

地域の安全・安心を支える インフラメンテナンス技術者の育成

玉田和也¹・毛利聡²・嶋田知子³・加登朋恵⁴

要旨：私たちの安全・安心な暮らしには、橋梁やトンネル、高速道路等の社会基盤（インフラ）の適正な維持管理が不可欠である。しかしインフラの高齢化・老朽化が急速に進行する中、地方公共団体、特に市町村が管理する橋梁等に対するメンテナンス技術力の不足は深刻である。社会基盤メンテナンス教育センター（Infrastructure Maintenance Educational Center, 略称 i M e c）では、地域のインフラの維持管理・修繕等に対応できる土木技術者を育成するため、全国の建設系の高専生、行政機関技術職員、民間企業技術者等を幅広く受け入れ、体験型学修に重点を置いた講習会を開催している。

キーワード：インフラメンテナンス，予防保全，地域社会への貢献，技術者育成，アクティブ・ラーニング，技術資格認定

1. はじめに

1.1 i M e c の設立と背景

安全・安心な暮らしには、橋梁やトンネル、高速道路等の社会基盤（インフラ）の適正な維持管理が不可欠である。しかしインフラの高齢化・老朽化が急速に進行する中、地方公共団体、特に市町村が管理する橋梁等に対するメンテナンス技術力の不足は深刻である。社会基盤メンテナンス教育センター（Infrastructure Maintenance Educational Center, 略称 i M e c）は、地域のインフラの維持管理・修繕等に対応できる建設技術者を地域で育成する機関として、平成26年1月23日に舞鶴工業高等専門学校内に開設した。

i M e c 設立の背景には、舞鶴工業高等専門学校と京都府中丹広域振興局建設部の共催で平成22年度から継続的に開催してきた京都府北部・橋梁維持管理研修会（通称、橋守研）がある。橋守研は、京都府と京都府北部の5市2町の土木技術職員を対象とした研修会で、構造力学や橋梁工学の学び直し、橋の定期点検や長寿命化修繕計画の策定等の実践力強化に取り組んでいる。この研修会を通じ、地域のインフラを守る建設技術者を育成する常設の教育センター設立へのニーズが明らかとなった。

1.2 i M e c の概要

i M e c では、インフラメンテナンス技術に特化



Fig. 1 Infrastructure Maintenance Educational Center

した実践力ある人材を育成することをモットーに、体験型学修に重点を置いた講習会を開催している。

土木研究所、高速道路会社、地元自治体等の協力を得て、実際の劣化橋梁の撤去部材等を収集・展示する実物劣化モデル実習フィールドの整備を進めてきた結果、現在、コンクリート橋及び鋼橋の主要な劣化・損傷について実物を用いて学修できる環境が整っている。i M e c で実施する講習会では、全国の建設系の高専生、行政機関技術職員、民間企業技術者等を幅広く受け入れ、座学だけでなく、非破壊検査の実習、実物劣化橋梁部材や供用中の橋梁等による体験型学修を組み合わせた実践的な教育を実施している。講習会において育成した橋梁メンテナンスに関する建設技術者は、平成30年12月末時点で計597名に上る。

国土交通省では、大切な資産である道路ストックを長く大事に保全し、安全で安心な道路サービスの

1 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 教授
社会基盤メンテナンス教育センター長
2 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 講師
3 社会基盤メンテナンス教育センター 特命助教
4 社会基盤メンテナンス教育センター 技術スタッフ

提供やライフサイクルコストの縮減等を図るため構造物の定期的な点検により早期に損傷を発見し、事故や架け替え、大規模な修繕に至る前に対策を実施する予防保全を推進している。iMecでは、インフラメンテナンス技術者の育成に加え、メンテナンス工学に関する調査・研究、地方公共団体等への技術支援、産学官連携のコーディネート等にも取り組み、予防保全の中核的施設として地域社会に貢献することを目指している。

