

タイ国
チュラロンコン大学

タイ国
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
業務完了報告書

平成 30 年 1 月
2018 年

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

クモノスコーポレーション株式会社

国内
JR(先)
18-010

目次

1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	2
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	16
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	17
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	23
2. 普及・実証事業の概要	27
(1) 事業の目的	27
(2) 期待される成果	27
(3) 事業の実施方法・作業工程	27
① 事業の実施方針	27
② 活動内容の詳細	28
③ 作業工程	31
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	33
① 要員計画	33
② 機材	34
③ タイ側の投入	34
④ 再委託業務の内容	35
(5) 事業実施体制	36
(6) 事業実施国政府機関の概要	37
① カウンターパート機関の概要	37
② 協力機関の概要	38
3. 普及・実証事業の実績	39
(1) 活動項目毎の結果	39
① KUMONOS を用いたパイロット計測	39
② KUMONOS の有用性実証活動	48
③ KUMONOS の普及活動	54
④ KUMONOS に関するビジネス実施体制の検討	63
(2) 事業目的の達成状況	65
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	67
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	67
(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	68

(6) 今後の課題と対応策.....	68
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	70
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	70
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	70
② ビジネス展開の仕組み	71
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	74
④ ビジネス展開可能性の評価	75
(2) 想定されるリスクと対応	76
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	77
(4) 本事業から得られた教訓と提言.....	77
① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	77
② JICA や政府関係機関に向けた提言	78
参考文献.....	79
添付資料.....	80

巻頭写真



機材検収の様子



現地政府機関への技術紹介



スラナリテクニカルカレッジでのセミナー



技術講習会



パイロット計測



パイロット計測



第1回セミナー 講演風景



CU/DOH 評価会議



第2回セミナー
在タイ日本大使館福島次席公使のご挨拶



第2回セミナー 講演風景



第2回セミナー 講演者記念撮影



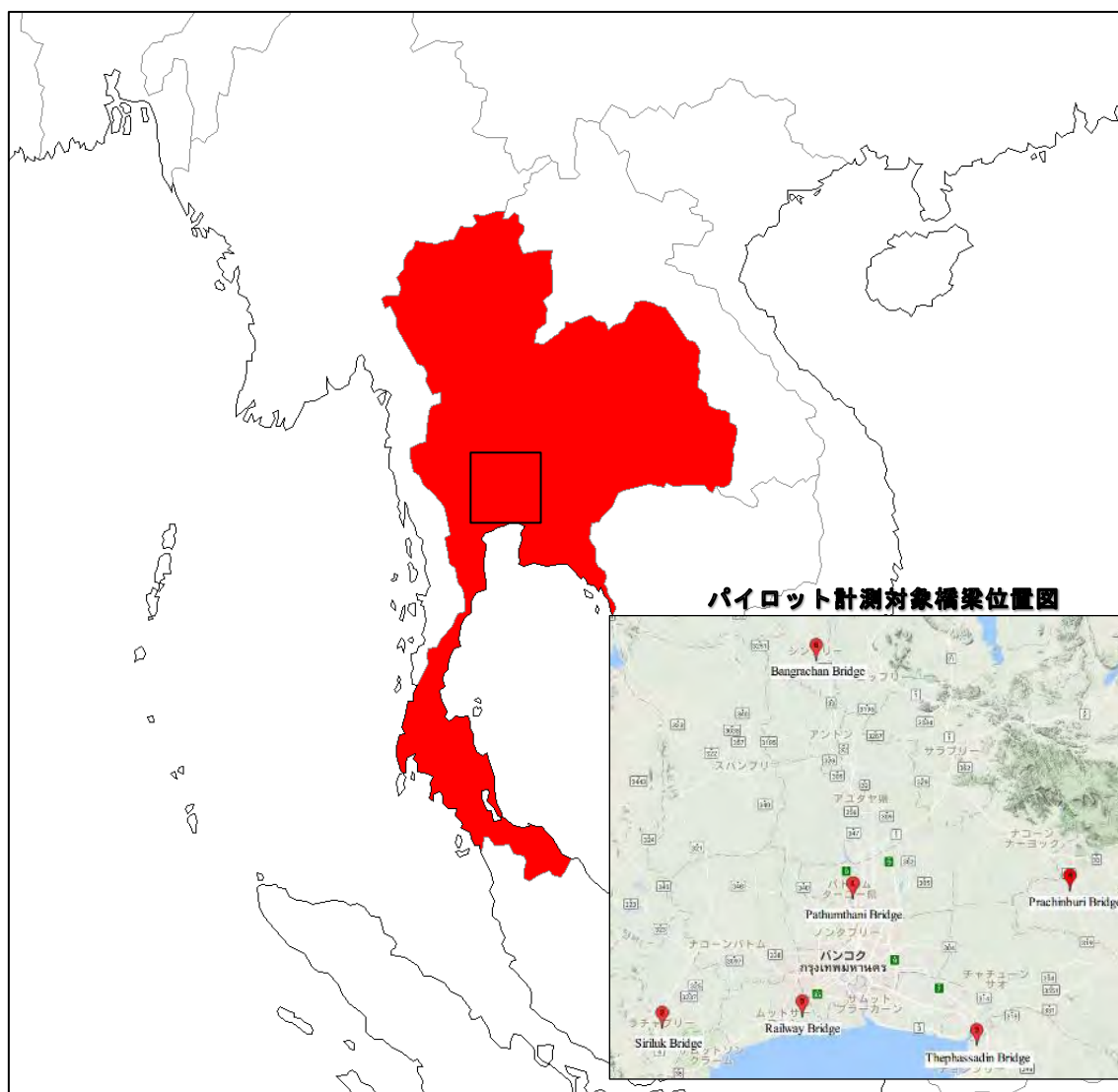
機材譲渡式

略語表

略語	正式名称	説明
AASHTO	Ameircan Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
ACI	American Concrete Institute	米国コンクリート学会
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
BMA	Bangkok Metropolitan Administration	バンコク都
BMMS	Bridge Maintenance Management System	橋梁維持管理システム
Bridge Center	Bridge Construction and Rehabilitation Center	Bureau of Bridge Construction (運輸省道路局橋梁建設課) 傘下の地方管理事務所 (全国に 4 事務所)
BU	Burapha University	ブラパ大学
CAD	Computer-aided design	コンピュータ支援設計
C/P	Counterpart	相手国実施機関
CU	Chulalongkorn University	チュラロンコン大学
DOH	Department of Highways	運輸省道路局
DOS	Disk Operation System	ディスクオペレーションシステム
DRR	Department of Rural Roads	運輸省地方道路局
EMS	Express Mail Service	国際スピード郵便
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ発電公社
EXAT	Expressway Authority of Thailand	タイ高速道路公社
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIS 社	GIS Co., Ltd.	現地民間企業
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IMMS 社	Infrastructure Monitoring and Management System Co., Ltd.	現地民間企業
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KC	KUMONOS Corporation	クモノスコーポレーション株式会社
MOT	Ministry of Transport	運輸省
MOU	Memorandum of Understanding	基本合意書
NCPO	National Council for Peace and	国家平和秩序維持評議会

	Order	
NESDB	The National Economic and Social Development Board	国家経済社会開発庁
OCR	Overall Condition Rating	タイにおける橋の健全度指標
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	オン・ザ・ジョブトレーニング
PAD	People's Alliance for Democracy	民主主義人民連合
RID	Royal Irrigation Department	王立灌漑局
TEAM 社	TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd	現地民間企業
TNC	Thai Nishimatsu Construction Co., Ltd.	日系民間企業(タイ西松建設株式会社)
TS	Total Station	トータルステーション
UDD	United Front of Democracy Against Dictatorship	反独裁民主戦線
WCDR	Weighted Critical Damage Rating	タイにおける橋の損傷度指標

地図



出所： <http://www.craftmap.box-i.net/> 及び Google Map

タイ国

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)(大阪府)

タイ国の開発ニーズ

- インフラ構造物の予防保全型維持管理の実施体制確立
 - 慢性的な維持管理予算の不足により、表面化した重大な劣化・損傷への対処しか行われていない
 - 点検の質・量・精度が適切な補修計画の策定に十分でない

普及・実証事業の内容

- 遠隔ひび割れ計測システム「KUMONOS」を用いた道路橋梁計測を通して、劣化状況を正確に把握・管理するための点検手法及び点検データの活用ノウハウを移転
- 予防保全型維持管理の導入や点検精度の向上を啓発するセミナー開催等により普及を促進
- 現地ビジネス展開に向けた詳細計画を策定

提案企業の技術・製品



遠隔ひび割れ計測システム
「KUMONOS(クモノス)」

- 遠隔地からの日接触調査を実現
 - ・近接のため、コスト削減
 - ・調査可能範囲の拡大
- 劣化・損傷の位置・形状を3次元座標で正確に記録し、経時的な変化も定量的に把握可能
- 専用解析ソフトウェアにより計測結果を製図システム(CAD)上で自動描画

事業概要

相手国実施機関: チュロンコン大学
事業期間: 2016年9月～2018年2月
事業サイト: タイ国内の橋梁

タイ国側に見込まれる成果

- 維持管理の重要性に対する意識向上により、維持管理体制の整備を促進
- 正確性及び再現性が高く作業コストが低い点検手法の活用により、健全度の分析精度が向上し、適切な補修タイミング・工法が選定できるようになる

日本企業側の成果

現状

- 海外販売実績: 22台

今後

- タイ国における「KUMONOS」の販路開拓及び販売体制確立
- 「KUMONOS」の計測技術者確保・育成及び計測業務の受注体制整備
- 道路橋梁以外のインフラ構造物への適用及び周辺諸国・地域へのビジネス展開

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) 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 (英文: Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Improving Bridge Maintenance with Concrete Crack Measurement System)
事業実施地	タイ国
相手国 政府関係機関	チュラロンコン大学 (Chulalongkorn University)
事業実施期間	2016 年 9 月～2018 年 2 月 (1 年 6 ヶ月)
契約金額	9,998 万円
事業の目的	KUMONOS を用いた点検手法が、タイ国の道路橋梁維持管理において、適合可能かつ有用であることを実証し、当該製品・技術の普及を図る。
事業の実施方針	【事業の概要】 ✓ KUMONOS を用いた道路橋梁計測を通して、劣化状況を正確に把握・管理するための点検手法及び点検データの活用ノウハウを移転 ✓ 予防保全型維持管理の導入や点検精度の向上を啓発するセミナー開催等により普及を促進 ✓ 現地ビジネス展開に向けた詳細計画を策定 【期待される成果】 1. 道路橋梁の現況を正確かつ定量的に把握するための点検手法・ノウハウがタイ側の技術者に移転される。 2. KUMONOS のデータ管理・活用方法が共有され、道路橋梁維持管理における KUMONOS の適合可能性及び有用性が C/P 及び協力機関である DOH の中で広く認識される。 3. タイ国のインフラ構造物 (道路・鉄道・ダム等) 維持管理組織及び技術者養成機関の間で、高精度な点検に基づく劣化状況把握・分析の重要性が認識され、KUMONOS が広く普及するための土壌が形成される。 4. タイ国の維持管理の現状に即したビジネスモデルが形成され、KUMONOS のタイ国への本格導入に向けた体制が整備される。 【基本方針】 本事業実施後も KUMONOS が継続的に活用される仕組みを構築することに重点を置き、下記アプローチで事業を実施する。 ✓ 橋梁点検に日常的に従事している技術者が事業終了後も独力で計測を行えるようにするため、OJT を通した実践的な技術・ノウハウの移転を目指す。 ✓ KUMONOS の円滑な導入のために、既存の維持管理システムと連

	携させることにより、総合的な現状把握・劣化分析が行われる仕組みの構築を目指す。 ✓ 維持管理関係者のみならず、政策決定部門・予算策定部門の関係者に対しても予防保全型維持管理の重要性や KUMONOS の導入メリットを啓発し、適切な維持管理を行う上で必要となる予算確保が円滑に行えるようにする。 ✓ 道路橋梁以外のインフラ構造物の維持管理関係者も啓発の対象とし、本事業の効果が将来的にタイ国全体のインフラ構造物に裨益するようにする。 ✓ 計測技術者を養成する仕組みを構築するため、公的な教育機関の指導カリキュラムに KUMONOS を加えてもらうことを目指す。 【実施方法】 1. KUMONOS を用いたパイロット計測 道路橋梁 6 橋のパイロット計測を日本人技術者とタイ側の技術者が共同で行い、点検手法・ノウハウを C/P の技術者に移転する。 2. KUMONOS の有用性実証活動 計測データを用いたデータ活用シミュレーション及び DOH 保有の橋梁管理システムとの連携を目指し、KUMONOS の現地適合性及び有用性を実証する。 3. KUMONOS の普及活動 インフラ構造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の重要性及び KUMONOS が果たし得る役割についての啓蒙セミナーを計 2 回開催する。また、テクニカルカレッジの教員を対象とした技術講習会及び指導要領策定の支援活動を行い、指導カリキュラムに KUMONOS を加えてもらうことを目指す。 4. KUMONOS に関するビジネス実施体制の検討 タイ国における KUMONOS の販売・計測サービスの提供に向け、市場調査・需要予測を行った上で、現地パートナーとの業務連携について詳細計画を立案し、現地ビジネスの実施体制を確立させる。
実績	(1) 機材設置状況 ・ KUMONOS : 6 台 (16 年 11 月)、PC : 6 台 (17 年 4 月) (2) 事業実施国政府機関との協議状況 ・ 2016 年 9 月 現地キックオフミーティング (CU, DOH, JICA タイ事務所) ・ 2016 年 11 月 パイロット計測候補橋梁リストの提供 (DOH) ・ 2017 年 2 月 第 1 回セミナー概要決定、計測橋梁検討会議 (CU) ・ 2017 年 3 月 DOH の本調査への協力に関するトップ会談 ・ 2017 年 5 月 DOH と CU 間での協調に関するレター取り交わし ・ 2017 年 10 月 CU、DOH との評価会議 ・ 2017 年 12 月 CU への機材譲渡 (3) パイロット計測 1) CU 向け講習会 (第 1 回 2016 年 11 月、第 2 回 2017 年 2 月) 2) DOH 向け講習会 (2017 年 5 月) 3) パイロット計測 (第 1 回 2017 年 5 月 2 班で 2 橋)

	4) ラマ 8 世橋デモンストレーション計測 (2017 年 3 月) 5) パイロット計測 (第 2 回 2017 年 6 月 2 班で 2 橋) 6) パイロット計測 (第 3 回 2017 年 8 月 2 班で 2 橋) 7) プミポン橋デモンストレーション計測 (2017 年 10 月) (4) 現地セミナー 1) 第 1 回構造物維持管理関係者向けセミナー (2017 年 5 月 30 日、主催 CU/KC) 2) 第 2 回構造物維持管理関係者向けセミナー (2017 年 11 月 7 日、主催 CU/KC) 3) スラナリテクニカルカレッジ向けの講習会 (2017 年 3 月 20 日～23 日) (5) ビジネス展開計画 (2016 年 9 月～2017 年 11 月現在) ヒアリング対象: : 現地政府機関 (BMA, RID 等)、大学 (カセサート大学、コンケン大学) 現地民間企業 (設計・点検コンサルタント)、現地日系企業等、合計 26 機関・組織
課題	・タイ人技術者を継続的に養成していく仕組みづくり ・予防保全型維持管理のさらなる導入促進
事業後の展開	実施方針 ・継続的に活用されるため KUMONS の点検仕様へのスペックインを目指す。 展開方法 ・現地コンサルタント企業への KUMONOS の販売 ・重要橋梁への計測サービスの提供 ・スラナリテクニカルカレッジへの KUMONOS 販売
Ⅱ. 提案企業の概要	
企業名	クモノスコポーレーション株式会社
企業所在地	大阪府箕面市 (本社)
設立年月日	1995 年 3 月
業種	建設コンサルタント
主要事業・製品	測量、施工管理、外壁診断、構造物点検、システム開発、器機販売・レンタル
資本金	3,000 万円 (2017 年 11 月時点)
売上高	124,175 万円
従業員数	121 名 (2017 年 10 月末現在)

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

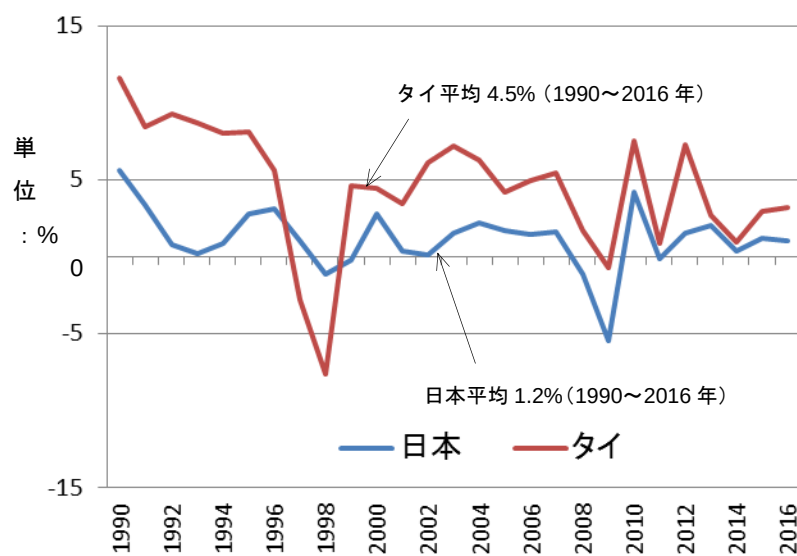
立憲君主国であるタイ国は、大多数がタイ族、その他華僑、マレー族、山岳少数民族等により構成される国家であり、人口は 6,796 万人（2015 年：国別データブック）で東南アジア諸国連合（ASEAN：Association of South-East Asian Nations）の中でインドネシア、フィリピン、ベトナムに次いで 4 番目の国である。大多数を占める仏教徒（小乗（上座）仏教）の間では僧侶や仏像は畏敬の対象である。国民から絶大な敬愛を集めていた前国王のプーミポン・アドゥンヤデート（プミポン）国王が 2016 年 10 月 13 日に崩御し、同年 12 月 1 日にワチラーロンコーンが国王に即位した。崩御から約 1 年後の 2017 年 10 月 26 日、バンコクの王宮前広場に設置された施設で火葬儀式が行われ、荼毘に付された。タイ政府は同年 10 月 29 日を以て服喪期間が終了したことを宣言した。また、タイ国民は非常に親日的であることで知られており、自動車産業を中心に多くの日系企業が現地に進出している。最近では地域統括、物流統括、研究開発といった機能をタイ国に設立するなど、ASEAN の中核拠点として考える企業も増加している。

近年の政治情勢としては、2006 年頃からのタクシン派と反タクシン派との政治的内紛が現在も続いている。2006 年 9 月、2001 年以来政権を担っていたタクシン政権に対して、反タクシン勢力（PAD：People's Alliance for Democracy、民主主義人民連合、通称黄シャツ・グループ）のデモ活動が激化し、軍部によるクーデターが発生した。その後、スラユット暫定政権の下で 2007 年 12 月に行われた下院総選挙においては、再びタクシン派の「国民の力党」が第 1 党となり、サマック政権が成立したが、PAD による反政府運動が再び活発となる中、2008 年 9 月には、サマック首相は憲法裁判所の判決により失職し、ソムチャイ首相が政権を継いだ。しかし、同年 12 月には同党を含む主要政党 3 党に再び憲法裁判所による解党処分が下され、ソムチャイ政権は崩壊した。これを受け、旧連立与党の一部が政権を離脱し、野党第 1 党の民主党を軸とするアピシット政権が樹立されたものの、タクシン元首相を支持する勢力（UDD：United Front of Democracy Against Dictatorship、反独裁民主戦線、通称赤シャツ・グループ）は全国でデモ活動を展開するようになった。UDD による反政府デモはその後も継続し、2009 年 3 月にはパタヤでの ASEAN 関連首脳会議が延期に追い込まれ、さらに、タクシン元首相の凍結資産の没収に係る司法判断を契機として 2010 年 3 月からは UDD による都内での反政府デモが拡大し、同年 4 月及び 5 月に治安当局と UDD が衝突、邦人 1 名を含む 90 名以上の死者、約 1,400 名の負傷者を出す事態となった。2011 年 5 月、アピシット首相は下院を解散し、同年 7 月には総選挙が行われたが、野党タイ貢献党が単独過半数を獲得して勝利し、タクシン元首相の末妹であるインラック氏を首班として同党を軸とする連立政権が成立した。

インラック政権において 2012 年を通じて比較的安定的な政権運営が実施されたが、2013 年になると政府は大規模インフラ計画のための借入れ等大胆な政策転換に着手し、同年 11

月未明に強行可決された大赦法案によりそれまで安定していた政情が激変し各地で反政府デモが起こることとなった。このような状況を受け、インラック首相は同年 12 月の下院解散、2014 年 2 月の反政府デモ隊の妨害による選挙の無効、5 月の公務員の人事異動に関する職権乱用により失職する。その後、クーデターにより軍を中心とする「国家平和秩序維持評議会（NCPO : National Council for Peace and Order）」が全統治権の掌握を宣言し、現在まで暫定政権による比較的不安定な情勢が続いている。なお、2017 年 4 月 7 日に新憲法が公布され、同日施行された。このように、タイ国は政治の安定の面で不安を抱えながらも、経済成長著しい ASEAN 諸国の中でも中心的な存在であり、今後日本を含めたアジア地域がさらに政治的・経済的に安定・発展していくためにも、タイ国が果たす政治的役割は大きいと言える。

タイ国は、安定した経済状況の下、他のアジア諸国の中でも先行して発展を遂げてきた国の一つである。1997 年のアジア通貨危機、2008 年のリーマンショックを発端とする金融危機、2011 年下期に発生した大洪水の影響により、1997 年、1998 年、2009 年にはマイナス成長を記録したものの、1990 年～2016 年の GDP 成長率の平均年率は 4.5%と安定的に成長を続けている（図 1.1）。2015 年のタイ国の GDP は約 3952 億ドルであり、東南アジアではインドネシアに次ぐ経済規模であるとともに、日本の九州とほぼ同じ経済規模でもある。同年の一人当たりの GDP は 5,742 ドルであり、隣国のカンボジア、ラオス、ミャンマーより遥かに高い反面、中進国とされる資源大国マレーシアに比べると大幅に低い水準である。



出所：IMF - World Economic Outlook Databases (2017 年 4 月版)

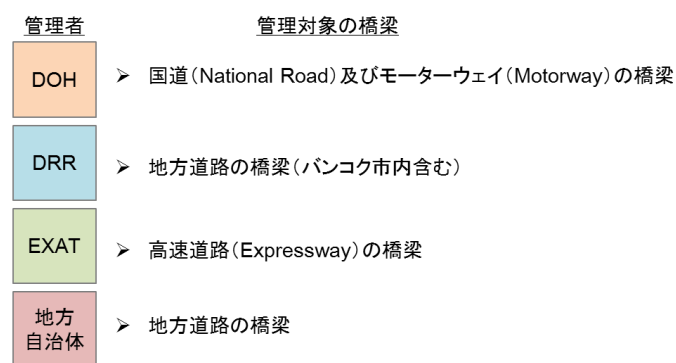
図 1.1 タイ国と日本の実質 GDP 成長率の推移（1990 年～2016 年）

② 対象分野における開発課題

1) 橋梁維持管理機関

タイ国における道路・橋梁の建設・維持管理は、運輸省（MOT : Ministry of Transport）

管轄下にある複数の機関によって行われている。国道（National Highway）及びモーターウェイ（Motorway）の橋梁は運輸省道路局（DOH：Department of Highways）、高速道路（Expressway）の橋梁はタイ高速道路公社（EXAT：Expressway Authority of Thailand）、地方道路の橋梁は地方道路局（DRR：Department of Rural Roads）及び地方政府（Local Government）が管理している（図 1.2 参照）。



出所：調査団作成

図1.2 タイ国の橋梁の管理機関

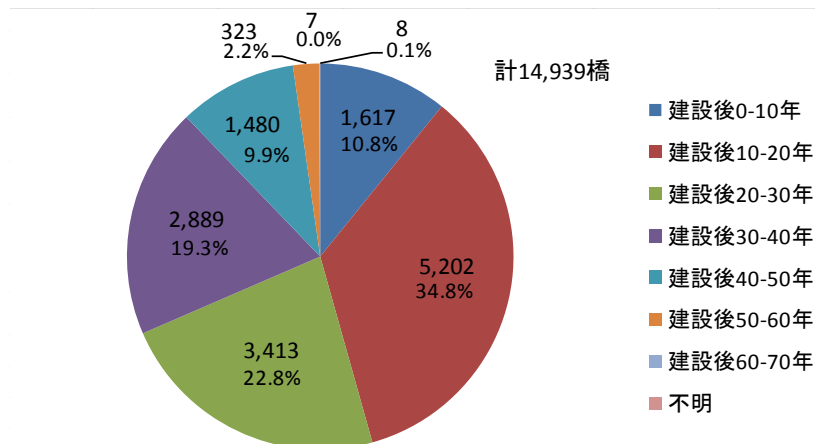
DOH はタイ国全土の主要道路ネットワーク（National Highway と Motorway）の建設及び維持管理を担当している。DOH が維持管理している橋梁数は約 15,000 橋であり、橋梁の総延長は約 713.2Km である（2014 年時点）。DOH 本省で橋梁維持管理を担当しているのは橋梁建設部（Bureau of Bridge Construction）であり、現在約 40 名の技術者が在籍している。また、橋梁の日常的な点検・維持管理については、全国に 4 か所¹存在する地方管理事務所（Bridge Center）が担当している。

2) DOH による橋梁維持管理の現状

a) 橋梁の現状

タイ国における橋梁建設は 1980 年代から盛んに行われ、現在に至っている。バンコク都内においては、大型車の通行が規制されているため、橋梁の劣化・損傷の主な原因である過積載車両の影響は少なく、既存の橋梁の状態も比較的良好である。図 1.3 に示すように、本調査の対象機関である DOH の管理橋梁でも、建設後 30 年以上の橋梁の数が全体の約 1/3 を占めており、全橋梁の平均は約 24.6 年である。しかし、現在でもタイ政府の政策として道路・橋梁の新規建設に重点が置かれており、また落橋等人命に関わる重大な事故も発生していないため、橋梁維持管理に対する社会の関心や関係者の意識が低いのが現状である。

¹ Bridge Center 1: Phichit（北部）、Bridge Center 2: Khon Kean（東北部）、Bridge Center 3: Pathum Thani（中部）、Bridge Center 4: Nakhon Si Thammarat（南部）



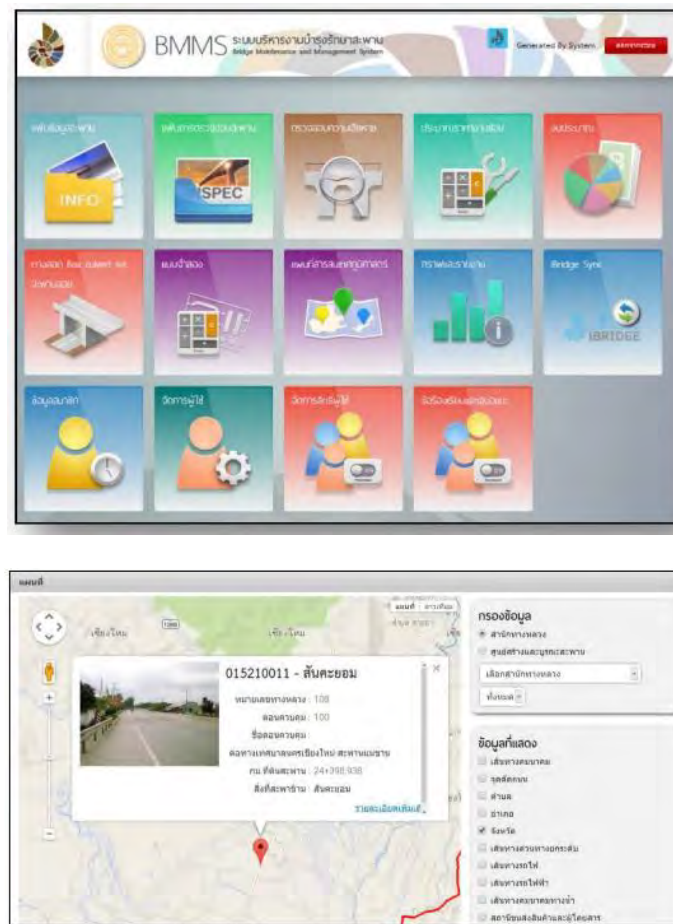
出所：DOH、BMMS レポート

図1.3 DOHが管理する橋梁の建設後経過年数別橋梁数（2014年2月現在）

b) 橋梁維持管理システム（BMMS：Bridge Maintenance and Management System）

(ア) 開発の経緯と概要

DOH は現在、独自の BMMS を使って橋梁の維持管理を行っている。BMMS は 1988 年から 1992 年にかけてデンマーク政府の支援によって導入されたのが最初であるが、DOS（Disk Operating System）版であったためコンピュータの知識がない職員にとっては使いこなすのが難しく、結局その使用は中止された。その後、2011 年から 2012 年にかけて DOH が Kasetsart 大学に委託して BMMS の再整備を行い、2012 年 8 月に新しい BMMS が完成した。このシステムはウェブ上で管理が行われ、地理情報システム（GIS：Geographic Information System）に対応しており、各橋梁の橋梁タイプ、材料、建設年、交通量、道路の重要性等の情報を整理することにより健全度判定を行い、適切な時期に適切なコストで補修を行うことを目的としている。また 2013 年には、タブレット端末から BMMS にアクセスしてデータのダウンロードや更新等ができる「iBRIDGE」が外部コンサルタント会社（IMMS 社）によって開発され、現在 DOH は 25 台のタブレット端末を所有し、現場における点検に使用している。BMMS への入力項目としては、橋梁コード、橋梁名、架橋タイプ（河川橋、跨線橋等）、架橋位置、路線名、幅員、上部工形式等があり、これらの基本情報とともに写真データや図面データを保存することができる。ただし、表示は全てタイ語である。近年 BOX カルバートと歩道橋の老朽化や損傷が問題視されており、2016 年からは橋梁に加えて BOX カルバートと歩道橋についても BMMS による管理が始まっている。



出所 : DOH

図1.4 BMMSの操作画面

(イ) 今後の BMMS 改良計画

「ソフトウェア改良」、「ハードウェアの更新」、「人材育成」という 3 つの側面から、BMMS の改良や関係者へのトレーニングが実施されている。DOH は今後も引き続き BMMS の改良を行う計画を立てており、主な改良点は以下のものである。

- ・ タブレット (10 インチスクリーン) よりも小さく現場での操作性のよい端末 (7 インチスクリーンのスマートフォン) への対応
- ・ 建設～補修履歴～架け替えまでを時系列で表示するタイムライン機能の追加
- ・ Arc GIS への一本化 (現在は Google GIS など複数に対応しているが、今後は MOT の方針で Arc GIS が主流となるため)
- ・ DOH 内の他部署が有するシステム (道路管理台帳や交通量データなど) とのリンクによる情報共有
- ・ (長期的計画として) EXAT など他の管理機関のデータとのリンク及び情報共有
- ・ BMMS の改良は、限られた人員と予算の中でより効率的な維持管理を行うため、また、橋梁の建設から架け替えまでのライフサイクル全体を管理するライフサイク

ルマネジメントの視点での維持管理を実施したいという DOH の方針に基づいて実施されるものである。



出所：DOH、2013年10月撮影（左：iBRIDGEの使用法に関する講義、右：現場におけるOJT）

図1.5 地方事務所職員へのトレーニングの様子

(ウ) BMMS の課題

BMMS のデータは本来、維持管理コストの算出や補修する橋の優先順位付け、短期（1年）のみならず、中長期（5年、10年先）の維持管理計画を策定する際に活用されるものである。しかし現在は、コンクリートの劣化の進行予測に関する知識などが DOH に不足しているため、その機能は十分に活用されていない。

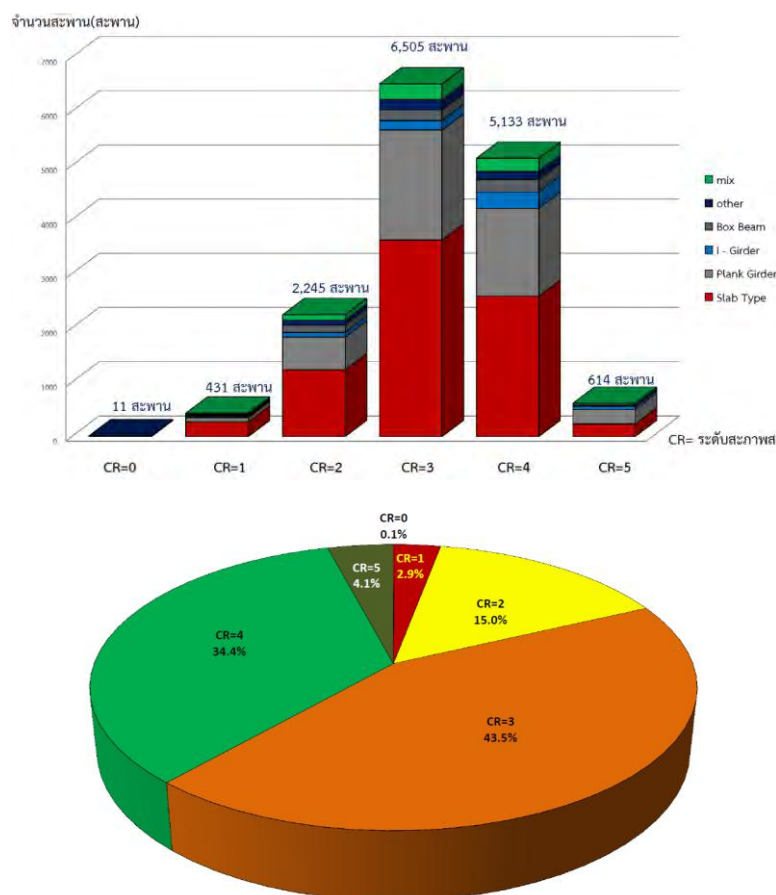
また、DOHが管理する約15,000橋分のデータは一通り BMMS 内に整理されているが、人員不足のために定期的に情報を更新する計画は立っていない。また、橋梁名、建設年、架橋位置などの基本情報は整理されているものの、ひび割れデータなど中長期計画を立てる上で必要となるデータは十分に管理されていない。今後 BMMS を有効に活用するためには、DOH 職員の点検技術の向上、劣化予測に関する知識の向上、組織強化といったキャパシティデベロップメントを行うことや、民間企業への外部委託によりマンパワーの不足を補う必要がある。

c) 点検マニュアル、補修マニュアル及び健全度指標

タイ国内には、道路・橋梁に関する建設・施工・維持管理の基準やマニュアルは多く存在し、道路管理者ごとに異なる基準を使っている。DOH は現在、主に AASHTO 基準や ACI Building Code に基づいてコンサルタント会社（IMMS 社）が作成した点検マニュアルと補修工法マニュアルを使っている。

点検マニュアルによると、現場における点検項目は上部工、下部工、基礎工など橋梁全体で計 31 項目ある。そのうちひび割れに関しては、通常のひび割れ、鋼材のひび割れ、格子状のひび割れ、縦方向のひび割れの 4 タイプに分類されている。それぞれの点検項目を総合的に判断し、橋の健全度を OCR（Overall Condition Rating）という指標を使って判定する。OCR はレベル 0 から 5 までの 6 段階に分かれており、5 が最も健全な状態を示

し、0 は損傷が激しく利用できない状態（架け替えが必要な状態）を示す。後述するように、OCR の値によって点検頻度が異なっており、また OCR の値が小さい橋梁から優先的に補修対象になる。図 1.6 に示すように、DOH が管理している 14,939 橋の内、約 62% にあたる 9,192 橋が OCR=3 以下（3、2、1、0）の橋梁に分類されている。なお、それぞれの橋梁の OCR は GIS マップ上で色分けされた状態で表示されるため、どの地域にどの程度の損傷橋梁が存在しているのかを一目で確認することが可能である。



出所：DOH

図1.6 DOH管轄下の橋梁の健全度（OCR）

d) 橋梁の点検方法

DOH の橋梁点検方法としては、以下の 3 種類が現在実施されている。それぞれの点検に関して BMMS と連動して作業が行われている。なお、コンクリートのひび割れについては、重大なものだけをクラックスケールで形式的に計測されているものの、BMMS 内でのクラックマップの管理は行われていない。よって、劣化・損傷の経年観察や他橋との比較等を行うことは難しく、損傷傾向の分析や劣化予測はなされていないのが現状である。

(ア) 日常点検（Routine Inspection）

地方の Bridge Center の職員が現場で点検を行う。点検頻度は、健全度を示す OCR の値

が3以下（3、2、1、0）の橋梁は1年に一度の頻度で、またOCRの値が4以上（4、5）の橋梁は2年に一度の頻度で点検と記録を行うこととされている。点検の方法としては、図1.7に示すように、橋梁の全景写真を3方向から撮影してBMMSに保存し、もし損傷があればその程度、場所、数量などを確認してBMMSに入力する。

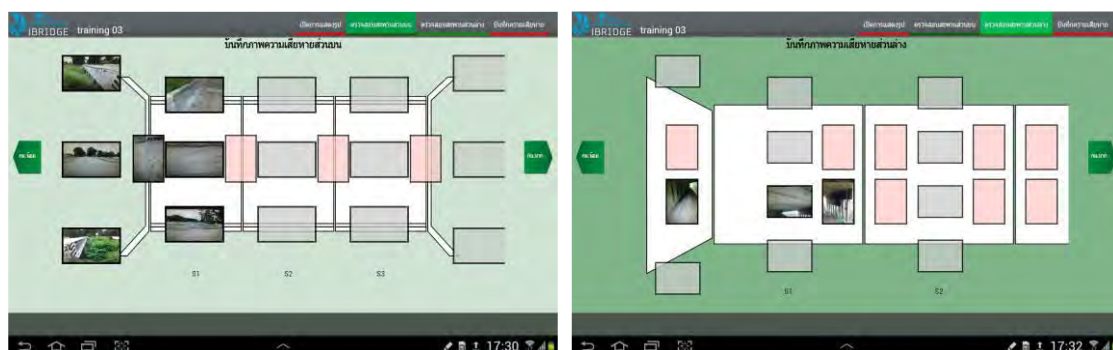


出所：DOH

図1.7 Routine Inspectionに関するBMMSの記録画面

(イ) 基本点検（Principle Inspection）

Bridge Center の中でも経験豊富な職員が点検を担当する。点検頻度は、OCR の値が3以下の橋梁は4年に一度の頻度で、またOCRの値が4以上の橋梁は6年に一度の頻度で点検と記録を行うこととされている。点検の方法は、図1.8に示すように、橋脚、上部工、壁高欄等全ての部材の写真を撮影してBMMSに保存し、もし損傷があればその細部の写真をBMMSに保存するとともに損傷の程度についてのコメントも入力する。



出所：DOH

図1.8 Principle Inspectionに関するBMMSの記録画面

(ウ) 特別点検（Special Inspection）

洪水等の災害発生時に被害を受けた橋梁を対象に、DOH 本省や外部コンサルタント会社社員などの専門家が詳細点検を実施してレポートにとりまとめ、BMMS に点検結果（PDF データ）を保存するとともに、損傷の原因も解明する。

e) 損傷に関する分析・評価方法

BMMS を使って以下の 4 つの分析・評価が行われている。

(ア) 橋梁維持管理計画策定 (Bridge maintenance preparation)

補修工法の選択及び工事費用の算出が自動で行われる。その他必要となる仮設費用などを手入力で追加することもできる。最終化された計画を DOH 本省のデータベースに登録することにより、その結果が補修橋梁の優先順位付けに反映される仕組みとなっている。

(イ) 補修履歴の記録 (Repair Report)

橋梁が補修された場合には、補修内容を BMMS に記録して損傷状況をアップデートすることにより、各橋梁の現況を正確に管理する仕組みになっている。

(ウ) 耐荷重と寿命の評価 (Evaluation of load capacity and remaining life of bridge)

BMMS において耐荷重の大きさは”Load rating factor”という指標で評価され、その数値と橋梁の年齢によって寿命が計算される仕組みとなっている。



表-1



การวิเคราะห์และประเมินผล (Analysis & Evaluation)

- การจัดแผนซ่อมสะพาน
- การประเมินความสามารถการรับน้ำหนักของสะพาน
- การประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของสะพาน

表-2



表-3



【表-1 の拡大】

The screenshot shows the JAMS MODEL software interface with four tables of data. Each table has a title, a list of models, and a table of values.

Table 1: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 2: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 3: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 4: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

【表-2 の拡大】

The screenshot shows the JAMS MODEL software interface with six tables of data. Each table has a title, a list of models, and a table of values.

