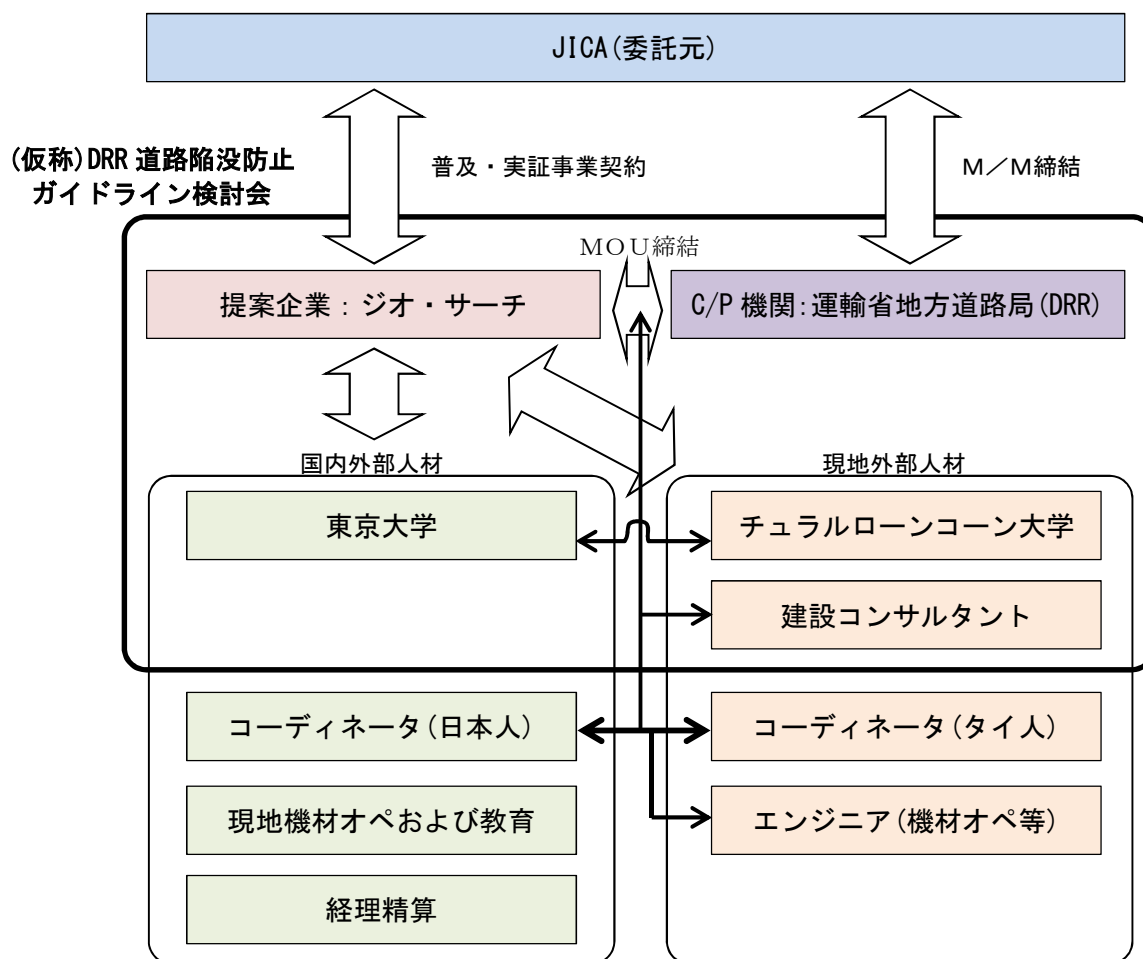


図-4.2 普及・実証事業における実施体制図(計画)

4-2-4 事業概算額

普及・実証事業の概算額(計画)を表-4.8 に示す。

表-4.8 普及・実証事業 事業概算額(予定、千円)

費用項目	(A) 普及・実証事業概算見積額	(B) 企業側負担額
1. 直接費		
(1) 直接人件費	0	18,500
(2) 直接経費		
ア 機材輸送費	*3,800	
イ 現地渡航旅費	16,400	
ウ 現地普及促進費		
(ア) 車両関係費・現地交通費	600	
(イ) 再委託費及び現地備人費	600	
(ウ) 上記以外		
エ 国内普及促進費		
(ア) 国内渡航航空費		
(イ) 国内普及促進業務費	2,500	