2. アクティブ・ラーニングを基軸とした教育プログラムの開発と実践

2.1 教育プログラムの開発

(1) 開発教育プログラム e+iMec 講習会

平成27年度より、文部科学省「成長分野等における中核的専門人材養成等の戦略的推進」事業等において、アクティブ・ラーニング（能動的学修）を基軸としたインフラメンテナンス技術者教育プログラムの開発に取組み、その成果を基に平成28年度よりeラーニングを導入したe+iMec講習会を開講している。

e+iMec講習会では、講習会2週間前よりeラーニングで事前学修を行い、iMecでの講習会は体験型学修に重点を置いてアクティブ化することで、効率的かつ効果的な知識及び技能の修得を狙っている。

Table 1 List of e+iMec Workshop

講習会名	修得を目指す知識・技能
橋梁点検【導入編】	・橋梁工学に関する基礎知識 ・道路構造物の損傷に関する初歩的な知識及び技能
橋梁点検【基礎編】	・橋梁工学に関する知識及び道路構造物の損傷に関する知識 ・一般的な橋梁形式の道路橋について道路橋定期点検要領に基づく点検を履行するために必要な知識及び技能
橋梁点検【応用編】	・道路橋定期点検要領に基づく点検を履行するために必要な知識及び技能 ・一般的な橋梁形式の道路橋について道路橋定期点検要領に基づく健全性の診断を履行するために必要な知識及び技能
舗装及防水層	・舗装及び防水層の現状把握、健全度の評価・将来予測、維持修繕の実施に必要な知識及び技能
鋼構造物の非破壊検査	・鋼構造物の非破壊検査について、実施及び調査結果からの損傷評価に必要な知識及び技能
コンクリートの品質管理	・コンクリートの特性及び構成材料に関する基礎知識 ・コンクリートの品質管理に必要な知識及び技能
地盤と斜面	・斜面崩落危険箇所の抽出、崩落防止対策、通行規制・規制解除の判断等に必要な知識及び技能

Table 2 Non-destructive inspection training

検査種類	検査手法
鉄筋探査	電磁波レーダー法
コンクリートの推定強度	リバウンドハンマーによる反発度法
コンクリートの圧縮強度、静弾性係数	圧縮試験、静弾性係数試験
コンクリートの中性化深さ測定	フェノールフタレイン法
うき・剥離の範囲	赤外線サーモグラフィ、ハンマーによる打音検査
ひび割れ幅計測	デジタルクラックスケール
鋼橋の塗膜厚測定	電磁式膜厚計
鋼材の疲労亀裂探査	浸透探傷試験、磁気探傷試験 超音波探傷試験、放射線透過試験

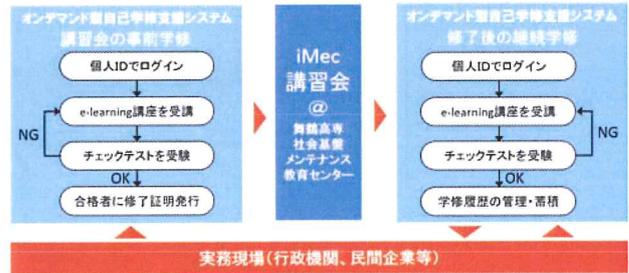


Fig. 2 On-demand Self-learning Support System

受講者からは、事前のeラーニングの受講により予備知識を持って講習会に臨めた、実際に実物を見て学ぶことにより知識を深めることができた等、カリキュラムを高く評価していただいている。

e+iMec講習会の種類は、学修ニーズ（レベル・分野）に対応して、目的・対象別に様々な教育コンテンツを整備している（Table 1）。講習会で実際に体験できる非破壊検査等の一覧をTable 2に示す。

(2) eラーニングによるオンデマンド型自己学修支援システム

Fig. 2にeラーニングによるオンデマンド型自己学修支援システムの概要を示す。多忙な業務とメンテナンス技術獲得・向上の両立という実務者のニーズに応え、時間と場所を選ばず学修できる環境を、専用のクラウド上に提供している。講習会受講者は個人IDでシステムにログインし、各自のペースで講習会前にeラーニング講座を受講し必要な知識を学修する他、講習会修了後は常時アクセス可能な“学び直し”の環境として活用する。