Table 1: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 2: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 3: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 4: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 5: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

Table 6: Model Type

Model	Value	Unit
WQ10	0.125	1/100
WQ15	0.150	1/100
WQ20	0.175	1/100
WQ25	0.200	1/100
WQ30	0.225	1/100

【表-3 の拡大】

The screenshot displays the BMMS software interface with the following data tables:

Slab Type	WCDR	OCR	WCDR	OCR
Slab Type 1	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Type 2	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Type 3	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Type 4	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Type 5	0.125	0.125	0.125	0.125

Blank Chart	WCDR	OCR	WCDR	OCR
Blank Chart 1	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Chart 2	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Chart 3	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Chart 4	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Chart 5	0.125	0.125	0.125	0.125

Slab Detail	WCDR	OCR	WCDR	OCR
Slab Detail 1	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Detail 2	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Detail 3	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Detail 4	0.125	0.125	0.125	0.125
Slab Detail 5	0.125	0.125	0.125	0.125

Blank Detail	WCDR	OCR	WCDR	OCR
Blank Detail 1	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Detail 2	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Detail 3	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Detail 4	0.125	0.125	0.125	0.125
Blank Detail 5	0.125	0.125	0.125	0.125

出所 : DOH

図1.9 分析・評価方法に関するBMMSの表示画面

f) 補修橋梁の優先順位付け

BMMS を用い、以下の 5 つの要素を考慮して補修の優先順位付けが行われている。

(ア) Weighted Critical Damage Rating (WCDR)

WCDR は橋の損傷度を示す指標として用いられており、この値が大きい橋ほど損傷の程度が大きいことを意味し、優先的に補修される橋梁リストにリストアップされることになる。逆に、OCR の値が大きくなるほど、WCDR の値は小さくなるという関係にある（WCDR の値=5 - OCR の値）。

(イ) 交通量

橋梁利用者数を意味し、橋梁が利用できなくなった場合の影響度の大小として考慮される指標である。WCDR に対する乗数として使われている。

(ウ) 道路規格

路線の重要度として考慮される指標であり、路線番号が小さい道路ほど重要度が高い。WCDR に対する乗数として使われている。

(エ) 補修遅延

補修予算案が提案されてから現在までの補修がされなかった期間のことであり、その間に利用者が受けた不快感や損傷具合の進行度合いを考慮するものである。WCDR に対する乗数として使われている。

(オ) 橋梁価値 (Bridge Value)

歴史的構造物としての価値がある橋梁や、近隣諸国とタイとを接続する橋梁など、DOH が橋梁自体に価値があると判断した場合に考慮される指標である。このような橋梁は常にベストな状態で管理されることが求められているため、優先的に補修されることになっている。

การจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมสะพานและจัดหางบประมาณ (Prioritization & Budgeting)

เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสะพานเพื่อใช้เสนอของบประมาณ โดยนำปัจจัยความเสียหายของสะพาน ปริมาณการจราจร ความสำคัญของหมายเลขถนน แผนซ่อมตกค้าง

表-1

表-2

表-3

【表-1の拡大】

หมายเลขทาง	จังหวัด	ชื่อสะพาน	หมายเลขทางหลวง	สถานะทางหลวง	กม. ที่ตั้งสะพาน	สายหลวง	ถนนหมายเลข	โครงการพัฒนา	มูลค่าโครงการ
โครงการทางหลวงที่ 1	1	151210001	-	108	โครงการพัฒนาระบบขนส่งทางบก	5+199	30,663.09	40.69	5
โครงการทางหลวงที่ 2	2	045110088	คลองพระพรหม	126	โครงการพัฒนาระบบขนส่งทางบก	49+734	0.00	35.65	5
โครงการทางหลวงที่ 3	3	015210002	-	108	โครงการพัฒนาระบบขนส่งทางบก	5+199	0.00	22.48	5

【表-2の拡大図】

[illegible]

【表-3の拡大図】

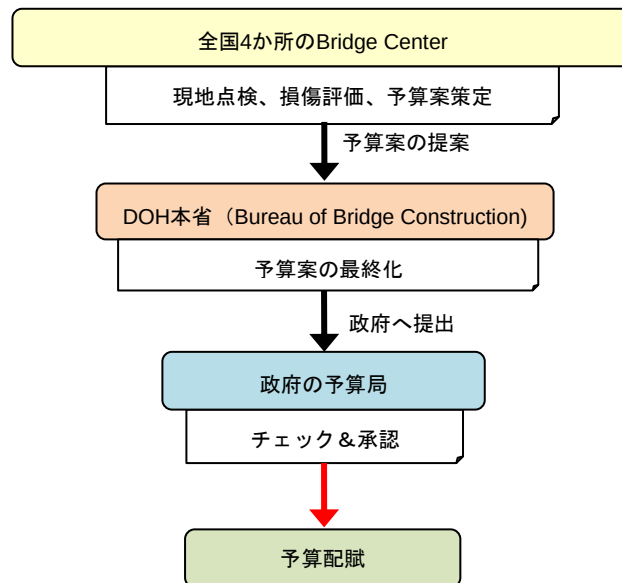
[illegible]

出所：DOH

図1.10 補修橋梁の優先順位付けに関するBMMSの表示画面

g) 維持管理予算

DOH における橋梁維持管理予算配賦までのフローを図 1.11 に示す。地方管理事務所の職員が現地点検と損傷評価を行い、DOH 本省に対して予算案を提出する。その後 DOH 本省の各部署の予算案を取りまとめて最終化し、政府の予算局に提出し、承認後に各部署に配賦される流れである。



出所：DOH へのヒアリングより調査団作成

図1.11 DOHの橋梁維持管理予算獲得フロー

表 1.1 に示すように、DOH の 2016 年の年間維持管理予算は約 259 億パーツ（道路、橋梁共）であり、ここ数年を見ても全体予算の 4 割前後の金額が道路・橋梁の維持管理の予算に充てられている。しかし実際には、そのほとんどが道路の維持管理（舗装の補修など）のための予算であり、橋梁の維持管理には少額の予算しか配賦されていないのが現状である。また、DOH が管轄する道路延長が約 67,510km であるので、1km 当たり約 384,000 パーツ（＝約 113 万円）となる。日本の場合、国土交通省の直轄国道の 1 年間の 1km 当たりの平均維持管理費用は約 1,000 万円（財団法人地方財務協会「月刊 公営企業」誌 2012 年 9 月号より引用）であるので、日本の 1 割程度の予算しか確保されていないことがわかる。

表1.1 DOHの年間予算（道路、橋梁共）

年度	予算（単位：百万パーツ）			
	新規建設	維持管理	その他	合計
2013	12,110.4	20,498.2 (39%)	20,357.7	52,966.3 (100%)
2014	12,550.7	22,390.3 (42%)	18,238.2	53,179.2 (100%)
2015	11,086.0	23,837.0 (44%)	19,626.8	54,549.8 (100%)
2016	22,797.5	25,902.4 (36%)	23,222.8	71,922.7 (100%)

出所：DOH へのヒアリングより調査団作成

3) DOH の橋梁維持管理に関する課題

上記を踏まえ、DOH の橋梁維持管理に関する現在の問題点と課題について、「組織、人材」、「予算」、「技術」の3つの視点で表 1.2 に整理する。

表1.2 DOHの橋梁維持管理に関する問題点と課題

	現在の問題点	課題
組織・人材面	・ DOH 職員の道路管理者としての意識が低く、事故が発生した場合の責任の所在が不明確である。 ・ 管理橋梁数（約 15,000 橋）に対して維持管理担当の人員が不足している等、十分な体制を確保できていない。 ・ DOH 内での人事異動が定期的に行われており、維持管理に関する知識と経験を有する職員の定着が難しい。 ・ 現場における点検技術（特にひび割れ点検）や、劣化予測に関する知識が不足している。	・ 維持管理関係者の意識向上、能力向上、組織力強化などのキャパシティデベロップメントの実施 ・ 予防保全型維持管理に関する知識向上
予算面	・ DOH の管理橋梁のうち、建設後 30 年以上の橋梁の数が全体の約 1/3 を占めている状況であるにもかかわらず、政府の政策として新規建設に重点が置かれており、橋梁維持管理に対する社会の関心や関係者の意識が低く、十分な維持管理を行うために必要な予算が確保されていない。 ・ DOH 職員の維持管理能力向上や人材育成に対して適切に予算を配賦できていない。	・ 政策決定者の意識改革 ・ 予防保全型維持管理に基づく予算計画及び適正予算の確保
技術面	・ 中長期の維持管理計画策定が適切になされていない。劣化予測を行う際に不可欠なひび割れデータの管理も不十分である。その結果、事後保全型の維持管理となっている。 ・ 予算申請の根拠（健全度評価）は、現場点検担当者の技量に委ねられている部分が大きいため、その精度にはばらつきがあり、優先順位付けの信頼性は低い。 ・ 風の影響を受けやすい照明の付け根や壁高欄のコンクリート等、橋脚や橋桁に比べると小規模であるものの、ひとたび破壊が生じると車や通行人に直接被害が及び人命に関わるような箇所の点検まで手が行き届いてない。	・ ひび割れデータの適切な計測・管理による劣化予測の実施 ・ BMMS を有効活用した中長期の維持管理計画の策定（ひび割れデータの追加による詳細な損傷度レーティング、的確な補修優先橋梁の選定など） ・ 現場における点検・計測技術の向上（特に高所や遠隔地）及び技術者の養成

出所：調査団作成

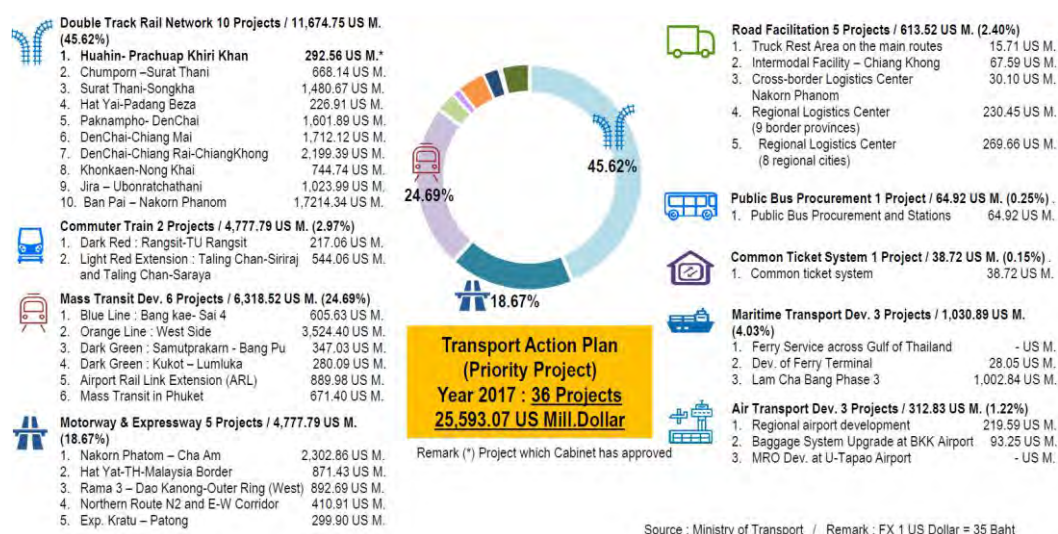
コンクリートにひび割れが発生する要因としては複数のものがあるが、温度変化や乾燥収縮の影響を受けにくいタイ国の場合、自動車交通等による外力の繰り返しにより、構造物に損傷が累積される「疲労」が主要因であると考えられる。大型車交通量が多い路線の橋梁は、供用年数にかかわらず疲労による床板や主桁の損傷の点検が重要であり、大規模な損傷や落橋を防止するにはひび割れの成長を経年的に計測する技術の習得が必要である。このような状況のもと、配賦された限られた予算内でできる内容や箇所を選んで対処しているというのが現状であるが、維持管理のあるべき姿という観点からタイ国の現状を分析すると、既に発生した不具合への対処を主とする「事後保全型維持管理」が行われていることも大きな問題の1つであると言える。現在タイ国において行われている事後保全型維持管理では、表面化した重大な劣化・損傷のみを補修の対象としている。この手法では補修対象橋梁数が少ない段階では大きな負担とならない補修費・更新費が、今後の補修対象の増加に伴い多額になっていく。限られた予算内で対応するために優先順位付けを行うこととなるが、対応を先送りして重大な劣化・損傷を放置すれば崩落等の大事故につながる恐れがある。

日本やアメリカ等の先進国でも、多くの橋梁が同時期に老朽化し、補修や更新が必要となる対象が集中的に増加したことで、事故の発生や予算の逼迫という事態に直面しており、タイ国が将来的に同じ問題を抱えることになる可能性は極めて高い。これを回避するためにも、現在先進国が積極的に取り入れている「予防保全型維持管理」を早期から導入すべきである。そのためにはまず、維持管理関係者の意識向上と能力向上が不可欠である。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

タイ国における全国レベルの政策プランとしては、「国家経済社会開発計画（The National Economic and Social Development Plan）」がある。「国家経済社会開発計画」は国家経済社会開発庁（The National Economic and Social Development Board: NESDB）が作成し、内閣により承認され、政令として発布される。現行の第十二次計画は、2017～2021年を計画期間とし、特に他のASEAN諸国との連携（コネクティビティ）の強化に関連して、新規道路ネットワーク整備の重要性が記述されているものの、この中では道路・橋梁の維持管理に関する政策については特に記述されていない。タイ全土の道路、港湾、鉄道、航空を含む全ての交通ネットワークの将来計画はDOHの上部組織であるMOT内の交通政策・計画室（OTP: Office of Transport and Traffic Policy and Planning）で方針が定められ、政府に提出される。したがって、幹線道路や地方道路を含む道路ネットワークの整備計画はOTPの方針に従うことになる。OTPはMOTの運送と交通システム開発の基本計画（2011～2020）を策定しており、DOHなどの各道路管理機関はOTPの方針に従って新規整備及び維持管理に関する予算策定・配賦を行っている。

また、MOTは2016年12月に“TRANSPORT INFRASTRUCTURE INVESTMENT ACTION PLAN 2017”を策定している（図 1.12 参照）。この中で、優先プロジェクトとして36のプロジェクトが計画され、総額25,593百万ドルの予算が計上されている。その内の道路分野に関しては、全体予算の約18.7%にあたる約4,778百万ドルの予算で5つのプロジェクトが計画されているが、いずれも道路の新設プロジェクトである。これら予算の財源は、自国の国家予算で賄えるのは1割以下、公民連携（PPP: Public Private Partnership）が約1/4程度で、その他約2/3は他ドナーからの借款や国債といった国の借金により賄う計画である。



出所：MOT ホームページ

図 1.12 TRANSPORT INFRASTRUCTURE INVESTMENT ACTION PLAN 2017

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

1) 対タイ国における日本の ODA の現状

タイ国に対する我が国の ODA は、1954 年に技術協力としてタイ国から研修員を受け入れたことに始まる。1968 年に円借款、1970 年に無償資金協力が開始（1993 年度をもって一般プロジェクト無償資金協力は卒業）され、タイ国の経済発展と我が国との二国間関係の発展に大きく貢献してきた。我が国は、タイ国にとって最大の ODA 供与国（累積）となっている。近年の我が国の対タイ国援助形態別実績を表 1.3 及び表 1.4 に示す。

ODA の基本方針として、「戦略的パートナーシップに基づく双方の利益増進及び地域発展への貢献の推進」が掲げられている。我が国とタイの政治・経済・社会面での緊密な関係を踏まえた戦略的パートナーシップに基づき、双方の利益増進につながる協力を推進するとともに、ASEAN・メコン地域の均衡のとれた発展に貢献することが目標とされている。

表 1.3 我が国の対タイ国援助形態別実績（年度別）²

（単位：億円）

年 度	円借款	無償資金協力	技術協力
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	34.86(17.43)
2015 年度	382.03	11.68	23.95
累 計	22,368.24	1,716.77	2,528.25 (2,266.37)

出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2016

表 1.4 我が国の対タイ国援助形態別実績（OECD/DAC 報告基準）³

（支出純額ベース、単位：百万ドル）

年 度	有償資金協力	無償資金協力	技術協力	合 計
2011 年	-237.15	7.25(1.25)	62.27	-167.64
2012 年	-327.85	13.86(1.29)	71.48	-242.51
2013 年	-265.03	23.60(1.08)	48.38	-193.05
2014 年	107.70	9.95(3.05)	39.45	157.10
2015 年	-130.33	27.52(0.02)	19.57	-83.25
累 計	1,774.14	1,025.28(12.20)	2,851.74	5,651.17

出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2016

2) 対象分野における日本の ODA 事業の事例分析

タイ国のインフラ分野におけるこれまでの日本の ODA の実績は非常に多く、有償資金協力（円借款）により空港（ドンムアン空港及びスワンナプーム空港）、バンコク都内の地下鉄（MRT）、高速道路、港湾等様々なインフラ施設が建設されている。1960 年代後半から始まった有償資金協力（円借款）により、国民の生活に必要なインフラの新規整備が現在に至るまで行われてきており、タイ国の発展に大きく貢献してきたと言える。近年

²注-1: 年度の区分及び金額は原則、円借款及び無償資金協力は交換公文ベース、技術協力は予算年度の経費実績ベースによる。

注-2: 2011 年～2014 年度の技術協力においては、日本全体の技術協力の実績であり、2015 年度の日本全体の実績については集計中であるため、JICA 実績のみを示している。（）内は JICA が実施している技術協力の実績及び累計となっている。

注-3: 四捨五入の関係上、合計が一致しないことがある。

³注-1: 国際機関を通じた贈与については、2006 年より、拠出時に供与先の国が明確であるものについては各被援助国への援助として「無償資金協力」へ計上することとしている。また、OECD/DAC 事務局の指摘に基づき、2011 年には無償資金協力を計上する国際機関を通じた贈与の範囲を拡大した。（）内は、国際機関を通じた贈与の実績(内数)。

注-2: 有償資金協力及び無償資金協力は、これまでに交換公文で決定した約束額のうち当該暦年中に実際に供与された金額（有償資金協力については、タイ側の返済金額を差し引いた金額）。

注-3: 有償資金協力の累計は、為替レートの変動によりマイナスになることがある。

注-4: 技術協力は、JICA によるもののほか、関係省庁及び地方自治体による技術協力を含む。

注-5: 四捨五入の関係上、合計が一致しないことがある。

では、2015 年度にバンコク大量輸送網整備計画（レッドライン）（第二期）が円借款で実施され、382.03 億円の貸付が合意されたが、以前に比べるとインフラ施設の新規建設の事例は減少している。また専門技術の人材育成といった技術協力の ODA 案件も、2011 年に発生した洪水対策を除けば減少傾向にある。

道路・橋梁分野における ODA については、バンコク都内及びその近郊を中心に、高速道路・幹線道路建設や都市部の高架橋建設等が行われてきた。その中でも特に、チャオプラヤ川の橋梁群の建設が最も代表的な事例である。チャオプラヤ川を渡河する橋梁は、1930 年代に建設されたメモリアル橋を始め、日本の戦後賠償及び ODA により整備された 13 橋（メモリアル橋の補修 1 橋含む）を含む 20 橋が架かっている。バンコク首都圏はチャオプラヤ川によって南北に分断されているため、これらの橋梁群はバンコク首都圏の社会・経済活動の高度化・広域化に直接的に貢献してきたと言える。しかし、20 橋の内、建設後 30 年以上経過している橋が 11 橋と半数以上を占めており、橋梁の老朽化が懸念されている。

表 1.5 チャオプラヤ川に架かる橋梁の概要

No	橋梁名	管理機関	供用年	橋長 (m) () 内はメイン パン	日本の ODA の 有無	備考
1	ラマ 6 世橋	SRT	1926	(120)	なし	
2	メモリアル橋	DRR	1932	234	円借款	1980 年の円借款で補修工事を実施
3	クルントン橋	DRR	1958	(64)	なし	
4	ノンタブリ橋	DOH	1959	(64)	なし	
5	クルンテープ橋	DRR	1959	350	戦後賠償	1993 年の円借款で補修工事を実施
6	プラ・ピンクラオ橋	DRR	1973	280	円借款	
7	プラ・チャオ・タクシン橋	DRR	1982	224	円借款	
8	パトムタニ橋	DOH	1984	239	円借款	
9	プラ・ポックラオ橋	DRR	1984	212	円借款	
10	プラ・ナンクラオ橋	DOH	1985	329	円借款	
11	ラマ 9 世橋	EXAT	1987	781	円借款	
12	ラマ 7 世橋	DRR	1992	290	円借款	
13	ラマ 3 世橋	DRR	2000	476	円借款	
14	ラマ 8 世橋	BMA	2002	(300)	なし	
15	ラマ 5 世橋	DRR	2002	320	円借款	
16	プミポン橋 (北)	DRR	2006	582	円借款	
	プミポン橋 (南)			702		
17	ラマ 4 世橋	DRR	2006	416	円借款	
18	カンチャナピセーク橋	DOH	2007	(500)	なし	
19	新プラ・ナンクラオ橋	DOH	2008	(229)	なし	
20	パトムタニ 2 橋	DOH	2009	(160)	なし	

出所：調査団作成

- ・ セミナー、本邦研修及び上記活動を通じて橋梁点検及び橋梁維持管理の能力向上を図る。
- ・ 橋梁建設 FS の手法を評価し、その妥当性と改善点を確認する。
- ・ 橋台洗掘対策として、標準設計に対する技術的アドバイスをを行う。

3) 対タイ国における他ドナーの ODA の現状

対タイ国における他ドナー（諸外国及び国際機関）の経済協力実績としては、米国、ドイツ、フランス等の各国や、世界エイズ・結核・マラリア基金（GFATM）、世界銀行、アジア開発銀行（ADB）、国連開発計画（UNDP）等の国連関係機関が対タイ国経済協力や地域協力を実施しており、我が国とも適宜情報・意見交換を行っている。

表 1.6 主要ドナーの対タイ国経済協力実績

(支出総額ベース、単位：百万ドル)

年次	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位	10位	合計
2010年	日本 226.01	米国 49.65	ドイツ 20.97	フランス 16.84	オーストラリア 8.10						226.01 348.65
2011年	日本 310.40	米国 57.91	ドイツ 19.87	フランス 16.42	オーストラリア 10.33						310.40 447.34
2012年	日本 289.03	米国 53.71	ドイツ 20.45	フランス 13.79	オーストラリア 13.62						289.03 418.15
2013年	日本 607.21	米国 56.66	ドイツ 19.63	フランス 15.28	スウェーデン 8.47						607.21 729.56
2014年	日本 415.72	米国 56.98	英国 21.53	ドイツ 18.83	フランス 13.99						415.72 553.04

出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2016

表 1.7 国際機関の対タイ国経済協力実績

(支出総額ベース、単位：百万ドル)

年次	順位	機関名	金額	順位	機関名	金額	順位	機関名	金額	順位	合計	
2010 年	GFATM	42.82	EU Institutions	24.11	GEF	11.98	UNHCR	4.22	UNDP	1.89	6.32	91.34
2011 年	GFATM	61.00	EU Institutions	23.07	UNHCR	8.43	WHO	2.99	UNFPA	1.87	5.70	103.06
2012 年	GFATM	28.10	EU Institutions	20.90	UNHCR	8.35	ADB Sp. Fund	3.00	WHO	2.18	6.53	69.06
2013 年	CIF	50.60	GFATM	47.41	EU Institutions	19.86	GEF	2.66	WHO	2.62	7.05	130.20
2014 年	GFATM	48.50	EU Institutions	15.06	GEF	3.17	WHO	2.45	UNFPA	1.87	4.03	74.88

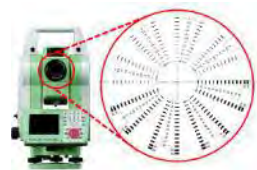
出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データ集 2016

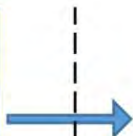
4) 対象分野における他ドナーの ODA 事例分析

世界銀行の道路・橋梁分野における支援は主に 1990 年代に行われており、この中で特に道路維持管理に関する支援としては、2004 年から DOH を対象に実施していた”Highways Management Project”及び 2010 年から実施されている”Additional Financing - Highways Management Project”がある。その内容としては、国道維持管理予算計画策定のためのデータベースの構築、道路維持管理システム（Road Maintenance Management System）及び橋梁維持管理システム（Bridge Management System）の構築、道路の補修修繕・拡幅工事等が行われた。

ADB の道路・橋梁分野に関しては、”Greater Mekong Subregion (GMS) Highway Expansion Project”や”Implementation Plan for Strategic Intercity Motorway Network Project”といったタイ国内や ASEAN 地域のコネクティビティ向上に資する新規道路ネットワーク整備が中心であり、維持管理に関する支援は行われていない。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	ひび割れ計測システム「KUMONOS（クモノス）」														
ス ペ ッ ク (仕様)	【KUMONOS の構成】 ・ TS（距離と角度を計測する測量機） ・ 内蔵クラックゲージ（ひび割れ幅を計測するための目盛り） ・ PC 用解析ソフトウェア  														
特徴	① 遠隔地からの非接触による調査 100m 離れた位置から約 0.4mm の幅のひび割れが計測できる。 ＜距離別計測可能最小幅＞ <table><tr><td>距離（ m ）</td><td>1.5</td><td>5</td><td>10</td><td>20</td><td>50</td><td>100</td></tr><tr><td>計測可能最小幅（mm）</td><td>0.01</td><td>0.02</td><td>0.04</td><td>0.09</td><td>0.22</td><td>0.44</td></tr></table> ② 測量機による正確な調査 望遠レンズを高倍率(42 倍)に換装することで、離れていても正確にひび割れ幅が計測可能な上、測量機を用いることで位置・形状を 3 次元座標で正確に記録できる。 ③ 経年変化の把握 上記のとおり、座標により正確に位置・形状を記録することができることから、定期的に計測した複数回の点検結果を比較し、ひび割れの成長を定量把握することができる。 ④ 視準角度補正 ひび割れまでの距離及び TS とひび割れ発生面との角度を用いて正しいひび割れ幅を自動算出することにより、斜めから見るとひび割れの太さが実際とは異なって見える問題を解決できる。 ⑤ 調査結果の自動描画 ひび割れの位置・幅・形状がデジタルデータにより記録され、専用解析ソフトウェアを介して計測結果を CAD 上で瞬時に自動描画できる。	距離（ m ）	1.5	5	10	20	50	100	計測可能最小幅（mm）	0.01	0.02	0.04	0.09	0.22	0.44
距離（ m ）	1.5	5	10	20	50	100									
計測可能最小幅（mm）	0.01	0.02	0.04	0.09	0.22	0.44									
競 合 他 社 製 品 と 比 べ た 比 較 優 位 性	【近接目視による方法との比較】 従来広く行われている近接目視による方法では、ひび割れに専用定規を直接当てて幅を調査し、スケッチにより位置・形状を記録している。 優位性①：近接が不要														



コスト 35%※ ↓
安全性 ↑

※ 調査面積4,000㎡の橋梁の場合

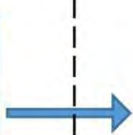
調査可能エリア拡大

- ・ 近接のための作業車・足場が不要となり効率的な調査が可能となる。
- ・ 高所での作業が不要のため作業員の安全性が向上する。
- ・ 近接ができずに調査不可であった箇所も調査でき、広範囲の調査が可能となる。

優位性②：精度が向上



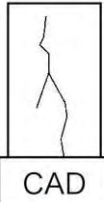
スケッチ



測量機



実写

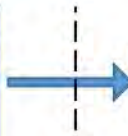
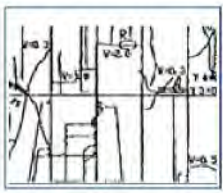


CAD

高い再現性

- ・ 不正確で個人差の大きいスケッチによる定期点検で多発する「位置・形状が一致せずひび割れを特定できない」という問題を解決できる。
- ・ 位置・形状を座標で取得するため大幅に精度が向上し、経年変化が把握できる。

優位性③：図化効率が向上



30%※ 工期短縮

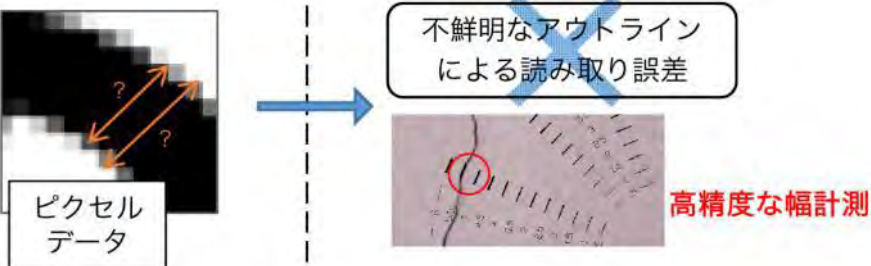
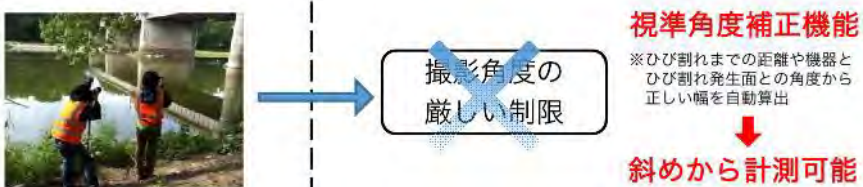
※ 調査面積4,000㎡の橋梁の場合

- ・ アナログデータ（手書きスケッチ）のデジタル化の工程が不要となり、約3割工期を短縮できる。

【デジタルカメラを用いた方法との比較】

近年、ひび割れを離れた場所から計測できる技術としてデジタルカメラを用いた方法が注目されている。国土交通省が2013年に「コンクリートのひび割れについて遠方から検出が可能な技術」として、KUMONOSを用いた方法と複数のデジタルカメラを用いた方法での試行調査による技術比較を実施しており、KUMONOSを用いた方法が下記の点で優位と評価されている。

優位性①：計測結果を低負荷で解析できる

	 - データの容量が小さいため、データの取扱いが簡便である。 - 瞬時の自動解析・描画により、現場で計測結果を確認できるため、計測もれを防げる。 優位性②：幅の計測精度が高い  - ひび割れにクラックゲージを重ねて直接太さを確認し、ひび割れ幅を算出するため、読み取り誤差が少ない高精度な幅計測が可能となる。 - 計測最小幅についても、デジタルカメラを用いた方法に比べ小さい。 (試行調査では 0.04mm のひび割れを検出。) 優位性③：斜めからでも計測できる  ※画像は原則、正面から撮影 - 計測する角度によるひび割れ幅の見え方の差異を自動補正する機能を有していることから、斜めからでも正確に幅を計測できる。
国内 外 の 販 売 実 績	【国内】販売 146 台、計測約 1,000 件 国土交通省が運営する新技術情報提供システムにて準推奨技術に選定されている他、KUMONOS を用いた外壁診断システムは経済産業省及び国土交通省による新連携事業計画に認定されている。また、福岡市の特殊建築物をはじめ、複数の橋梁・ダム等において KUMONOS を用いた方法がひび割れ調査の指定点検手法となっている。 国内特許保有（第 3867011 号・第 3867025 号・第 3996946 号）。 【海外】販売 33 台、計測約 20 件（デモンストレーション計測を含む） アメリカ国特許（No. US7667823B2）をはじめ、ヨーロッパ（TS の主要製造

	国 4 カ国)、中国、韓国で特許保有。
サイズ	サイズ (H×W×L) : 34.5cm×22.6cm×20.3cm、重量 : 5.8 kg
設 置 場 所	持ち運び可能であり、特定の場所に継続して設置する必要なし。
今 回 提 案 する 機 材 の 数 量	6 台
価格	1 式当たりの製造原価 : 3,233,737 円 (税抜) 1 式当たりの販売価格 : 4,500,000 円 (税抜) ※海外での販売価格は個別設定 本事業での機材費総額 (輸送・関税等含む) : 23,259,000 円 (税抜)

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

KUMONOS を用いた点検手法が、タイ国の道路橋梁維持管理において、適合可能且つ有用であることを実証し、当該製品・技術の普及を図る。

(2) 期待される成果

本事業の実施により期待される成果は以下の 4 つである。

成果①：道路橋梁の現況を正確且つ定量的に把握するための点検手法・ノウハウがタイ側の技術者に移転される。

成果②：KUMONOS のデータ管理・活用方法が共有され、道路橋梁維持管理における KUMONOS の適合可能性及び有用性が相手国実施機関（C/P：Counterpart）及び DOH の中で広く認識される。

成果③：タイ国のインフラ構造物（道路・鉄道・ダム等）維持管理組織及び技術者養成機関の間で、高精度な点検に基づく劣化状況把握・分析の重要性が認識され、KUMONOS が広く普及するための土壌が形成される。

成果④：タイ国の維持管理の現状に即したビジネスモデルが形成され、KUMONOS のタイ国への本格導入に向けた体制が整備される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

① 事業の実施方針

本事業実施後も KUMONOS が継続的に活用される仕組みを構築することに重点を置き、下記のアプローチで事業を実施する。

- ✓ 橋梁点検に日常的に従事している技術者が事業終了後も独力で計測を行えるようにするため、オン・ザ・ジョブトレーニング（OJT：On the Job Training）を通した実践的な技術・ノウハウの移転を目指す。
- ✓ KUMONOS の円滑な導入のために、既存の維持管理システムと連携させることにより、総合的な現状把握・劣化分析が行われる仕組みの構築を目指す。
- ✓ 維持管理関係者のみならず、政策決定部門・予算策定部門の関係者に対しても予防保全型維持管理の重要性や KUMONOS の導入メリットを啓発し、適切な維持管理を行う上で必要となる予算確保が円滑に行えるようにする。
- ✓ 道路橋梁以外のインフラ構造物の維持管理関係者も啓発の対象とし、本事業の効果が将来的にタイ国全体のインフラ構造物に裨益するようにする。
- ✓ 計測技術者を養成する仕組みを構築するため、公的な教育機関の指導カリキュラムにおける KUMONOS の導入を目指す。

② 活動内容の詳細

【活動 1：KUMONOS を用いたパイロット計測】

1-1. 詳細計画・事前準備

- ・ 協力機関である DOH の管理橋梁の中からパイロット計測の対象橋梁 6 橋を選定する。具体的な実施場所については第 1 回現地協議時に DOH から候補橋梁リストを受領し、事前に現地踏査を行った上で、C/P、DOH との協議により決定する。
- ・ 現地踏査実施前に、候補橋梁の詳細位置・写真・図面・周辺情報を DOH から受領し、現地踏査の工程を計画する。
- ・ 現地踏査では、橋梁の架橋状況・基準点の設置状況・KUMONOS 設置可能箇所を確認し、計測可否について検討する。
- ・ KUMONOS の計測チームは、クモノスコーポレーション (KC)・KUMONOS ユーザー企業・現地建設コンサルタント企業の技術者の各 1 名を配置し、2 チーム構成とする。技術移転を目的として、タイ側の構成員として、C/P から計測チームに人材を投入する。
- ・ タイ国における図面の仕様や、DOH が所有する既存の橋梁維持管理システムである BMMS における点検データの入力項目と管理状況、関連付けられるデータの形式についても調査し、成果品の仕様を決定する。
- ・ 計測日程についても C/P 及び DOH と協議の上で決定する。その際、気温や降水量等の気象条件も考慮する。

1-2. KUMONOS 及び関連機材調達・輸送

- ・ 関連機材については、契約締結後 2 ヶ月以内を目処に本邦で調達する。
- ・ 精密機器であるため、全ての機器は空輸にて輸送する。
- ・ タイ国における一次受け先はタイ西松建設株式会社 (TNC) とする。
- ・ 特定の土地・建物での設置・据付は不要であることから、事業実施期間は TNC の事務所保管し、パイロット計測時に計測実施場所へ輸送する。

1-3. 橋梁パイロット計測の実施

- ・ 1 チームあたり 3 台の KUMONOS を使用して対象橋梁を計測し、損傷図及びひび割れリストを作成する。
- ・ 計測は、3 回の渡航で 6 橋梁を行う。1 回の計測は 2 つの計測チームに分かれて行う。
- ・ 初回計測時に DOH を対象として 2 日程度の事前研修を実施する。
- ・ 準備～計測までの作業を 1 現場につき、約 2 週間で実施する。
- ・ DOH にも計測の一部に同行してもらい、現場での作業手順や有用性、効率について確認してもらう。
- ・ 1 回目の計測では指導側が主体となって計測を行い、計測方法や現場における全体の流れを中心に技術指導を行う。2 回目以降、徐々に計測の主体をタイ側技術者に移行し、全 3 回の計測で技術移転する。

【活動 2 : KUMONOS の有用性実証活動】

2-1. パイロット計測データの既存システムへの反映

- ・ 発生しているすべての変状データを記録として残すため、パイロット計測で作成した図面を、詳細計画策定時に調査した BMMS の仕様に合わせて既存情報に追加し、橋梁台帳を作成する。
- ・ 図面のほかにひび割れ幅、ひび割れの延長や数量といった定量データについても反映方法を検討する。
- ・ 反映項目、反映方法やデータ形式等の具体的な内容については、BMMS の仕様を調査した上で C/P 及び DOH と協議し、決定する。

2-2. パイロット計測データを用いたデータ活用シミュレーション

- ・ C/P と協働してパイロット計測で発見された劣化・損傷の一部について、原因分析・補修計画・補修実施計画のシミュレーションを実施し、点検データの具体的な活用手法を示す。

<シミュレーション内容>

- ・ パイロット計測の点検結果を分析して簡易的な健全度評価を実施し、発見された劣化・損傷のうち補修対象とすべき劣化・損傷を特定する。
- ・ 前項の健全度評価で特定された劣化・損傷に対して、本邦での事例を参考に適用可能な補修工法を提案する。
- ・ 現場条件を考慮した補修実施計画を提案する。

2-3. 有用性の分析・評価

- ・ 各計測の終了時に C/P を含む現地大学研究者に計測データを提供し、KUMONOS が橋梁維持管理の実務（健全度判定や適切な補修計画の策定等）において有用かという観点から評価レポートを作成してもらう。
- ・ 本事業の最終段階で、C/P、DOH、現地大学研究者、日本側の大学研究者を交えた評価会議を開催して専門的な見地から意見交換を行い、現地適合性を評価する。その上で事業終了後の継続的な活用に向けて具体的な改善点を洗い出す。

【活動 3 : KUMONOS の普及活動】

3-1. 構造物維持管理関係者向けセミナーの実施

- ・ 対象は維持管理に関連する政府機関（政策決定部門及び予算策定部門含む）、民間企業、大学研究機関の関係者とする。
- ・ 1 回あたり 50 名～100 名規模のセミナーを計 2 回開催し、場所はいずれもバンコク都内とする。
- ・ 集客にあたっては、本事業の関係者の他、タイ国における建設業界ネットワークのハブの役割を担うタイ王立工学会 (Engineering Institute of Thailand) 等にも協力を依頼し、幅広く呼びかける。
- ・ 講演者は、大阪大学大学院 矢吹教授、C/P 及び現地大学研究者とする。

- ・ セミナー終了後に参加者へのアンケートを実施し、啓蒙活動の効果を分析する。

<セミナー内容>

- ・ 点検手法の精度向上の必要性和 KUMONOS 導入の直接的な効果及び計測データの管理・活用方法について説明する。
- ・ 劣化状況の把握にとどまらず、原因分析から補修計画までの一連の流れを盛り込む。
- ・ DOH の事前承認を受けた上で、本事業のパイロット計測の結果を用いた具体的な説明を取り入れる。
- ・ 予防保全型維持管理の概念・導入メリットについて、日本をはじめとする諸外国の事例を積極的に取り入れた説明を行う。

3-2.テクニカルカレッジ向け講習会の実施

- ・ KUMONOS を扱う計測技術者養成の仕組みを構築するため、KUMONOS の仕組みや操作方法に関する講習会を行い、KUMONOS を指導可能な教員を養成する。
- ・ KUMONOS を先行導入しようとしているスラナリーテクニカルカレッジをはじめ、複数のテクニカルカレッジの教員を対象とする。

<講習会内容>

- ・ KUMONOS の仕組みや計測事例だけでなく、計測方法、計測データの編集方法等使用に関するトレーニングも実施し、KUMONOS の技術者を育成する指導者として正しい知識を身につけてもらう。

3-3.テクニカルカレッジにおける KUMONOS 指導カリキュラム作成の支援

- ・ KUMONOS に関する指導要領を、スラナリーテクニカルカレッジ及び教育省の職業訓練局（Bureau of Vocational Education）の主導で作成する。
- ・ 指導カリキュラムには、KUMONOS の基本的な操作方法と計測原理、各計測モードにおける計測方法、取得したデータを図面化する手法等を盛り込む。
- ・ 必要に応じて予防保全型維持管理の概念や維持管理における各ステップ（点検・分析・補修）の概要、主要点検項目及び点検手法についても盛り込む。
- ・ KUMONOS に関する内容については、本邦で実施している KUMONOS 技術者検定テキストや技術指導時のマニュアルを元に検討・作成する。

・

【活動 4：KUMONOS に関するビジネス実施体制の検討】

4-1. 市場調査

- ・ 測量機器の流通・使用状況について現地の建設企業等を対象にヒアリングを中心とした詳細調査を行う。ヒアリング調査は外部人材であるタイ西松建設株式会社（TNC）が中心となってい、必要に応じて KC の社員も同行する。また、文献調査やセミナー参加者へのアンケート調査も実施する。

<調査内容>

- ・ 道路橋梁をはじめとするインフラ構造物の維持管理業務について、点検・分析手法や点検仕様書・ガイドライン等に関する詳細調査を行うとともに、当該業務に係るコス

ト（予算等）の推移や関連政策を分析し、今後の傾向を見極める。

- ・ タイ国にて機器販売や計測サービスの提供を行うにあたり、必要な許認可や各種条件・制約等の有無を調査する。

4-2. 現地パートナー企業との提携内容詳細の検討

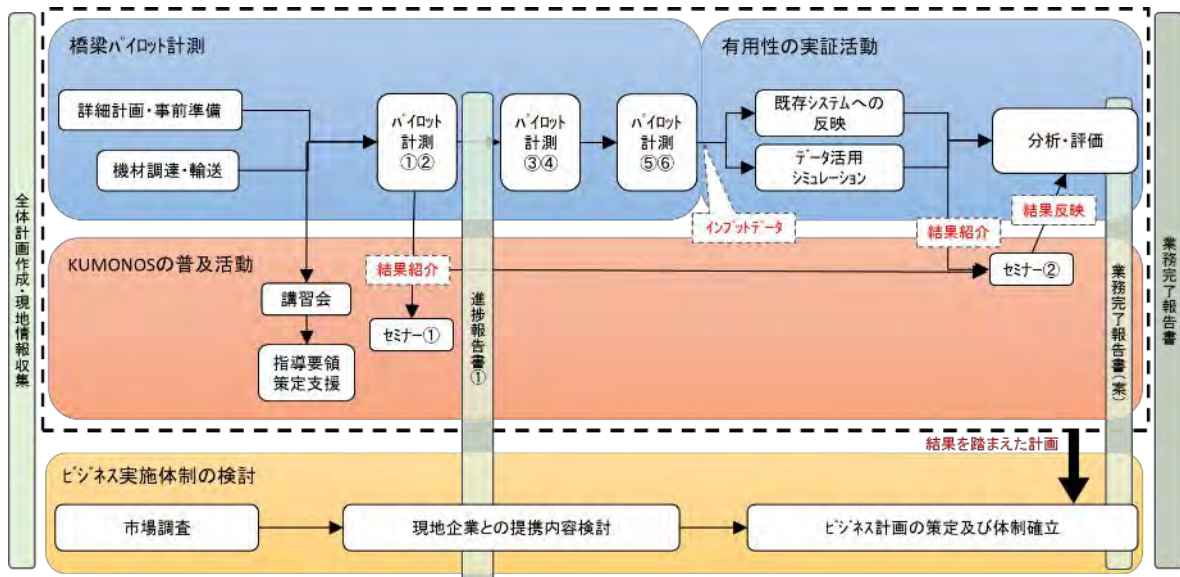
- ・ タイ国での機器販売・レンタル及び計測サービスの提供それぞれについて、現地で企業を選定した上で、市場分析結果を踏まえてビジネスモデルを検討し、各社間の役割分担を明確化する。

4-3. ビジネス計画の策定及び実施体制の確立

- ・ 市場分析及び本事業の実証活動での成果を踏まえ、タイ国でのビジネス展開計画及びスケジュールを策定する。
- ・ 各プロセスで想定されるリスクを洗い出し、対応策を検討する。
- ・ 現地パートナー企業と提携内容に関する書面の取り交わし等により、タイ国でのビジネス実施体制を整備する。また、現地拠点の設置に向けた具体的な検討も実施する。

③ 作業工程

以下に、本業務実施のフロー及び作業工程計画を示す。パイロット計測では、計測対象橋梁の状況や現地技術者の技術レベルにより計測活動に想定以上の期間を要し、計測コストやKCの計測指導に掛かる負担が増加することが考えられる。そこで、対象橋梁の選定前に予め現地踏査を行い、設定した予算内で実施可能な作業量を見極める。また、現場での計測の前に現地技術者に対して技術研修を実施し、基本操作を習得してもらった上で計測に臨む。計測活動の日数に影響を与えるもう一つの要因である天候についても、降雨量の多い時期を避けた日程計画を行うことで影響を最小限にする。



出所：調査団作成

図 2.1 業務実施のフロー

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

① 要員計画

以下に本事業における日本側の要員計画を示す。

担当	氏名	格付	所属	項目	2016年												2017年												2018年		計				
					9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	現地	国内											
業務主任者	中庭 和秀	2	クモノスコーホレーション	計画	1	7			1	1			1			1	9				3	10		2					1.10	0.60					
				実績	1	6			1				1	4		1	1	1	4	2			1	1		1		5	1	4		0.87	0.75		
技術アドバイザー	藤田 誠二	3	クモノスコーホレーション	計画	1				7	1	7	1			1	4		1							1	4		2			0.73	0.50			
				実績	1		1		1	7			1	1	1	2	2	7	5	1	1		3	1	2		1		1	1	1		0.87	1.35	
副業務主任者 / 現地技術指導	生川 慎	4	クモノスコーホレーション	計画	3	7	6	18	2	7	5	2	2	4	21	5	10	5	5	27	4	5	28	1	4	5	20	2	5	4		4.73	2.60		
				実績	3	6	3	11	3			1	4	1	7	2	2	7	3	1	1	1	2	2	2	4	1	2	7	1	1	1	10	2	
現地技術指導	宮本 彬彦	5	クモノスコーホレーション	計画					1	7	5			4	25	2	10	2		3	21	2	5	21	3							2.80	1.15		
				実績				3	1	7				1	6	2	13	5			3	17	5	14	2	14	2	6		5	2			2.77	1.50
業務調整	西 乃輔	5	クモノスコーホレーション	計画	3	7	3	3	7	1	5	5		3	7	5	10	5		5	5	4				5	5	14	3	10			1.80	3.25	
				実績	5	10	5	16	5	11	13	14	4	5	11	8	13	5	5	13	7	15	10	7	7	10		5	10	7		5	3		2.47
普及活動	中川 夏姫	6	クモノスコーホレーション	計画	3	7	3	3	7	1	7	5		2		5	10	5		14	9	5				5	5	14	3	8			1.80	2.75	
				実績	4	10	5	14	5	11	5			8	11	7	7	5	7	12	7	15	8			5		1		2		5	3	4	
現地技術指導	永瀬 雄介	6	クモノスコーホレーション	計画																													0.00	0.00	
				実績																	1	15	2	15	2	12	4								1.33
チーフアドバイザー	中野 秀俊	2	オリエンタルコンサル ツ	計画	2	7				7	5		2					2			5		7	3		9	5		3	4			1.13	1.15	
				実績	1	5	1					3	5	7	2						2		3	6			1	3	8	2		7			1.10
業務全般サポ ート	ユインョンタ ナクル ナレントン	3	オリエンタルコンサル ツグローバル	計画					7				7				5	4						2		3							0.83	0.25	
				実績					7												8								5		4				1.10
橋梁維持管理	鈴木 悠介	4	オリエンタルコンサル ツグローバル	計画					2	5			5	22	2			5	25	2		5	21	2	2		6		8				2.50	2.10	
				実績										2	7														2			2.5			0.23
橋梁維持管理		4	オリエンタルコンサル ツグローバル	計画																													0.00	0.00	
				実績																	4		1.5	14		12	13	12	6		5				1.50
		4	コサイコンサルツ	計画																														0.00	0.00
				実績																													9		0.00
国内アドバイザー / 普及活動	矢吹 信喜	3	大阪大学大学院	計画	1				4			1	1				1	2	4					2		10		1				0.60	0.45		
				実績										1	4	1		1		1	3	4	1				1		3					0.40	0.65
現地アドバイザー / 業務調整	古園 豊繁	3	THAI NISHIMATSU CONSTRUCTION	計画																													0.00	0.00	
				実績																															0.00
現地アドバイザー / 業務調整	丸岡 雄治	3	THAI NISHIMATSU CONSTRUCTION	計画	5					5	5		20		5		20		20		10					4						0.00	4.70		
				実績	5		1		4	1.5		2	4		1.5	6			13	13		11	11		3	9			2				0.00	4.70	
現地技術指導	山田 真一	5	(有)水戸技術設 計コンサルタント	計画									21						19			19										1.97	0.00		
				実績																2.5	17	2	13	5	12	3.5							1.47	0.50	
現地技術指導	クリットサ ダ ベッセ ン	5	PASCO(Thailand) Co.,Ltd	計画									24						20			20										2.13	0.00		
				実績																		17		10	5	10							0.33	1.80	
受注企業 人・月計(予定)																					12.97	10.85													
受注企業 人・月計(実績)																					12.63	21.70													
外部人材 人・月計(予定)																					9.17	8.65													
外部人材 人・月計(実績)																					6.13	11.66													
人・月計(予定)																					22.13	19.50													
人・月計(実績)																					18.77	33.36													
現地作業				国内作業																															