費用項目	(A) 普及・実証事業概算見積額	(B) 企業側負担額
(ウ) 上記以外		
2. 管理費	2,000	
3. 外部人材活用費		
(1) 直接人件費	28,000	
(2) 間接原価	27,000	
(3) 一般管理費等	16,000	
4. 上記1～3以外		
1～4 合計	96,900	18,500
総事業費合計(除:直接人件費)=(A)+(B)	115,400 千円	

※本予算計画では、探査車「スケルカ」等の機材は一時輸出入で計上した

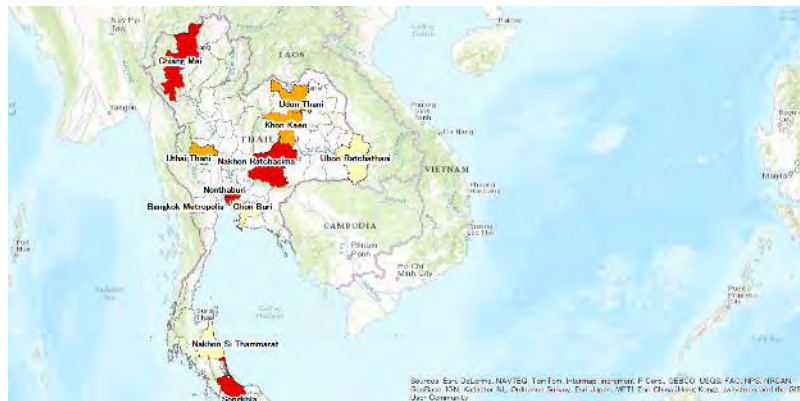
4-3 対象地域およびその周辺状況

道路陥没防止ガイドラインは、運輸省地方道路局(DRR)が管理する道路のうち特に道路陥没防止の需要が高いバンコク都周辺の幹線道路と、事業展開の実現性が高い地方都市、そこへのアクセス道路および隣接諸国へ通じる広域幹線道路に適用できるものと考えている。表-4.9に示すタイ国で人口10万人以上の地方都市の一覧³⁸と位置図、図-4.8に示すDRRから入手したタイ国内の道路ネットワーク図³⁹から、タイ国全域が対象地域であることがわかる。

表-4.9 タイ国の人口10万人以上の地方都市一覧と地図³⁸

	都市の名称	県 / Province	人口(2011年9月)
1	バンコク / Bangkok	Bangkok	5,782,159
2	ノンタブリー / Nonthaburi	Nonthaburi	270,609
3	ナコーンラーチャシーマー / Nakhon Ratchasima	Nakhon Ratchasima	174,332
4	チェンマイ / Chiang Mai	Chiang Mai	174,235
5	ハジャイ / Hat Yai	Songkhla	157,467
6	テーサバーンナコーン・ウドーンターニー	Udon Thani	155,339
7	パーククレット / Pak Kret	Nonthaburi	152,881
8	コーンケン / Nonthaburi	Khon Kaen	129,581
9	チャオプラヤ・スラサック / Surasak	Chonburi	109,983
10	ウボンラーチャターニー / Ubon Ratchathani	Ubon Ratchathani	105,081
11	ナコーンシータンマラート / Nakhon Si Thammarat	Nakhon Si Thammarat	104,712

都市位置図



³⁸ タイ国内務省地方自治体振興局(Department of Local Administration)データ <http://www.dla.go.th/upload/service/2011/9/156.pdf>