2.2 アクティブ・ラーニングによる技術者教育の実践

(1) 橋梁点検に関する技術者育成

高度経済成長期に集中的に整備された橋梁は全国に約73万橋あり、そのうち7割以上となる約52万橋が市町村道にあり、その大部分は地方公共団体が管理している。建設後50年を経過した橋梁の割合は現在25%、10年後には50%にもなる。

立地環境の厳しい場所などの一部も老朽化による変状が顕在化し、地方公共団体が管理する橋梁では最近5年間で通行規制が2倍以上に増加している。

しかし、前述したように、地方公共団体、特に地方の市町村ではインフラの維持管理や修繕等に対応できる技術力の不足が深刻であり、iMecでは地方自治体職員だけでなく、建設系の高専生や民間技術者などを幅広く受け入れ、地元の橋は地元で守ることを目標に、橋梁点検技術者育成を行っている。

e+iMec講習会【橋梁点検】では、橋梁点検技術者育成のステップアップ型教育プログラム（Fig. 3）を実施している。専門用語の解説や橋梁工学の初歩

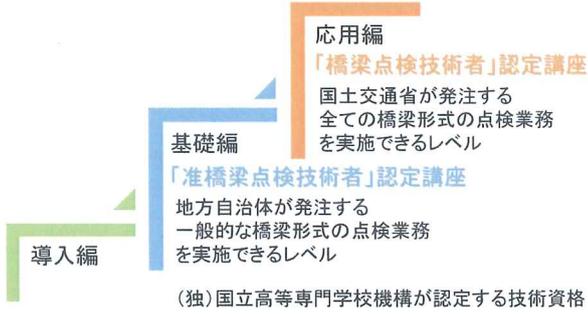


Fig. 3 Step-up education programs for bridge inspection engineers



(a) Experiential learning using deteriorated bridge models

e-learning (事前学修)		iMec講習会【基礎編(橋梁点検)】			
講座名	限	時間	(分)	講座名	内容
橋梁工学	-	9:30-10:20	(50)	講習会ガイダンス	スケジュール、受講者交流、事前学修のチェックテスト
コンクリート構造物の損傷	1	10:30-11:40	(70)	橋梁工学	概説、演習問題
鋼構造物の損傷	2	12:40-14:30	(110)	コンクリート構造物の損傷と対策	損傷探索実習、実物見学・解説
構造物の補修・補強	3	14:40-16:30	(110)	鋼構造物の損傷と対策 共通の損傷	損傷探索実習、上部工・下部工・支保・橋梁・行旅物等の実物見学・解説
共通の損傷	4	16:40-18:00	(80)	維持管理計画	維持管理計画の立案演習
橋の点検要領	5	9:00-9:30	(30)	現場実習ガイダンス	橋の点検要領、実習橋梁趾元
コンクリート橋の点検	6	10:00-10:50	(50)	コンクリート橋の点検	現場実習、定期点検の着視点
鋼橋の点検	7	11:00-11:50	(50)	鋼橋の点検	現場実習、定期点検の着視点
詳細調査手法	8	13:00-14:10	(70)	詳細調査手法	ひび割れ橋、手摺り劣化、空洞、中性化、剥離、塩分量、Ca-強度、鉄筋検査等
e-learning講座単位	9	14:20-14:50	(30)	まとめ	質疑応答、アンケート
座学	10	15:00-15:50	(50)	字修到達度確認試験	問題数30問、回答時間45分
体験型学修	-	15:50-16:00	(10)	修了式	

Fig. 4 e+iMec Workshop [Basic Course(Bridge Inspection)]



(b) Maintenance planning group work

Fig. 5 e+iMec Workshop [Basic Course(Bridge Inspection)]

的な知識を学修する「導入編」、コンクリート構造物及び鋼構造物の劣化・損傷に関する知識と橋梁メンテナンスの実践的技術を包括的に学修する「基礎編」、橋梁点検実務に即した演習等を行う「応用編」の3つの教育プログラムがある。