出所：調査団作成

図 2.3 要員計画

② 機材

1.2 章に前述したように、今回提案する機材はひび割れ計測システム「KUMONOS (クモノス)」であり、その数量は 6 台である。KUMONOS 及びその他関連機材については、契約締結後 2 ヶ月以内を目処に本邦で調達し、空輸にてタイ国へ輸送する。輸送時には貨物保険を付保し、輸送・保管中の各種リスクに備える。

タイ国における一次受け先は TNC とする。また、特定の土地・建物での設置・据付は不要であることから、事業実施期間は TNC の事務所で保管し、パイロット計測時に計測実施場所へ輸送する。事業実施期間中の破損等のリスクに関しては、損害保険加入により対応する。

本事業実施後に譲与される KUMONOS 及び関連機器については、C/P に 3 セット、DOH に 3 セット配置する予定である。取扱説明書やユーザーガイドに関しては、通常の英語版と本事業で作成するタイ語版の双方を提供し、本事業に参画していない技術者でも管理・使用できるようにする。KUMONOS のメンテナンスに関しては、機器本体の修理や部品交換等を機器本体のメーカー代理店が、PC 用解析ソフトウェアの更新を KC が担う。一般の測量機同様、取扱説明書に沿って定期的にセルフチェックを行っていれば、不具合発生時の修理・校正以外にメンテナンス費用は発生しない。

表 2.1 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	KUMONOS	Leica Viva TS11	6	2016 年 11 月	CU
2	PC	Iiyama STYLE-i5	6	2017 年 4 月	CU
3	表計算ソフト	Microsoft Excel2016	6	2017 年 4 月	CU
4	製図ソフト	Brics CAD V17 Classic	6	2017 年 4 月	CU
5	TS ミニプリズム (ヒンボールセット)	TSP-WSP1	4	2016 年 11 月	CU
6	ヒンボールスタンド	PTS-4575	4	2016 年 11 月	CU
7	1 素子プリズム	APS12	4	2016 年 11 月	CU
8	アルミ三脚	STS-YL	10	2016 年 11 月	CU

出所：調査団作成

③ タイ側の投入

- ・現地関係機関との連絡、調整
- ・セミナー会場の提供及びセミナーにおける講演
- ・橋梁パイロット計測に関する実施許可、計測への同行
- ・関連資料、データの提供
- ・有用性評価に関する助言

④ 再委託業務の内容

本事業を円滑かつ効率的に実施するために、以下に示す4つの業務に関して現地再委託業務を実施する。

1) 技術指導支援業務

【再委託先】 タイ西松建設株式会社

【選定理由】 KUMONOS の使用方法を指導するにあたり、十分な技術・知識を有しているため。

【業務内容】 KC の指示の下、タイ側の技術者に対して KUMONOS による橋梁形状及びひび割れの計測方法を指導する。また、計測データの整理・図面作成についても専用ソフトウェアを用いた編集方法等を指導する。

【成果物】 業務報告書（作業日報等）

2) マニュアル翻訳業務

【再委託先】 タイ西松建設株式会社

【選定理由】 英語・タイ語双方で測量分野の専門用語を理解していることに加え、KUMONOS の操作方法も熟知しているため。

【業務内容】 KUMONOS のユーザーマニュアル、技術研修テキスト、その他技術資料を英語からタイ語に翻訳する。

【成果物】 各ドキュメントのタイ語版

3) 実証活動分析・評価業務

【再委託先】 ブラパ大学

【選定理由】 平成25年度のODA案件化調査事業で訪問した際に、KUMONOS に関して高い関心を示していたとともに、構造物の維持管理分野における専門知識及び学術経験を有し、KUMONOS の機能及び使用用途について正しく理解しているため。

【業務内容】 パイロット計測現場の立会い、関係者へのヒアリング、計測データの分析等を通して、タイ国の橋梁維持管理における KUMONOS の有用性及び適合性に関して分析・評価を行う。

【成果物】 報告書

4) 普及活動支援業務

【再委託先】 ブラパ大学

【選定理由】 構造物の維持管理分野における専門知識及び学術経験を有し、KUMONOS の機能及び使用用途について正しく理解していることに加え、道路のみならず他のインフラ構造物や施設管理機関・企業との人脈を有し、タイ国における KUMONOS の普及に積極的であるため。

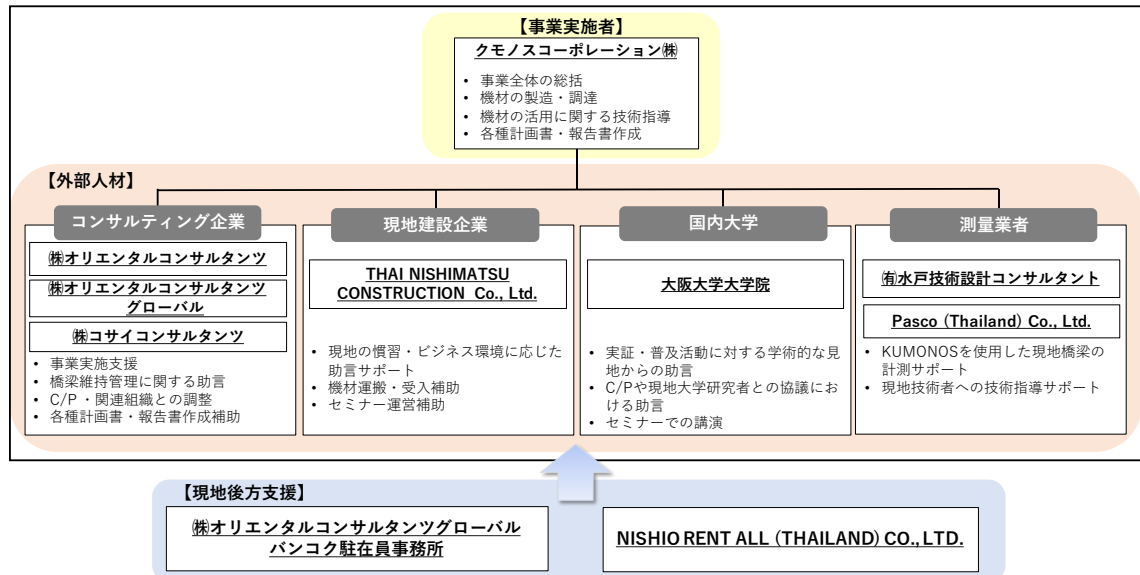
【業務内容】 KC 主催のセミナーでの講演、KUMONOS に関心がある組織・人物の紹介

(セミナー参加者・営業目的等)、その他 KUMONOS を広く知ってもらうための各種広報活動を行う。

【成果物】業務報告書（活動内容一覧）

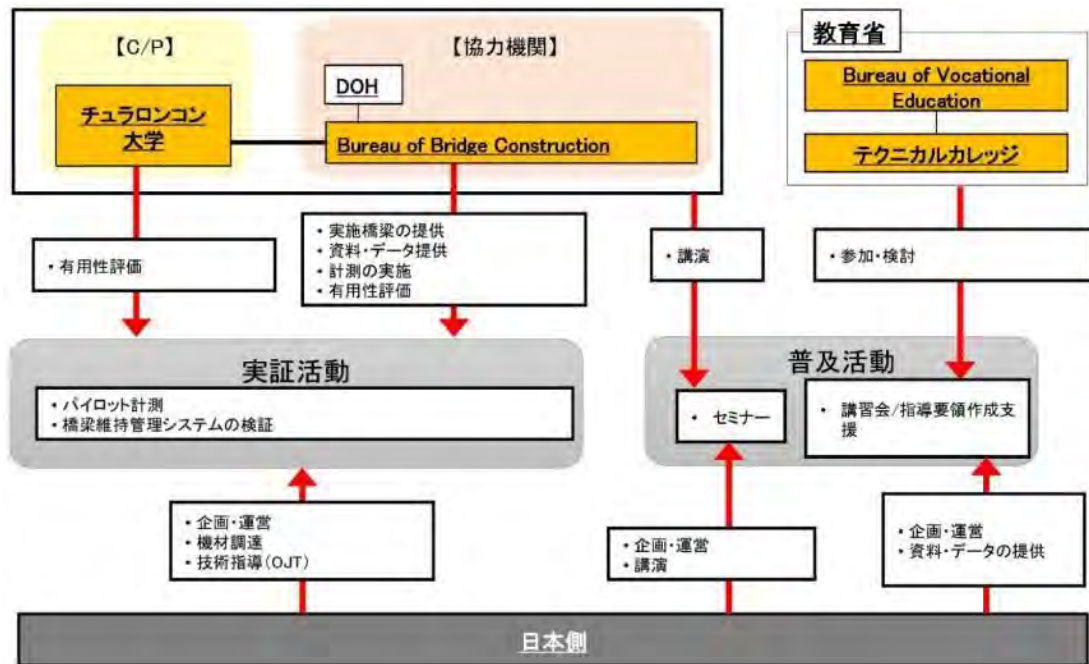
(5) 事業実施体制

以下に、本事業における日本側及びタイ側の実施体制を示す。



出所：調査団作成

図 2.4 日本側実施体制



出所：調査団作成

図 2.5 タイ側実施体制

(6) 事業実施国政府機関の概要

① カウンターパート機関の概要

本事業における C/P は、チュラロンコン大学（CU：Chulalongkorn University）である。本校は、1917 年創立のタイで最も古い総合国立大学である。学生数は 40,000 人近く、政財官界の上層部にも本校の出身者が多数在籍する。中でも工学部は、90 年以上にわたり、多くのエンジニアを輩出してきた。国際経験豊富な教員による様々な分野の研究が行われ、アジアだけではなく、世界有数の科学技術研究所として重要な役割を担っている。また、日本の様々な大学とも学術協定を結んでおり、日本とのつながりも非常に強い。

本校を C/P に選定した理由としては、平成 25 年度の ODA 案件化調査事業で訪問した際に、KUMONOS に関して高い関心を示していたとともに、構造物の維持管理分野における専門知識及び学術経験を有していることが挙げられる。また、道路のみならず他のインフラ構造物や施設管理機関・企業との人脈を有し、タイ国における KUMONOS の普及に積極的である。さらに ODA 案件化調査事業時より、大阪大学との関係が続いており、本事業への協力についても非常に前向きである。タイ国内の影響力や事業終了後の持続性を鑑みた上で本校を C/P として選定した。

CU と後述する DOH の関係については、これまで CU の卒業生が DOH に就職しているとともに、DOH の組織内で要職に就いている。また、DOH の業務の中でも両者は時折連携しており、その繋がり強く良好な関係が構築されている。本事業の実施により CU の先生や学生への技術移転がなされることは、将来の DOH 職員の育成にもつながる可能性があるため、人材育成の面でも意義があると言える。また、政治的内紛が長年続いているタイでは政権交代がたびたび発生し、その都度政治空白や経済の混乱が引き起こされている。政権が変わると政府の方針や政策担当者も大きく変わるため、現地政府機関である DOH と連携する本事業も大きな影響を受ける危険性がある。そのため、DOH と良好な関係にあり、かつ政権による影響を比較的受けない CU と密に連携しながら本事業を実施することにより、事業停滞のリスクを軽減することができるという面でも意義がある。



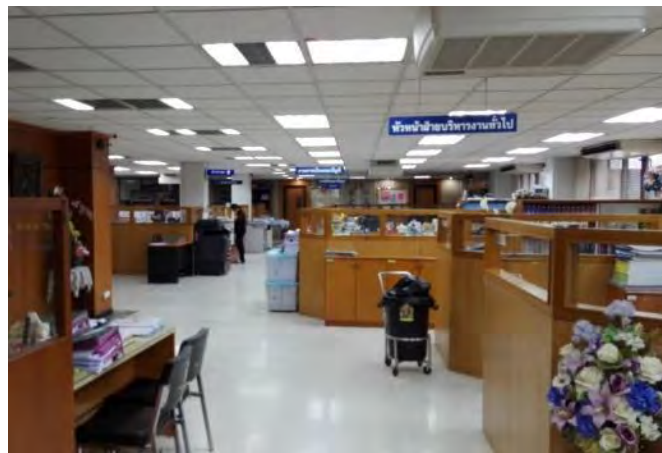
出所：調査団撮影

図 2.6 チュラロンコン大学の外観写真

② 協力機関の概要

本事業における協力機関は、DOH である。DOH は MOT 内の部局であり、タイ国全土の道路ネットワーク（国道、モーターウェイ）の建設及び維持管理を担当している。管理道路の総延長は約 67,510km であり、約 15,000 橋の橋梁を管理している（2014 年時点）。橋梁の特別点検・維持管理は Bureau of Bridge Construction が担当しており、日常的な点検は、Bureau of Bridge Construction の傘下にある Bridge Center が実施している。

本機関は、タイ国で重要度の高い国道、モーターウェイを管理しているため、管理橋梁数及び維持管理予算（2016 年度、259 億バーツ）は MOT 内及び傘下の他組織（地方道路を管理する DRR、高速道路を管理する EXAT）と比較して突出しており、維持管理におけるポテンシャルが最も高く、影響力も大きい。本事業への協力については非常に前向きであり、サポーティングレターも受領している。さらに、将来的には DRR や EXAT への水平展開も可能であり、事業終了後の持続性・発展性も期待できる。



出所：調査団撮影

図 2.7 DOH（Bridge Construction Bureau）のオフィスの写真

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① KUMONOS を用いたパイロット計測

1) 詳細計画・事前準備

a) DOH との協力体制の構築

本事業は CU を C/P とするが、DOH の管理橋梁を計測対象とする計画であるため、DOH の協力が不可欠である。しかし、政府機関である DOH が「特定の民間企業と契約や合意文書を交わすことは難しい」という意向であったことから、KC と直接協力体制を築くことができなかったため、CU と DOH の間で合意文書を交わすことで本事業への協力体制を構築することとなった。CU、DOH、JICA タイ事務所及び調査団が参加する会議が 2016 年 9 月に開催され、MOU の取交しに向けた協議が開始された。

その後協議を重ね、最終的には CU から DOH に本事業への協力を依頼するレターの送付という形を採ることとなった。2017 年 3 月 23 日に実施された会議において DOH の Bridge Construction Bureau の Director と CU の工学部長が、プロジェクトについて大筋で合意し、5 月に交わされたレターを以って DOH との協力体制を構築することができた。

表 3.1 CU 及び DOH との協議履歴

年月	件名	内容	参加機関
2016/9	全体	キックオフミーティング	CU、調査団
2016/9	パイロット計測	CU-DOH 間の協力体制構築に向けた協議	CU、DOH、JICA タイ事務所、調査団
2016/11	パイロット計測	候補橋梁リスト、橋梁情報受領	DOH、調査団
2017/1	全体	MOU 案の確認	CU、DOH、JICA タイ事務所、調査団
2017/2	セミナー	第 1 回セミナーの概要決定	CU、調査団
2017/2	パイロット計測	パイロット計測橋梁選定会議	CU、調査団
2017/3	全体	今後の進め方について	CU、調査団
2017/3	全体	トップ 会談	CU、DOH
2017/4	セミナー	詳細計画	CU、調査団
2017/4	全体	今後の進め方について	CU、調査団
2017/5	パイロット計測	キックオフミーティング	CU、DOH、調査団
2017/5	セミナー	準備・打合せ	CU、調査団
2017/6	パイロット計測	第 1 回パイロット計測結果報告会	CU、DOH、調査団
2017/7	パイロット計測	第 2 回パイロット計測結果報告会	CU、DOH、調査団
2017/8	セミナー	詳細計画	CU、調査団
2017/10	セミナー	詳細計画、事前準備	CU、調査団
2017/10	全体	評価会議	CU、DOH、調査団
2017/12	全体	機材譲与式	CU、調査団、JICA タイ事務所

出所：調査団作成

b) 橋梁の選定

DOH から候補橋梁として事業開始前に受領していた 11 橋と 2016 年 11 月に受領した 14 橋の計 25 橋から選定を行った。選定方法は、Google ストリートビューを利用して、事前に橋梁や周辺の情報を収集して 17 橋に絞りこみ、2016 年 11 月～2017 年 3 月に現地踏査を行い、下記のスコープにより選定した。

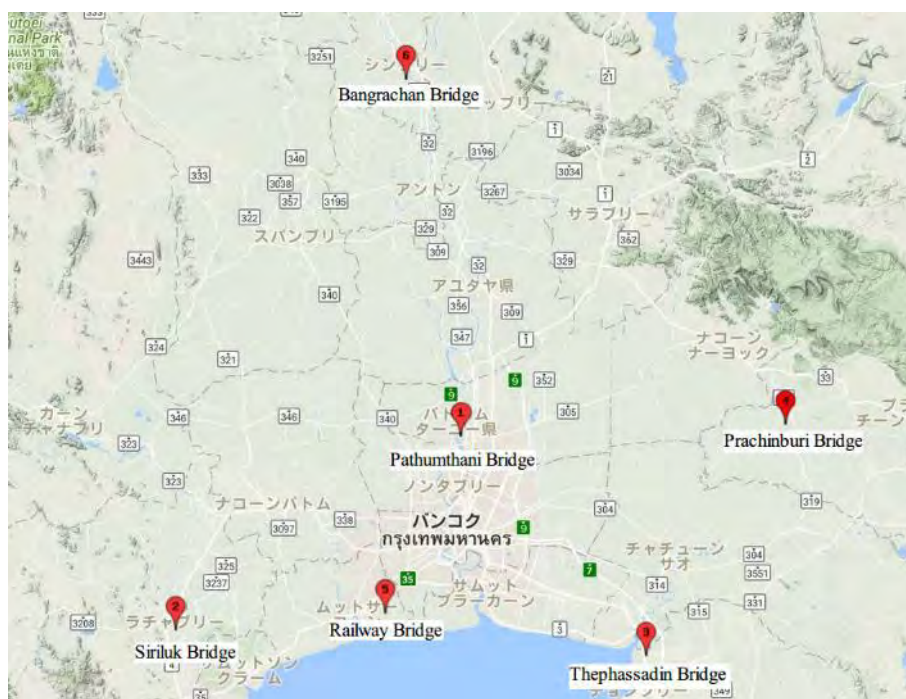
✓ 劣化状況が様々な橋梁を計測するために、建設年にばらつきを持たせること。

また、選定にあたっては、用意できる資材に限りがある本事業の性質上、崖になっていて川岸に降りることが難しい橋梁や桁下が暗い橋梁は、実施するには適さないものとして除外し、周辺環境の作業性も考慮して 6 橋梁を選定した。

表 3.2 パイロット計測の対象橋梁

No	橋梁名	所在地	建設年
1	Pathumthani Bridge	Pathumthani	1998
2	Siriluk Bridge	Ratchaburi	1982
3	Bang Pakong Bridge	Chachoengsao	1976
4	Phrachinburi Bridge	Phrachinburi	1976
5	Railway Bridge	Samutsakhorn	1974
6	Bangrachan Bridge	Singburi	1992

出所：調査団作成



出所：調査団作成

図 3.1 計測橋梁の位置図



出所：調査団撮影

図 3.2 現地踏査風景（左）と候補橋梁（右）

2) KUMONOS 及び関連機材調達・輸送

2016 年 9 月～10 月に PC を除く KUMONOS 及び関連機材の調達を行い、11 月に輸送した。調達・輸送のうえで、特に大きな問題は発生しなかった。

PC については、計画時の仕様を満たす製品の流通が少なくなっており、仕様を変更する（OS:Windows7→Windows10）必要があることが判明した。しかしながら、KUMONOS 解析用ソフトウェア（英語版）は 2016 年 10 月時点で、Windows10 に対応していなかったため、ソフトウェアの更新と動作検証を行う必要があった。2017 年 1 月に Windows10 での改良版の KUMONOS 解析用ソフトウェア（英語版）の動作を確認できたため、2017 年 3 月に調達し、同 4 月に EMS で輸送を行った。

3) 橋梁パイロット計測の実施

上記の通り、CU-DOH 間での協力体制構築に時間を要したことから、パイロット計測を 2017 年 2 月、5 月、7 月に実施する計画から変更し、同年 5 月、6 月、8 月に実施した。このようなスケジュールの変更により各計測と計測の間隔が短くなったため、各計測回の工程を約 3 週間から約 2 週間に短縮した。また、パイロット計測の実施前には、CU と DOH それぞれを対象にした技術講習会を実施し、技術移転を図った。

a) CU を対象とした技術講習会の実施

2016 年 11 月 18 日～22 日と 2017 年 2 月 7 日～9 日の 2 回に分けて、CU への技術講習会を行った。11 月は、操作方法の習得を目的として座学と室内での実習を中心に行い、2 月は現場での計測を想定して、屋外での実習を行った。CU からは学生を中心に 3 名が参加した。なお、本講習会にはパイロット計測に技術指導、技術指導補佐として従事するタイ人技術者も参加した。



出所：調査団撮影

図 3.3 CU を対象とした講習会風景

b) DOH を対象とした技術講習会

2017 年 5 月 22 日、23 日に DOH 向け技術講習会を実施し、橋梁建設部（Bridge Construction Bureau）から技術者 9 名が参加した。



出所：調査団撮影

図 3.4 DOH を対象とした講習会風景

c) 橋梁パイロット計測

橋梁パイロット計測は、2 チーム構成で 3 回実施した。チーム構成としては、A チームが日本人技術者 1 名とタイ人技術者 2 名、B チームが日本人技術者 2 名とタイ人技術者 1 名という構成を基本として、これに CU の学生が加わった。機材については、各チームともに KUMONOS を 3 台使用した。計測の成果として、桁下の平面図、橋脚の展開図、主桁の側面図、橋梁全体の 3 次元図、ひび割れ等の数量表を作成した。また、Pathumtani 橋に関しては、3D レーザースキャナを用いた計測も行い、データ活用の応用事例として、KUMONOS と 3D レーザースキャナを組み合わせた活用方法の紹介をした。各計測回の概要、視察者リスト、計測風景、計測結果図面等をまとめる。

<第1回計測>

表 3.3 第1回パイロット計測 概要

計測チーム	A チーム	B チーム
橋梁名	Pathumthani 橋	Siriluk 橋
場所	Pathumthani 県	Ratchaburi 県
計測期間	2017/5/24 – 2017/6/9	2017/5/24 – 2017/6/9

出所：調査団作成

表 3.4 第1回パイロット計測 視察者リスト

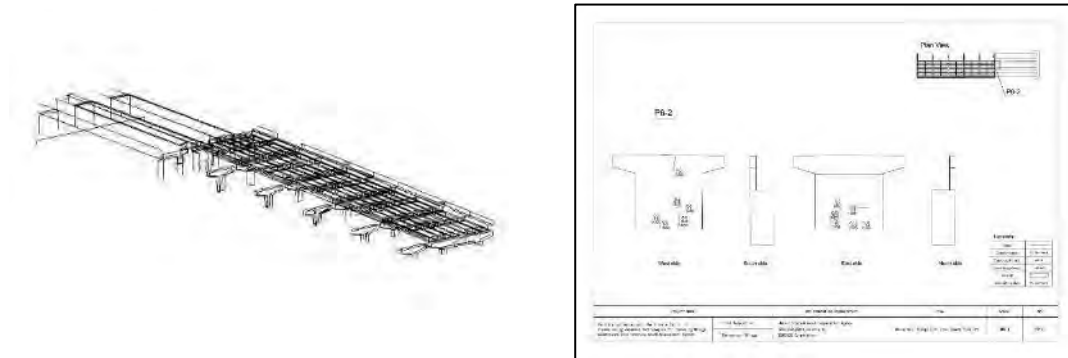
所属組織	人数	場所	視察日	目的
CU	2 名 (学生)	Pathumthani 橋	5/24-5/31	技術移転
BU	1 名	Pathumthani 橋	5/24	有用性評価
DOH	2 名	Pathumthani 橋	5/24	技術移転
DOH	9 名	Pathumthani 橋	5/29	有用性評価
CU	1 名	Pathumthani 橋	5/31	有用性評価
CU	1 名	Siriluk 橋	6/1	有用性評価
CU	2 名 (学生)	Siriluk 橋	6/1	技術移転

出所：調査団作成



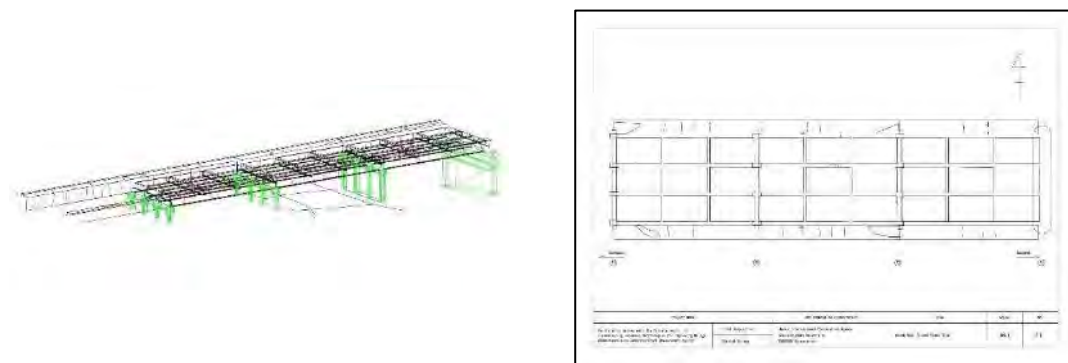
出所：調査団撮影

図 3.5 Pathumthani 橋計測時の C/P への説明風景（左）と Siriluk 橋計測風景（右）



出所：調査団作成

図 3.6 Pathumthani 橋計測結果 3 次元図（左）と橋脚展開図（右）



出所：調査団作成

図 3.7 Siriluk 橋計測結果 3 次元図（左）と桁下平面図（右）

<第 2 回計測>

表 3.5 第 2 回パイロット計測 概要

計測チーム	A チーム	B チーム
橋梁名	Bang Pakong 橋	Prachinburi 橋
場所	Chachengsao 県	Prachinburi 県
計測期間	2017/6/28 – 2017/7/7	2017/6/28 – 2017/7/7

出所：調査団作成

表 3.6 第 2 回パイロット計測 視察リスト

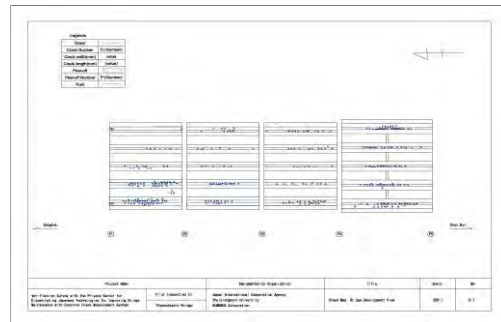
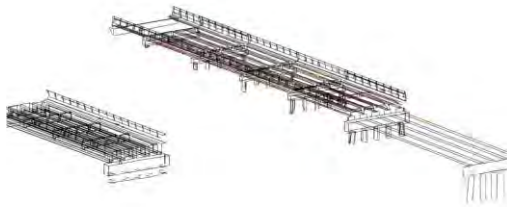
所属組織	人数	場所	視察日	目的
CU	2 名（学生）	Bang Pakong 橋	6/28-6/30	技術移転
DOH	4 名	Bang Pakong 橋	6/28	有用性評価
BU	1 名	Bang Pakong 橋	6/28	有用性評価
CU	2 名（学生）	Prachinburi 橋	7/3-7/5	技術移転

出所：調査団作成



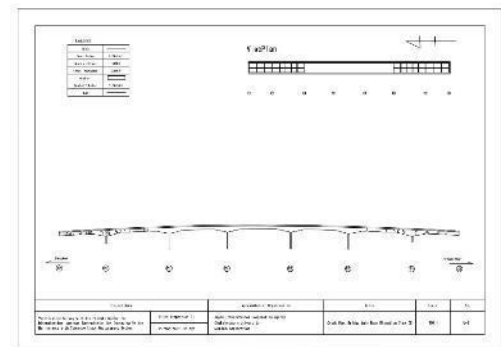
出所：調査団撮影

図 3.8 Bang Pakong 橋計測風景（左）と Prachinburi 橋計測風景（右）



出所：調査団作成

図 3.9 Bang Pakong 橋計測結果 3 次元図（左）と桁下展開図（右）



出所：調査団作成

図 3.10 Prachinburi 橋計測結果 3 次元図（左）と主桁側面図（右）

<第3回計測>

表 3.7 第3回計測概要

計測チーム	A チーム	B チーム
橋梁名	Railway 橋	Bangrachan 橋
場所	Samutsakorn 県	Singburi 県
計測期間	2017/8/1 – 2017/8/11	2017/8/1 – 2017/8/11

出所：調査団作成

表 3.8 第3回パイロット計測 視察リスト

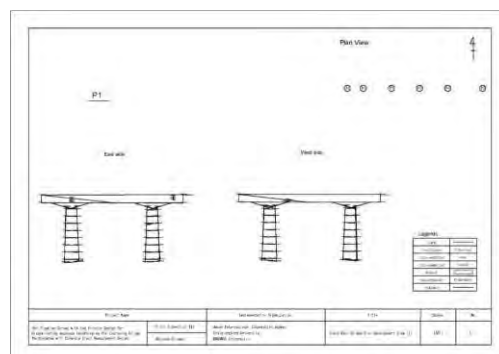
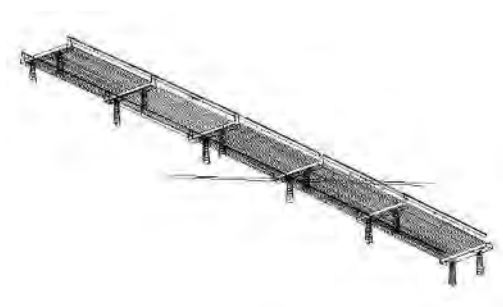
所属組織	人数	場所	視察日	目的
CU	2 名 (学生)	Bangrachan 橋	8/1-8/2	技術移転
BU	1 名	Bangrachan 橋	8/1-8/2	有用性評価
DOH	2 名	Bangrachan 橋	8/2	有用性評価
CU	2 名 (学生)	Railway 橋	8/3-8/4	技術移転

出所：調査団作成



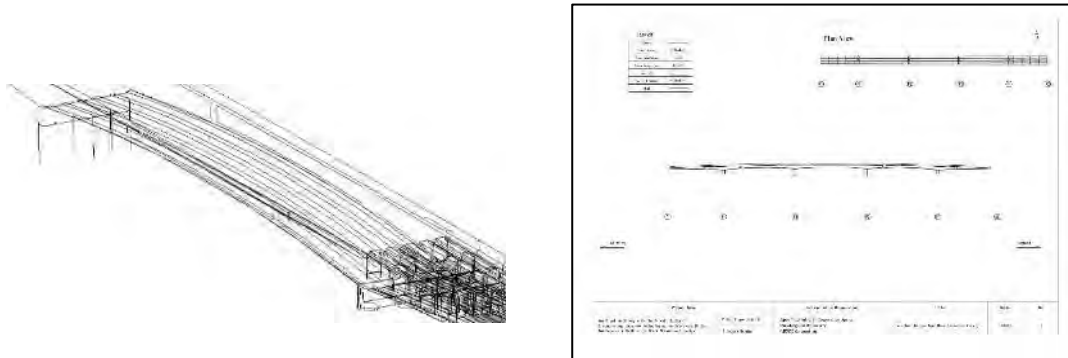
出所：調査団撮影

図 3.11 Railway 橋 技術指導風景（左）と Bangrachan 橋計測風景（右）



出所：調査団作成

図 3.12 Railway 橋計測結果 3 次元図（左）と橋脚立面図（右）



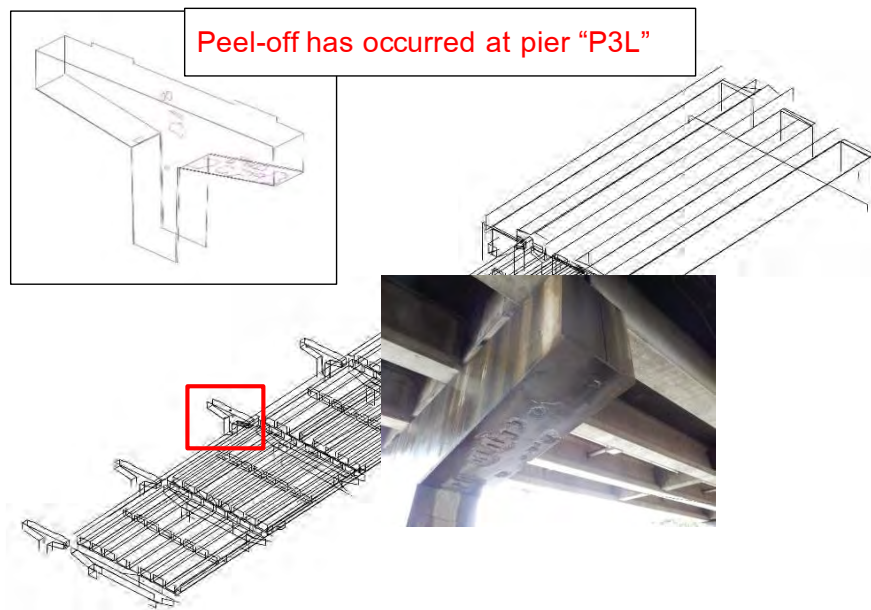
出所：調査団作成

図 3.13 Bangrachan 橋計測結果 3 次元図（左）と側面図（右）

<考察>

以下に、25 橋の現地踏査と 6 橋の計測結果よりタイ国における橋梁のひび割れ、損傷、メンテナンスに関して得られた知見や KUMONOS を用いた計測に関する留意点をまとめる。

- ・剥落の危険性が高く且つ通行人の往来が多く剥落した場合に人命に関わる被害が想定される箇所（図 3.14）であっても、そのまま放置されていたり、鉄筋露出に対して適切な防錆処理が施されていない箇所が散見されたりと維持管理が行き届いていない。
- ・バンコク都内の主要な橋梁では、ひび割れ調査を含めた定期点検が実施され、補修も行き届いているが、地方では行き届いていない。
- ・橋梁の建設年代毎の設計仕様の違いが耐久性に影響を及ぼしている。
- ・多くの電線が橋梁に接近して張られていることが多く、日本のように高所作業車を用いて近接する点検は困難な場合がある。
- ・乾季と雨季とで川の水位が大きく違うため、調査できる範囲も大きく異なることに留意する必要がある。2 月の現地踏査時（乾季）と 8 月のパイロット計測時（雨季）では、約 7m の水位の差が認められた。



出所：調査団提供データをもとに CU 作成

図 3.14 Pathumthani 橋の剥離部分の計測状況

② KUMONOS の有用性実証活動

1) パイロット計測データの既存システムへの反映

DOH 及び IMMS 社の協力を得て、BMMS に KUMONOS の点検データをインプットした。現状の BMMS のシステムは、タブレット端末で撮影した写真を、損傷が発生している位置に紐付け、損傷程度のレーティングを行ってシステム上にアップロードするものであり、写真以外のデータは添付ファイルという形で管理されている。

現状のシステムでは、本数・長さ・密集率といったひび割れの数量をシステムに入力して管理するというようなシステムになっていないため、本事業の計測データも、DWG 形式の図面データ、2 次元図面（立面図、側面図、平面図、展開図）、3 次元図面の PDF データ及びひび割れの数量表を添付ファイルとして格納した。計測したデジタルデータを点検履歴として蓄積する仕組みは整っているため、現状のシステム上での計測データの活用方法としては、必要に応じて過去の点検データを取り出す仕組みは整っているため、専門家が必要に応じて過去の図面を取り出し、現在の状況と比較して劣化状況を分析する

今後は、補修工法の選択や予算の算出、補修の優先順位付けといった分析にひび割れのデータを使用するように BMMS を改良していくことが必要である。DOH も IMMS 社も BMMS を改良していくことに対して非常に前向きであることから、システム上でのひび割れの取り扱い項目や分析方法を協働して検討、提案していく。

เพิ่มการตรวจสอบ

กับภาพเพิ่มการตรวจสอบ ข้อมูลเพิ่ม ความเสียหาย เกล็ดสารแบบ ความเสียหายเรื้อรัง ส่งตรวจสอบ

สะพานปทุมธานี (134160102) การตรวจสอบพิเศษ

คำอธิบายไฟล์: เลือกไฟล์:

#	ชื่อไฟล์	คำอธิบายไฟล์	วัน/เดือน/ปี	ผลการตรวจสอบ
1	defect summary sheet (patthumthani).xls	KUMONOS Corporation Crack Inspection	03/10/2560	ผ่าน
2	3D_M1.dwg	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
3	3D_P3-2.dwg	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
4	3D_P6.dwg	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
5	3D_DRAW.dwg	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
6	3D_M1.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
7	3D_scan1.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
8	3D_scan2.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
9	3D_scan3.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
10	3D_scan4.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
11	3D_scan5.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน
12	3D_scan6.pdf	KUMONOS Corporation Crack Inspection	16/10/2560	ผ่าน

สำนักงานวิศวกรรม ถนนทางหลวง ถนนพหลโยธิน กรุงเทพมหานคร 10400 โทร. 02-354-0067-8 แฟกซ์ 02-354-0063 อีเมล bmmms@doh.go.th
copyright © 2012 http://bridge.doh.go.th All right reserved

出所：DOH

図 3.15 KUMONOS 計測データの BMMS へのインプット

#	รูปสะพาน	ชื่อสะพาน	ชนิดสะพาน	ความยาวสะพาน (ม.)	ความกว้างสะพาน	ความสูงสะพาน	พื้นที่สะพาน	น้ำหนักสะพาน	OCR	UP CR	LO CR	MI CR	ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	วันที่ตรวจพบ	ประเภทการตรวจพบ	ตรวจสอบแล้ว	แผนที่	ผลการประเมิน
1		สะพานเทพศิรินทร์	1 Girder	430	แบบข้างทาง	34	200	50+345.000	5	5	5	5	จุดบกพร่องที่ตรวจพบ	28/03/2557	2557-27R	จุดบกพร่องที่ตรวจพบ	28/03/2557	ผ่าน
2		สะพานเทพศิรินทร์	1 Girder	430	แบบข้างทาง	34	200	50+345.000	5	5	5	3	จุดบกพร่องที่ตรวจพบ	28/03/2557	2557-323P	จุดบกพร่องที่ตรวจพบ	28/03/2557	ผ่าน
3		สะพานเทพศิรินทร์	1 Girder	430	แบบข้างทาง	34	200	50+345.000	1	1	1	1	ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	24/04/2559	2559-1243P	ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	26/07/2559	ผ่าน
4		สะพานเทพศิรินทร์	1 Girder	430	แบบข้างทาง	34	200	50+345.000	5	5	5	5	ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	12/09/2560	2560-8S	ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	12/09/2560	ผ่าน

出所：DOH

図 3.16 BMMS による点検履歴の蓄積状況

2) パイロット計測データを用いたデータ活用シミュレーション

本節では、パイロット計測で発見された劣化・損傷の一部について、原因分析・補修計画のシミュレーションを実施する。また、得られたひび割れ情報をベースに特定損傷の将来劣化シミュレーションを実施する。

a) 対象橋梁とひび割れ計測結果概要

本調査でパイロット計測を実施した 6 橋のうち、比較的ひび割れが多く発見された Bang Pakong 橋(A1 橋台～P5 橋脚)を対象橋梁として選定した。Bang Pakong 橋の橋梁諸元は下表のとおりである。

表 3.9 Bang Pakong 橋(A1～P5)の概要

項目	諸元	備考
橋名	BangPakong 橋	
竣工年	1976 年	
橋梁形式	6 径間単純 RC 橋	対象径間のみ
全幅員	W=9.8m	KUMONOS による計測値
橋長	L=60m (7.2m+12.5mx3 + 15.3m)	KUMONOS による計測値

出所：調査団作成

表 3.10 Bang Pakong 橋ひび割れ計測結果

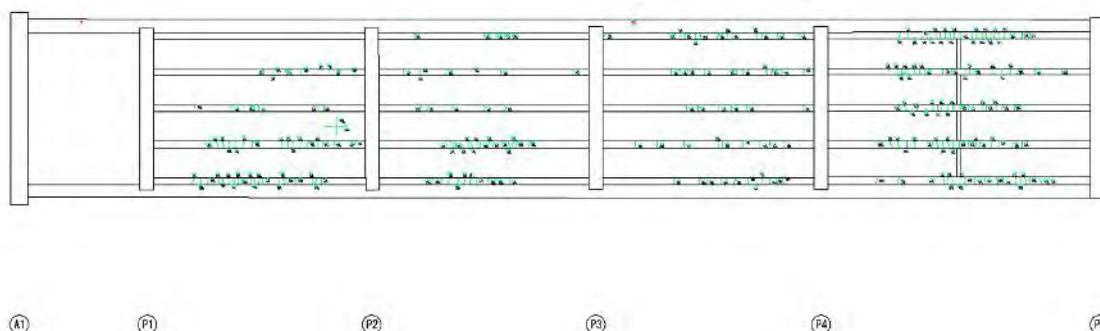
部位	ひび割れ本数 (本)		
	0.2mm 未満	0.2mm～1mm 未満	1mm 以上
主桁	346	6	0
コンクリート高欄	14	9	2
橋脚・橋台	13	4	3

出所：調査団作成

b) 主桁のひび割れ発生原因

ひび割れ計測を実施した部位のうち、主桁のひび割れに着目する。主な傾向は以下のとおりである。外観及びひび割れ計測結果を勘案すると、安全性に支障のある損傷は今回の調査において認められなかった。主桁に発生しているひび割れは、支間中央に卓越する曲げひび割れであり、主に活荷重により発生したものと推定できる。

- 支間中央付近に曲げひび割れが卓越し、ひび割れの大部分が幅 0.04mm であった。
- 外観上、さび汁は観察されなかった。
- 外観上、異常なたわみ・変状は観察されなかった。



出所：調査団作成

図 3.17 Bang Pakong 橋(A1 橋台～P5 橋脚)における主桁のひび割れ (平面図)

c) 補修計画

コンクリート構造物にひび割れが発生すると、外部からの劣化因子（水、塩化物イオンや二酸化炭素等）が鉄筋に到達し、腐食が生じやすい環境となる。仮に適切な補修がされない状態が続き、鋼材の腐食が進展・加速期に入ると、鋼材の断面欠損により耐荷力が低下し、やがては耐荷力不足となり、交通規制・通行止めが必要な状態となる。一般に、日本ではひび割れ補修が必要なひび割れ幅の目安は 0.2mm 以上とされており、観察された主桁ひび割れのうち、補修が必要なひび割れは全体の 2% である。予防保全の観点からは、ひび割れ被覆工法や含侵工法により補修することが望ましいが、5 年～10 年は補修をせずに経過観察を続けることが可能なレベルであると判断される。

d) ひび割れ進展シミュレーション

コンクリート構造物の健全度は、ひび割れ情報のみならず、橋面上の変状の有無、変形・たわみ等の変状、かぶりの剥落、さび汁や鉄筋ハلامي出し等、様々な部位の損傷や環境条件、過去の補修履歴等を勘案し、総合的に判断しなければならない。また、劣化予測には 3 時点での詳細点検と健全度評価結果が最低限必要であり、本調査で得られた限定的なひび割れ情報のみで対象橋梁の劣化予測を実施することは困難である。