³⁹ 本邦受入れ活動で入手した運輸省地方道路局(DRR)資料

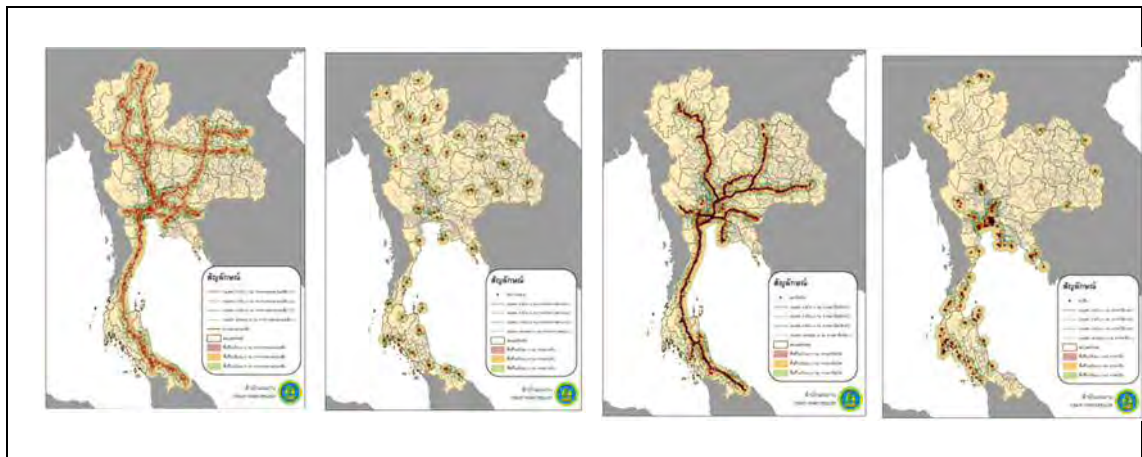


図-4.3 タイ国内の道路ネットワーク図および地域図³⁹

4-4 他ODA案件との連携可能性

現在、タイ国で準備段階にある「2014年度 ひび割れ計測システムを活用した橋梁維持管理手法の普及・実証事業」(KUMONOS コーポレーション株式会社(旧社名 関西工事測量株式会社))は、構造物の維持管理に関わるプロジェクトであり、成果の普及にあたる連携の可能性はある。また、すでに完了している JICA の技術協力プロジェクト「タイ国地方における橋梁基本計画作成・橋梁維持管理能力プロジェクト(2011-2013)」については、運輸省地方道路局(DRR)をカウンターパート(C/P)とした維持管理に関わるプロジェクトであり、そこにおける成果資産を活用できる可能性もある。今後タイ国内、特にバンコク首都圏における道路の課題を解決する、道路交通の安全施策、交通渋滞対策または、道路の路面管理に関わる他のODA案件があれば、連携の可能性があると考える。

4-5 ODA案件形成における課題

運輸省地方道路局(DRR)をカウンターパート(C/P)に、「道路陥没防止ガイドラインの作成」を、普及・実証事業として形成するための課題を以下に整理する。

●課題①：運輸省地方道路局(DRR)上層部の合意

本調査での先方との最後の協議(2016年5月)で、調査の次段階として JICA 支援による3ヶ年の道路陥没防止ガイドラインの作成を提案し、国際部門部長や他の出席職員から賛同を得られた。協議時には、普及・実証事業が企画競争であり JICA から採択を受けた後に事業が開始となり、DRR との M/M 締結が必要なことも説明し、了承を得た。また、ガイドラインの内容やプロジェクトの進め方などについては、改めて企画書という形で DRR へ提出し、それをたたき台として双方のやり取りのなかで進めていくこととなった。これまでの調査の経緯や取組みから、タイ国で組織を動かす場合にはトップの承認が必要であることがわかっているため、「DRR の庁内体制にメンテナンス部門を入れること」「スケジュールの共有」に並行して、早い段階で同局の上層部の合意を得る必要がある。

●課題②：M/Mの内容

タイ国での中小企業海外展開支援事業の先事例であるクモノス社の状況から、同国の行政機関は、民間企業との M/M の取り交わしに難色が示される場合もあり、締結に時間を要している。運輸省地方道路局(DRR)においても JICA と締結することを望んでいるため、事業開始に滞りを出さないために、事前調整中に締結する M/M の内容を精査する必要がある。

●課題③：事業支援への外部人材の確保

本調査をとおして、タイ国現地エンジニアの技術的なスキルや労働環境について実態を把握することができた。今後、提案企業の事業立ち上げに必要な計測・診断など技術拠点や事業形態、体制を決めていくにあたり、同国での行政機関からの発注ルールについて更に細かな情報を収集し掘り下げていく必要がある。従って、適切な事業判断をしていくための情報収集等、体制を強化するために、現地に精通した外部人材を雇用する方向で検討を進める。

- ・現地エンジニアの育成、提案企業のスケルカー等機材の現地調達方法の判断
- ・タイ国の発注に関する法令、ルールなどの公共調達に関する情報の収集

● **課題④：他の道路行政機関への成果の普及方法**

作成する道路陥没防止ガイドラインは、カウンターパート(C/P)候補機関のみならず、タイ国内の地方自治体やASEAN諸国での運用が可能と考える。従って、タイ国内外の道路行政機関への普及にあたっては、本調査でも開催したセミナー等の場を設けることや、アジア地域での技術シンポジウムなどで積極的に発信していくこととする。

第5章 海外ビジネス展開に向けた検討

非公開部分につき非表示