「基礎編」の教育プログラム、e+iMec講習会【基礎編(橋梁点検)】のカリキュラムをFig. 4に示す。このカリキュラムでは、地方自治体が管理する道路橋のうち、一般的な橋梁形式のものについて、道路橋定期点検要領(国土交通省道路局平成26年6月)に基づく道路橋の点検を担当技術者として実施するために必要な知識及び技能の修得を目指す。9講座あるeラーニング講座をチェックテストも含め全て修了することで、橋梁点検に必要な基本的な知識を一通り修得できる。また、講習会ではカリキュラムの8割以上を体験型学修とし、実物劣化モデルを用いた損傷探索実習、グループワークによる橋の維持管理計画立案演習、実際の橋梁での現場実習、非破壊検査実習等を実施する。

e+iMec講習会【基礎編(橋梁点検)】の(a)劣化部材を用いた体験型学修の様子、及び、(b)維持管理計画立案演習の様子をFig. 5(a), (b)に示す。

e-learning		iMec講習会【応用編(橋梁点検)】				日
講座名	限	時間	(分)	講座名	内容	
	-	13:00-13:30	(30)	講習会ガイダンス	スケジュール、受講者交流、事前学修のチェックテスト	1日目
特殊橋梁の構造劣化・損傷	1	13:30-14:20	(50)	特殊橋梁の構造劣化及び劣化・損傷	構造形式と力学特性の解説 特殊橋梁構造部材の劣化・損傷	
コンクリート橋・鋼橋の定期点検演習	2	14:30-16:30	(120)	コンクリート橋・鋼橋の定期点検	対象橋梁の構造と損傷 実物モデル・劣化項目と点検方法 健全性の診断と損傷 橋梁点検時の安全管理 *実物劣化モデル・フィールド演習含む	2日目
	3	16:30-17:15	(45)	現場演習の準備	橋梁趾元の整理 耐荷重等の確認 損傷目録(白図)の確認	
	4	9:00-9:15	(15)	現場実習ガイダンス	注意事項説明、点検装備確認	3日目
	5	9:45-12:15	(150)	現場演習(コンクリート橋)	損傷劣化の撮影 損傷目録の作成 各損傷の判定	
	6	13:30-15:30	(120)	現場演習(鋼橋)		2日目
	7	16:00-17:15	(75)	現場演習のまとめ	点検演習作成のための打合せ	
	8	9:00-12:00	(180)	点検報告書の作成・確認	プレゼン資料の作成	3日目
	9	12:45-14:45	(120)	プレゼンテーション・講評	現場演習成果の発表 講師からの個別講評	
e-learning講座単位	10	15:00-15:30	(30)	まとめ	金持ディスカッション、質疑応答	3日目
座学(講義)	11	15:45-16:45	(60)	字修到達度確認試験	問題数: 選択問題、筆記問題 問題時間: 60分	
体験型学修	-	17:00-17:15	(15)	修了式	修了証の交付、アンケート	

Fig. 6 e+iMec Workshop [Advanced Course(Bridge Inspection)]

「応用編」の教育プログラム、e+iMec講習会【応用編(橋梁点検)】のカリキュラムをFig. 6に示す。このカリキュラムでは、准橋梁点検技術者の認定を受けており、橋梁の整備・施設管理に関する業務実績が1年以上ある者を対象とし、道路橋定期点検要領(国土交通省道路局平成26年6月)に基づき実施する道路橋の点検業務及び診断業務※を担当技術者として実施するために必要な知識及び技能の修得を目指す。※診断業務は地方自治体が管理する一般



(a) Group photo



(b) On-site training

Fig. 7 Periodic Bridge Inspection On-site training

Table 3 Results of e+iMec Workshop [Bridge Inspection]

平成30年12月2日時点

	開催回数	対象	受講者(人)
基礎編	44回	行政機関職員	85
		民間企業技術者	264
		建設系高専生	50
		合計	399
応用編	8回	行政機関職員	15
		民間企業技術者	38
		合計	53