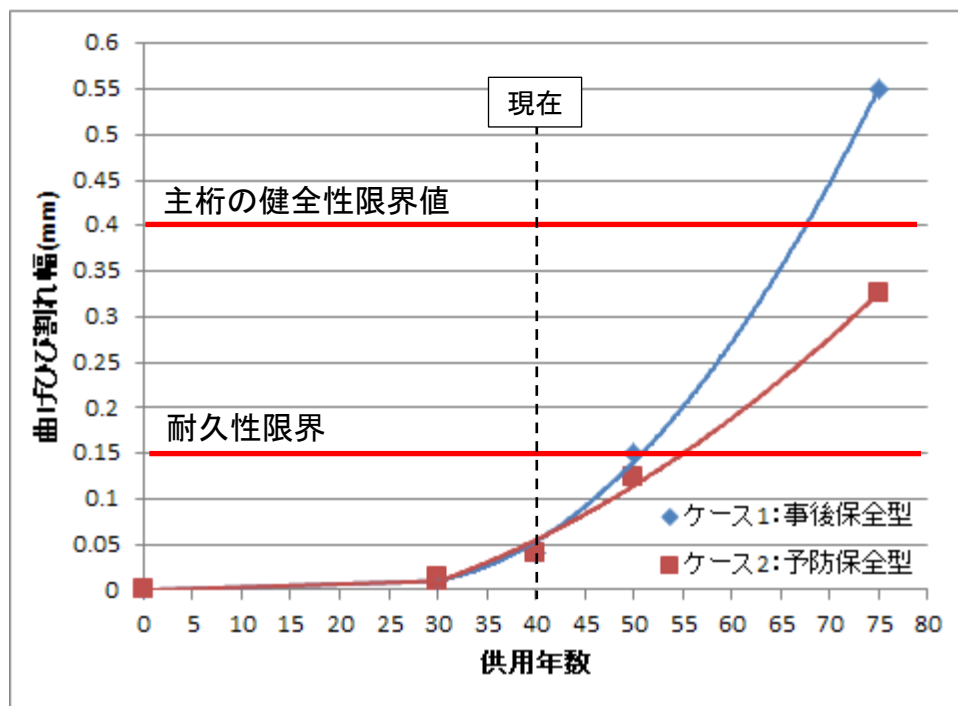
そこで、本調査では主桁の健全性を曲げひび割れ幅と関連づけることで、将来の主桁の曲げひび割れ進展をケース 1：事後保全型、ケース 2：予防保全型について簡易的にシミュレートした。以下にシミュレートにおける前提条件及び手法を示す。

- ・ 初期状態（竣工年）における曲げひび割れ幅は 0mm とする。
- ・ 現時点（供用開始から 40 年）の曲げひび割れ幅の代表値をパイロット計測結果より 0.04mm とする。
- ・ 耐久性を保持し得る曲げひび割れ幅は、コンクリート標準示方書に示される「鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値（一般環境下、異形鉄筋）」である $0.005c$ (c : かぶり) とする ($=0.15\text{mm}$)。
- ・ 引張鉄筋の降伏限界における曲げひび割れ幅を主桁の健全性を保つ限界値とし、コンクリート標準示方書に示される理論式を参考に次式により算定する。なお、対象橋梁の材料諸元が不明なため、材料諸元は仮定値である。本橋の場合、0.4mm となる。タイでは AASHTO により設計された橋梁が多く、AASHTO では 75 年を設計供用期間とすることから、本橋においては、ケース 1 において 75 年以内にここで設定した限界値を超えるものとする。

$w = 1.1k_1k_2k_3*[4c+0.7(cs-\phi)][\sigma_{se}/E_s+\varepsilon'_{csd}]$ (mm)	=	0.4
w 曲げひび割れ幅(mm)		
k_1 鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数	=	1.0
k_2 コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数	=	1.04
f'_c コンクリートの設計圧縮強度(N/mm ²)	=	24.0
k_3 引張鋼材の段数の影響を表す係数	=	0.91
n 引張鋼材の段数	=	2
c かぶり(mm)	=	30
cs 鋼材の中心間隔(mm)	=	125
ϕ 鋼材径(mm)	=	25
ε'_{csd} コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値	=	0.0002
σ_{se} 鋼材位置のコンクリートの応力度が 0 の状態からの鉄筋応力度の増加量(N/mm ²)	=	345.0
E_s 鉄筋のヤング係数 (N/mm ²)	=	205,000

- ・ 上記で設定した 3 点に近似する 2 次曲線をケース 1 の劣化曲線とする。
- ・ ケース 2 では、現時点でひび割れ補修を実施することでひび割れの進展速度がケース 1 の半分となると仮定する。

ひび割れ進展シミュレーション結果を図 3.18 に示す。ケース 1：事後保全型の場合、現在から 25 年後には大規模な補修を実施する必要がある。一方、ケース 2：予防保全型のように、早期にひび割れ補修を実施した場合、現在から 35 年後においても主桁は健全性を十分保持している状態にある。



出所：調査団作成

図 3.18 Bang Pakong 橋(A1 橋台～P5 橋脚)の主桁のひび割れ進展シミュレーション

また、将来的な活用方法の 1 つとして、BMMS の既存データベースへの反映とアセットマネジメントへの活用が考えられるが、その可能性については、CU と協働して継続的な調査により明らかにし、最終的に DOH に提案することを予定している。

3) 現地関係機関による有用性の評価

2017 年 10 月 16 日に現地政府機関との評価会議が開催された。CU 及び BU からは現地専門家各 1 名とパイロット計測に参画した学生が出席し、DOH からは Bureau of Bridge Construction の director を含む計 8 名が出席した。会議では CU から表 3.10 に示す比較結果がまとめられ、現地関係機関からの KUMONOS 有用性評価として表 3.11 の意見が挙げられた。

表 3.11 ひび割れ調査方法の比較

観点	従来方法	KUMONOS
正確さ	荒い	正確
図面作成	人の手による記録	ソフトウェアにより作成
ヒューマンエラー	多い	少ない (トレーニングが必要)
現地調査時間	早い	初めての計測時には 時間が掛かる
データ処理方法	人の手による記録	ソフトウェアを使用
調査コスト	簡易調査であれば安い (手の届かない場所では 追加コストが必要)	機器導入費用が高い
データ処理コスト	安い	ソフトウェア導入費用が高 い
経年変化把握	難しい	容易

出所：C/P が作成したものを基に調査団が作成

表 3.12 現地関係機関からの評価

評価者	評価
CU 及 び BU	・ TS の扱いに慣れている人にとっては、習得が非常に容易。 ・ 従来方法では点検されないひび割れの数量、特徴、位置が記録される。 ・ 従来方法では経年変化を把握することが難しいが、KUMONOS では可能。 ・ 細いひび割れや剥離も計測可能。 ・ 計測データはインフラ構造物のデータベースとして将来にわたって使うことができ、効率的な意思決定の助けとなる。 ・ ひび割れ幅を幅毎のカテゴリサイズやひび割れの成長をして色別に表示することで、視覚的にひび割れの状況を把握することができる。 ・ 3D レーザースキャナと組み合わせることで、視覚化効果が増大する。 ・ 操作メニューが英語表記であり、操作の習得に難しい面があった。 ・ 汚れ、染み、周囲の暗さがひび割れ計測の妨げとなった。
DOH	・ タイ国の橋梁メンテナンスのために、有意義なプロジェクトを実施してくれたことに感謝する。 ・ KUMONOS は橋梁のメンテナンスにとっても大きな利益をもたらすだろう。 ・ 限られた予算を効果的に活用するためには、点検が果たす役割が非常に大きい。 ・ 現在は、橋梁の状況の管理は写真が標準であるが、将来的には 3D データが標準となることが予測される。 ・ 箱桁内部のひび割れ計測にも適用可能性がある。

出所：調査団作成



出所：調査団作成

図 3.19 KUMONOS と 3D レーザースキャナの組み合わせ結果

4) CU への機材譲与式

本事業で使用した KUMONOS をはじめとする機材の譲与のためのセレモニーが、12 月 8 日に CU で開催された。セレモニーの臨席者は、CU からは工学部長、土木工学科長他 6 名、JICA タイ事務所からは次長他 3 名が参加した。午前 9 時より工学部会議室で開始され、工学部長挨拶、調査団からの案件要約説明、譲与書面への署名が行われた。また、当初予定にはなかったが、計測に参加した CU 学生から工学部長への KUMONOS に関する説明も行われた。

③ KUMONOS の普及活動

1) 構造物維持管理関係者向けセミナー

KUMONOS の普及や構造物維持管理の重要性を啓発するために、構造物維持管理に携わる政府機関、大学関係者やコンサルタント会社を中心とした民間企業を対象として、構造物維持管理に関するセミナーを 2 回開催した。1 回目のセミナーは 2017 年 5 月に CU で開催し、第 2 回セミナーは在タイ日本大使館で 2017 年 11 月に開催した。

a) 第 1 回セミナー

第 1 回セミナーは、CU にて、2017 年 5 月 30 日に開催した。開会にあたって、CU 工学部土木工学科の学科長にご挨拶いただいた。講演では、CU 及び BU の教員が現地専門家の観点からタイ国の維持管理の現状と点検技術の最新事情について、大阪大学・矢吹教授が日本をはじめとした先進国での予防保全型維持管理の取り組みについて講演した。そして、KC から維持管理に必要な定量データを取得するための点検技術として、KUMONOS 及び 3D レーザースキャナを紹介した。

表 3.12 に示す通りアンケートを採り、KUMONOS がタイ国の維持管理に貢献しているものであることが確認できた。

<セミナータイトル>

KUMONOS: New Approach for Preventive Maintenance of Infrastructure Maintenance in Thailand with Advanced Japanese Technology

<概要>

場所：チュラロンコン大学 工学部土木学科 2 階 209 号室

日時：2017 年 5 月 30 日 9:00～14:00

主催：チュラロンコン大学、クモノスコーポレーション株式会社

後援：JICA、大阪大学

内容：土木構造物を対象とするアセットマネジメントの新しいアプローチの紹介

KUMONOS 及び 3 次元計測技術を使ったコンクリート構造物の点検方法の紹介
アンケート実施

KUMONOS	
New Approach for Preventive Maintenance of Infrastructure in Thailand with Advanced Japanese Technology	
30 th May, 2017 Organized by Chulalongkorn University KUMONOS Corporation	
<Program>	
9:00 -	Opening Remark
9:10 -	<i>An Existing Technology for Infrastructure Management System in Thailand</i> Dr. Vachara Peansupap (Chulalongkorn University) Dr. Petcharat Limsuppreeyarat (Burapha University)
9:35 -	<i>A New Approach for Inspection and Asset Management of Civil Infrastructure using "KUMONOS" and 3D technologies.</i> Prof. Nobuyoshi Yabuki (Osaka University)
10:00 -	Break Time
10:20 -	<i>Practical Method and Application of KUMONOS and 3D LS</i> Mr. Kazuhide Nakaniwa (President and CEO, KUMONOS Corporation)
11:15 -	<i>Conclusion</i> Dr. Vachara Peasupap (Chulalongkorn University)
11:35 -	Questions and Answers
12:00 -	Closing Remark
12:10 -	Lunch Time *During lunch time, staff of KUMONOS Corporation will show a demonstrational measurement.
13:00 -	Further Explanation and Discussion (for those who are greatly interested in the technologies and services)
Facilitator: Dr. Yingyounggrattanakul Narentorn (Oriental Consultants Global Co., Ltd)	

出所：調査団作成

図 3.20 第 1 回セミナープログラム

<参加者>

政府機関：8 名
 教育機関：23 名
 民間企業：15 名
 その他機関：1 名
 参加者合計：46 名

表 3.13 第 1 回参加機関リスト

産学官別	機関名
政府機関	Department of Highways
	Department of Rural Roads
	Royal Irrigation Department
教育機関	Chulalongkorn University
	KhonKaen University
	Mahidol University
	Suranaree Technical College
民間企業	Asian Engineering Consultant Co., Ltd.
	Decade Consultant Co., Ltd
	IMMS Co., Ltd.
	PASCO (Thailand) Co., Ltd.
	Free Consultant
その他	JICA

出所：調査団作成

表 3.14 第 1 回セミナーアンケート結果

(※有効回答数 34 名分)

質問	回答
Q1(1)セミナー満足度	75%の回答者が満足、概ね満足
Q2(1)所属機関において、構造物の維持管理事業を行なっているか	約 30%が維持管理事業を実施 約 30%がまだ実施していないが、今後実施したい
Q2(2)維持管理のビジネスが、今後タイにおいて拡大すると思うか	約 80%の回答者が、今後タイにおいてビジネスになると考えている。すぐではなく、まだ時間を要するのではないかと見立てている人が多い。
Q2(3)タイにおいて維持管理分野の問題点は何か	多くの回答者の意見として「予算」が問題として挙げられている。 「政府は未だに新たな建設プロジェクトに重きを置いている」ことについて言及されている。
Q3(1)KUMONOS について興味	約 80%の回答者が、KUMONOS について興味を持

を持ったか	った。
Q3(2)KUMONOS の利点は何だ と思うか	興味を持った回答者の内、約 40%が作業効率、技 術力が約 25%、正確性が約 10%
Q3(3)貴社業務で KUMONOS を 使用したいか	約 45%が KUMONOS をビジネスで使いたい
Q3(4)はいの場合、どのように利 用したいか	「はい」の回答者の内、約 40%が機材購入検討、 約 60%が計測業務の依頼
Q3(5)いいえの場合、使用を検討 する理由は何か	回答数の多いものから並べると、自社業務とマッチ しない、高すぎる、改良が必要
Q3(6)貴社業務で 3DLS を使用し たいか	約 60%の回答者が活用したい
Q3 (7) KC が貢献できるプロジ ェクト	ある 62%、ない 7%、回答無し 31%
Q3 (8) KC と貴社とのコラボレ ーションについて、なにかアイ ディアを共有してもらえるか	・タイの大学とコラボレーション ・計測業務の受注 ・大学とのダム計測の研究
Q4 ご意見、ご感想	路面保全における使用方法や導入方法を知りたい。 新しいひび割れ計測の技術に興味深かった。

出所：アンケート結果を基に調査団作成



出所：調査団撮影

図 3.21 講演する中庭（左）と矢吹教授（右）

b) 第 2 回セミナー

第 2 回セミナーは、2017 年 11 月 7 日に在タイ日本大使館多目的ホールで開催。98 名の事前申込みに対し、70 名を超える参加者があった。政府機関である DOH、DRR、BMA、EXAT、タイ発電公社（EGAT：Electricity Generating Authority of Thailand）等から、計画部門の課長をはじめ維持管理の意思決定に権限を持つ部門・役職の方々の参加があった。また、民間企業に関しても、社長や副社長、役員等の参加が多く見られたのが特徴で、維持管理分野に対して非常に高い関心があることが分かった。

セミナー冒頭では、在タイ日本大使館・福島秀夫次席公使より日本の現状と今後のタイの将来を重ね、日本の維持管理技術がタイの継続的な発展においても重要な役割を担うであろうことをご挨拶いただいた。その後、大阪大学・矢吹教授が、合理的且つ論理的な意思決定のための定量的評価の必要性和情報分野での日本の取り組みについて講演した。続いて行われた阪神高速道路、クモノスコーポレーション、オリエンタルコンサ

ルタンツ、金森藤平商事、首都高速道路の本邦 5 社によるプレゼンテーションでは、それぞれの立場における維持管理への関わりと事例について具体的に説明した。また、現地専門家の観点から日本の点検技術のタイでの適用事例として、本事業のパイロット計測の結果が報告された。

セミナーでの参加者アンケート結果を表 3.13 に示す。維持管理の問題点に関する設問の回答によると、タイ国全体でも 1.(1)で述べた DOH の橋梁維持管理に関する問題点と課題と同様に「組織、人材」、「予算」、「技術」の面で課題を抱えていることがわかった。また、コメントとしては「大変興味深く、維持管理技術について多くの知識を得る場になった。」「タイの維持管理の課題解決の可能性をもたらすだろう」等の意見が寄せられ、啓発効果を確認することができた。

<セミナータイトル>

Seminar on Japanese Maintenance Technology for Infrastructure in Thailand

<開催概要>

日時：2017 年 11 月 7 日 9:00～16:00

場所：在タイ日本大使館 多目的ホール

主催：クモノスコーポレーション株式会社、チュラロンコン大学

後援：在タイ日本大使館、JICA、大阪大学

内容：アセットマネジメントの重要性の啓発、本邦 5 社の維持管理技術の紹介、パイロット計測の成果報告

Seminar on Japanese Maintenance Technology for Infrastructure in Thailand

Date and time: 7 November 2017

Place: Embassy of Japan in Thailand

<Program>

Time	Contents	Speaker
9:00-9:10	Opening remark	Embassy of Japan in Thailand <i>Mr. Hideo Fukushima</i>
9:10-9:50	<Keynote Speech 1> New Approaches for Infrastructure Maintenance Using Advanced Technologies	Osaka University <i>Prof. Dr. Nobuyoshi Yabuki</i>
9:50-10:30	Concept and Methodologies of Highway Maintenance in Japan -A Case of Hanshin Expressway-	Hanshin Expressway Co., Ltd <i>Dr. Yoriko Kawakami</i>
10:30-10:40	Break time	
10:40-11:20	Our Inspection Technologies for Strategic Infrastructure Management	KUMONOS Corporation <i>Mr. Kazuhide Nakaniwa</i>
11:20-12:00	<Keynote Speech 2> Application Case Study of Japanese Inspection Technology in Thailand	Chulalongkorn University <i>Assist. Prof. Dr. Vachara Peansupap</i> Burapha University <i>Dr. Petcharat Limsupreeyarat</i>
12:00-13:00	Break time	
13:00-13:40	Frontier of Road Bridge Asset Management in Japan and Application Method	Oriental Consultants Co., Ltd <i>Dr. Hidetoshi Nakano</i>
13:40-14:20	Quick Drying and Tough Coating Membrane for Concrete Protection "Introduction of Polyurea lining system"	Kanamori co., Ltd <i>Mr. Kohei Ota</i>
14:20-14:30	Break Time	
14:30-15:10	Asset management by new maintenance technology on Metropolitan Expressway	Metropolitan Expressway Co., Ltd <i>Mr. Takehiko Hatsuku</i>
15:10-15:30	JICA schemes for supporting PPP projects	JICA Thailand office <i>Ms. Ayako Kubo</i>
15:30-15:50	Discussion	
15:50-16:00	Conclusion (Closing remark)	Chulalongkorn University <i>Assist. Prof. Dr. Vachara Peansupap</i>



出所：調査団作成

図 3.22 第 2 回セミナープログラム

<参加者>

政府機関：13 名
教育機関：15 名
民間企業：39 名
その他機関：7 名
参加者合計：74 名

表 3.15 第 2 回セミナー参加機関リスト

産学官別	機関名
政府機関	Bangkok Metropolitan Administration

	Department of Highways
	Department of Rural Roads
	Electricity Generating Authority of Thailand
	Expressway Authority of Thailand
教育機関	Chulalongkorn University
	Sirindhorn International Institute of Technology (Construction and Maintenance Technology Research Center)
	Engineering Institute of Thailand
	Kasetsart University
	Kohn Kaen University
民間企業	Asian Engineering Consultants Co., Ltd.
	Boochaipanich (1979) Co., Ltd.
	Consultants of Technology Co., Ltd.
	Decade Consultant Co., Ltd.
	Geoharbour (Thailand) Co., Ltd.
	GIS Co., Ltd.
	IMMS Co., Ltd.
	Infraplus Co., Ltd.
	International Engineering Consultants Co., Ltd.
	Kijwisai Co., Ltd.
	MAA Consultants Co., Ltd.
	Metropolitan Espressway Co., Ltd.
	Oriental Consultants Global Co., Ltd.
	PASCO (Thailand) Co., Ltd.
	STS Engineering Consultants Co., Ltd.
	TEAM consulting engineering and management Co., Ltd.
	Thai Nishimatsu Construction Co., Ltd.
	Free Consultant
その他	Bangkok Bank Public Company Limited
	Embassy of Japan in Thailand
	JICA
	THE San-in Godo Bank, Ltd.

出所：調査団作成

表 3.16 第 2 回セミナーアンケート結果

(※有効回答数 48 名分)

タイにおける維持管理の問題点についてお聞かせください。 (記述式、コメントを抜粋)
<組織・人材面> ・経験とスキルのある人材がいない。 ・データを活用した資産運用管理に関する所有者の理解の欠如。 ・建設プロジェクトに注力して、メンテナンスの必要性に気づいていない。 <予算面> ・予算がとても少ない。 ・維持管理スタッフと点検費用に対する予算。 ・品質管理の予算。 ・調査に掛けるコスト。 <技術面> ・データの記録と管理。 ・調査レポートの正確性。 ・基準がない。 ・長期間データを保存する方法がない。 ・維持管理システムの欠如。 ・構造物の点検に対する新技術の導入。 ・高架橋の近接点検に対する交通に影響の少ない適切な設備。 ・事前対応より事後対応が多いように感じる。
本日のセミナーについてご意見をお聞かせください。(記述式、コメントを抜粋)
・すべての講演がとても興味深かった。 ・Q&A やディスカッションの時間をもっと長くって欲しかった。 ・点検技術に関するパートが短かった。 ・英語の発表に統一した方が、通訳の時間が短縮でき、スムーズな発表になったと思う。 ・各発表をもっと詳しく聞きたい。 ・新技術と日本でのアセットマネジメントの適用事例はとても興味深い。 ・タイでの維持管理の問題点を解決するものだと感じた。 ・通訳の専門用語の使い方に気になる点があった。技術者が通訳する方が良い。 ・場所、内容、時間、どれもとても素晴らしい。 ・車以外の交通手段で来ることができ、アクセスが良かった。 ・印象的で有用だが、限られたグループに対してのものだろう。 ・新技術の適用は維持管理プロジェクトの手助けになるだろう。 ・他のセミナーが開催されるときは、ぜひもう一度参加したい。 ・維持管理と補修計画に関する適用事例をもっと聞きたい。 ・高層ビル、高架等の町中や寺院の管理にも応用できると考えます。 ・補修の方法や手順について、もっと深く詳細に知りたい。

出所：調査団作成



出所：調査団撮影

図 3.23 在タイ日本大使館でのセミナー風景

2) スラナリーテクニカルカレッジ向けの講習会及びカリキュラム策定支援

将来の KUMONOS 計測技術者養成に向けて、タイの高等専門学校にあたるテクニカルカレッジの教師向け講習会及び指導カリキュラム策定支援をスラナリーテクニカルカレッジで行った。スラナリーテクニカルカレッジはテクニカルカレッジの中でも、日本の長野工業高等専門学校と教師や生徒の合同研修が毎年のように行われる等、日本との関係が非常に深い学校で、他のテクニカルカレッジに先駆けて KUMONOS を導入予定である。

<概要>

日時：2017 年 3 月 20 日～23 日

場所：スラナリーテクニカルカレッジ

内容：教員を対象に KUMONOS の仕組み、操作方法、データ編集方法等に関する講習、講習会の内容をもとに、将来授業に組み込むにあたっての指導カリキュラムに関する協議

表 3.17 スラナリーテクニカルカレッジ向けの講習会プログラム

月日	時間	内容
3/20	9:30～11:00	セレモニー、普及・実証事業概要紹介、維持管理の重要性等講義
	13:00～16:00	KUMONOS 概要説明（座学）、KUMONOS を使用した簡易ひ

		び割れ計測
3/21	10:00～12:00	KUMONOS 体験（実技、簡易・視準角度計測）
	13:00～16:00	KUMONOS 体験（実技、現況計測壁面）
3/22	10:00～12:00	KUMONOS 体験（Auto CAD 実習）
	13:00～16:00	幅のキャリブレーション
3/23	10:00～12:00	教師による指導マニュアル作成
	13:00～16:00	教師による指導マニュアル作成

出所：調査団作成

<参加者>

3/20：13名（教師：4名、学生9名）
 3/21：4名（教師：4名）
 3/22：3名（教師：3名）
 3/23：2名（教師：2名）

<成果>

- ・ KUMONOS の操作方法、データ整理・図化、指導法について、担当教師に対して指導できた。
- ・ テクニカルカレッジから授業に取り入れたいという意見を得た。
- ・ KUMONOS の教師による高専4～5年生の学生を対象とした KUMONOS 指導マニュアルの草案を作成した。
- ・ テクニカルカレッジに通う学生（高校1～3年、大学1,2年）の測量技術のレベルが把握でき、指導マニュアルの作成に役立った。



出所：調査団撮影

図 3.24 スラナリーテクニカルカレッジでの講習会風景

④ KUMONOS に関するビジネス実施体制の検討

1) ヒアリング調査

本事業中、DOH を除く、政府機関4機関及び民間企業13社に延べ47回訪問し、提案製品に関するプレゼンテーションや市場についてヒアリング調査を行った。ヒアリング調査を基にしたビジネス展開計画は4章に詳述する。



出所：調査団撮影

図 3.25 民間企業への技術紹介

2) デモンストレーション計測

提案製品に関するヒアリング調査やセミナーにおいて、KUMONOS への具体的なニーズとして、DOH 管理橋梁以外の 2 橋梁についてデモンストレーション計測依頼があったため、C/P の協力の下これに応じた。

a) ラマ 8 世橋計測

2017 年 3 月 14 日に BMA が管理するラマ 8 世橋のデモンストレーション計測を行った。この計測は現地の点検調査会社 IMMS 社の紹介により実現したもので、DOH の管理橋梁以外の橋梁を計測するにあたり、事前に C/P にレターを発出し、了承を得た。高さ約 160m の主塔の計測可否を確認し、将来のビジネス展開につなげることが目的である。

3 月 16 日には BMA に対して、結果の説明を行い、これまで点検が不可能であった箇所のはび割れを計測することができる技術として高い評価を得た。その後、IMMS 社を通じてラマ 8 世橋計測の見積書を提出しており、来年度の予算化に向けた検討が行われている。



出所：調査団撮影

図 3.26 ラマ 8 世橋計測風景

b) プミポン橋計測

2017 年 10 月 11 日に DRR が管理するプミポン橋のデモンストレーション計測を行った。第 1 回セミナーに参加した DRR の職員から計測を依頼されたもので、DRR から JICA タイ事務所に計測依頼のレターが発出され、計測が実現した。プミポン橋は、2013 年に KC が実施した案件化調査の時にもデモンストレーション計測を行っており、今回の計測では、その際に計測したひび割れの経年変化（幅と長さが進展しているかどうか）計測を行った。

計測結果として、ひび割れの進展は認められず、従来技術では難しい経年変化計測を行うことができる技術としてアピールすることができた。



出所：調査団撮影

図 3.27 プミポン橋計測風景

(2) 事業目的の達成状況

事業目的の達成状況について、本事業で期待される成果の観点から事業目的の達成状況を報告する。

<技術移転>

現場計測における技術移転については、KC における技術者の力量の見極め基準である表 3.15 におけるレベル 2 の技術レベルを移転することを目標とした。この目標は、レベル 3 以上の技術者となるためには、相当数の現場をこなす必要があるため本事業中に達成可能な技術移転レベルを考慮し、決定した。CU については計測に同行した学生 2 名が KUMONOS の操作技術を習得している。CU の学生は、KUMONOS 技術者ではないことから、現場計測の当初はレベル 1 の技術水準にも達していなかったが、1 回目の計測でレベル 1 相当の力量となり、全 3 回の計測の中で、自主的に現場の状況を把握し、計測進めることができるようになったため、レベル 2 相当の技術者育成という目標を達成することができたといえる。

もう一つの技術移転先である DOH は日常的に実際の点検業務に従事している技術者ではないが、技術講習会と現場計測の視察を通じて、KUMONOS の基本的な機能・操作方法については技術移転された。また、インフラ構造物の管理者、点検業務の発注者として、KUMONOS を導入するメリットについても、十分に理解されている。

表 3.18 KC における KUMONOS の技術者レベル判定

力量レベル	内容
レベル 1	職長の指示のもと、KUMONOS によるひび割れ計測に従事することができる。
レベル 2	基礎的な計測方法は習得しており、簡易な現場であれば、一人で KUMONOS によるひび割れ計測に従事することができる。
レベル 3	応用的な計測方法を習得しており、施主との打合せを行いながら複雑な KUMONOS によるひび割れ計測に従事することができる。
レベル 4	レベル 1 の技術者に対するフォローを行いながら、KUMONOS によるひび割れ計測に従事することができる。

出所：調査団作成

また、外部人材や現地再委託として技術指導や技術指導補佐を行うタイ人技術者は、本邦の KUMONOS 技術者と比較して、現場経験が乏しい面があることは否めなかったが、本邦の経験豊富な技術者とともにパイロット計測を行うことで、実践的な技術が移転されるという効果もあった。

<KUMONOS の有用性の実証>

有用性の実証については、技術講習会やパイロット計測を通じて、離れた場所から正確にひび割れを計測できるという KUMONOS の特徴は十分に理解され、現場で使用するツールとしての有用性は実証できている。また、評価会議において CU から DOH に対して KUMONOS の導入メリットとして、ひび割れを可視化して定量的な把握をすることができる点、ひび割れのカテゴライズをすることができる点が説明されており、DOH から高い評価を得ることができた。

<維持管理の重要性の認識拡大>

全 2 回のセミナーを通じて日本の事例やあるべき姿を紹介することで、維持管理に対する意識の向上を図ることができた。

第 1 回のセミナーでは、技術者レベルを中心に約 50 名が参加し、タイ国における維持管理の現状と日本を含む先進国における事故事例とその反省を踏まえた取り組みが示され、タイ国における維持管理をあるべき姿に近づける第一歩としての KUMONOS の可能性が共有された。しかしながら、予防保全型維持管理という概念やそれを実現するためのシステム作りは、民間企業や政府の技術者からのボトムアップによる取り組みだけでなく、国を挙げての推進が必要である。

そこで、第 2 回セミナーでは、技術者レベルだけでなく、維持管理の計画や予算の配賦に対してより強い権限を持つ関係者も対象とした。政府機関からは計画部門や企画部門の課長級等、民間企業からも社長や役員級の参加があり、第 1 回セミナーに比べて、よりハイクラスの人物に対して、啓発活動を行うことができた。セミナーの内容としても、KC を含む本邦 5 社の合同セミナーとすることで、維持管理の重要性を包括的に示すことができ、啓発効果を高めることができた。

<ビジネスモデル形成>

後述するように、パートナー候補となる現地企業も選定済みで、今後の連携体制に関する具体的な協議を行っている。また、現地での展開計画も具体化しつつあり、現地でビジ

ネス展開を行っていくための足がかりを作ることができたといえる。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

タイ国の橋梁分野における開発課題は、維持管理に対して、事後保全的な対応が中心であり、予防保全型維持管理が実施できていないということにある。高精度な点検データを蓄積し、適切に管理・運用していくことが予防保全型維持管理の基礎となるため、橋梁の点検における重要な指標のひとつであるひび割れを正確且つ定量的に計測することができ、KUMONOS を普及させることは、上述の開発課題に対して大きく役に立つものと位置づけられる。課題解決のために、本事業で得られた成果としては下記の2点が挙げられる。

貢献1：橋梁点検手法の改善

KUMONOS がタイ国の橋梁点検手法の改善に資する技術であり、適用性が高いことが確認された。タイ国では、現状と写真による管理が主であり、予防保全型維持管理で重要となる定量的な損傷データの取得を行う段階には至っていない。しかしながら、BMMSを整備することにより、点検結果をデジタルデータとして蓄積する仕組みは整っており、蓄積するデジタルデータとして KUMONOS を採用することで橋梁点検手法を大きく改善できることになる。

貢献2：予防保全型維持管理の導入促進

また、実務面での改善に向けた取り組みを行うだけでなく、維持管理の重要性に関する啓発活動により、維持管理の優先度を上げて実際の計画に反映してもらうことが不可欠である。本事業でもインフラ構造物の維持管理に関する啓発セミナーを2回実施している。特に、2回目のセミナーには維持管理計画策定の意思決定に関わる政府機関職員にも参加してもらい、彼らも予防保全型維持管理に対する重要性に関してある程度、共通認識を持っていることが確認できた。今後も継続的に同様の取り組みを行っていくことで、タイ国全体の維持管理への本格的な取り組みに向けた機運を醸成し、予防保全型維持管理の導入促進という課題の解決への貢献が期待できる。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

本事業の外部人材として本邦 KUMONOS ユーザー企業である水戸技術設計コンサルタントの社員が参画し、現地技術指導担当として、全3回のパイロット計測に従事している。同社は、これまで海外業務経験がなかったが、本邦での業務とは異なる環境下での業務経験を積むことができた。具体的な経済・地域活性化への貢献効果はまだ発現していないが、本業務をきっかけとして同社の積極的な海外展開が行われることが期待される。また、同社の海外展開に伴う周辺企業への裨益効果も期待できる。

また、第2回セミナーは、維持管理に関して KC の保有する点検技術という観点からだけでなく、補修技術や構造物管理者としての維持管理への取り組みといった内容を盛り込むことで啓蒙効果を高めるために、KC を含む本邦5社による合同セミナーという形で在タイ日本大使館にて開催した。これらの企業は、既にタイに進出しており、今後の事業拡大や現地機関との関係強化を企図している企業や今後タイを含む周辺国への進出を検討している企業である。今回のセミナーで現地ニーズを知ることができた、人脈を広げるきっかけとなったとの声をいただいております、本邦企業の積極的な海外展開に貢献することができたといえる。これは、開かれた公館をキーワードに、日本ブランド発信のために民間企業に対して積極的に取り組む大使館の支援によるものであることをここに記し、謝意を表する。

さらに、本事業では、日タイの大学間の連携を深めるという面でも日本国内への貢献を果たしている。本事業への参画をきっかけとして大阪大学と CU の間で、今後の共同研究に向けた話し合いが持たれており、現在具体的な連携に向けた検討を行っている。

事業後には、箕面市や商工会議所、在日タイ大使館と協力してセミナー等を開催し、本事業実施中に蓄積した海外展開ノウハウやタイ国での人脈を本邦地元企業と共有することも検討している。これにより、海外展開における自社のセールスポイントの発見やビジネスマッチングによる新たな市場・顧客の開拓も大いに期待できる。

(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

機材の移転先である CU の事業後の機材の活用方法についての構想は、学部对学生に対しては、施工品質の管理のためのツールとして、器械の使用法を中心に授業に取り入れ、大学院の学生に対しては、得られるデータが建設分野での情報の利用技術という側面に注目して、その取り扱いの教育に使用するというものである。

CU はタイの大学の中でもトップクラスの大学として知られており、政府機関や大手の建設会社やコンサルタント会社に卒業生を輩出している。本事業でも、CU と共同でプロジェクトを行っているということから人脈がつながり、スムーズに展開できたという場面もあった。今後の CU の土木分野の卒業生が、KUMONOS に関する知識を習得しており、また、KUMONOS を通じて維持管理の重要性を学んでいることにより、今後タイ国が自立的に開発課題の解決に取り組んでいく上で、非常に大きな役割を果たしてくれることが期待される。

また、CU はタイ国における橋梁以外のインフラ構造物への KUMONOS の適用について引き続き研究を進めていくことにも意欲を見せており、本事業で対象とした橋梁に対する適用性を高めるだけでなく、ビルやダム、港湾においても適用していきたいとしている。この研究を今後も進めていくことで、将来的には点検で取得したデータを分析し、政府機関に対して原因や対策を助言する「Crack Analysis Center」を CU 内に設立することにも視野に入れて活動していくとのことである。

これが実現すれば、橋梁分野以外の構造物も含めて点検～分析～補修といったメンテナンスのサイクルをタイ人が継続的且つ自立的に回していくことができるようになる。

(6) 今後の課題と対応策

タイ国では維持管理に関する予算が少なく、本事業の成果をもって直ちに予算を増額して、KUMONOS を導入するという状況とはいえない。そこで、どのように先方政府内に橋梁維持管理にかかる仕組みを作り、予算化していくかという点が今後の課題として挙げられる。そこで、まずは導入インセンティブの大きい点検対象として、タイ国の既存の点検手法では、点検ニーズはあったもののアクセスに非常に大きな手間が掛かることから点検が見送られていた橋梁に対し、点検仕様に盛り込むことを目指し、今後の維持管理予算の増額にあわせて、適用範囲を拡大していく方針で対応を進める。仕様としての採用には、実際に業務を行う現地民間企業からの提案が影響力を持つため、当該企業とパートナーを組んで政府機関に対し、働きかけていく。

仕組みづくりにあたっては、本事業で実施した 2 回のセミナーだけではタイ国全体の機運醸成に対して十分な啓発活動とは言えないため、今後も継続的に働きかけていくことにより、高精度な点検の導入をはじめとする維持管理への取り組みの実施体制の整備を後押しする必要がある。例えば、一般財団法人先端建設技術センターはタイ国で本邦企業の建設技術を紹介するセミナーを継続的に行っており、今後は紹介する技術を維持管理分野に

も広げる計画である。これらの機関とも連携し、タイで予防保全型維持管理の実施計画・予算配賦部門等に対する定量効果を含めた本邦事例の紹介や、維持管理を実際に担う政府機関の技術者や民間企業への営業活動を本事業終了後も引き続き行い、タイ国内で意思決定権限や実行力を有する組織・人物を巻き込んだトップダウン、ボトムアップの双方向からの導入促進を目指す。

KUMONOS の計測業務に従事するタイ人技術者を継続的に養成していく仕組みづくりが、今後の課題として挙げられる。CU の授業に取り入れられることで、KUMONOS の特性や導入メリット、取得データの活用方法といったことに関する知識を持った技術者が養成される見込みであるが、一方で彼らは、政府や民間企業でリーダー的な立場として就業することが期待され、計測業務自体に従事する技術者となるとは考え難い。このような状況では KUMONOS 導入のメリットが十分に認識され、計測需要が拡大したとしても、肝心の計測技術者がいないという状況に陥る可能性がある。そこで、教師向けにセミナーを行ったテクニカルカレッジと連携して、将来現場技術者として期待される層に対して、より実践的な計測方法を身につけた技術者を育成していく。

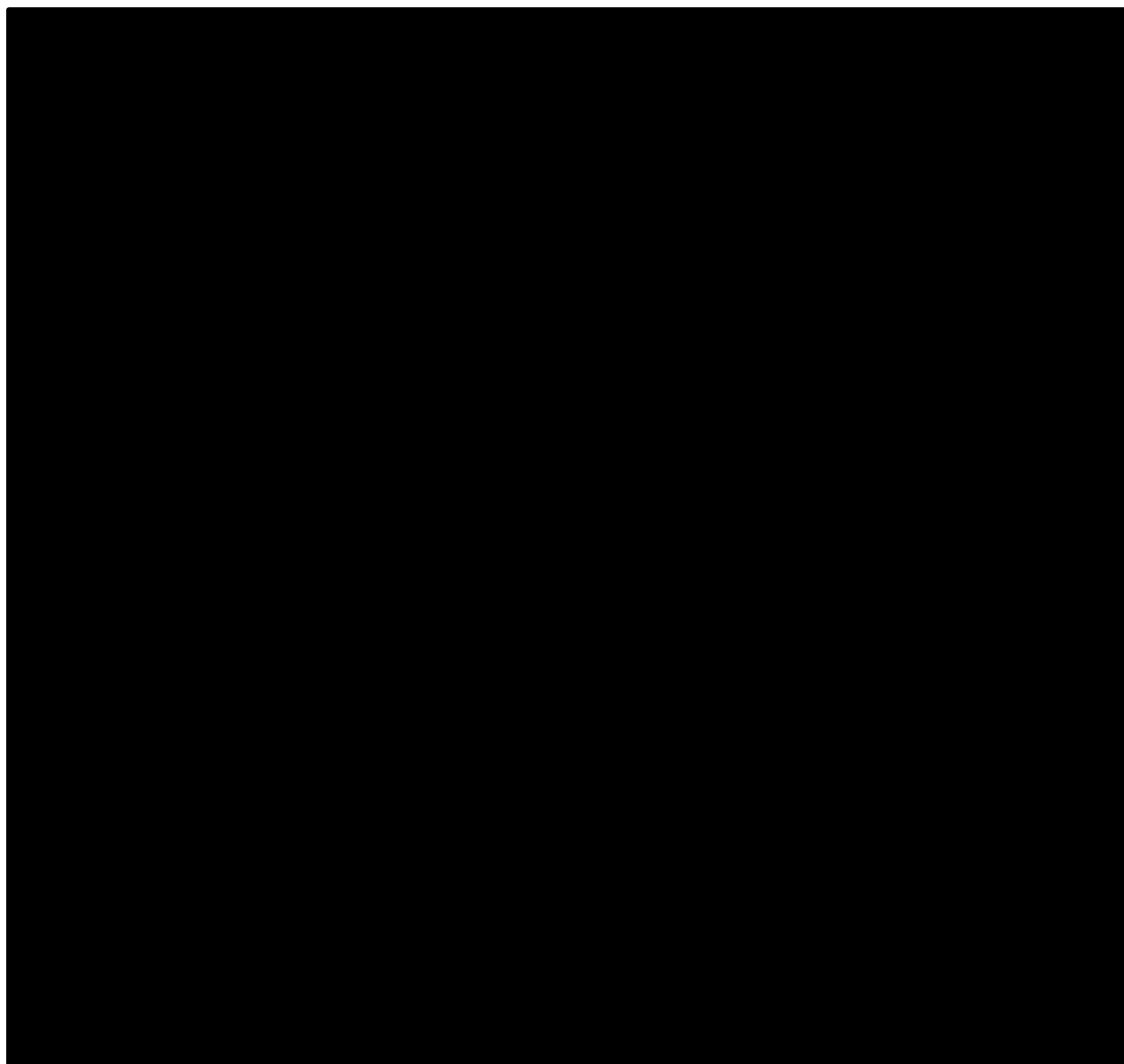
4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

1) 顧客の特定及び市場規模推計

最終的な顧客として計測サービスを楽しむのは、インフラ構造物の管理者となる。道路橋梁の主な管理者としては、DOH、DRR、EXAT、BMA 及び地方自治体が挙げられるが、EXAT の管理する橋梁が比較的新しいことから、維持管理予算は増加傾向に転じていないため、引き続き営業活動を行っていくものの、当面のターゲットとしては除外する。



また、本事業の調査結果から、道路橋梁に加えダム分野でもマーケットの対象となることが確認できた。タイ国のダムを管理する主な組織としては、灌漑分野の RID と電力公社である EGAT が挙げられる。タイ国のダムは全部で 218 存在し、その殆どが 1980 年から 2000 年の間に建設されている。KC は、コンクリートのひび割れだけでなく、ダム堤体や水中を含むダムの現況を 3 次元計測することができる技術を保有しており、これらの技