的な橋梁形式の道路橋に限る。

3 講座の e ラーニングによる事前学修を修了後、3 日間の講習会では、実際に鋼橋、コンクリート橋の定期点検演習を行い点検調書を作成、結果のプレゼンを行う実践的なカリキュラムとなっている。

橋の定期点検の現場演習の様子を Fig. 7(a), (b) に、e+iMec 講習会【橋梁点検】の開催実績を Table 3

に示す。

(2) コンクリートの品質管理に関する技術者育成 e+iMec 講習会【コンクリートの品質管理】のカリキュラムを Fig. 8 に示す。この講習会は、大規模工事の減少や構造物のプレキャスト化等により日常業務を通じた教育・訓練 (OJT) の機会が少なくなり、特に地方自治体の技術職員が管理・監督技術者として経験不足であることから、コンクリートのことを学ぶ場として開催している。

このカリキュラムでは、コンクリートの品質管理を適切に行い、密実なコンクリート構造物を施工できる技術者育成のために、施工プロセスを実体験しながら必要な知識及び技能の修得を目指す。

e ラーニングによる事前学修では、コンクリートの特性及び構成材料、フレッシュコンクリート・硬化コンクリート及びコンクリートの初期欠陥について学修し、コンクリートに関する基礎的な知識を修得する。

4 日間の講習会では、始めにコンクリート構造物の施工の概要と管理上のポイントについて座学講義を行い、次に実習で鉄筋・型枠組立て、コンクリート打設、脱型を行い、一連のコンクリート構造物施工のプロセスを体験する。それぞれの実習ごとに作業における危険事項を確認し、危険予知ミーティングを行う。

受講者からは、e ラーニングによりコンクリート材料について学び直した上で施工を体験することで高い学修効果が得られること、施工プロセスを体験することで施工手順や管理項目・検査内容の意味・意義を学ぶことができることが評価された。

Fig. 9(a)~(e) に鉄筋・型枠組立て、コンクリート打設、脱型の一連の様子を示す。

e-learning コンクリートの材料特性			
実施内容	日程	時間	時間割
座学講義	1日目	10:00-10:30	ガイダンス
		10:30-12:00	コンクリート構造物の品質管理【座学】
		13:00-13:30	施工手順の説明
		13:30-16:30	実習①
墨だし 鉄筋組立 型枠組立	2日目	16:30-17:00	作業内容総括、片付け
		9:00-9:15	作業内容の説明、実習準備
		9:15-12:00	実習②
		13:30-15:30	実習③
打設	3日目	15:30-16:00	作業内容総括、片付け
		9:00-9:30	施工手順の説明
		9:30-9:50	生コン受け入れ準備
		10:00-14:00	実習④
脱型	4日目	14:00-14:30	作業内容総括、片付け
		13:00-15:00	施工手順の説明・実習⑤

Fig. 8 e+iMec Workshop [Quality Control of Concrete Construction]



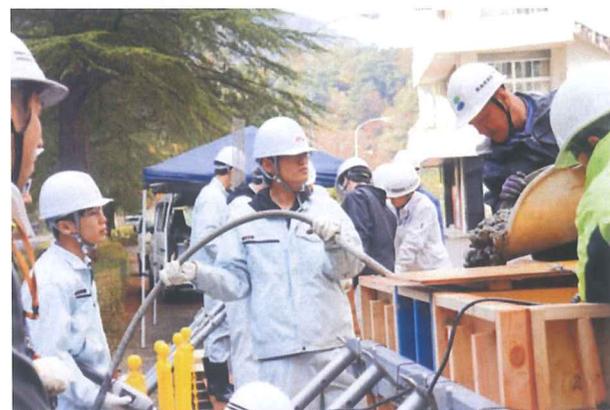
(a) Reinforcement work



(e) Group photo



(b) Form work



(c) Concrete placing work



(d) Form removal

Fig. 9 e+iMec Workshop

[Quality Control of Concrete Construction]