術と組み合わせて、ダムの維持管理市場に展開する。

2) 競合分析

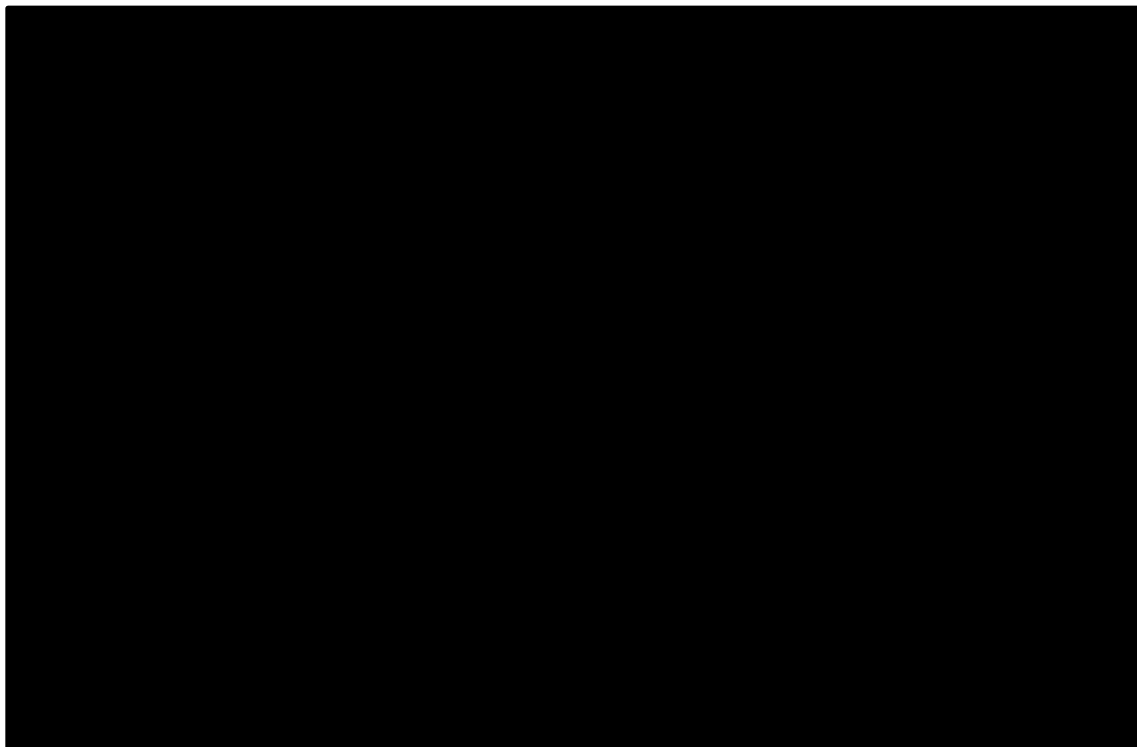
日本の橋梁点検に掛かる費用をもとに、タイの従来の点検方法と KUMONOS による方法のコストを比較する。川西らの論文によると、タイの従来方法に最も近い近接及び遠望目視併用による点検では、橋長 15m 以上の橋梁で 12～30 万円のコストが掛かるとされている。KC の試算によると、KUMONOS を使用して同規模の橋梁を点検した場合には、20～60 万円のコストが掛かる。コストの内訳を見るとその殆どが人件費であることから、両手法を現地技術者が従事するとして比較した場合には、ほぼ同じ割合で現地コストを比較できると考えられる。このことから、単純にコストのみで比較した場合には、導入メリットを説明することは難しく、点検の精度といった成果物の質を強調して営業活動を進めていく必要があると言える。そのためにも、3 章で述べた通り、予防保全型維持管理の普及活動により、タイ国における点検で要求される質を向上させていく取り組みを同時に進めていく必要がある。

なお、現在日本で全橋に対して実施されている近接目視点検は、同じ論文の試算で 58 万円～88 万円の点検費用が掛かるとされており、KUMONOS による方法は、コストの面で近接及び遠望の併用と近接のみによる方法に中間に位置することも明らかになった。

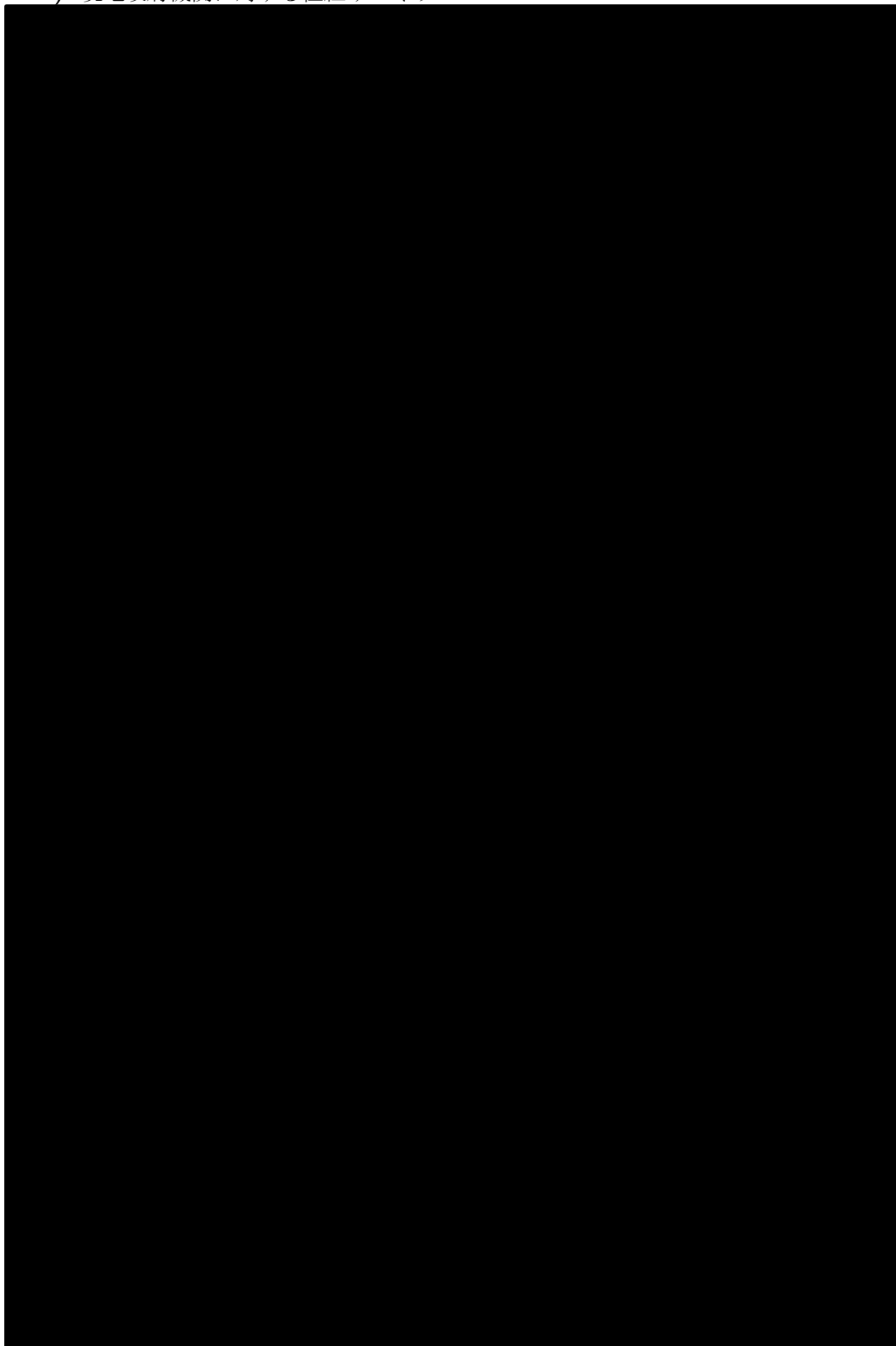
② ビジネス展開の仕組み

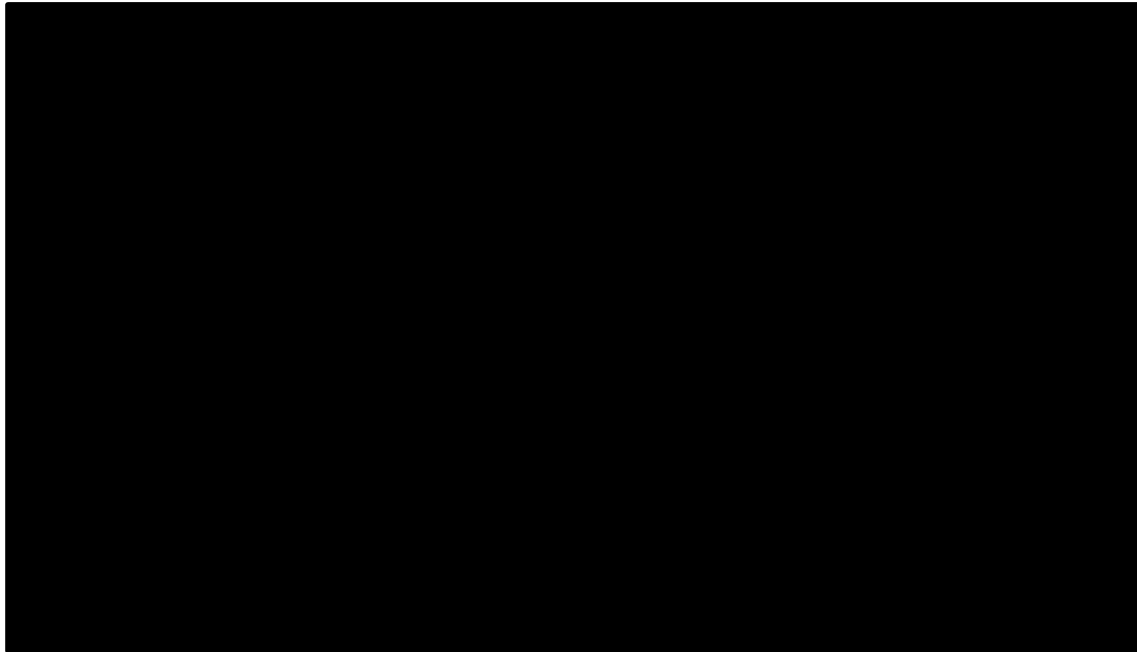
1) 進出形態の概要

KUMONOS を活用したビジネス展開にあたっては、DOH をはじめとする公的機関の点検業務を担う現地コンサルタント企業が直接の対象顧客となり、当該企業への KUMONOS の販売と当該企業からの点検業務の再委託業務受注という 2 つの形態がある。図 4.1 の通り、機器販売に当たっては現地の代理店企業をパートナーとして展開していく。



2) 現地政府機関に対する仕組みづくり

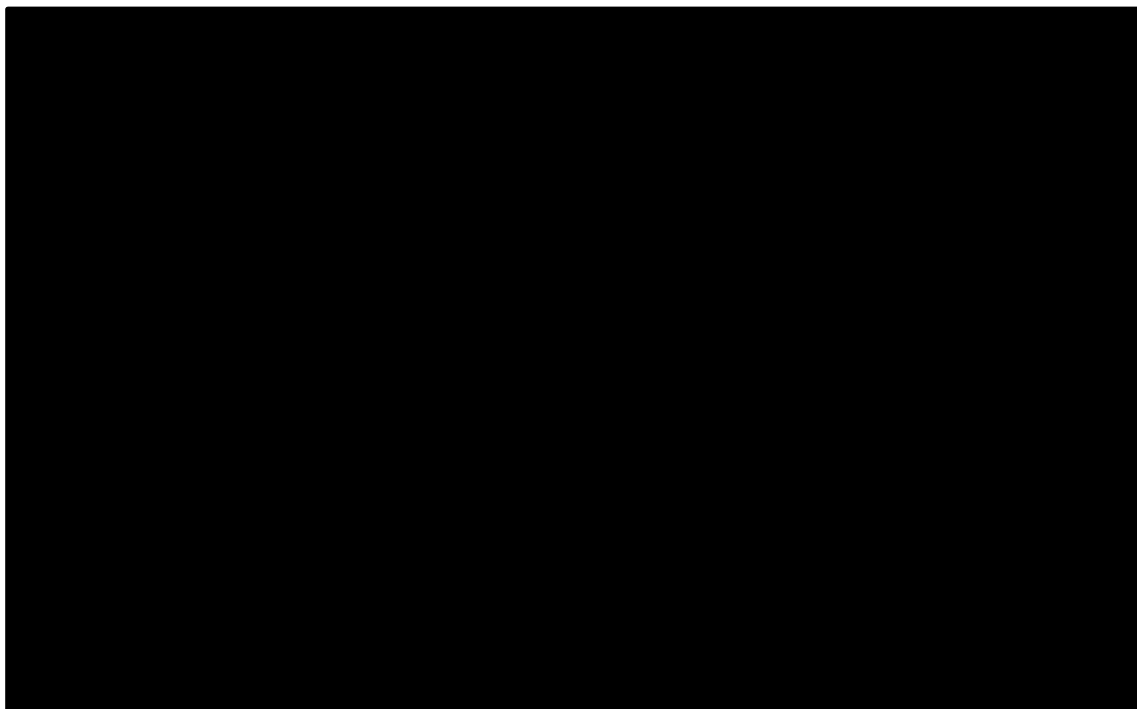




3) 進出形態毎のビジネス展開の仕組み

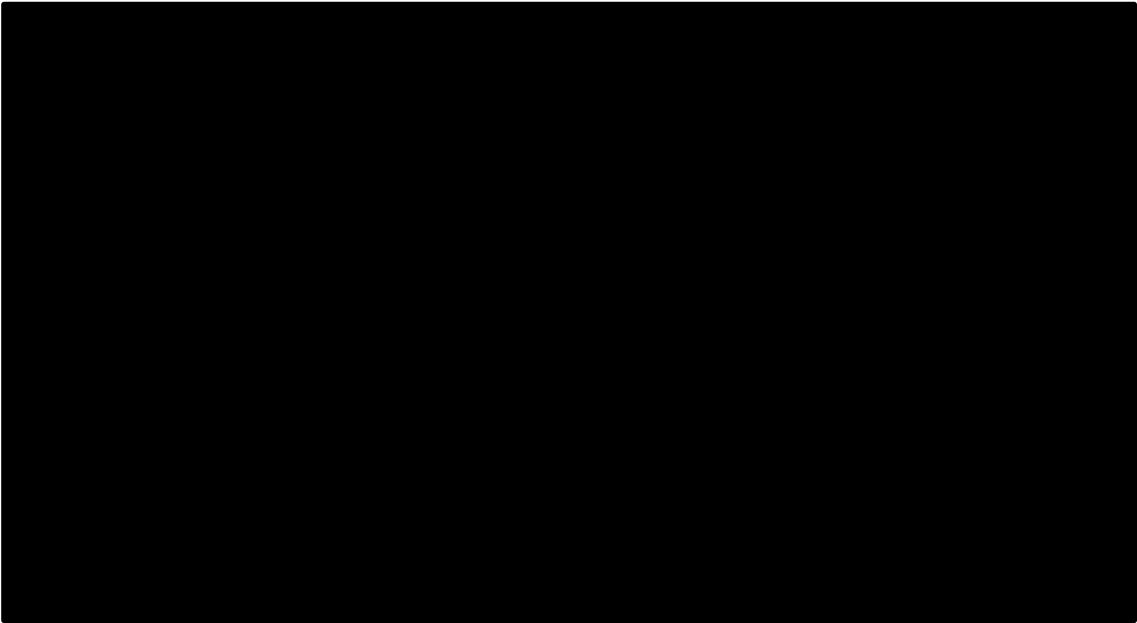
a) KUMONOS の販売

タイ国では、インフラ構造物の点検業務の発注は競争入札で行われることが多く、複数の現地企業の入札参加が必須となるため、まずは入札参加資格を有する現地コンサルタント企業へ機器を販売し、KUMONOS による計測サービスを提供できる企業をつくる。販売にあたっては、導入トレーニングに加え、計測業務に同行しての OJT をパッケージとして提供することで、採算性の確保とユーザーの技術レベル向上によるシステムの継続的な活用を実現する。



b) 計測サービスの提供

本事業でもデモンストレーション計測を行った、ラマ 8 世橋やプミポン橋のような重要構造物と位置づけられる橋梁では、DOH が行っているような定期点検とは別のサイクルで点検が行われている。一部の橋梁ではひび割れ調査も行われているものの、精度と調査範囲は十分ではない。このような重大な橋梁の計測業務については、強いニーズがあるが、現時点でその計測業務を単独で担える現地技術者は養成されていないため、現地コンサルタント企業の再委託の形で KC が計測業務を担うことを想定している。このような計測需要に応えることで、計測実績数を増やすだけでなく、インパクトの強い実績となり、普及の促進も期待される。

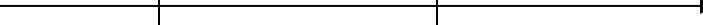
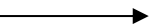


③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

1) ビジネス展開スケジュール

②で述べたビジネスプランに関する現地でのビジネス展開スケジュールについては、以下のとおり。今後 3 年間は計測業務と機器販売を行いながら、スペックインに向けた営業活動を展開していく。

表 4.1 ビジネス展開スケジュール

	2018	2019	2020
重要橋梁の計測業務受注			
現地コンサルタント企業への販売			
定期点検スペックインに向けた働きかけ			
テクニカルカレッジへの販売			
販売体制の構築			

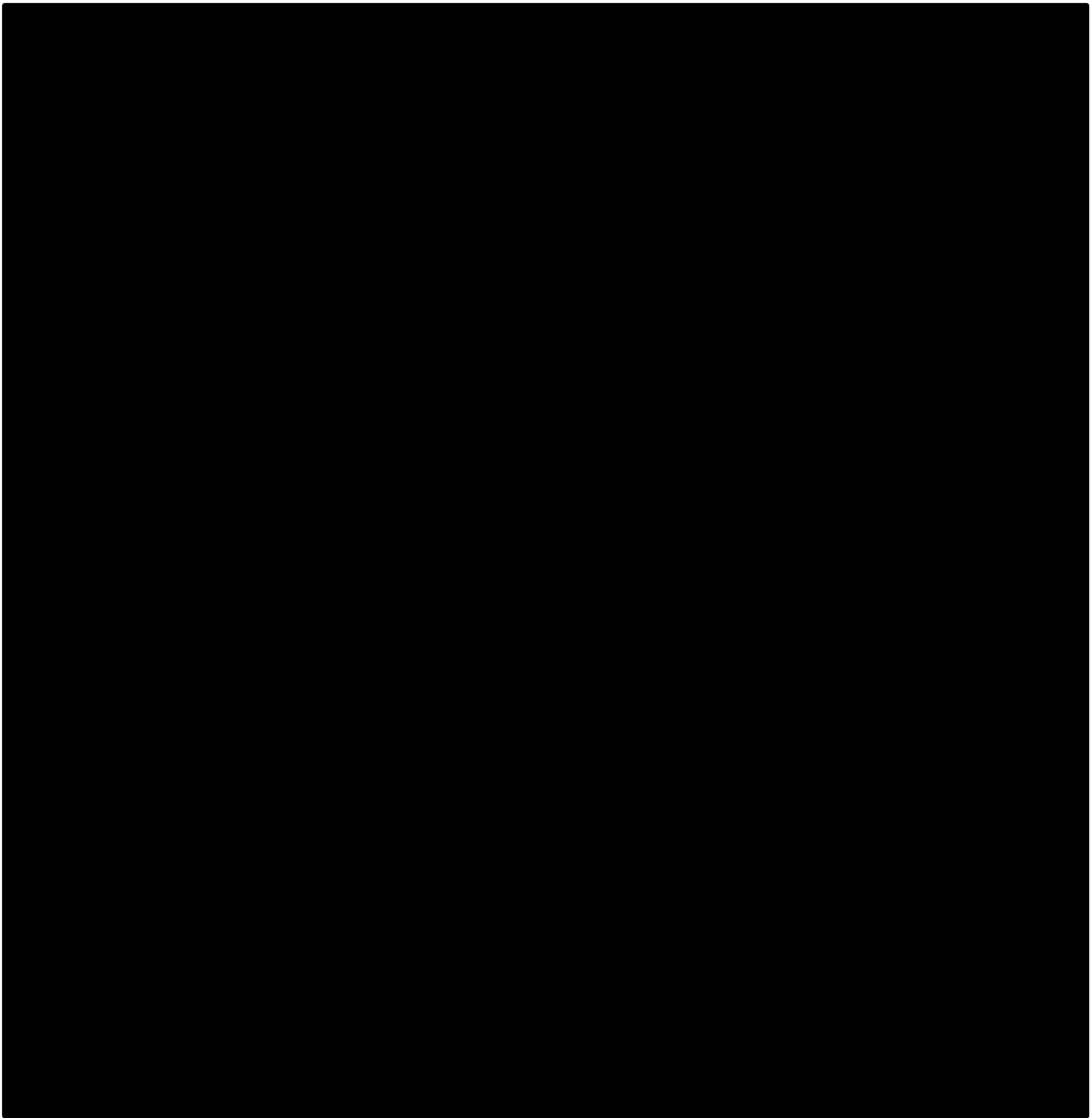
出所：調査団作成

2) 要員計画

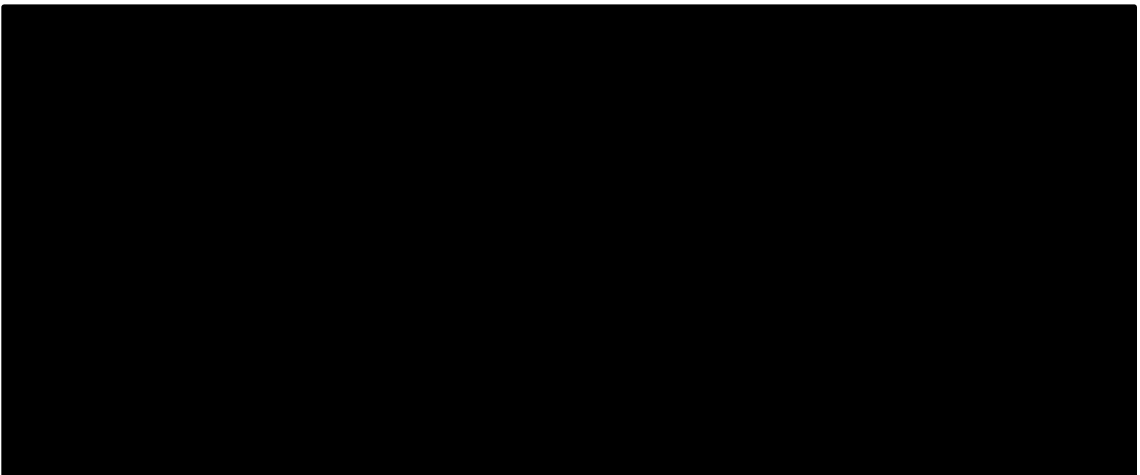
2018 年には、本事業のフォローアップとビジネス展開を進めるために、日本からタイ国へ KC スタッフを 1 名派遣（短期派遣を複数回実施予定）する予定である。それに加え、計測業務を受注した場合には、技術スタッフも投入する。その際、現地企業への技術指導も併せて行えるよう、可能な限り余裕を持った工程とする。

④ ビジネス展開可能性の評価

前述のパートナー企業との連携について、当該企業と検討段階にあり、今後拡大が予想されるタイ国インフラ維持管理市場に現段階で参入し、ビジネス展開を行うことは十分に可能だと判断される。短期的な資金計画としては、表 4.4 に示すとおり、計測業務を行うことで公的機関の点検業務への KUMONOS 導入実績を蓄積し、引き続き政府機関・民間企業に営業展開を続ける資金を確保する。そして、KUMONOS 計測結果の利活用を含めた具体的な活用プロセスを構築し、各インフラ構造物の点検業務仕様に KUMONOS による調査を盛り込まれることによる販売・計測サービスの需要拡大とビジネス展開の安定化につなげる。



(2) 想定されるリスクと対応



また、タイ国では建設業及び技術サービス業は「外国人との競争力がまだついていない事業」として制限対象である。事業化にあたっては、外国人事業法（Foreign Business Act）による外国企業の事業制限に留意する必要があり、現地拠点を開設する場合には、日系企業のタイ法人の資本が 51%以上となる合弁会社とする必要がある。将来的には、現地法人による進出も考えられるため、パートナー企業の選定は慎重に行っていく必要がある。

当初から懸念していた計測技術が伴わないまま機器だけが広まった場合、KUMONOS の評判が著しく低下するという風評リスクに対しては、前述のとおり、KUMONOS 販売のサービスメニューに実際の計測業務に同行しての技術指導を加えて提供し、計測技術者の技術レベルを確保する方針を続ける。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

事業化による開発効果としては、タイ国におけるインフラ構造物の維持管理能力の向上が挙げられる。現在は、住民に被害を及ぼす危険性のある損傷でも放置されている現状があるが、KUMONOS を用いた損傷の視覚化により、損傷への速やかな対策を促す根拠となる。また、蓄積された正確な点検データを分析することで、適切な時期に適切な方法で手当を施すことができるようになるため、橋梁の崩落といった重大な事故を防ぐことにつながり、住民にとって安心・安全なまちづくりが実現する。この効果は、KUMONOS を使用した点検を行うことができる現地企業が増加し、橋梁以外のインフラ構造物やビル等の建築物の点検にも適用することでタイ国全体の構造物に裨益することが期待できる。

また、KUMONOS 計測業務の担い手として期待されるテクニカルカレッジでの導入が進むことで、産業育成・人材育成の面にも開発効果をもたらすことが期待される。事業化されることにより、今後拡大が予測されるタイ国の構造物維持管理分野の拡大促進とその分野に従事する技術者の育成が進むことになる。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

<進出国の人材活用>

進出国での事業参入には、現地の商習慣や計画の遂行の手順・タイミング等があり、日本国内でのものとは大きく異なる。現地の商習慣や計画の遂行の手順・タイミングへの対応を実行するには、日本から C/P の担当者とメールや電話ベースで実施することでの対応は非常に困難である。

特に、中小企業支援事業では C/P からの要請を受けた事業ではないため、本事業への活動に対する予算確保等が実施済ではなく、継続的な支援を受けることが困難な状況で事業を進めなければならない。

これを解決する有効な手段が、進出国出身者の活用であるが、有用な人材を短期で確保するのは容易ではない。そこで、進出国での要員を長期で獲得できるような予算活用の方法が必要になると思われる。

<予算実行部署への普及活動>

当事業のような公共事業で採用される技術では、現場での事業実行組織と予算執行を決定する組織が別々であることが多くなっている。中小企業支援事業では、現場の事業

への支援を取り付けることで、事業の実施は可能である。しかしながら、事業終了後の継続的な事業の実施や、新規事業への採用には、現場組織ではなく予算決定組織の理解が必要になる。この事情は日本でも同様である。

この課題への対処として、事業の当初から予算決定組織との関係性を作る等の措置が必要となる。

<ビジネスモデルの明確化>

現時点での当社のビジネスモデルは、機器の販売、販売時の操作方法の研修及び引渡し後の有限期間のメンテナンス作業に限られている。当社による点検の実施や、元請としての点検業務受注は、コスト及び制度面で困難である。このように、明確にビジネスモデルを持つことにより、進出国の事業者からの提案に対しても明確な方針で対処することが可能となる。

元請としての事業実施や、当社による点検実施は、現地法人としての認可取得や、現地での雇用の拡大など、大きな費用と時間が必要である。自らが実施するスキームを明確にすることにより、無用な作業を省くことができ、効率的に事業を実施することが可能になる。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

<現地実施機関への啓発活動についての支援>

本事業の関係省庁である DOH など、公共事業を実施する組織に、JICA による ODA 事業を実施すると、どうしても大規模な援助事業が続くと勘違いされてしまう。しかしながら、中小企業支援事業においてそのような事業を継続することはほとんどない。そこで、事業当初より、提案企業だけでなく、JICA からの積極的な啓発活動を実施することを求める。特に、本事業終了後の継続的な事業実施に対する予算を確保することが重要であることに対する啓発活動を希望する。

実際に、JICA 事業で日本企業が技術を提案した場合、効果が実証できたらすぐに関係省庁が自分で資金調達をして購入するというマインドにはならない。中小企業支援事業は、通常の ODA 事業とは大きく異なり、大規模な援助が期待できないことを C/P である CU や関係省庁の DOH だけでなく、関係省庁全体に周知し、積極的な予算の確保が提案技術の継続的な活用には必要であるという、ODA 被援助国関係者に対してのマインドリセットを実施していただきたい。

<普及・実証事業後へのスキーム面での支援>

普及・実証事業後の予算確保に対して、当事業の関係省庁である DOH 及びその他の省庁の独自資金での資金調達には限界がある。中小企業のように資金力も政治力もない場合、継続的な案件形成は不可能に近い。そこで、実証した提案技術の継続的な活用が可能になるような資金調達スキームの開発（あまり大きくない支援額での中小企業の技術を活用した無償資金協力などの支援スキームや、低利での融資スキーム等）により、独自資金による資金調達を容易にすることや、通常的大型案件とは別口での要請枠を確保する等、事業の継続の選択肢として ODA の活用を準備することによるスキーム面での支援を求めたい。

参考文献

- ・ 外務省 政府開発援助（ODA）国別データブック 2015
- ・ IMF-World Economic Outlook Databases（2017 年 4 月版）
- ・ 財団法人地方財務協会 「月刊 公営企業」誌 （2012 年 9 月号）
- ・ MOT（Ministry of Transport） 「TRANSPORT INFRASTRUCTURE INVESTMENT ACTION PLAN 2017」
- ・ JICA（国際協力機構）「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 報告書」
- ・ 外務省 政府開発援助（ODA）国別データブック 2016
- ・ JICA（国際協力機構）バンコク ODA プロジェクト・マップ
- ・ JICA（国際協力機構）「インフラ・マネジメント情報収集・確認調査 報告書」
- ・ 川西寛，丸山収，三木千壽：市町村の橋梁点検業務の費用分析と対策について，構造工学論文集 Vol.62A（2016 年 3 月）
- ・ 吉川進，高井謙一：橋梁定期点検における高橋脚部への近接目視点検のための仮設手法検討，平成 23 年度北陸地方整備局管内事業研究会（2011 年）
- ・ 日経コンストラクション 2017 年 11 月 13 日号

添付資料

添付資料① KUMONOS ワークフロー説明資料（タイ語翻訳）

添付資料② パイロット計測 ひび割れ損傷図面

添付資料③ 第 2 回セミナー 講演資料

添付資料①

ขั้นตอนการทำงานของ KUMONOS

ภาพรวม

KUMONOS เป็นระบบตรวจสอบแรงเค้น ได้ทั้ง ก่อสร้าง local station ที่มีเซนเซอร์สอดแทรกอยู่ภายในโครงสร้าง และซอฟต์แวร์ที่คนสำหรับวิเคราะห์ จะบันทึกค่าไว้สามารถบันทึกผลแต่ละรูปไว้ของจุดบดพร้อมและวัดความกว้างของรอยแตกบนพื้นผิวของสิ่งก่อสร้าง ได้อย่างละเอียด ข้อมูลที่วัดได้ด้วย KUMONOS สามารถโยนส่งเข้า AutoCAD หรือบนตัวซอฟต์แวร์ที่สนใจสำหรับวิเคราะห์

การตรวจสอบด้วย KUMONOS ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ การจัดเตรียมหน้างาน การวัดรอยแตกและจุดบดพร้อม และการประมวลผล ซึ่งขั้นตอนต่อไปได้เป็นรูปแบบ CAD ไฟล์และใบสรุปจุดบดพร้อมที่เสร็จแล้ว ด้วยการจัดเตรียมหน้างานที่เหมาะสมทำให้ KUMONOS มีความสามารถในการบันทึกที่ไม่ได้เหมือนในการวัดรอยแตกและประเมินได้ 100% นอกจากนี้วิศวกรด้วย KUMONOS จำเป็นต้องเลือกประเภทของการวัดที่เหมาะสม ที่ขึ้นอยู่กับบริเวณพื้นที่ส่วนที่จะตรวจสอบ

การจัดเตรียมการวัดเบื้องต้น

การเลือกตำแหน่งที่จะวัด

KUMONOS ควรจะติดตั้งไว้ที่ไหนให้คำนึงถึงความสามารถในการวัดระยะทาง ความกว้างของ KUMONOS (ดูตารางที่ 1) ความสามารถในการวัดที่ใดที่มีอิทธิพลกับกล้อง local stations ที่มีขึ้นอยู่กับการขยายและค่าของค่าบริเวณพื้นที่ที่จะวัด

การคำนึงถึงความสามารถในการวัดรอยแตก

กล้องหมายเลข 1 จะวัดถึงความสามารถกว้างรอยแตกขนาด 0.08 มม. เมื่อวัดรอยแตกในมุมฉากโดยตรง ระยะการวัด 10 มม. เมื่อวัดความกว้างของรอยแตกดูแตกต่างกัน ไปขึ้นอยู่กับความลึกของระยะและทิศทางของรอยแตกจึงมีผลติดต่อกันหรือมีผลในลักษณะที่สามารถมองเห็นวัตถุที่จะวัดได้จากมุมฉากโดยตรง และมุมที่เหมาะสมที่สุดจะน้อยกว่า 30°

ระยะห่างจากกล้อง กล้อง (เมตร)	ความกว้างของรอย แตกที่จะวัด (มิลลิเมตร)
5	0.045
10	0.089
15	0.133
20	0.177
30	0.265
50	0.441
70	0.617
100	0.881

การตั้งจุดอ้างอิงสำหรับระบบพิกัด

ระบบพิกัดเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการวัดของ KUMONOS โดยที่ “การตั้งจุดอ้างอิง” และ “การตั้งกล้อง” เมื่อวิศวกรตั้งกล้องวัดพื้นผิวหรือพื้นที่บนผิวใหญ่ของบริเวณพื้นที่วัด ระบบพิกัดจะให้วิศวกรของ KUMONOS วัดบริเวณพื้นที่วัดด้วยค่าจากตำแหน่งที่ต่าง ๆ ได้ “ได้” ส่วนที่จุดบดที่วัดได้ไว้ใน AutoCAD โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 1. ตารางความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากสถานีกับความกว้างของรอยแตกที่วัดได้จากมุมส่วนหน้าโดยให้กล้องวัดเลย

โหมดการวัดแบบTopographic ส่วนเป็นโหมดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวัดที่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างของโครงสร้าง จุดบดพร้อม หรือรอยแตก และความกว้างของรอยแตก การวัด 3 ประเภทที่ขึ้นอยู่กับโหมดของ Topographic คือ

- Plan type สำหรับการใช้แบบในมุมมองแบบที่ระนาบ
- Wall type สำหรับการใช้แบบในมุมมองแนวตั้งและ
- Arch type – สำหรับการใช้แบบในมุมมอง Perspective

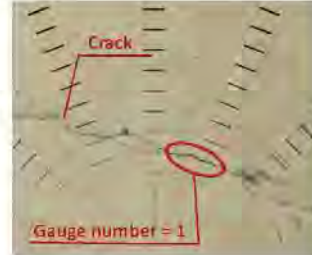
การเลือกแบบที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับบริเวณพื้นที่ส่วนที่จะตรวจสอบและผลขั้นสุดท้ายที่เชื่อถือได้

กระบวนการในการวัดด้วย KUMONOS

1. ติดตั้งพิกัดกล้องเข้ากับ KUMONOS แล้วเลือกโหมดการวัดระยะประเภทของการวัด
2. เลือก “Zero(No)Set” หรือ “From setup” (การติดตั้งแบบพิกัด) การตั้งค่า KUMONOS ให้ตั้งค่าเป็น Zero(No)Set จะเร่งรัดการติดตั้งระบบพิกัด แต่ยุ่งยากกว่าในการพิมพ์แบบจากเครื่องฉายข้อมูลที่วัดได้ในส่วนพื้นที่ต่าง ๆ
3. วัดรูปร่างของบริเวณพื้นที่ส่วนที่มีลักษณะเฉพาะหรือชิ้นงานที่เป็นส่วนเล็ก ๆ ที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น รอยต่อ ขอบนอกของบริเวณพื้นที่ส่วน หน่วยต่างเป็นต้น โดยจะนำไว้วัดบริเวณพื้นที่ส่วนก่อน
4. ทำอันดับและจุดบดพร้อมผ่านกล้องและเซนเซอร์วัดกล้อง Total Station ก่อนทำการวัดรอยแตกและจุดบดพร้อม



5. ทำการวัดระยะทางตามสี่เหลี่ยมของรอยแตกที่ก่อไว้ซึ่งที่เด่นชัดเสียอีก ช่วงห่างที่วัดที่สุ่มระหว่างจุดต่างๆ ที่วัดซึ่งนี้ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแบบที่
ต้องการ เมื่อต้องการใช้แบบที่แสดงขนาดใหญ่มาก ช่วงห่างการวัดจะขึ้น โดยปกติสำหรับมาตราส่วน 1:200 ช่วงห่างที่วัดที่สุ่มระหว่างจุดต่างๆ ที่วัดคือ
20 ซม.
6. ในตำแหน่งที่จำเป็นจะต้อง วัดความกว้างของรอยแตกโดยปรับจูนให้ตรงกับกับสเกลวัดรอยแตกที่มี
อยู่ในเครื่อง ดังนี้
 - ช้อนหัววัดรอยแตกสำหรับรอยแตกที่ตื้น การวัดจะหาขนาดของรอยแตกที่
เหมาะสม
 - ใส่หน่วยเซนติเมตรในช่วงที่ตรงกับของซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ใน KUMONOS
 - กลับไปที่รอยแตกและวัดจุดต่อไป
 เมื่อปฏิบัติตามขั้นตอนข้างต้น เครื่องจะคำนวณความกว้างของรอยแตกให้โดยอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 1)
7. เมื่อเสร็จสิ้นการวัดรอยแตกที่จุดสุดท้ายของรอยแตกและจัดเก็บบันทึกข้อมูลที่ได้
8. วัดรอยแตกและจุดอื่นๆ เช่น รอยร้าวเนื่องจากการผสมคอนกรีต ผิวยึดในคอนกรีต รอยร้าวเร็ว เป็นต้น
9. ของการซอฟต์แวร์ที่มีใน KUMONOS เป็นเครื่องมือสำหรับวัดของ KUMONOS



รูปที่ 1. รอยแตกที่วัดด้วยเครื่องมือวัด
เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. ความยาว = 0.08 มม.

การประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ได้แบบแสดงผลที่ได้และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

- การโอนถ่ายข้อมูลที่ได้จาก SD การ์ดในเครื่อง Total Station ไปบนคอมพิวเตอร์
- ถอด SD การ์ดออกแล้วนำไปเสียบที่เครื่องคอมพิวเตอร์
 - เปิดโปรแกรมข้อมูล
 - คัดลอกไฟล์ที่เป็นนามสกุล .bin ขึ้นบนคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง KUMONOS

Step	Station	Point	Distance	Angle	Area
1	1	2	0.10	90.00	0.00
2	2	3	0.10	90.00	0.00
3	3	4	0.10	90.00	0.00
4	4	5	0.10	90.00	0.00
5	5	6	0.10	90.00	0.00
6	6	7	0.10	90.00	0.00
7	7	8	0.10	90.00	0.00
8	8	9	0.10	90.00	0.00
9	9	10	0.10	90.00	0.00
10	10	11	0.10	90.00	0.00
11	11	12	0.10	90.00	0.00
12	12	13	0.10	90.00	0.00
13	13	14	0.10	90.00	0.00
14	14	15	0.10	90.00	0.00
15	15	16	0.10	90.00	0.00
16	16	17	0.10	90.00	0.00
17	17	18	0.10	90.00	0.00
18	18	19	0.10	90.00	0.00
19	19	20	0.10	90.00	0.00
20	20	21	0.10	90.00	0.00
21	21	22	0.10	90.00	0.00
22	22	23	0.10	90.00	0.00
23	23	24	0.10	90.00	0.00
24	24	25	0.10	90.00	0.00
25	25	26	0.10	90.00	0.00
26	26	27	0.10	90.00	0.00
27	27	28	0.10	90.00	0.00
28	28	29	0.10	90.00	0.00
29	29	30	0.10	90.00	0.00
30	30	31	0.10	90.00	0.00
31	31	32	0.10	90.00	0.00
32	32	33	0.10	90.00	0.00
33	33	34	0.10	90.00	0.00
34	34	35	0.10	90.00	0.00
35	35	36	0.10	90.00	0.00
36	36	37	0.10	90.00	0.00
37	37	38	0.10	90.00	0.00
38	38	39	0.10	90.00	0.00
39	39	40	0.10	90.00	0.00
40	40	41	0.10	90.00	0.00
41	41	42	0.10	90.00	0.00
42	42	43	0.10	90.00	0.00
43	43	44	0.10	90.00	0.00
44	44	45	0.10	90.00	0.00
45	45	46	0.10	90.00	0.00
46	46	47	0.10	90.00	0.00
47	47	48	0.10	90.00	0.00
48	48	49	0.10	90.00	0.00
49	49	50	0.10	90.00	0.00
50	50	51	0.10	90.00	0.00
51	51	52	0.10	90.00	0.00
52	52	53	0.10	90.00	0.00
53	53	54	0.10	90.00	0.00
54	54	55	0.10	90.00	0.00
55	55	56	0.10	90.00	0.00
56	56	57	0.10	90.00	0.00
57	57	58	0.10	90.00	0.00
58	58	59	0.10	90.00	0.00
59	59	60	0.10	90.00	0.00
60	60	61	0.10	90.00	0.00
61	61	62	0.10	90.00	0.00
62	62	63	0.10	90.00	0.00
63	63	64	0.10	90.00	0.00
64	64	65	0.10	90.00	0.00
65	65	66	0.10	90.00	0.00
66	66	67	0.10	90.00	0.00
67	67	68	0.10	90.00	0.00
68	68	69	0.10	90.00	0.00
69	69	70	0.10	90.00	0.00
70	70	71	0.10	90.00	0.00
71	71	72	0.10	90.00	0.00
72	72	73	0.10	90.00	0.00
73	73	74	0.10	90.00	0.00
74	74	75	0.10	90.00	0.00
75	75	76	0.10	90.00	0.00
76	76	77	0.10	90.00	0.00
77	77	78	0.10	90.00	0.00
78	78	79	0.10	90.00	0.00
79	79	80	0.10	90.00	0.00
80	80	81	0.10	90.00	0.00
81	81	82	0.10	90.00	0.00
82	82	83	0.10	90.00	0.00
83	83	84	0.10	90.00	0.00
84	84	85	0.10	90.00	0.00
85	85	86	0.10	90.00	0.00
86	86	87	0.10	90.00	0.00
87	87	88	0.10	90.00	0.00
88	88	89	0.10	90.00	0.00
89	89	90	0.10	90.00	0.00
90	90	91	0.10	90.00	0.00
91	91	92	0.10	90.00	0.00
92	92	93	0.10	90.00	0.00
93	93	94	0.10	90.00	0.00
94	94	95	0.10	90.00	0.00
95	95	96	0.10	90.00	0.00
96	96	97	0.10	90.00	0.00
97	97	98	0.10	90.00	0.00
98	98	99	0.10	90.00	0.00
99	99	100	0.10	90.00	0.00

รูปที่ 2. ตัวอย่างแบบแสดงผลของ KUMONOS และในรูป
จุดบ่งชี้ (ดูภาพขยายได้จากเอกสารแนบท้าย 1)

การติดตั้งซอฟต์แวร์วิเคราะห์ของ KUMONOS

จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าดังกล่าวสำหรับการวัดแต่ละวิธีดังหา

- เส้นผ่านศูนย์กลางหัววัด
- กำหนดการตั้งค่าและเลือกไฟล์ที่ต้องการใช้ใน AutoCAD
- เลือกการตั้งค่าสำหรับการเขียนแบบ เช่น การแบ่ง Layer การแสดงผลให้มีความ
กว้าง และขนาดตัวอักษร

การแปลงข้อมูลให้เป็นแบบ AutoCAD ด้วยซอฟต์แวร์ของ KUMONOS

คลิกที่ไอคอนของไฟล์ดรอว์และเลือกข้อมูลการวัด หลังจากคลิกปุ่ม "AutoCAD Drawing" จะสร้างงานภาพเขียน 2 มิติ เมื่อคลิกปุ่ม "3D Drawing" จุดต่างๆ ที่วัดจะถูกเขียนต่อด้วยเส้นและแสดงให้เห็นขนาด 3 มิติ

ประมวลผลแบบแสดงผลและในรูปจุดบ่งชี้

- ประมวลผลข้อมูลตามที่ต้องการใน AutoCAD
- สร้างสำเนาข้อมูลลักษณะเฉพาะของจุดบ่งชี้ (ดูตัวอย่างในเอกสารแนบท้าย)
- สร้างข้อมูลที่จำเป็นในรูป (ดูตัวอย่างในเอกสารแนบท้าย)

[เอกสารแนบแก้ไข 1: รูปถ่ายการแสดงผลที่มีมาตรฐานของ KUMONOS]

แบบแสดงผล

รอยแตกและจุดทาเครื่องหมายที่กำหนด

ตามรูปแบบการสำรวจการก่อสร้างของ Kumonos จะแสดงให้เห็นรอยแตกและจุดทาเครื่องหมายในระบบรหัสสีตามรหัสสีที่กำหนด ความยาวของรอยแตก ความยาวของรอยแตก บริเวณจุดทาเครื่องหมาย

ในตัวอย่างข้างล่างนี้ "C-1" คือ รอยแตกรอยที่ 1
"0.15" คือ ความยาวของรอยแตก, "(1580)" คือ ความยาวของรอยแตก และ "(1.61)" คือ บริเวณที่เป็นรอยแตก



Legends	
Item	Sign
Crack width below 0.2mm	—
Crack width 0.2mm to 1.0mm	—
Crack width (mm)	value
Crack length (mm)	(value)
Crack length (above 0.2mm)	(value)
Crack Number	C-(Number)
Stain Patch	—
Stain Patch Number	SP-(Number)
Stain Patch Area	(value)

ค่าสีตามสัญลักษณ์

โดยปกติจะบ่งชี้ค่าสีตามสัญลักษณ์ไว้ที่มุมของแบบแสดงผล

ในตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นความยาวของรอยแตก ความยาวของรอยแตก หมายเลขของรอยแตก รอยกรaben หมายเลขของรอยกรaben และพื้นที่ที่เป็นรอยกรaben

ในตัวอย่างนี้ จะจัดแบ่งประเภทรอยแตกเป็น 2 ประเภท คือ รอยแตกที่มีความกว้างน้อยกว่า 0.2 มม. และรอยแตกที่มีความกว้างมากกว่า 0.2 มม. ในแบบนี้ จัดแบ่งระหว่าง 2 ประเภทนี้ คือ 0.2 มม. และขีดแบ่งนี้จะมีขนาดแปรผันตามรอยแตก

[เอกสารแนบที่ 2: รูปแบบการแสดงผลที่มีมาตรฐานของ KUMONOS]

ใบสรุปจุดบกพร่อง

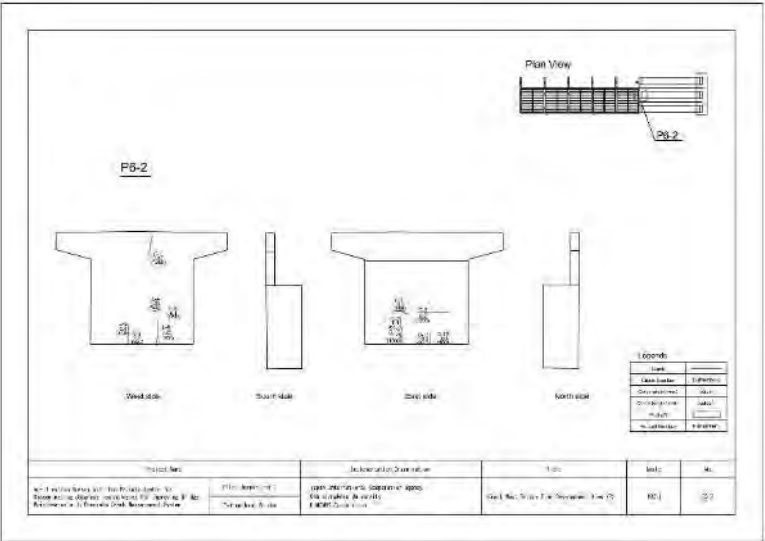
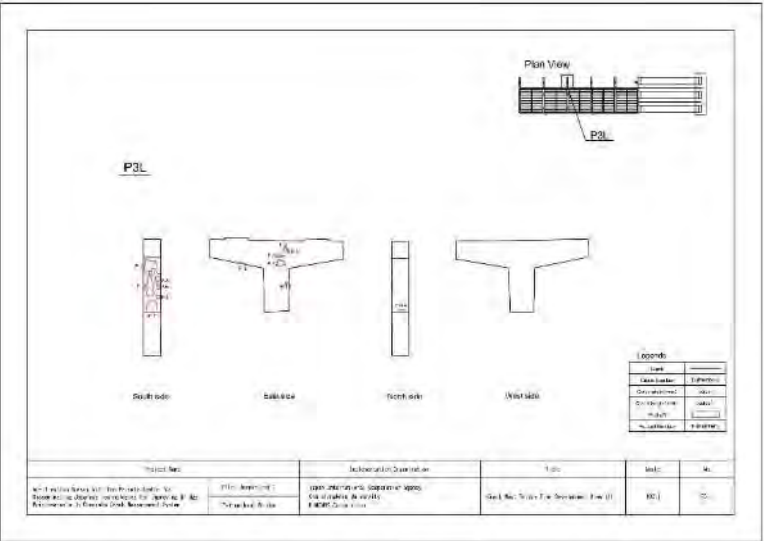
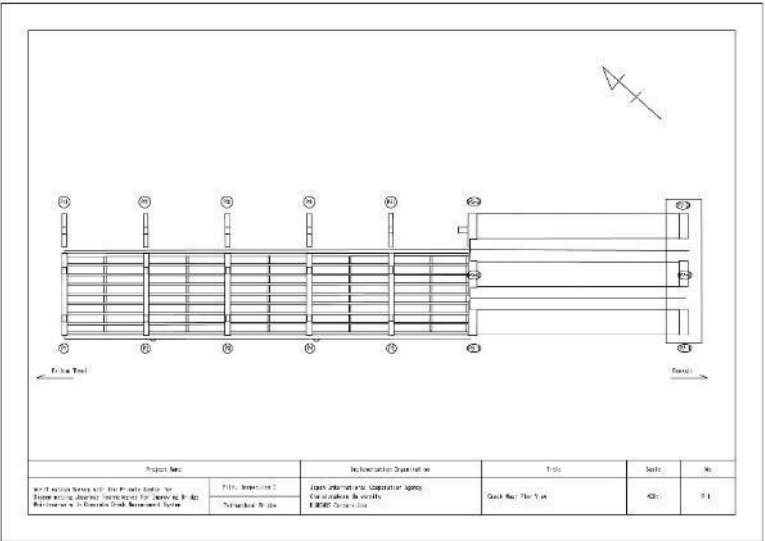
ใบสรุปจุดบกพร่องแสดงให้เห็นรูปแบบของสว.แบบท่อนของสิ่งก่อสร้างบริเวณชั้นส่วนที่จะตรวจสอบ โดยจะแสดงให้เห็นรายละเอียดและจุดบกพร่องอื่นๆ หรือกรณีการแจ้งใบรายการนี้เพื่อให้ผู้ว่าจ้างก่อสร้างแจ้งบริเวณที่ตรวจสอบเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องต่อไปได้บ้าง มีจุดบกพร่องตามใบสรุปด้านล่างนี้

ที่ตรวจสอบใบรายการนี้จะมีชื่อของบริเวณชั้นส่วนและพื้นที่ที่จะตรวจสอบ ใบสรุปแบบมาตรฐานของ KCS นั้น เมื่อจาก 0.2 มม. เป็นค่าของขีดจำกัดที่ใช้กันบ่อยๆ ในประเทศญี่ปุ่นเพื่อใช้เกณฑ์ตรวจสอบนั้นจึงเป็นต้องได้รับการซ่อนเร้นหรือไม่ รอยแตกต่างๆ ถูกจัดแบ่งประเภทตามความกว้างจุดบกพร่องต่างๆ ตามรอยแตก เช่น รอยกรง, รอยแตกหรือรอยร้าวที่พื้นผิวคอนกรีต รอยร้าว และอื่นๆ ถูกจัดบันทึกการไว้พร้อมระบุพื้นที่

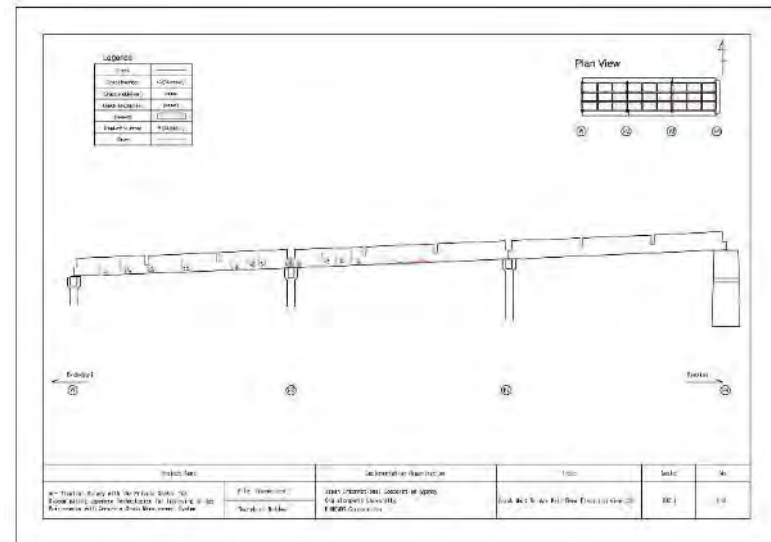
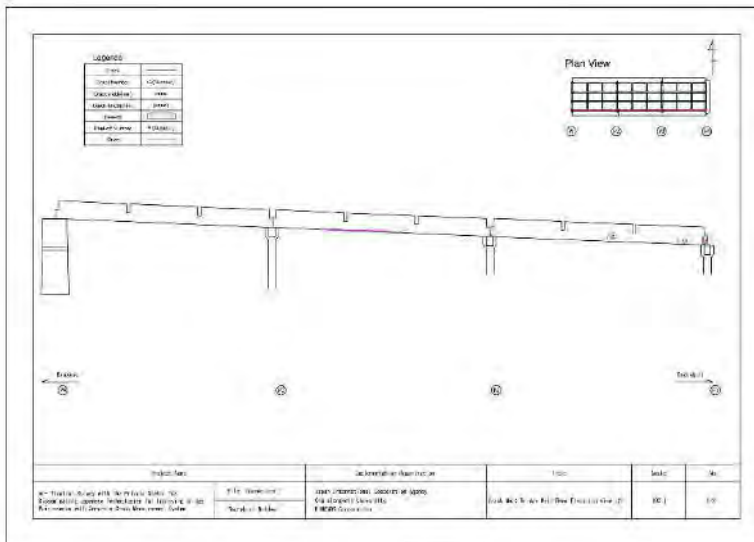
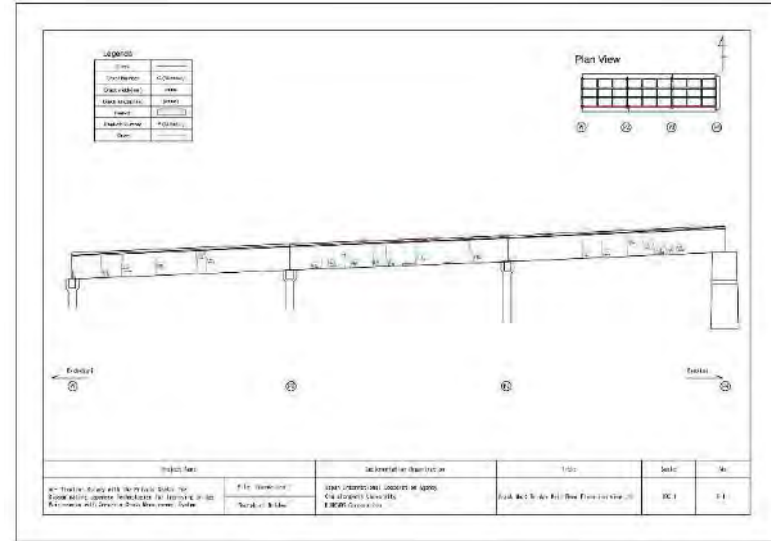
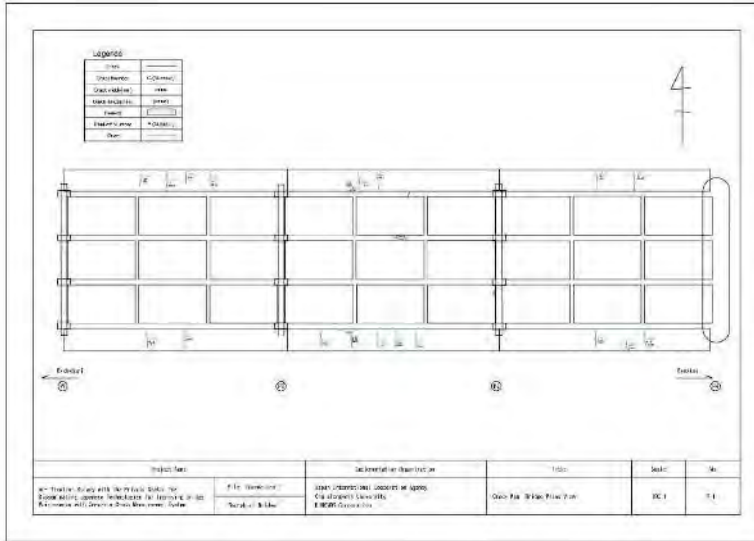
Site	Crack				Surface			Remarks
Crack Number	< 0.2mm		0.2mm ≤ W < 1.0mm		1.0mm ≤			
	Width(mm)	Length(mm)	Width(mm)	Length(mm)	Width(mm)	Length(mm)		
C-1	0.15	1,580						
C-2			0.35	1,930				
C-3	0.15	510						
C-4			0.20	880				
C-5			0.30	510				
C-6			0.40	470				
C-7			0.20	610				
C-8			0.25	840				
C-9			0.20	910				
C-10			0.20	300				
C-11	0.15	900						
C-12			0.25	780				
C-13			0.30	640				
C-14			0.45	420				
C-15			0.40	830				
C-16			0.20	250				
C-17			0.20	890				
C-18			0.20	340				
C-19			0.50	440				
C-20			0.30	440				
C-21			0.25	230				
C-22	0.1	530.00						
C-23			0.60	250				
C-24			0.20	200				
C-25	0.08	80.00						
Sum	-	3600	-	12,140	-	0		

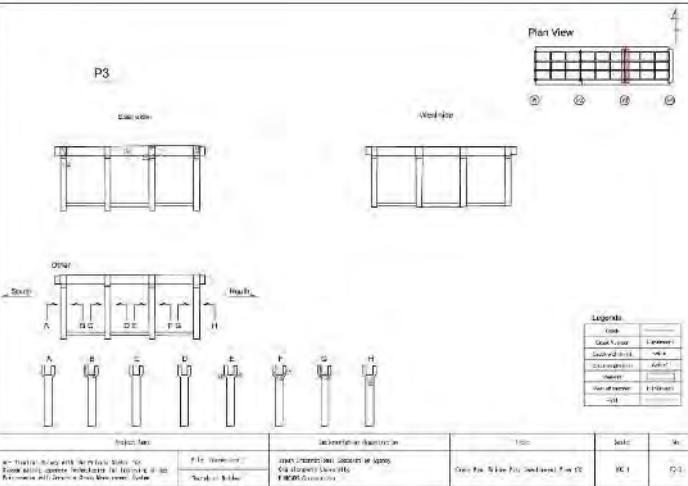
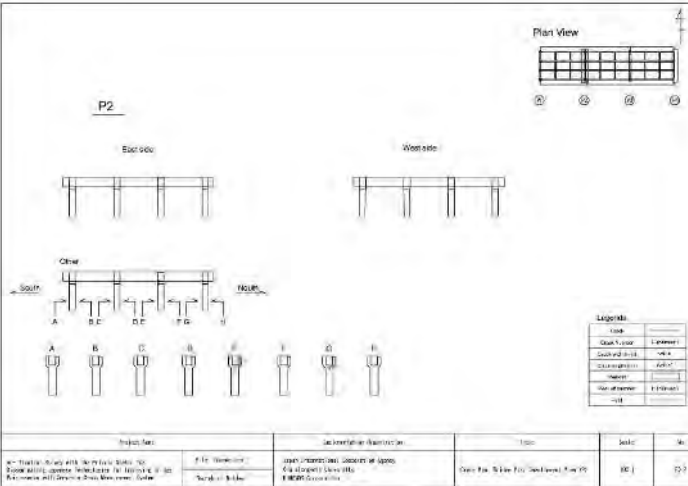
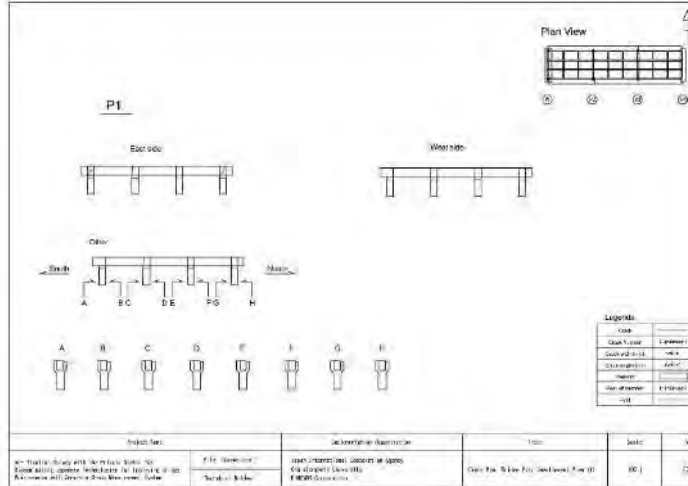
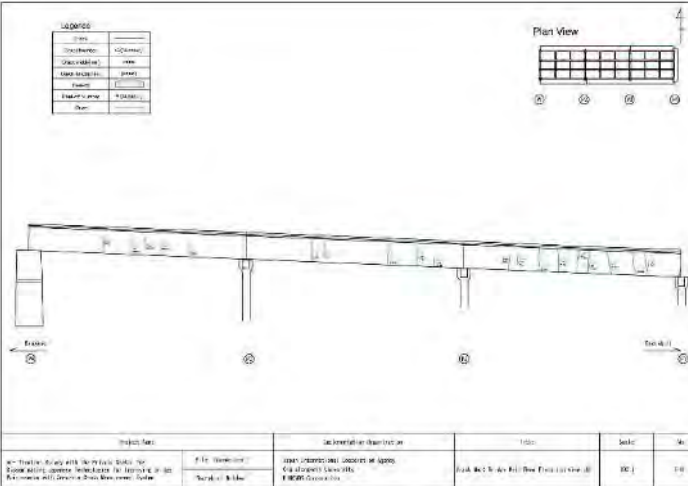
<Pathumthani Bridge>

添付資料②

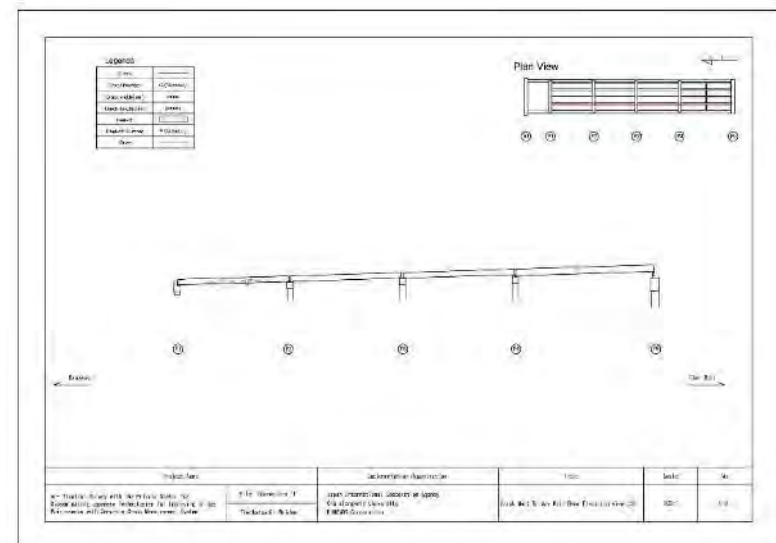
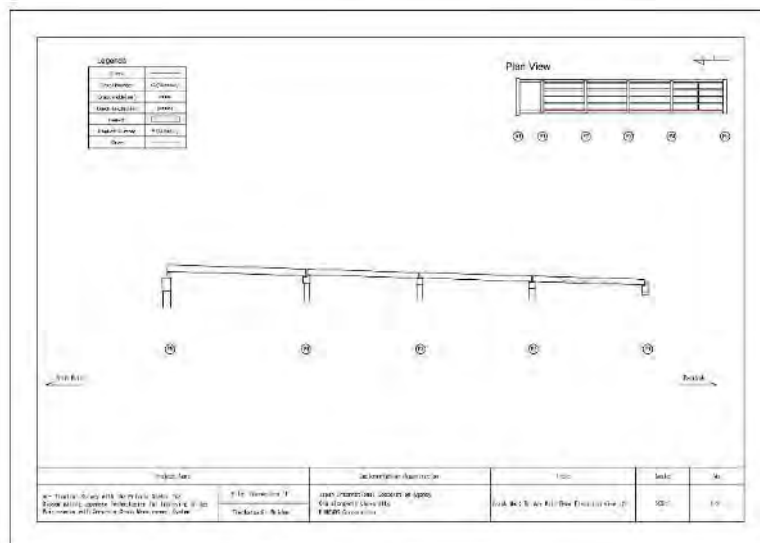
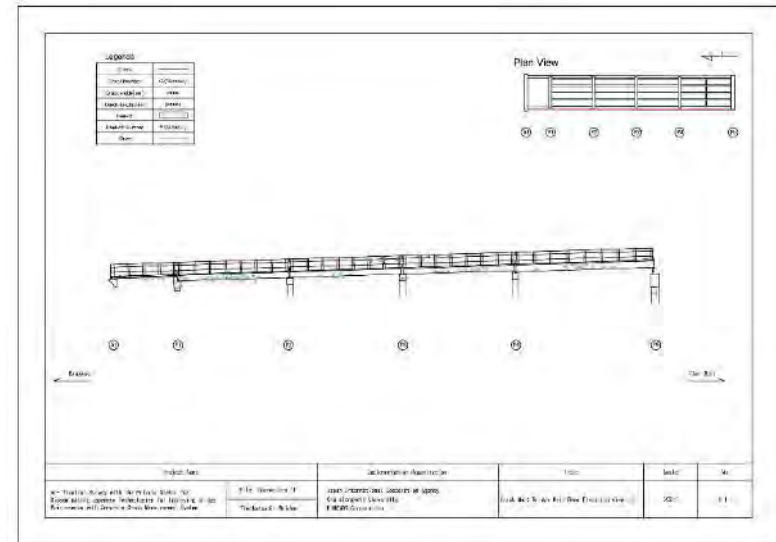
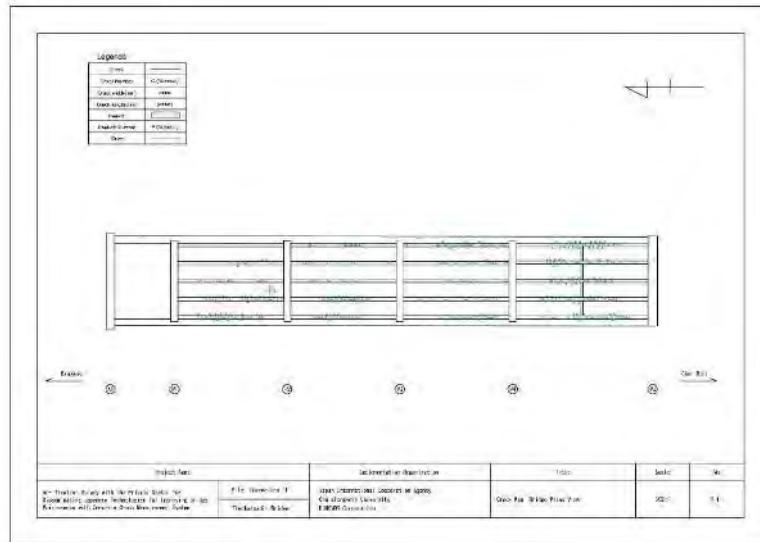


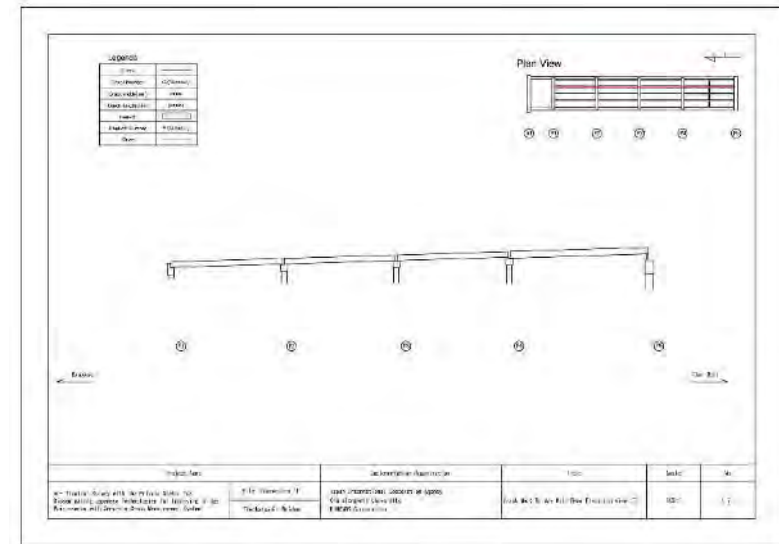
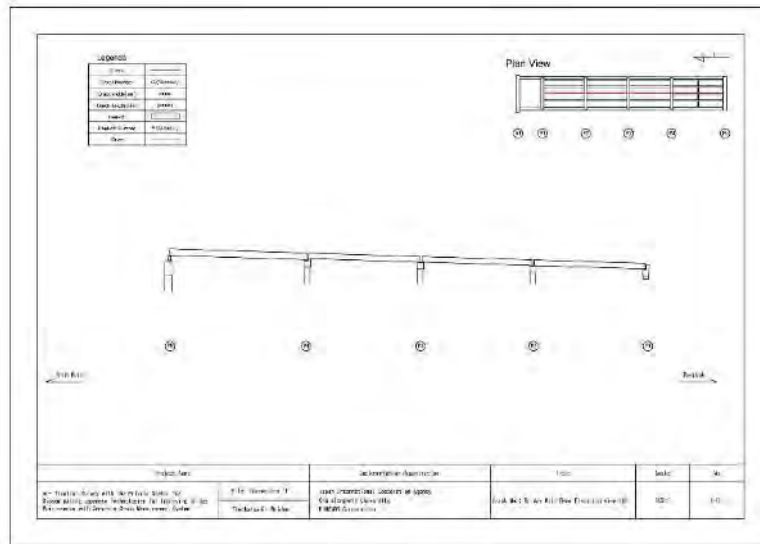
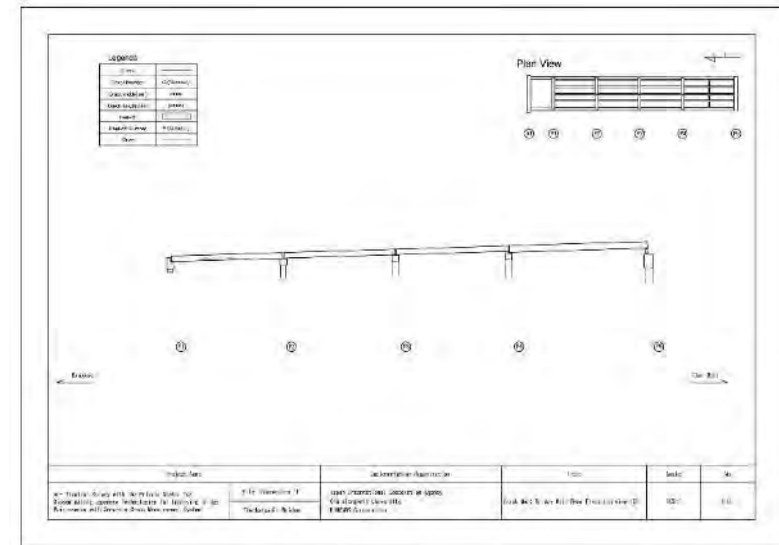
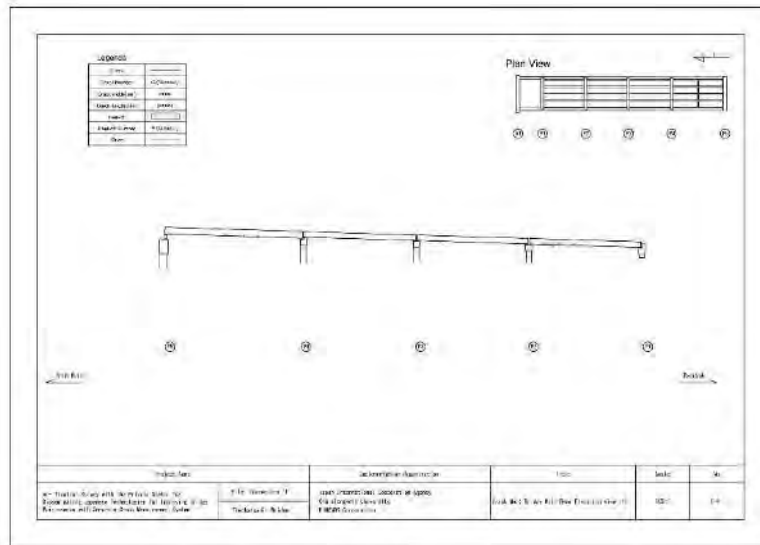
<Siriluk Bridge>

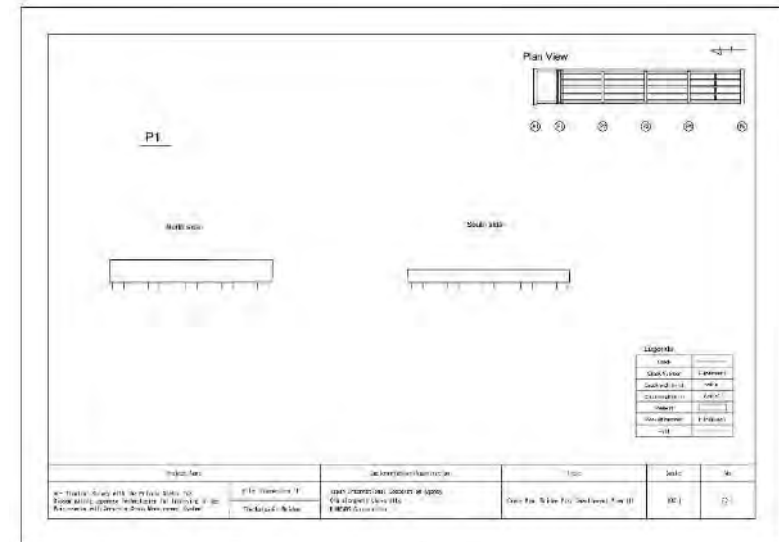
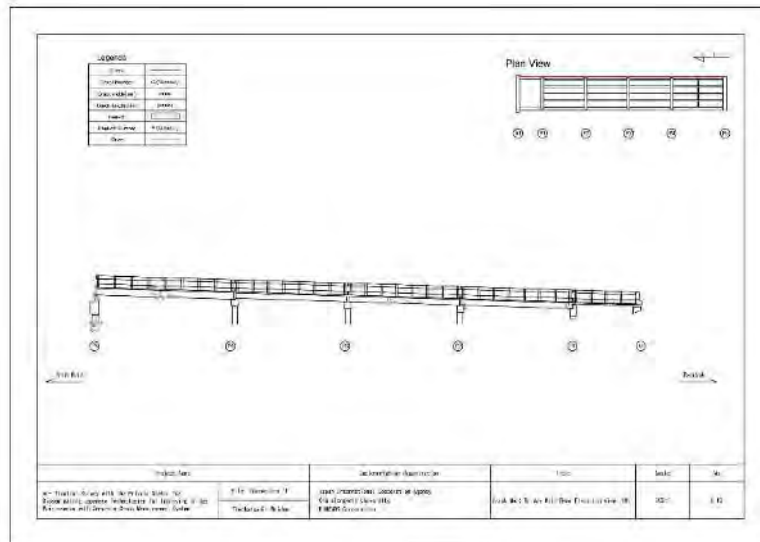
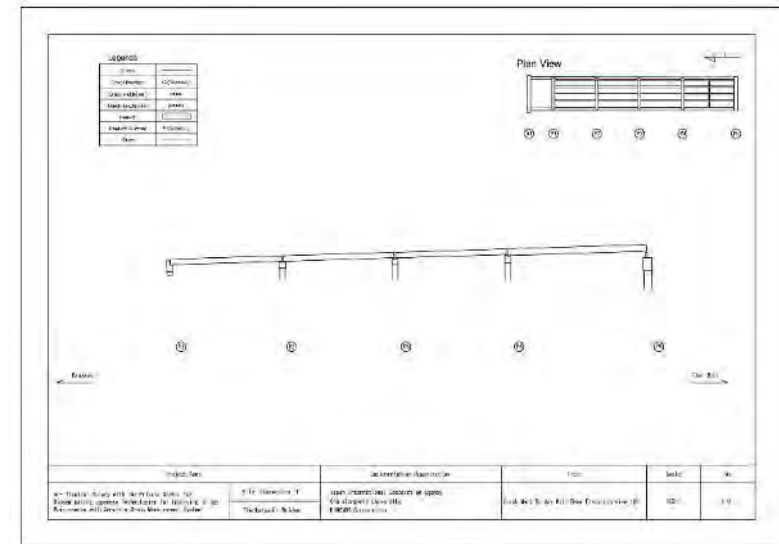
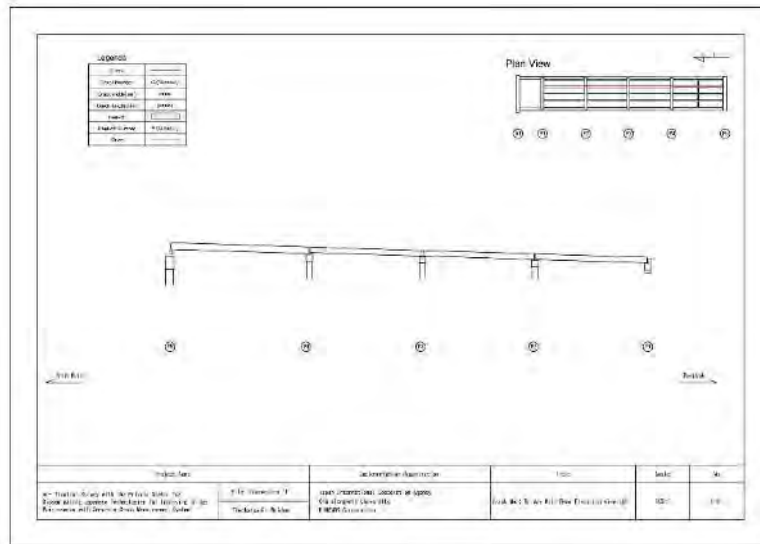


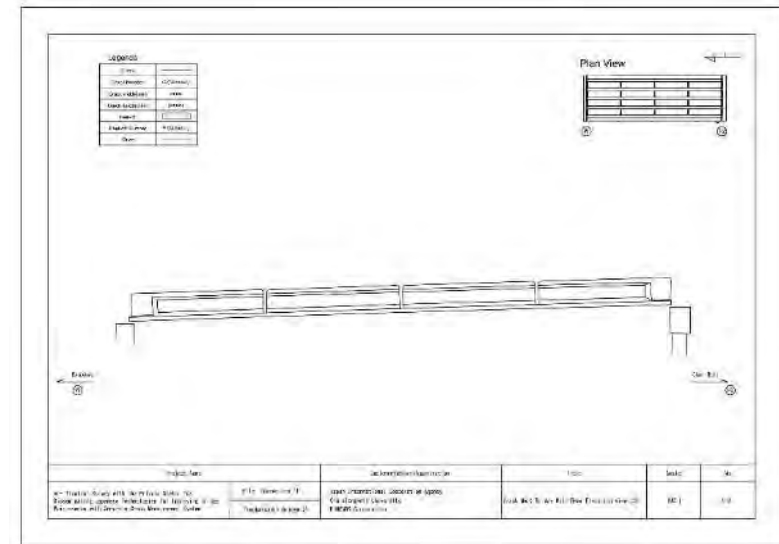
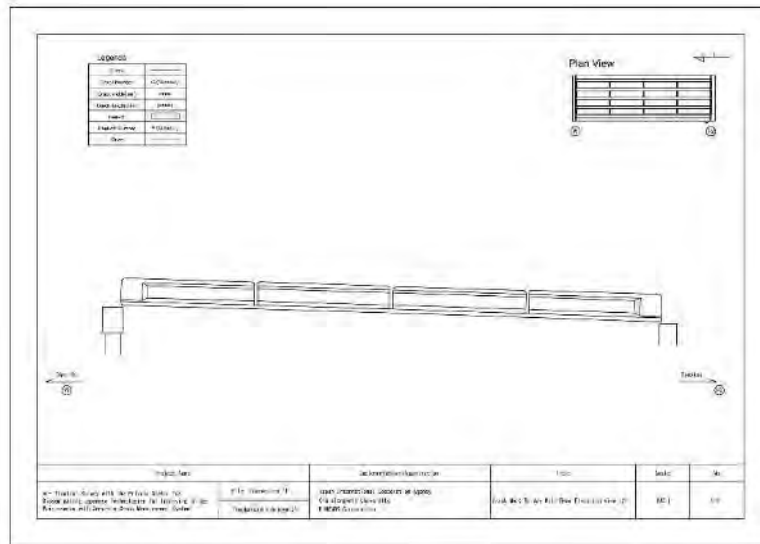
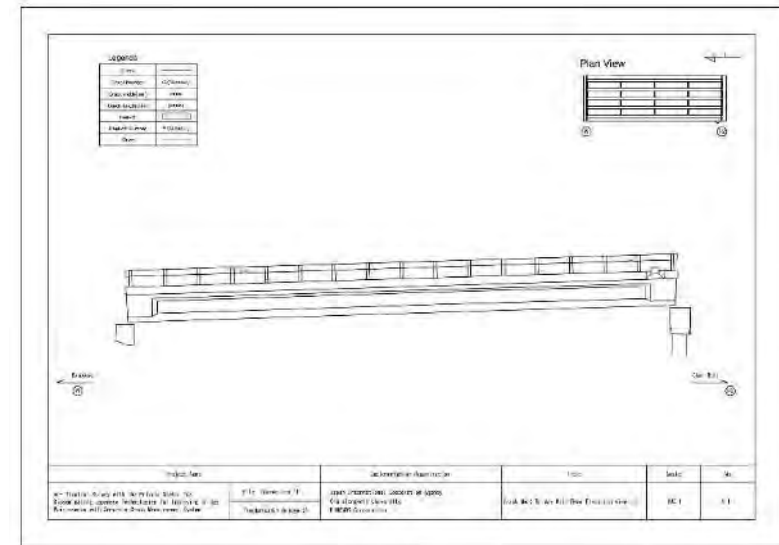
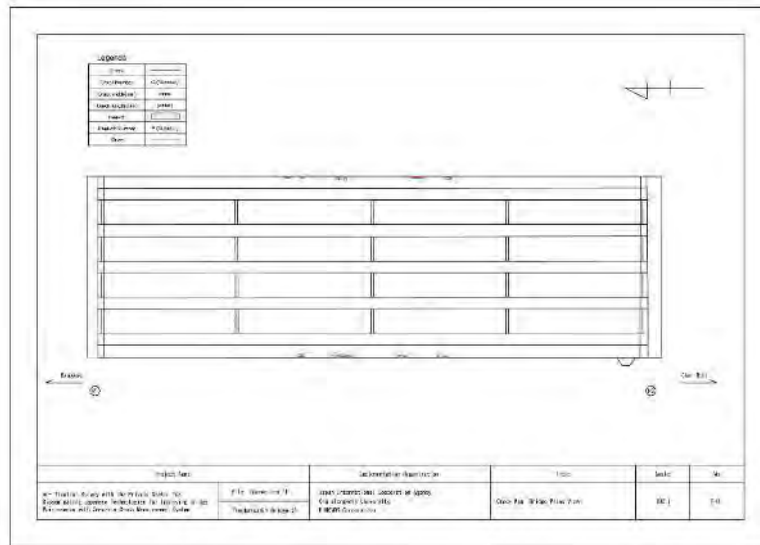


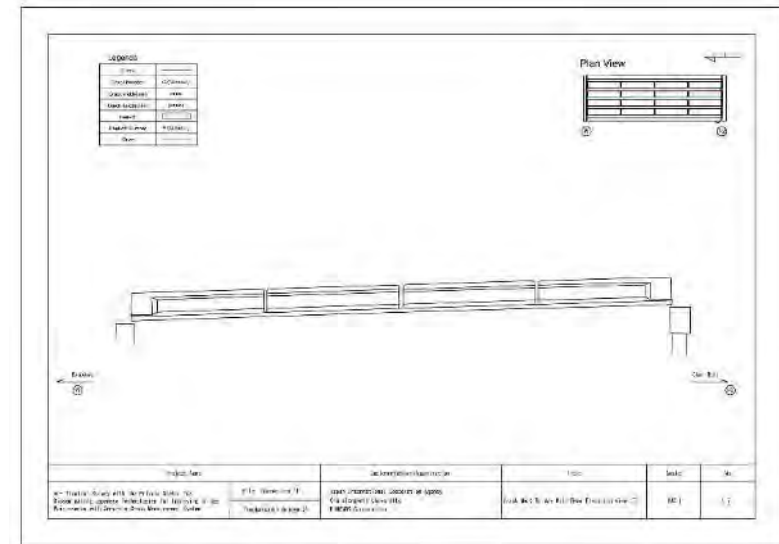
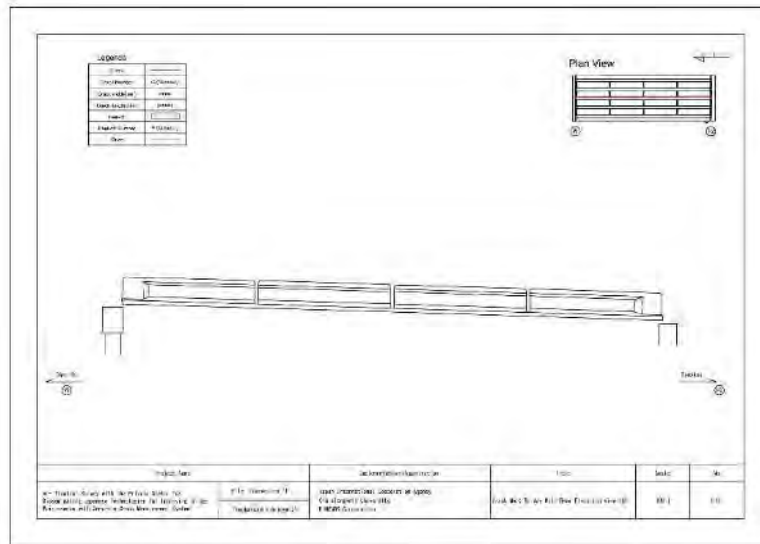
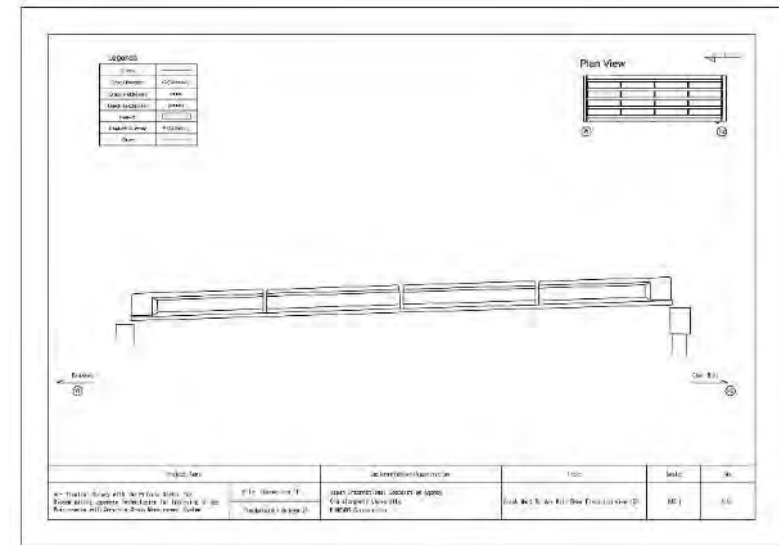
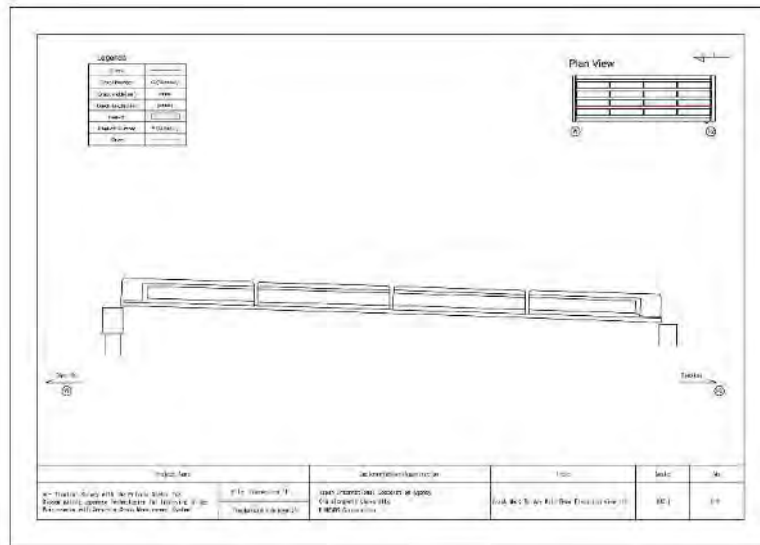
<Bang Pakong Bridge>