3. 橋梁点検に関する技術資格認定

独立行政法人国立高等専門学校機構では、地域における橋梁メンテナンス技術者の育成と橋梁メンテナンスの確実な履行を推進するため、e+iMec講習会【基礎編（橋梁点検）】及びe+iMec講習会【応用編（橋梁点検）】の講習会カリキュラム修了後に行う技術資格認定試験（学修到達度確認試験を準用）に合格した者に、橋梁メンテナンスに関する技術資格を認定している。資格は、基礎編に対応する『准橋梁点検技術者』と応用編に対応する『橋梁点検技術者』を付与している。平成30年12月末での資格登録者数は、准橋梁点検技術者が248名、橋梁点検技術者が17名である。

国土交通省では、民間事業者等が付与する一定水準の技術力等を有する資格を「国土交通省登録資格」として登録し、国及び地方公共団体の業務発注に際

Table 4 Technical qualification enrollment

平成30年12月末時点

准橋梁点検技術者(人)	橋梁点検技術者(人)
248	17

Table 5 Name of technical qualification and qualification range

資格名称	資格範囲			
	施設分野	業務	技術区分	資格登録番号
准橋梁点検技術者	橋梁 (鋼橋) ^{※1}	点検	担当技術者	—
	橋梁 (コンクリート橋) ^{※1}	点検	担当技術者	—
橋梁点検技術者	橋梁 (鋼橋)	点検 ^{※2}	担当技術者 ^{※3}	品確技資 第170号
	橋梁 (コンクリート橋)	点検 ^{※2}	担当技術者 ^{※3}	品確技資 第183号

※1:一般的な橋梁形式(桁橋及び床版橋等)に限る

※2:地方自治体発注業務においては診断も含む

※3:地方自治体発注業務においては管理技術者として業務を実施することも可能

し総合評価で加点評価するなど資格保有者を積極的に活用している。『橋梁点検技術者』についても平成29年2月24日付で公的資格として登録認可された。資格名称と資格範囲を Table 5 に示す。

4. まとめ

iMecでは、前述してきたように主に実務者を対象としたe+iMec講習会を開催し、インフラメンテナンスに関する人材育成に取り組んでいる。また、全国の高専から受講生を受入れ、e+iMec講習会【基礎編(橋梁点検)】のカリキュラムを高専生向けに発展させた5日間の教育プログラムで講習会を開催し、次世代を担う技術者育成にも積極的に取り組んでいる。学生からは、インフラメンテナンスについて学び、交流できる貴重な機会として好評を得ている。

今後も、地域のインフラを守る土木技術者の育成をミッションに据え、地域に根差した教育センターとして地道な活動を継続するとともに、京都府北部地域における建設技術職員構成とインフラ管理データの定量的な分析に基づく持続可能なインフラマネ

ジメントの実現に向けた研究、市民協働型インフラ管理体制の構築に向けたインフラ観察システムの開発、産官学連携による地域ニーズに応じたインフラメンテナンス技術者育成カリキュラムの開発等、新たな挑戦を続けていく。



Fig.10 Education program for KOSEN

(2018. 12. 7 受付)

DEVELOPEMENT OF INFRASTRUCTURE MAINTENANCE ENGINEERS SUPPORTING SAFETY AND SECURITY OF COMMUNITIES

Kazuya TAMADA, Satoshi MOHRI, Tomoko SHIMADA and Tomoe KATO

ABSTRACT : For safe and secure living, the proper maintenance of infrastructure, such as bridges, tunnels, and expressways, is essential. While aging and deterioration of infrastructure progress rapidly, lack of the maintenance technical skills for infrastructure which municipalities manage is serious.

To bring up civil engineers who can manage infrastructure maintenance and repair, Infrastructure Maintenance Educational Center (iMec) accepts the participation of a wide range of students majoring in construction engineering, local government officials, and private civil engineers, etc., from across the country at workshops conducted by our center, providing not only classroom lectures, but also practical training combining non-destructive inspection training and experiential learning with actual deteriorated bridge members and bridges in service.

Key Words : *Infrastructure maintenance, Preventive maintenance, Contribution to the community, Development of engineers, Active-learning, Technical accreditation*