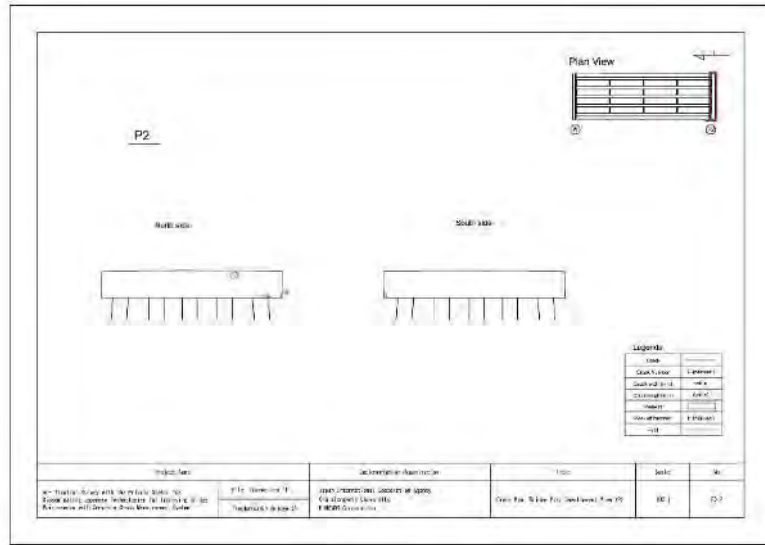




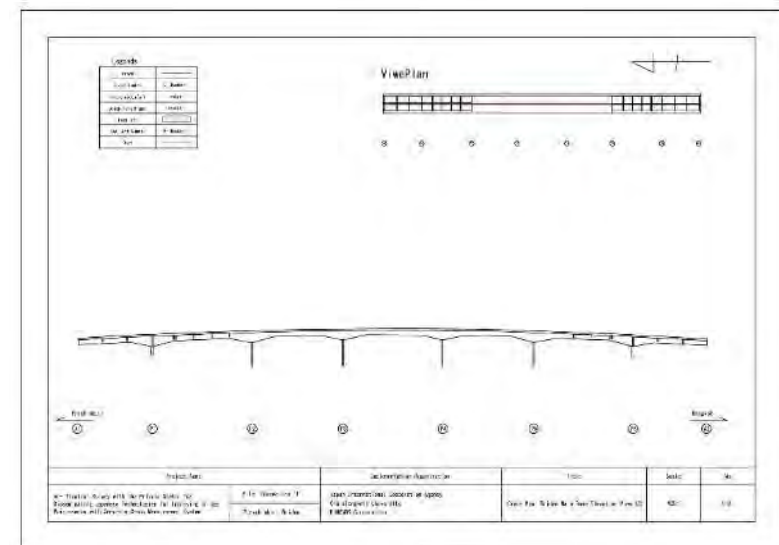
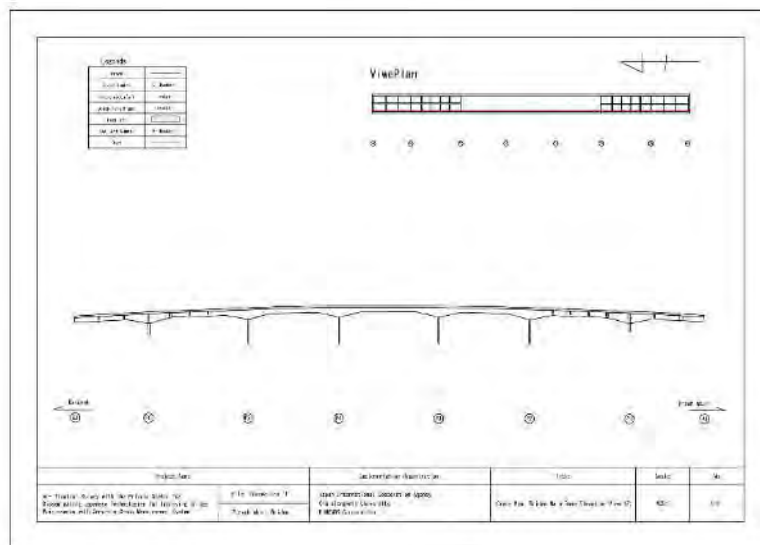
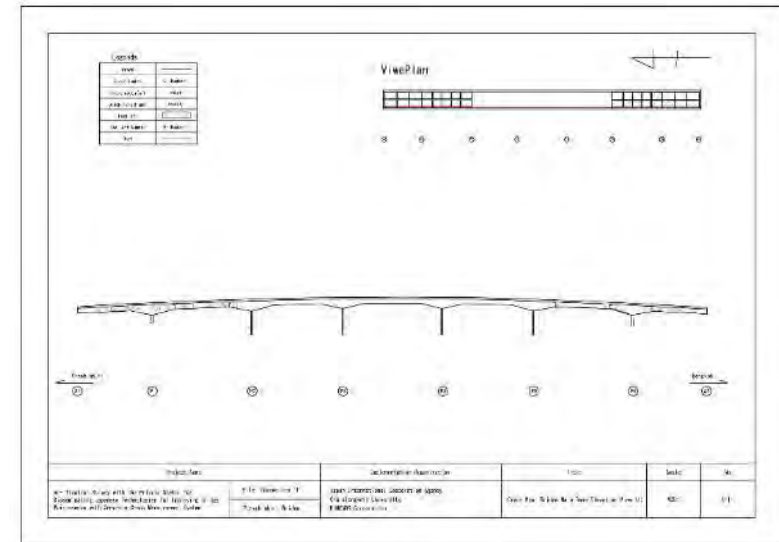
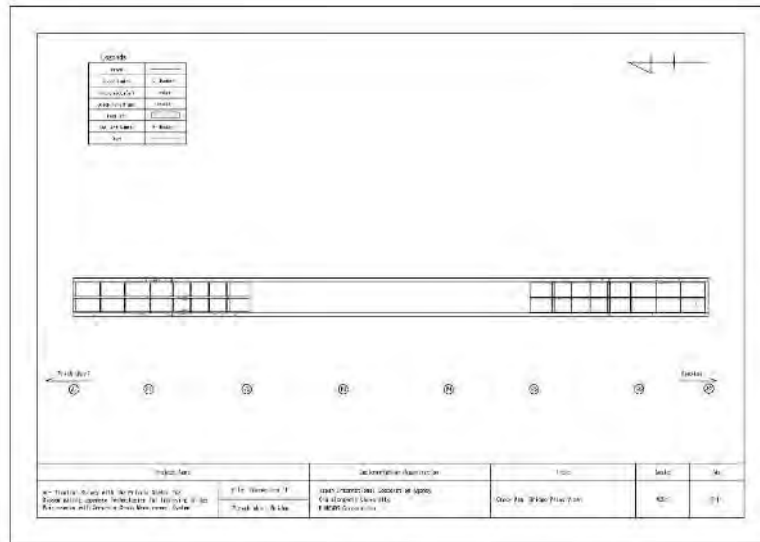


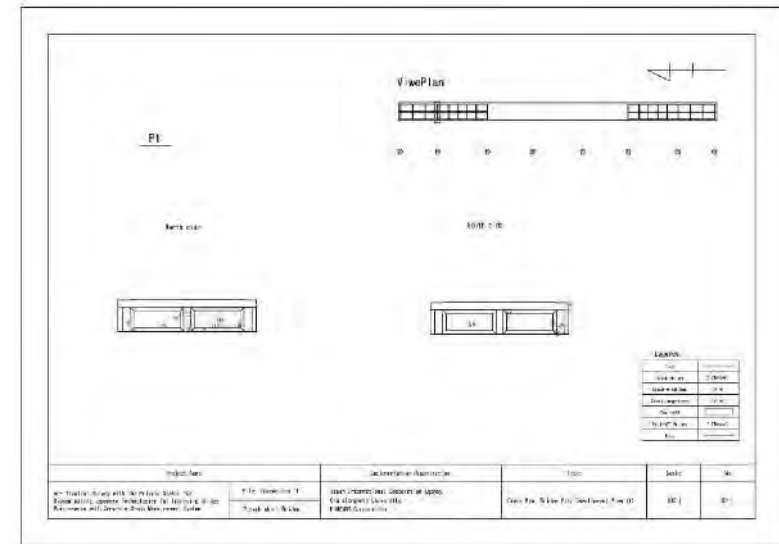
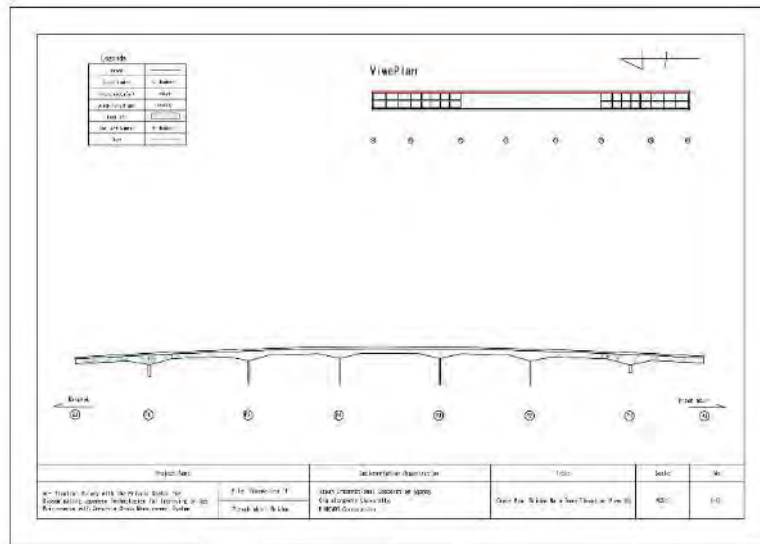
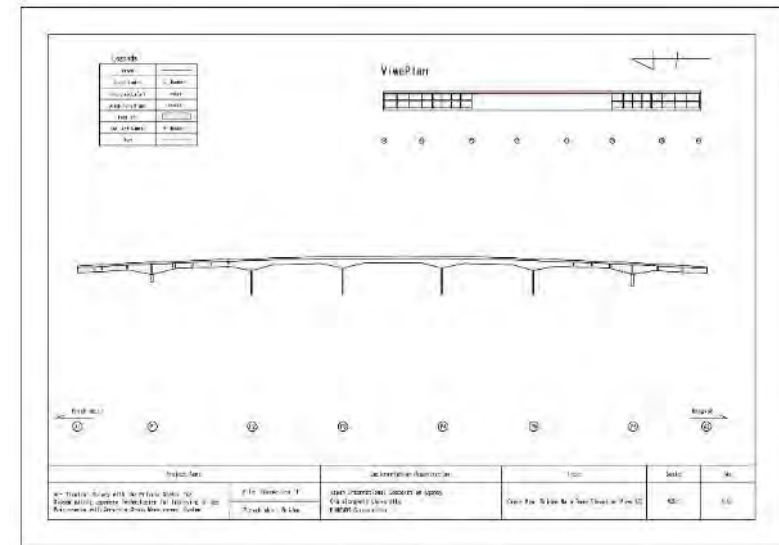
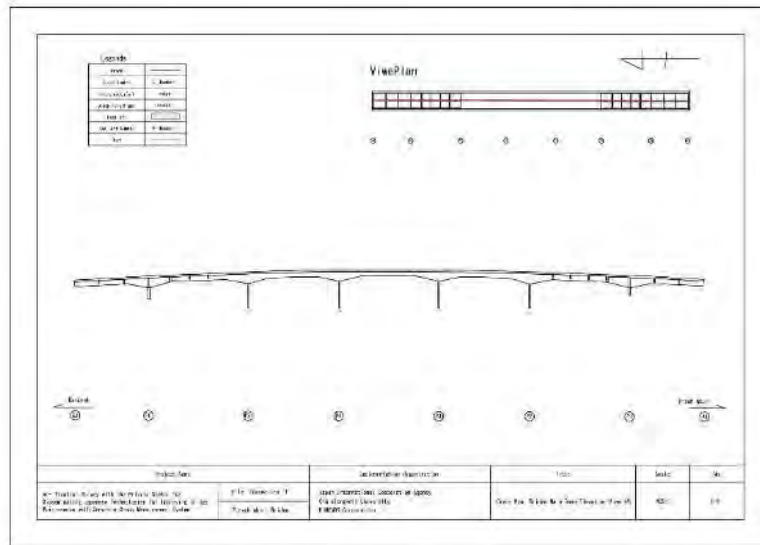


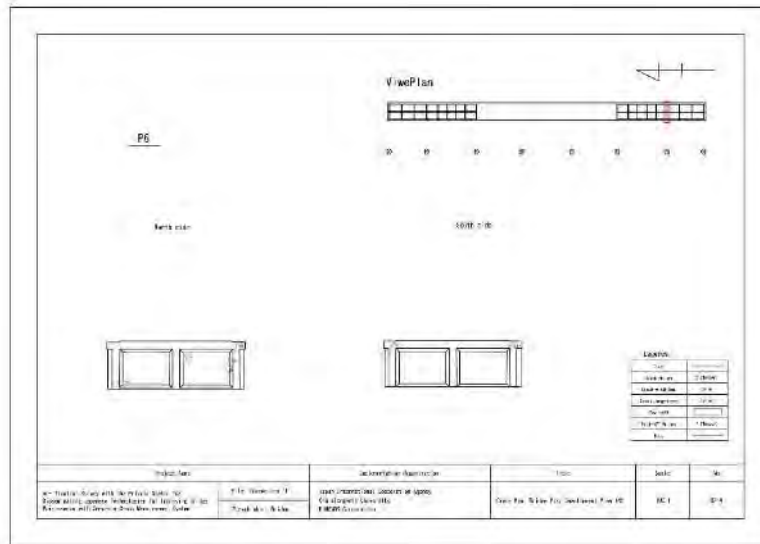
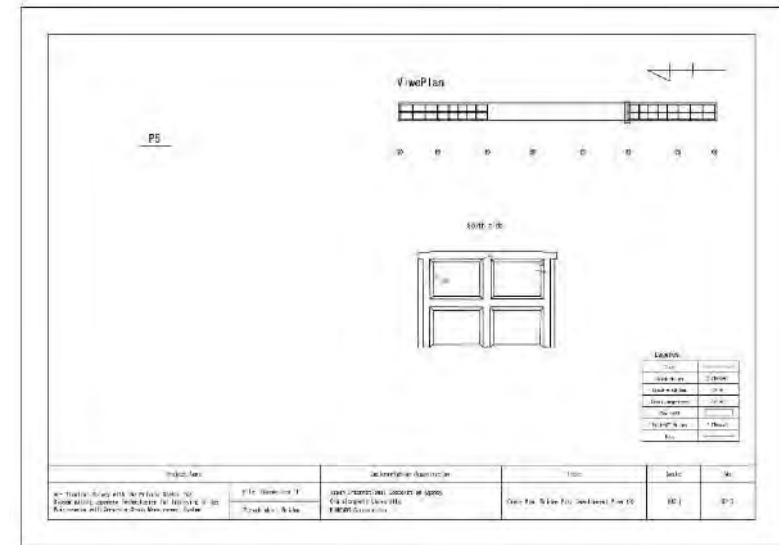
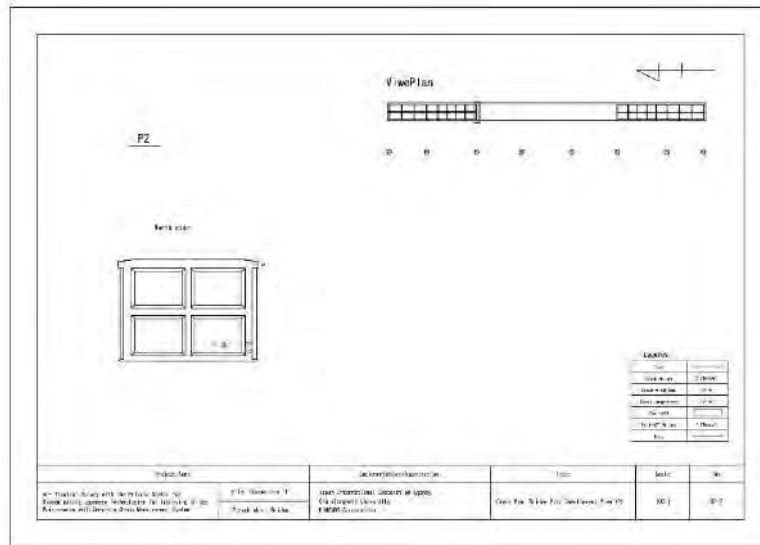




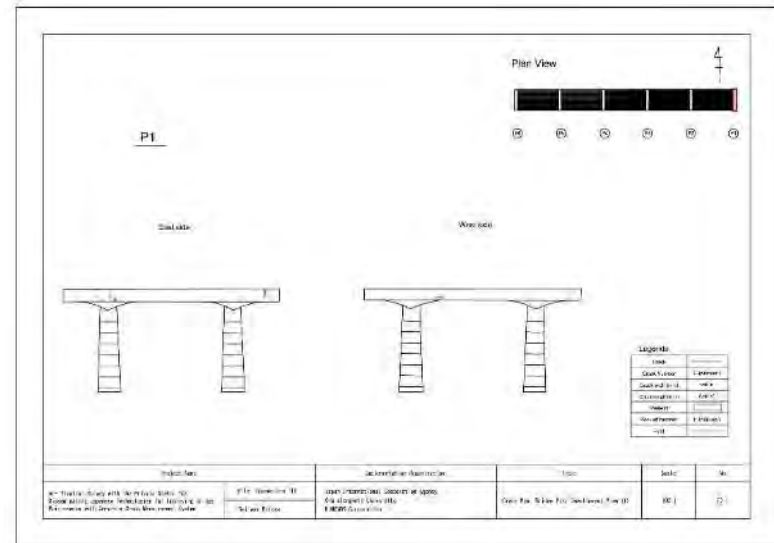
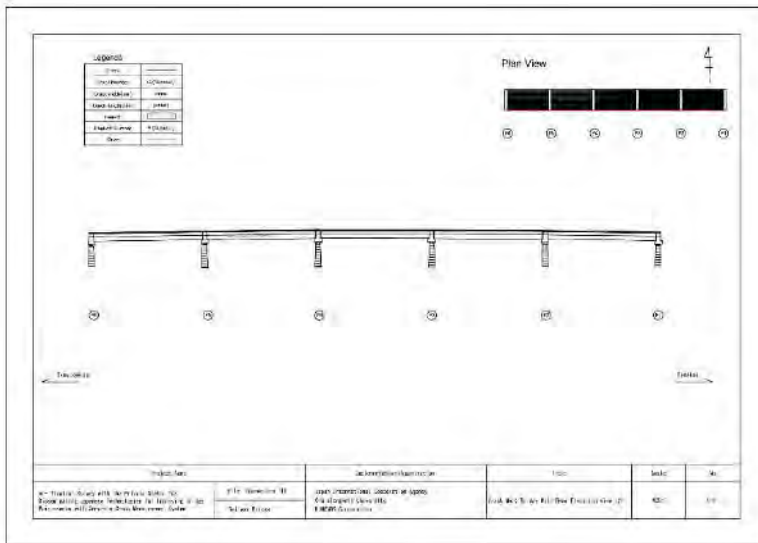
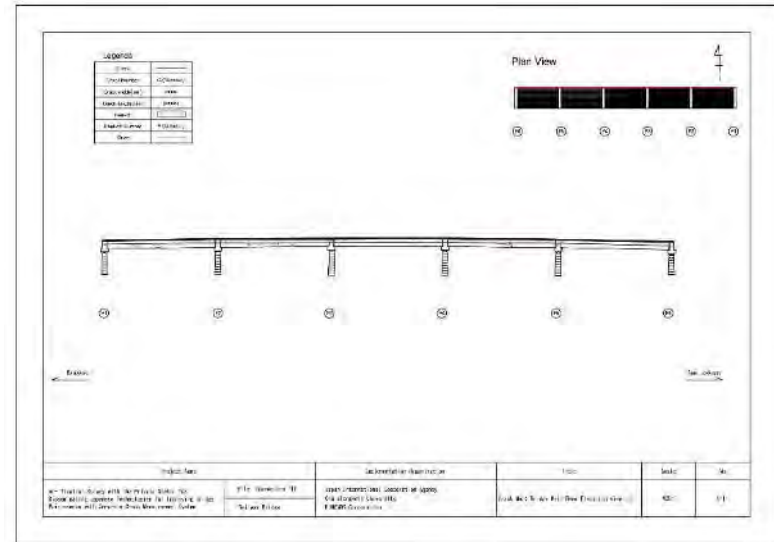
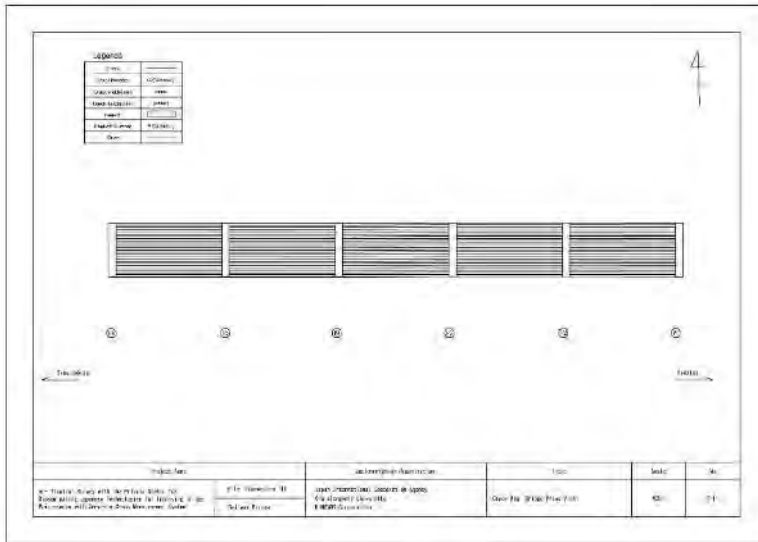
<Purachinburi Bridge>

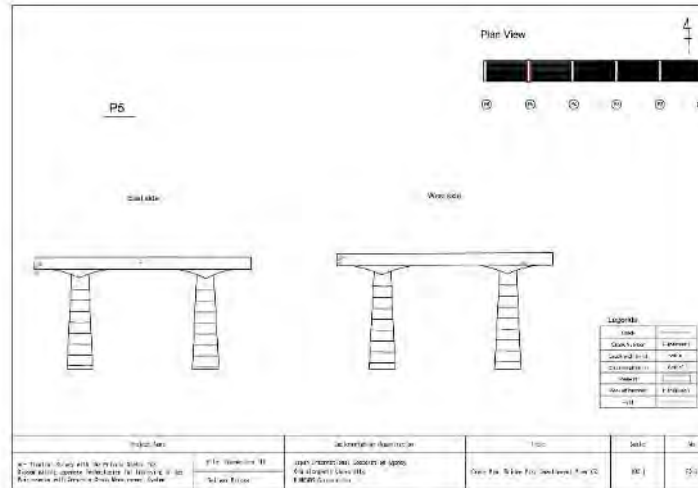
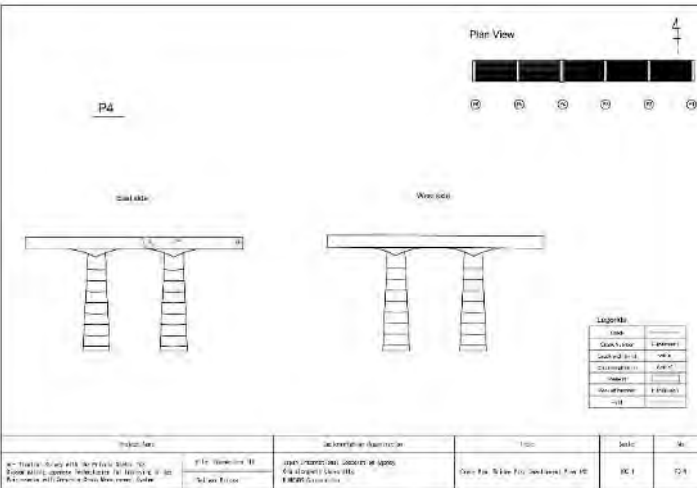
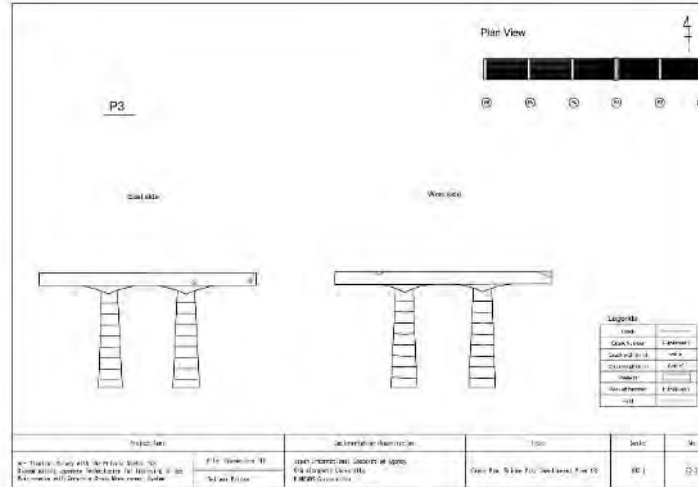
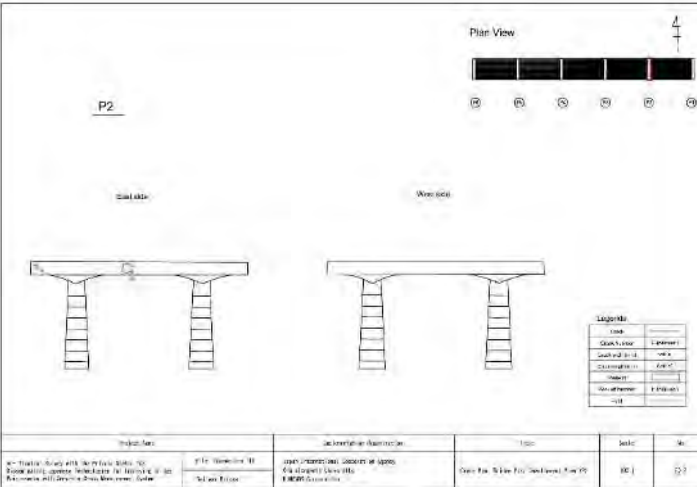




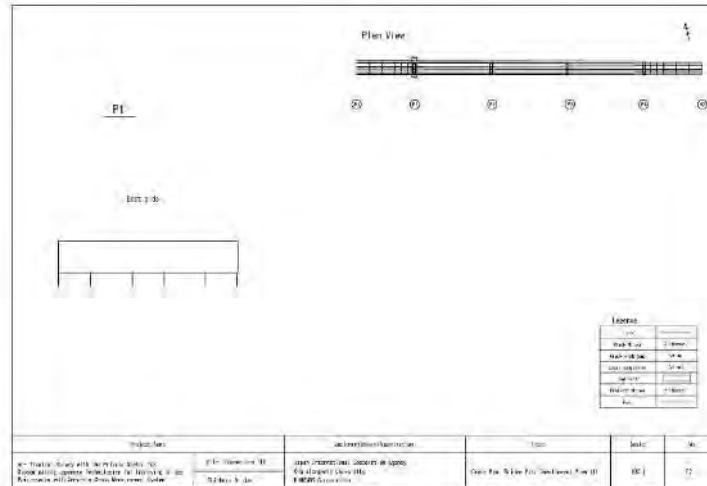
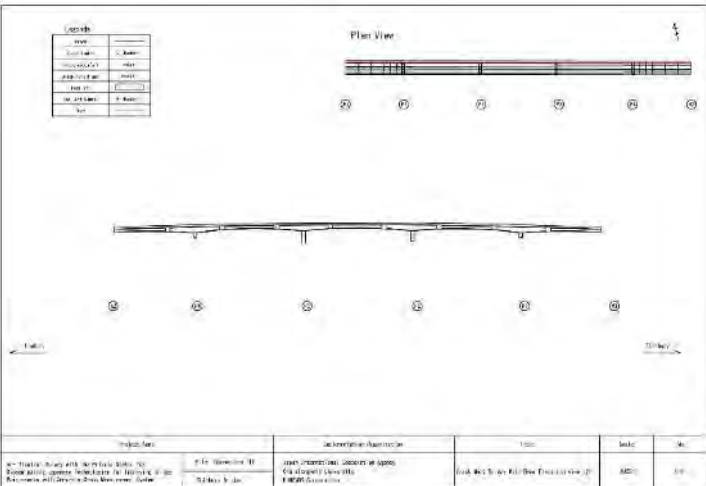
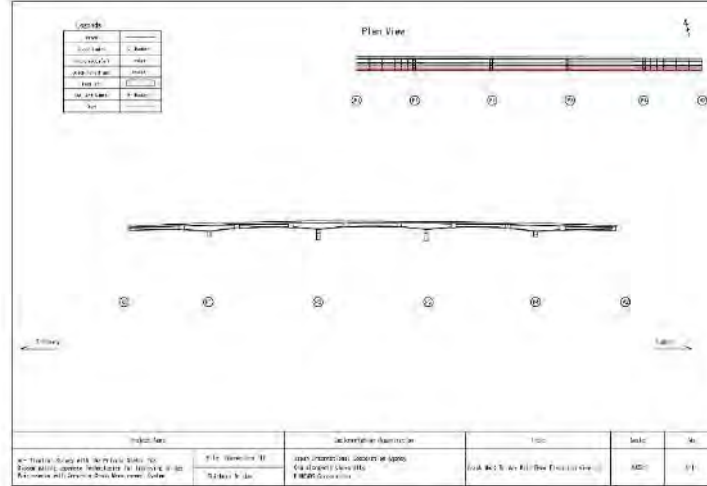
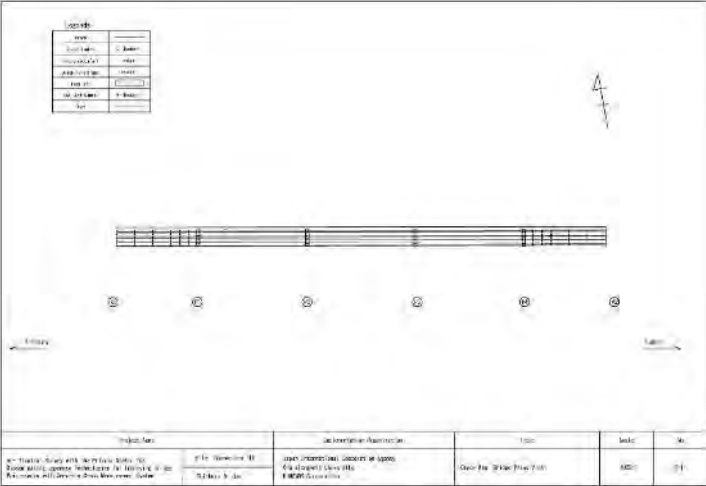


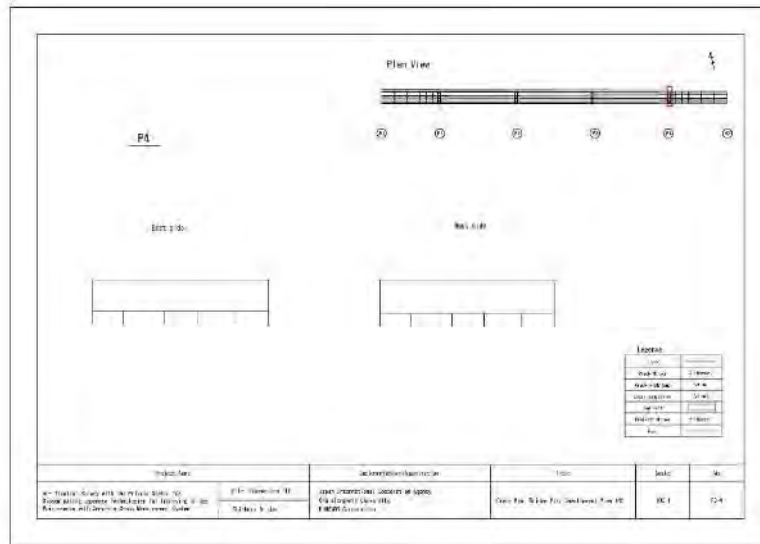
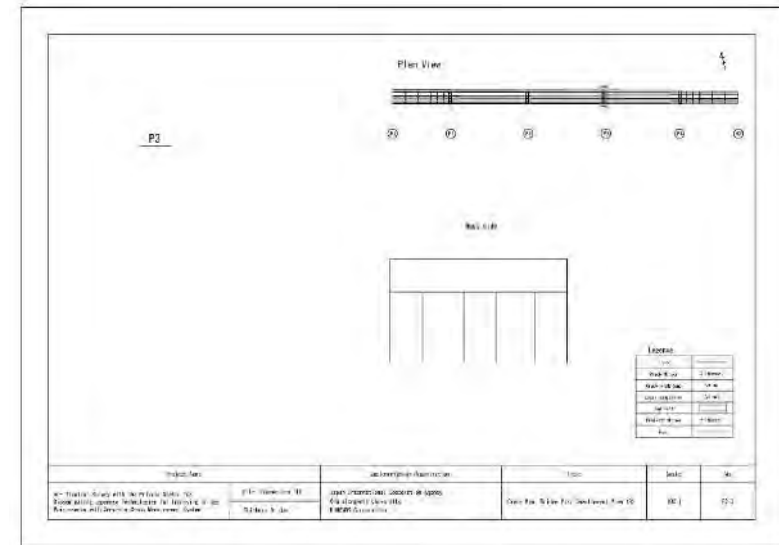
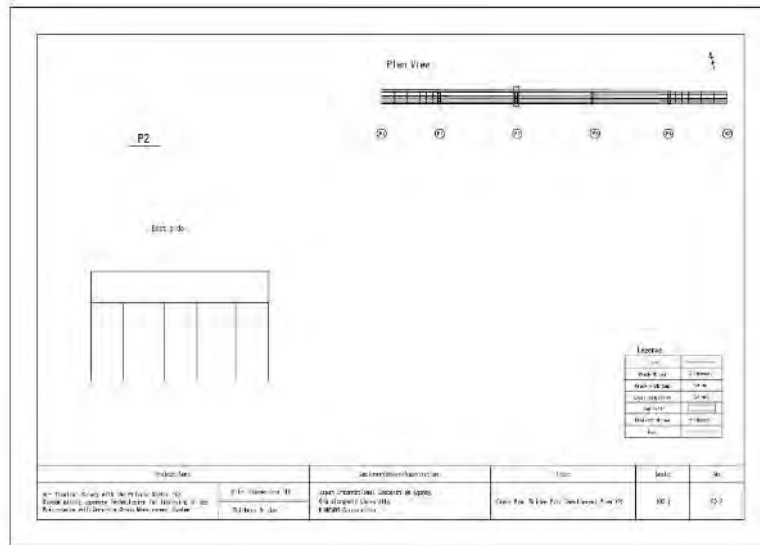
< Railway Bridge >





<Shinburi Bridge>





添付資料③

Seminar on Maintenance Technology for Infrastructure in Thailand
Embassy of Japan in Thailand
7 November 2017

Our Inspection Technologies for Strategic Infrastructure Management

KUMONOS Corporation
CEO Kazuhide Nakaniwa

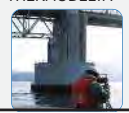


KUMONOS Corporation

Foundation:	March, 1995
Offices:	Osaka (HQ), Sapporo, Tokyo, Kanagawa, Kyushu, Kyoto, Nagano, San Francisco (USA)
Website:	http://kumonos.info/

Main Business

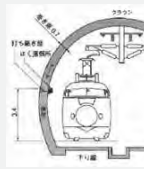
- **Surveying**
Construction surveys, GPS surveys, Construction Management
- **Geospatial information technology**
3D laser scanning, MMS (Mobile Mapping System), Leica's Pegasus, Bathymetry using remote-controlled boat
- **Inspections of concrete structures**
 - Crack measurement using our own technology, KUMONOS, Shin-KUMONOS
 - Exterior wall diagnostics using KUMONOS and infrared tech. THERMODELTA
 - Concrete scanning
- **Development and Sales**
 - KUMONOS (crack inspection system)
 - Baum Station (Pile driving control instrument)
 - Yojimbo (accessory against overturning of tripods)
 - Underwater robot development for concrete inspection

Concrete block Falling accident on Shinkansen Tunnel in 1999







KUMONOS CORPORATION

Collapses Caused by Deterioration

The I-35W Mississippi River in Minneapolis, Minnesota, USA on Aug 1st, 2007.
13 people died.

The Sasago Tunnel on the Chuo Expressway, Japan
A ceiling panel fell down on Dec 2nd, 2012.
9 people died.

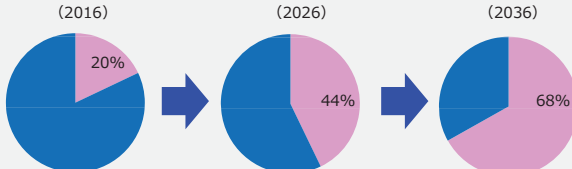



KUMONOS CORPORATION

The Rapid Increase in Deteriorated Structures

Bridges over 50 years old (over 2 meter length)

(2016) (2026) (2036)



★ Concrete structures have a useful life-span of **approx. 50 years**.

- A lot of bridges in Japan were built between the 1960s through the 1980s.
- Approx. 70 % of them will have exceeded its service life in the next 20 years.
- The rapid increase in structures that need to be repaired puts constraints on a budget.

KUMONOS CORPORATION

KUMONOS

- Remote Concrete Crack Inspection System

KUMONOS CORPORATION

For Preventive Maintenance



Mianus River Bridge
Collapse in 1983

Accurate Regular Inspection
+
Appropriate Precaution against
the Aging of Structures



- Prevent Future Tragedies
- Save Future Repair Cost

Importance of Crack Inspection



A **crack** is a sign of concrete damage / structural problems.

- Developing cracks is a common phenomenon in the process of deterioration.
- They are easy to inspect and the position and the cause of the defects can be identified.
- The future progression of damages can be analyzed by monitoring their growth over time.

Components of KUMONOS

Hardware



Total Station



Built-in crack scale

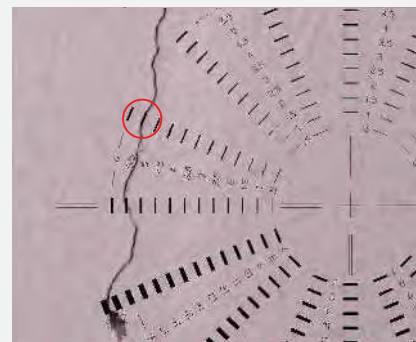
Measure **cracks'**
widths using scale
marks added to cross-
hairs

Software

Automatically plot out
measured data on AutoCAD
using special software



How to Measure Crack Width



Angle Compensation



From a **right** angle



From an **oblique** angle

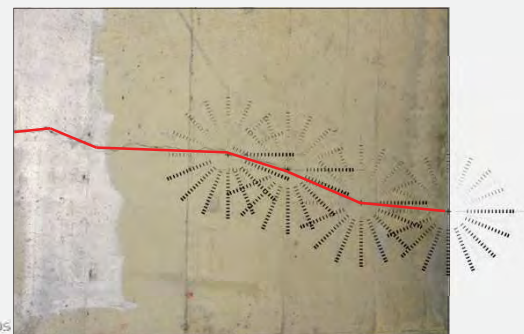
Width looks different



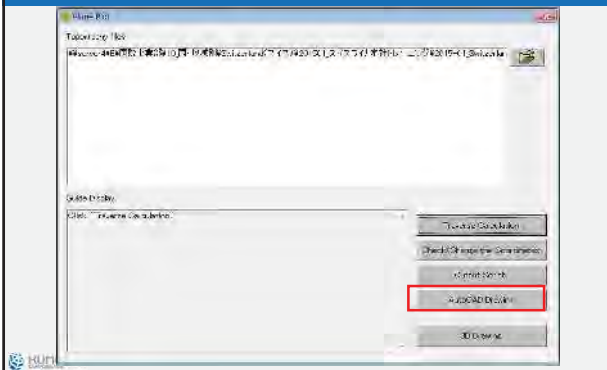
Automatically compensated

How to Measure Crack Shape

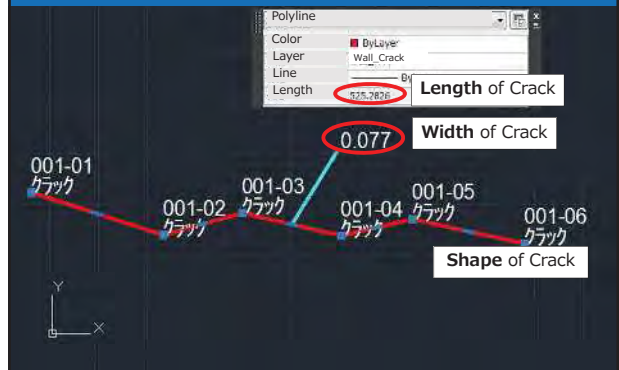
④Continue to measure the bending point to the end.



Automatically Drawing



Crack's Survey by KUMONOS



Measuring cracks from a distance

Minimum measurable crack width by distance

Distance (m)	Width (mm)
1.5	0.007
10	0.044
20	0.088
30	0.132
40	0.177
45	0.199
60	0.265
80	0.353
100	0.441

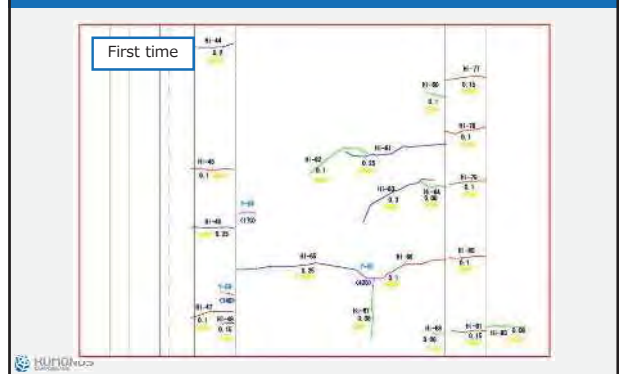
0.2mm-wide cracks are measurable from up to 45m away.



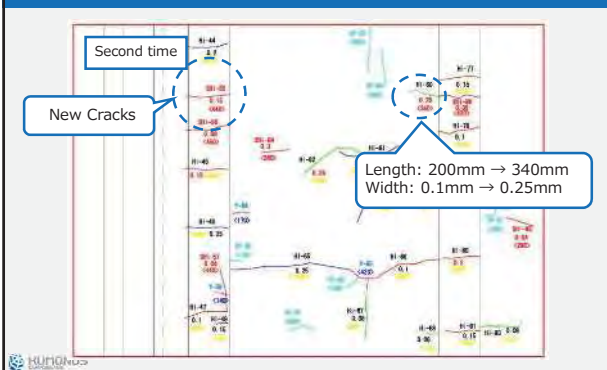
Remotely measure width, shape and positional coordinates of cracks



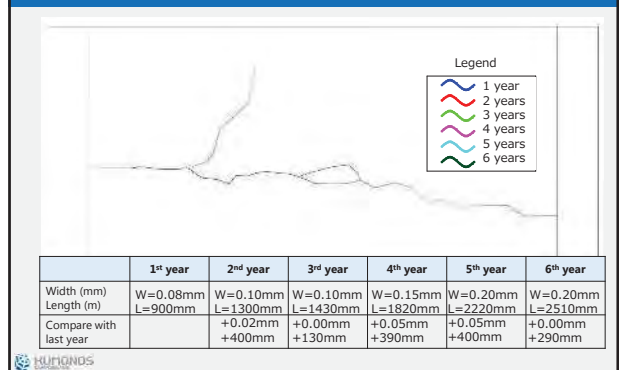
Monitoring the changes of the crack



Monitoring the changes of the crack



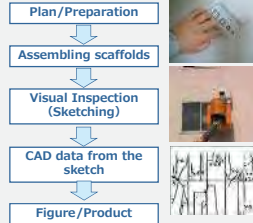
Inspection Result for 6 years



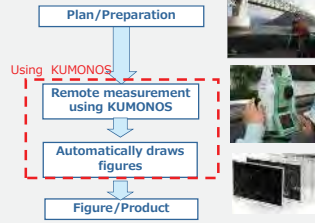
	1 st year	2 nd year	3 rd year	4 th year	5 th year	6 th year
Width (mm)	W=0.08mm	W=0.10mm	W=0.10mm	W=0.15mm	W=0.20mm	W=0.20mm
Length (m)	L=900mm	L=1300mm	L=1430mm	L=1820mm	L=2220mm	L=2510mm
Compare with last year		+0.02mm +400mm	+0.00mm +130mm	+0.05mm +390mm	+0.05mm +400mm	+0.00mm +290mm

Comparison with Conventional Method

[Conventional Method]



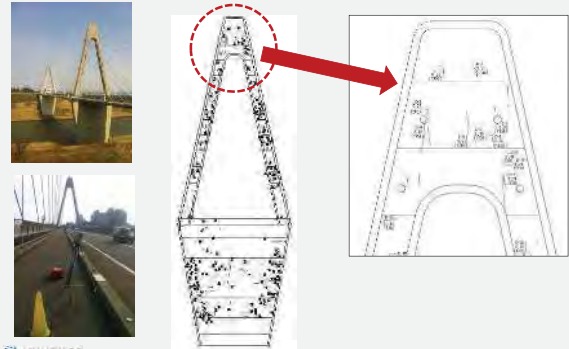
[KUMONOS]



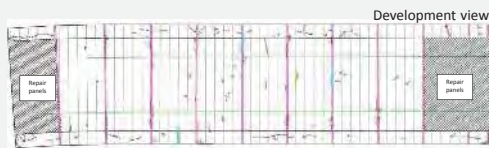
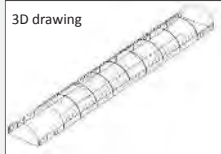
[The result of a demonstrational inspection (4,800 m of bridge piers)]
 Total Cost : 1,253,000 JPY $\Rightarrow$ 822,600 JPY **34.3% ↓**
 Man days for creating drawings : 14 man-days $\Rightarrow$ 7 man-days **50.0% ↓**



Bridges



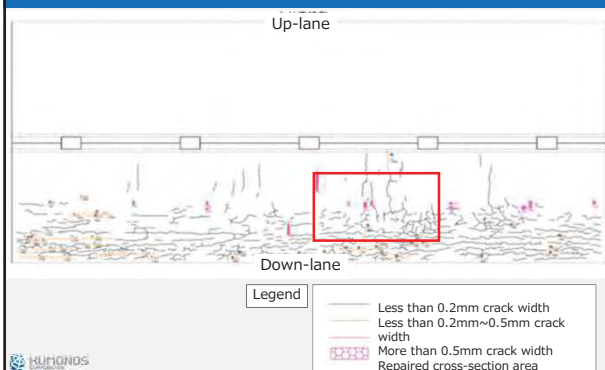
Tunnels



Measurement case studies of Tunnel



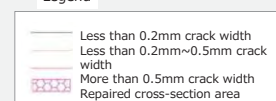
Crack Map (Visualize)



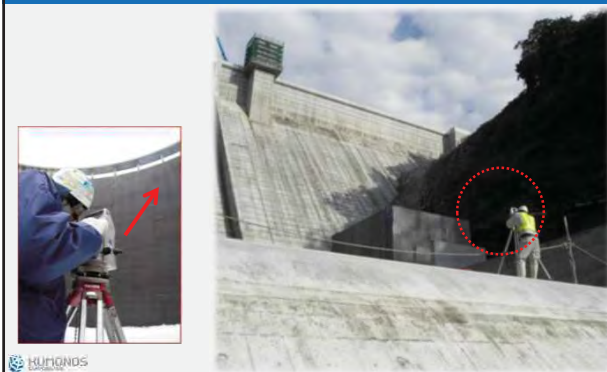
Repair point (enlargement drawing)



Select repaired area
by inspection resulting



Dams



Sample Drawing

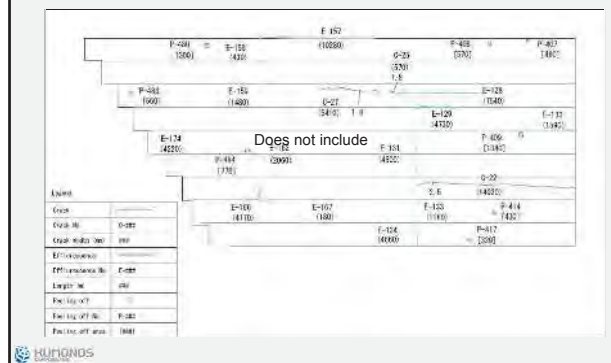


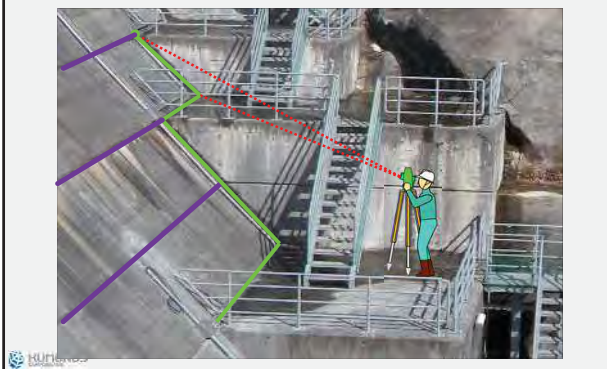
PHOTO-KUMONOS



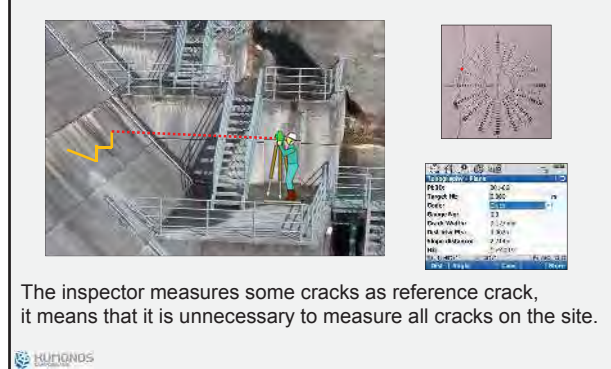
Development Concept

- ✓ It enable **photo images** to have accurate **dimensions**
- ✓ The results by KUMONOS **correct crack widths** obtained with photography
- ✓ It **reduce time** spent at the work site

Measurement of a Structure shape

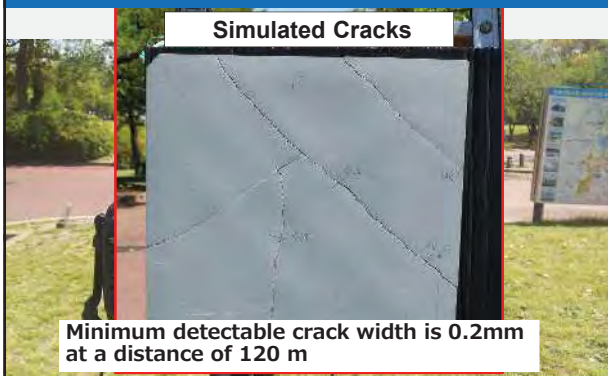


Measurement of Reference Crack

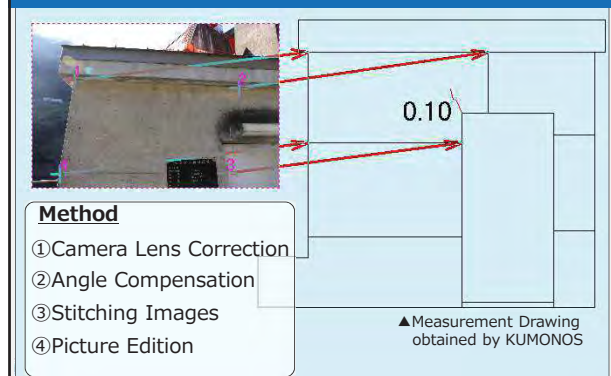


The inspector measures some cracks as reference crack, it means that it is unnecessary to measure all cracks on the site.

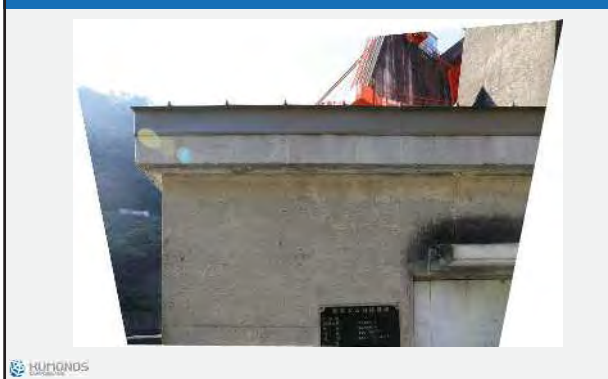
Photographing



Correcting Distortion



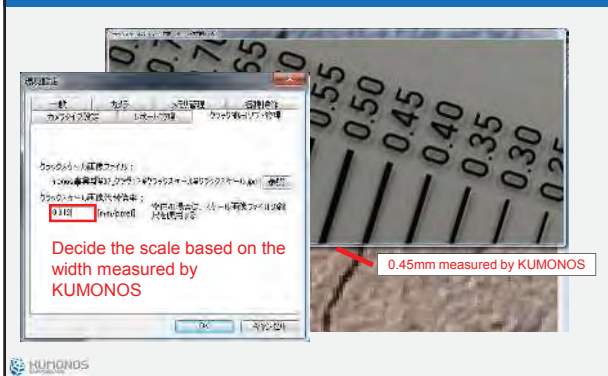
Compensation to Frontal Picture



Picture Edition



Correcting Crack Widths



Desirables example of PHOTO-KUMONOS

Bridge Pier



Comparison KUMONOS with PHOTO-KUMONOS



	KUMONOS	PHOTO-KUMONOS
Man-days	16	10
Cost(JPY)	820,000	540,000

Target	Bridge Pier
Measured Area	4800m ²
Note	- There are approximately 3,000 cracks. - Drawings of structure are known. - Crack list is not provided as deliverable.

The inspector measures only reference cracks. That is why it is possible to reduce the survey cost.



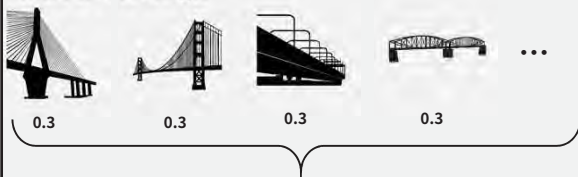
Proposal for Future Bridge Inspection in Thailand



Hypothetical Total Inspection Cost

Hypothetical condition

- Cost for the inspection per 1 bridge is 0.3 million (Baht)
- There are 100 Bridges



0.3 million (Baht) × 100 (Bridges) = 30 million (Baht)



Proposed Method

Detailed Inspection				
Brief Inspection				

Detailed inspection: 1 million (Baht) × 4 (type) × 1 (bridge) = 4million (Baht)
Briefly inspection. 0.03 million (Baht) × 4 (type) × 24 (bridges) = 2.9 million (Baht)

Total Cost: 6.9 million (Baht)



Our Other Technology for Maintenance

3D Laser Scanner



About 3D Laser Scanner



FARO Laser Scanner Focus^{3D}

- 3D data of terrain and structures can be gathered without touching the measurement object.
- Unlike surveying and measurement of a "single point" with conventional surveying instruments, 3D laser scanners allow for fast and precise information of thousands to hundreds of thousands of points per second.
- Besides graphing and modeling it is used in various fields such as examination and maintenance, and management.



Composition KUMONOS and 3D Laser Scanner

3D scanner (Point cloud)



KUMONOS



Composition KUMONOS and 3D Laser Scanner



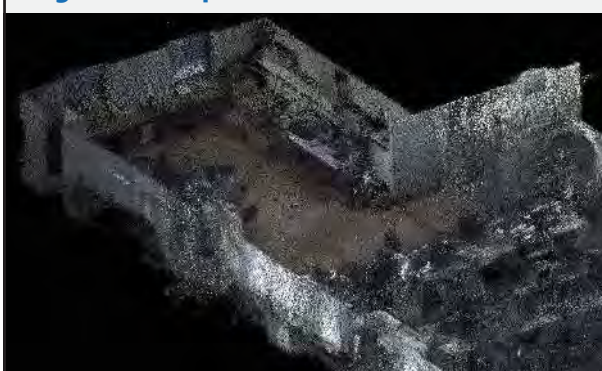
Several Types of 3D Scanner



Pegasus: Backpack Measurement Scene



Pegasus: Backpack Measurement Data





CHULALONGKORN UNIVERSITY

Summary Report

Thailand

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for Improving Bridge Maintenance with
Concrete Crack Measurement System

January 2018

Japan International Cooperation Agency

KUMONOS Corporation

1. BACKGROUND

Thailand is one of the most developed countries in the ASEAN region. In Thailand, infrastructures have been intensively constructed since the 1980's, and the government still focuses on new constructions. On the other hand, the existing infrastructures have been gradually aged and increased, and it is concerned that maintenance works for the existing structures are insufficient due to fiscal limitations.

Under such circumstances, the "Bridge Maintenance Management System (BMMS) was established by Department of Highways (DOH) in collaboration with Kasetstart University in 2012, which is expected to give more reliable explanations to the government when a budget request for road and bridge maintenance with continuous updates.

For more efficient and effective operation of the system and bridge maintenance, accuracy of inspection result is one of critical factors to understand the soundness of structures and to determine necessary rehabilitation and budgetary plans. However the precision of inspection results for bridge inspection is still low in Thailand since the damage is inspected by direct visual check and hand sketch / photographs. Moreover it is necessary to make policy and budget makers aware of the importance of maintenance since bridge inspections have not conducted sufficiently and properly due to the lack of budget.

It is concerned in Thailand that the lack of proper maintenance may result in critical social problems such as increase of traffic accidents and economic loss like Japan and the USA. Therefore the effort toward implementation of "Preventive Maintenance" is one of key subjects for appropriate bridge management in Thailand.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

The purpose of this Survey is to prove that the remote crack inspection system of "KUMONOS" is applicable, useful and can contribute to execute appropriate infrastructure asset management in Thailand.

The expected effects are as follows:

- To enhance the technical level of bridge inspection;
- To improve the existing method of bridge maintenance;
- To increase awareness on the importance of appropriate infrastructure asset management among the concerned parties.

(2) Activities

Activity1: Infrastructure and Crack Inspection using KUMONOS

- Six bridges were inspected using KUMONOS by Thai engineers together with Japanese experts. The knowledge and know-how were basically transferred to Thai engineers through the lectures and on the job training. Prior site survey was executed to select appropriate six bridges for the Pilot Survey (for the duration between November 2016 and March 2017).
- Two inspection teams were formulated for the Pilot Survey and consisted of Japanese trainers and Thai engineers.
- The inspection was executed at three different times in Bangkok area and/or rural area. Each inspection has been completed within 2 weeks.

Activity2: Verification of Bridge Maintenance and Management System utilizing KUMONOS

- The inspection results have been saved in the database of the current Bridge Maintenance and Management System (BMMS) in DOH for further updates of the system and future monitoring and analysis of cracks and other defects.
- Preliminary rehabilitation plan and deterioration prediction of main girder have been prepared based on the obtained crack information during the Pilot Survey.

Activity3: Evaluation of KUMONOS in Bridge Maintenance and Management in Thailand

- The usefulness of KUMONOS in bridge maintenance in Thailand has been assessed in the evaluation meeting on 16th October 2017, which was composed of Chulalongkorn University (CU) personnel, Burapha University (BU) personnel and DOH personnel.

Activity4: Dissemination of KUMONOS

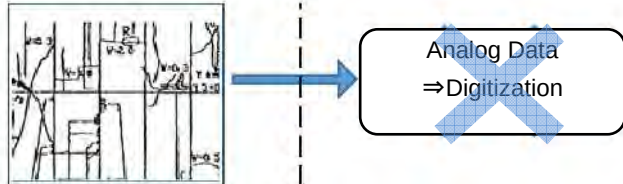
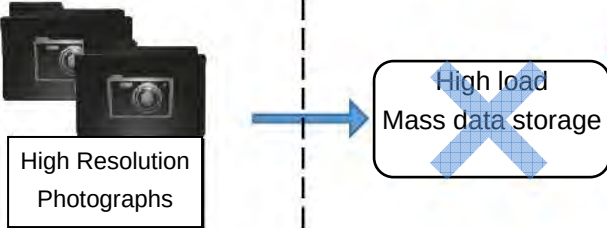
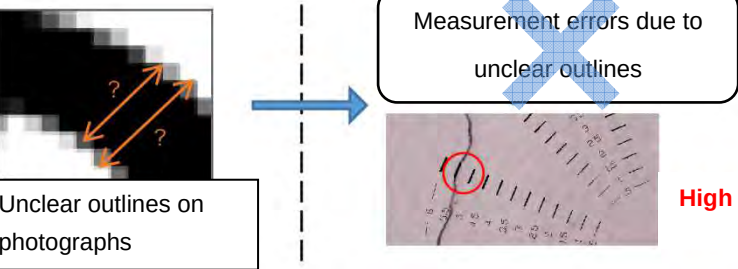
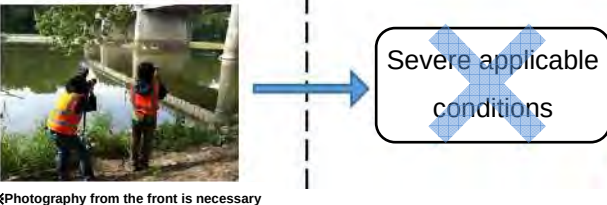
- 1) Seminars for personnel related to infrastructure maintenance and management
 - In order to encourage the involved engineers/personnel on bridge maintenance in Thailand to recognize the importance of accurate deterioration identification and prediction in infrastructure asset management as well as the advantages of KUMONOS, the technical seminars were held on 30th May and 7th November 2017.
- 2) Seminars for Professors of Technical Colleges
 - Educational seminars were held to share the experience in Japan as well as practical knowledge and skills on KUMONOS to professors of technical colleges in Thailand.
 - The colleges are then expected to raise engineers who can use KUMONOS on site.

Activity5: Technical Support for Establishment of KUMONOS Guidelines

- Technical support was provided to Suranaree Technical College and Bureau of Vocational Education for establishing a teaching guideline and program of KUMONOS.

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

Product Name	Concrete Crack Measurement System "KUMONOS"
Components	• Total Station (measuring distance and angle) • Built-in crack scale • Analysis software
Features	① Noncontact measurement from 0.4 mm of crack width can be measured at 100 meters away without scaffolds.

Advantages	Advantage 3 : Improvement of work efficiency  Shortening of the inspection period 30%* ※Surveyed Bridge Surface Area is less than 4,000m²
	• The step for producing digital data from manuscript sketches is unnecessary and this can achieve about 30 % of inspection .
	【Comparison with crack measuring method by digital camera】
	Advantage 1 : Low load in analysis of measurement results  Small data size ※Maximum data size ; 10kByte / file + Automatic analysis and creation of CAD drawings by dedicated software
	• Data processing is fast due to small data size • Inspection results can be checked on site though automatic plot by KUMONOS and oversights can be avoided.
	Advantage 2 : High measurement accuracy  Unclear outlines on photographs Measurement errors due to unclear outlines High accuracy
	• Measurement results are quite reliable since crack width is measured by overlapping crack gauge on cracks through telescope. • Measurable crack width is smaller than the conventional measurement method by digital camera.
	Advantage 3 : Measurement from an oblique angle  Severe applicable conditions Automatic compensation of collimation angle ※Crack width is accurately measured from the angle and/or distance between surveying instrument and cracks ↓ Measurement from an oblique angle is possible ※Photography from the front is necessary
Sales	Sales : 145 units / Inspection services : more than 1,000 sites in Japan Sales : 22 units / Inspection services : 6 sites (inc. demonstration) in other countries
Size	Size (H×W×L) : 34.5cm×22.6cm×20.3cm、Weight : 5.8 kg
Installation location	The KUMONOS system is portable and unnecessary to be left on the site.
Transported instruments	6 units

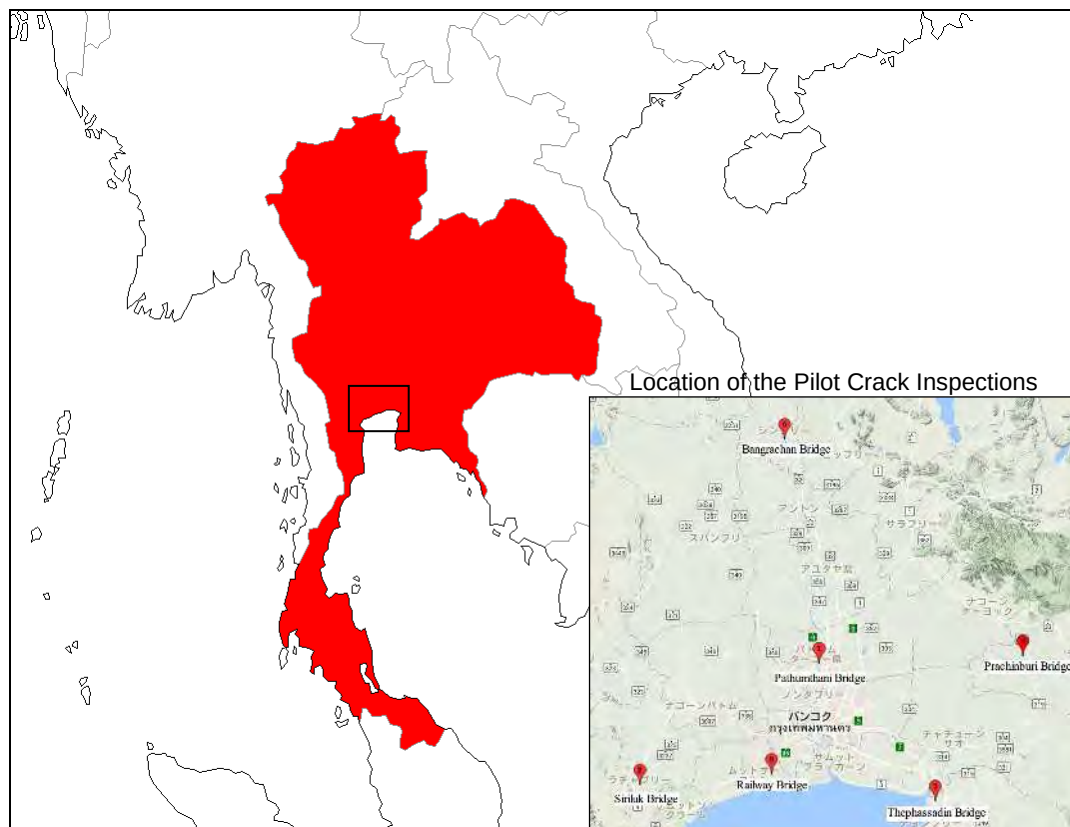
(4) Counterpart Organization

Chulalongkorn University (Counterpart Organization)

Bureau of Bridge Construction, Department of Highways (Supporting Organization)

(5) Target Area and Beneficiaries

Target Area: Bangkok area, rural area far from Bangkok as shown in the below figure.



Source: <http://www.craftmap.box-i.net/> and Google Map

Figure. 1 Target Area and Location of Pilot Inspections

Beneficiaries: Parties related to operation, maintenance and management of road bridges in Thailand (government agencies, local private enterprises, and local university/research institutes)

(6) Duration

One year six months from September 2016 to February 2018.

(7) Progress Schedule

Table. 1 Survey Progress Schedule

Survey Item	2016				2017												2018	
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1. Implementation Plan & Data Collection	-----																	
2. Pilot Crack Inspection																		
2-1 Preparations	-----	-----	-----	-----	-----	-----												
2-2 Procurement of Survey Equipment	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2-3 Pilot Crack Inspection						-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3. Verification of Bridge Maintenance																		
3-1 Input Pilot Survey Data to the Existing BMMS												-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3-2 Simulatin by Survey Data												-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3-3 Analysis, Evaluation												-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4. Promotion of KUMONOS																		
4-1 Technical Seminar							-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4-2 Lecture at Technical College							-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4-3 Support on Establishment of Guidelines							-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5. Business Plan for KUMONOS																		
5-1 Market Research	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5-2 Business Matching with Local Companies							-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5-3 Preparation of Business Implementation Plan													-----	-----	-----	-----	-----	-----

----- Thailand (Plan) ----- Thailand (Actual)
----- Japan (Plan) ----- Japan (Actual)

Source: JICA Survey Team

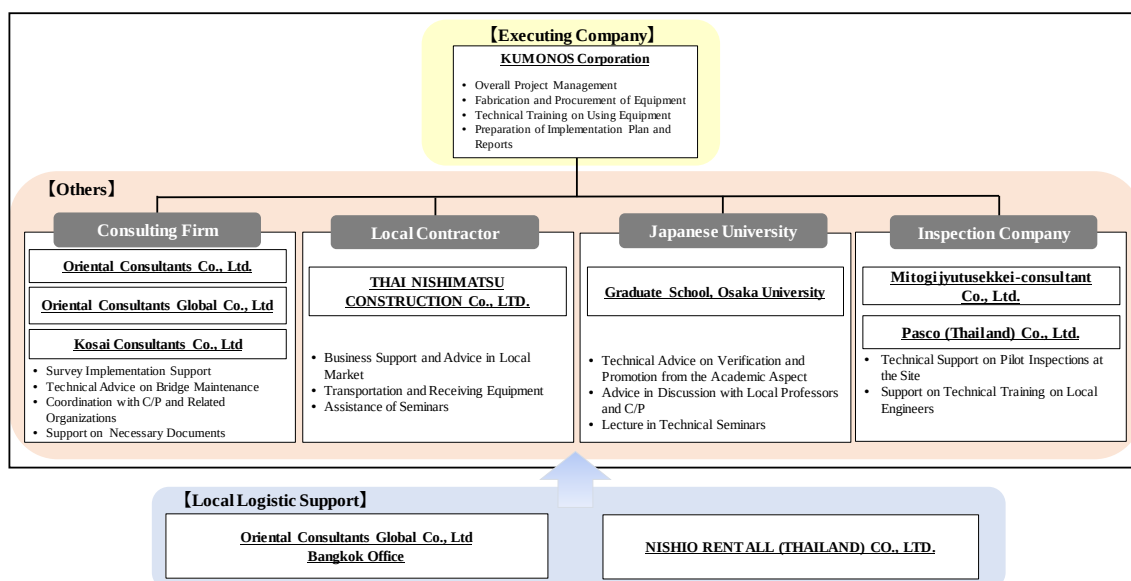
(8) Manning Schedule

Position	Name	Organization	Item	2016					2017												2018		Total (days)		Total man-month																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Oversea	Domestic	Oversea	Domestic																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Team Leader	Kazuhide Nakanishiwa	KUMONOS Corporation	Plan	1			1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Source: JICA Survey Team

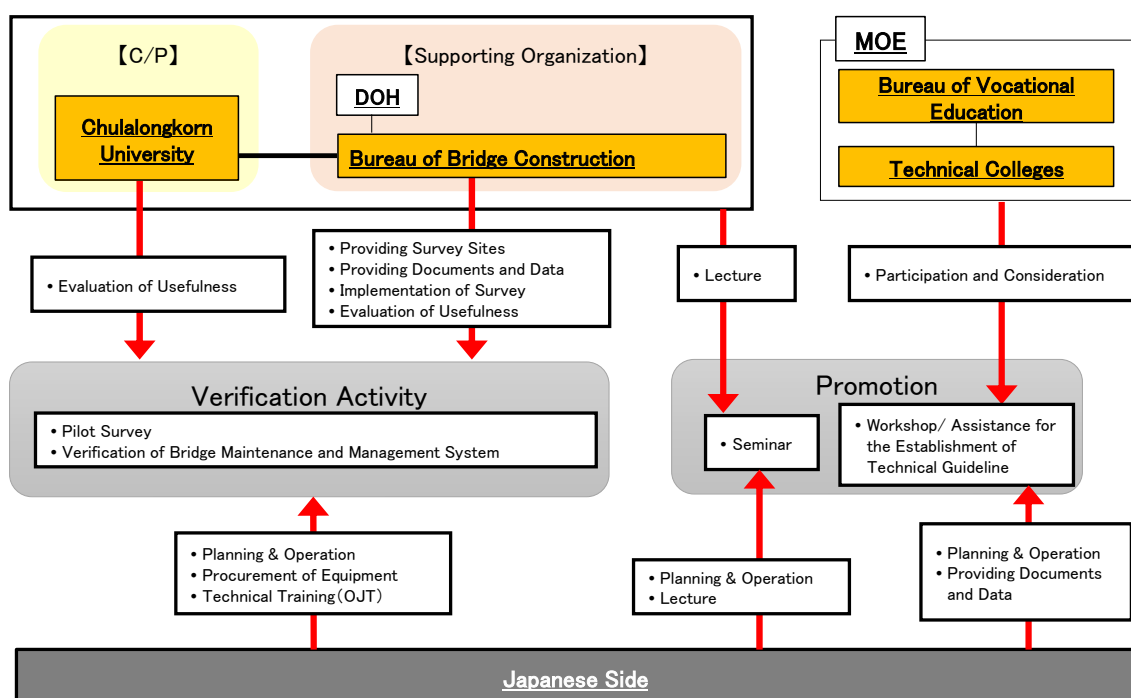
Figure. 2 Manning Schedule

(9) Implementation System



Source: JICA Survey Team

Figure. 3 Survey Implementation Organization (Japan Side)



Source: JICA Survey Team

Figure. 4 Survey Implementation Organization (Thai Side)

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

i. Outputs of the pilot survey

Six bridges for the pilot survey have been selected out of 25 bridges nominated by DOH, based on the prior site survey which was executed in the duration between November 2016 and March 2017. Prior to the pilot survey, the technical training was conducted for CU students and DOH engineers separately.

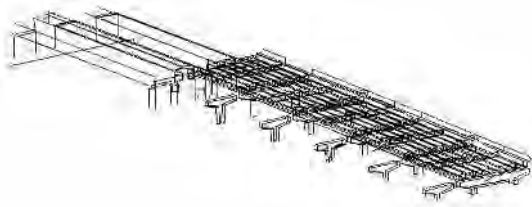
Table.2 List of target bridges

No	Name of bridge	Province	Survey duration
1	Pathumthani Bridge	Pathumthani	May 24 to June 9, 2017
2	Siriluk Bridge	Ratchaburi	May 24 to June 9, 2017
3	Bang Pakong Bridge	Chachengsao	June 28 to July 7, 2017
4	Prachinburi Bridge	Prachinburi	June 28 to July 7, 2017
5	Railway Bridge	Samutsakorn	August 1 to 11, 2017
6	Bangrachan Bridge	Singburi	August 1 to 11, 2017

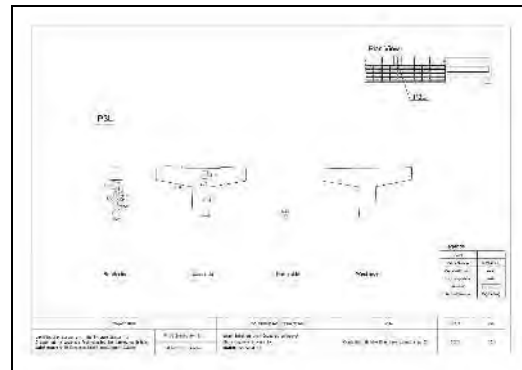
Source: JICA Survey Team

The pilot survey of six bridges listed above was carried out by two joint teams of Thai and Japanese engineers on May, June and August 2017. These bridges were constructed in different years, and so, different stages of degradation have been surveyed. In case of Pathumtani Bridge, 3D laser scanning was also carried out. The pilot survey with KUMONOS has demonstrated accurate measurement of cracks including those which the present methods are not able to capture. Advantage of KUMONOS which works from a distance has been evidentially displayed. It has showed a great contrast with the classical survey carried out from an elevating work platform or scaffoldings, which was often hampered by electric cables closely extended along the bridge.

KUMONOS survey data has been saved in the database of the present BMMS as attached files, in the form of drawings in DWG format, PDF data of 2D and 3D drawings, and a crack list. KUMONOS data saved in BMMS would be useful for future analysis of degradation by comparing it with then inspection results of the bridge. Nevertheless, KUMONOS would be utilized in much better way to select a remedy measure, prepare a cost estimate and prioritize measures to be taken, if the present BMMS adapts necessary modification. In cooperation with CU, DOH and IMMS which are very positive to improve the present system, necessary changes with adequate crack parameters and analysis method will be proposed.



[3D drawing]



[Drawing of a pier]

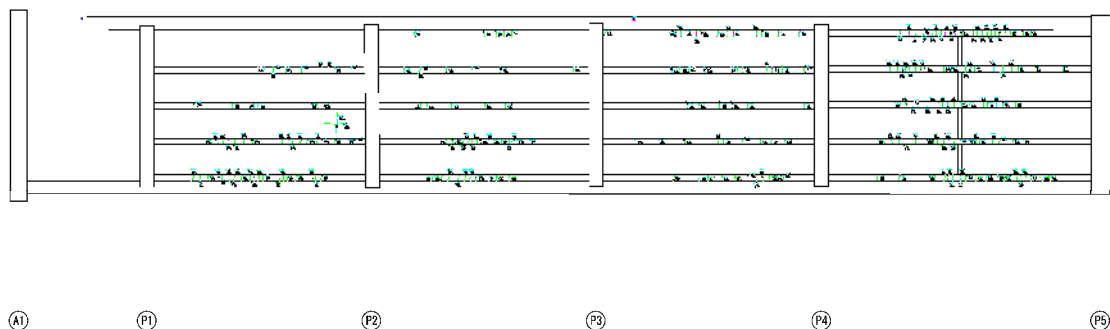
Source: JICA Survey Team

Figure. 5 Survey outputs (Pathumthani Bridge)

ii. Simulation for data utilization

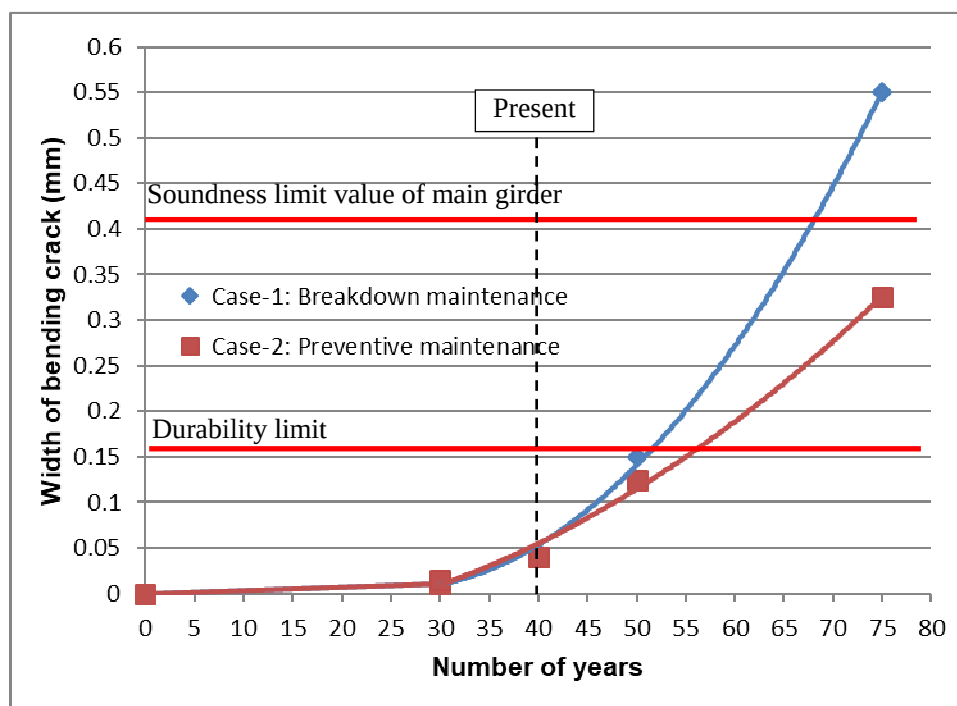
In order to demonstrate data utilization, Bang Pakong Bridge which sustains more number of cracks was chosen as a pilot bridge for the simulation. The main girders have sustained bending cracks predominantly in the middle of the span, and no stain nor deflection/deformation to alarming extent has been observed. Majority of those cracks are observed 0.04mm in width. Live load is suspected as main cause of the cracks. In Japan, it is commonly recognized that a crack more than 0.2mm in width requires remedy measures. In case of Bang Pakong Bridge, only 2% out of all the cracks on the main girders fall into this category.

Accurate coordinates of a crack surveyed with KUMONOS materializes deterioration prediction by analyzing crack data measured at least in three different times. The limited data from the one-time pilot survey should not be enough for the prediction. Yet, simple simulation was demonstrated to estimate future development of the bending cracks in two different cases; one is the case when corrective maintenance was adapted, and in other case, preventive maintenance was taken up. The simulation has shown drastic difference between the results in the two cases. As indicated on Figure.7, taken the corrective maintenance approach, the bridge becomes require major repair 25 years from now, whereas it keeps good health even after 35 years by following the preventive maintenance approach.



Source: JICA Survey Team

Figure. 6 Cracks sustained on main girders of Bang Pakong Bridge (A1 Abutment - P5 Pier) (Horizontal projection)



Source: JICA Survey Team

Figure. 7 Simulation for development of crack on main girders of Bang Pakong Bridge (A1 Abutment - P5 Pier)

iii. Utility verification of KUMONOS

The advantage of KUMONOS, which is to measure cracks accurately from a distance, has been well shared among the agencies concerned through implementation of the pilot survey. The verification meeting organized on October 16, 2017 with experts and students from CU and BU as well as officials from DOH including the director of the Bridge

Construction Bureau presented a comparison between the present and proposed methods of crack measurement as shown below. A number of positive feedbacks from the experts, students and officials from CU, BU as well as DOH have been received during the meeting. The feedback showed high expectation to KUMONOS to improve data accuracy and the database so as to support informed decision and budget appropriation.

Table.3 Comparison between KUMONOS and conventional method in Thailand

Aspect	Conventional method in Thailand	KUMONOS
Accuracy	Low	High
Measured crack information	Drawn by human	Generated by software
Human error	Many	Few (require trained personnel)
Time for inspection	Quick	Require time especially for the 1 st time
Time for data processing	Recorded and stored by Human	Converted and generated by software
Cost for inspection	Cheap for rough inspection but may have extra-cost for measuring crack in height (i.e. scaffolding)	Expensive (Device)
Cost for data producing	Cheap	Expensive (Software)
Crack Database	Difficult to track	Easy to track

Source: JICA Survey Team based on CU's presentation material

In order for effective utilization of KUMONOS in infrastructure maintenance and management, technology and know-how need to be transferred to engineers who conduct bridge inspection on daily basis. As remarked by CU students, it was felt easy to learn the operation of KUMONOS for those who were used to operate Total Station. A good example is the two CU students who took part of the pilot survey and learnt operation of KUMONOS. After three times of experience during the pilot survey, they have become capable to carry out crack measurement with KUMONOS by themselves. . Their capacity obtained has been categorized in Level 2 of the KUMONOS Corporation (KC) technical standard and successfully reached up to the target level. Similarly, operation of KUMONOS would be learnt by engineers through on the job training.

iv. Dissemination on importance of maintenance and management

The two seminars organized jointly by CU and KC have raised up awareness on infrastructure maintenance and management. It was felt that the participants have been highly interested in infrastructure maintenance technology. The first seminar organized on

May 30, 2017 at CU targeted entities in technical background. Better maintenance and management system to be developed with KUMONOS was explained to 46 participants. Conscious of the importance of the government initiatives, the second seminar on November 7, 2017 at the Embassy of Japan in Thailand invited participants also from the government authorities. Including chiefs of state divisions associating with policy and planning, as well as presidents and board members of private enterprises, more than seventy participants attended the seminar. In this seminar, five Japanese enterprises, which are Hanshin Expressway Co., Ltd, Kanamori Co., Ltd, Metropolitan Expressway Co., Ltd, Oriental Consultants Co., Ltd and KC, gave presentations which focused on theory and experience of infrastructure maintenance implemented by the respective enterprise.

The questionnaire from the participants indicated that the similar challenges on infrastructure management have been found all over the country. Most of those challenges are associating with three categories; 'organization and human resource', 'financial resource' and 'technology'. Many positive feedback filled in the questionnaire indicates that the technology of KUMONOS to cope with the existing challenges in Thailand have already been understood and shared among the participants.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be conducted by Counterpart Organization

The KUMONOS equipment provided to CU would be continuously utilized in teaching curriculum of the university. To undergraduate students, it is proposed to teach operation of KUMONOS as a tool for quality control of construction in the course. Graduate students would focus on data management technology with KUMONOS. The civil engineering graduates who learn importance of infrastructure maintenance and management with KUMONOS would take significant roles to cope with development issues and challenges in Thailand in near future.

CU is very positive to continue advanced study and research on adaptation of KUMONOS in bridge maintenance and management, and the research target would be extended to different types of infrastructure, such as buildings, dams and ports. CU has an interest in establishing 'Crack Analysis Center' which helps to process crack data and advises the government appropriate measures to be taken against damages by analyzing data and identifying cause of cracks.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

- i. Improved reliability on the maintenance and management system

KUMONOS materializes high accuracy for measurement of cracks and other degradation and damages. Accurate and reproducible data from KUMONOS makes it possible to estimate development of degradation over time, and planned out appropriate timing and type of remedy measure. The deterioration prediction is in such a way useful and efficient to scientifically make a decision for infrastructure maintenance and management, yet with the present method, it has been difficult to produce it. The survey of Bhumibol Bridge carried out on October 11, 2017 upon request from DRR was a good example to demonstrate how KUMONOS functioned to access chronological development of cracks. It has confirmed that the cracks have not been developed since the year of 2013 when KC has surveyed the same cracks during the project feasibility survey.

KUMONOS drastically reduces survey cost which was largely spent for elevating work platforms and scaffoldings. In case of Japan, KUMONOS has achieved 35% reduction of total survey cost. It would cope with the current challenges of insufficient coverage of inspection. KUMONOS also expands the area of inspection, which have been never reachable before. The survey of Rama VIII Bridge carried out on March 14, 2017 after receiving a survey approval from BMA was an amazing demonstration for this advantage. KUMONOS has taken measurement of the cracks sustained on its main tower of 160 meter in height.



[Railway Bridge]



[Rama VIII Bridge]

Source: JICA Survey Team

Figure. 8 Survey of Railway Bridge and Rama VIII Bridge

ii. Enhancement of preventive maintenance approach

Importance of preventive maintenance and management has already been shared among many people in Thailand, including those who are involved in policy making and planning on maintenance and management in the Government. The two seminars organized have further disseminated the concept of preventive maintenance. Nonetheless, the preventive maintenance approach needs accurate survey data and a reliable database. KUMONOS

provides advanced technology required for preventive maintenance approach, which works in the present infrastructure maintenance and management system in Thailand.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

i. Sustainable education for engineers

Implementation of the survey with KUMONOS requires engineer who are able to operate KUMONOS. Whereas graduates of CU will take important roles in policy making and planning in agencies concerned, the engineers who carry out the KUMONOS survey on site need to be trained in technical college. The collaboration with Suranaree Technical College where the training program was organized from March 20 to 23, 2017 needs to be continued in sustainable basis. The KUMONOS training curriculum has been already drafted by lecturers during the program in the college.

CU's initiatives for continuous study and research on adaptation of the new technology in infrastructure maintenance and management, and establishment of Crack Analysis Center would bring tremendous benefits for institutionalization of sustainable maintenance cycle - inspection, analysis and remedy measure - for bridge and other infrastructure.

ii. Institutionalization of preventive maintenance approach

In some bridges, concrete spalled off the surface has been left in a risk of falling down over busy traffic. And in other cases, any anticorrosive has not been applied for steel reinforcement bars exposed. Importance of regular inspection and necessary repair on time is commonly understood, but in reality, it has not been strictly practiced due to the current limitation of financial and human resources as well as technology. While KUMONOS technology provides solution to such ground reality, the endeavor to disseminating the preventive maintenance approach needs to be continued in order to institutionalize the preventive maintenance system through initiatives of the government authority.

Last but not least, we would like to express our appreciation to all the entities involved in the survey. This survey would not be materialized without cooperation with C/P namely CU, and also the government agencies including DOH, private enterprises and academic institutes which have supported the survey.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

