

文部科学省 平成 26 年度「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
地域ニーズに応えるインフラ再生技術者育成のためのカリキュラム設計

平成 26 年度
社会基盤メンテナンスエキスパート (ME)
養成講座

報告書
[要約版]

平成 27 年 2 月



愛媛大学防災情報研究センター

Center for Disaster Management Informatics Research, Ehime University

目 次

はじめに

1. 養成講座の目的と意義	1
1.1 講座の目的と意義	
1.2 講座の概要	
1.3 カリキュラム	
2. 講座内容	3
2.1 前期講座	
[1 日目]	4
2.1.1 社会資本とアセットマネジメント	
2.1.2 道路法の改正と道路保全	
2.1.3 アセットマネジメント概論（構造物全般）	
[2 日目]	9
2.1.4 ライフサイクルコスト概論	
2.1.5 演習 ライフサイクルコスト	
2.1.6 上下水道の維持管理	
2.1.7 フィールドワーク 下水道の維持管理	
[3 日目]	12
2.1.8 リスクマネジメント概論	
2.1.9 橋梁構造物の設計と維持管理	
2.1.10 橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方	
[4 日目]	20
2.1.11 橋梁の耐震補強	
2.1.12 橋梁の補修設計	
2.1.13 コンクリート橋の損傷と対応	
2.1.14 鋼橋の損傷と対策	
[5 日目]	26
2.1.15 橋梁の点検手法	
2.1.16 橋梁の維持管理	
2.1.17 フィールドワーク 橋梁の維持管理	
2.2 後期講座	
[6 日目]	30
2.2.1 健全度評価手法（土構造物）	
2.2.2 土構造物の設計と浸透	
2.2.3 斜面・構造物の維持管理	

2.2.4 演習 斜面構造物の維持管理	
[7 日目]37
2.2.5 擁壁の設計と維持管理	
2.2.6 演習 擁壁の設計と維持管理	
2.2.7 フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理	
[8 日目]40
2.2.8 河川の維持管理	
2.2.9 河川構造物の維持管理	
2.2.10 トンネルの維持管理	
2.2.11 フィールドワークトンネルの維持管理	
[9 日目]45
2.2.12 舗装の設計と維持管理	
2.2.13 洪水被害の概要と対策	
2.2.14 土砂災害の概要と対策	
2.2.15 演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策	
[10 日目]48
2.2.16 地震発生による被害と対策	
2.2.17 津波発生と被害想定	
2.2.18 演習 地震災害のソフト対策	
3. ME 養成講座を終えて50
3.1 カリキュラムについて	
3.2 講座開催時期と期間について	
4. 現場事例51
4.1 橋梁	
4.2 トンネル	
4.3 下水道	
4.4 斜面	
おわりに63
 <巻末資料>	
資料-1: 「愛媛社会基盤メンテナンス推進協議会」参加組織一覧	
資料-2: 松山河川国道事務所道路概要図 2014	
資料-3: 愛媛県道路概要図	
資料-4: 平成 26 年度社会基盤メンテナンスエキスパート (ME) 養成講座一覧表	

はじめに

この報告書は、平成 26 年度「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」事業の下に愛媛大学で行われた「社会基盤メンテナンスエキスパート (ME) 養成講座」(以下、ME 養成講座) の講義を要約したものである。

平成 26 年度 ME 養成講座は、本事業の職域「インフラ再生」の『地域ニーズに応えるインフラ再生技術者養成のためのカリキュラム設計』に細分された事業で行われた。本 ME 養成講座は、昨年度 (平成 25 年度) の試行講座を経て初回となるもので、10 月および 11 月の 1 週間ずつ、計 2 週間で 10 日間を使い、48 コマの講義を行っている。講座は、座学 26 コマ、演習 7 コマ、フィールドワーク 9 コマ、およびワークショップ 6 コマの講義で構成される。10 日の講座期間中、できるだけフィールドワークに時間を割いている。その理由は、座学及び演習で得た知識を早い時期にフィールドワークで実習することで、今後のインフラ再生技術をこなしていく ME 養成に有効な内容であると考えたからである。同 ME 養成講座では、産業界 14 名、官関係 12 名、合計 26 名の受講があった。

本報告書は、ME 養成講座を前期及び後期に分けた時間割順で一日単位にまとめている。このように、講義の実施日を基本にまとめることにより、平成 26 年度 ME 養成講座の受講生には復習の一助となり、新たに本講座に興味をもたれた方には一日の講義科目内容を概観できる、と考えた。講座に要したパワーポイント資料の枚数は 2,000 枚以上に上り、量もさることながら、公開できる資料に限られるため、本報告書は ME 養成講座[要約版]とさせていただいた。

なお、講義に関係する参考文献は巻末に纏めるのではなく、講義毎に掲載させていただいた。

平成 27 年 2 月吉日
愛媛大学防災情報研究センター

[ME 養成講座準備スタッフ]

矢田部龍一：愛媛大学防災情報研究センター長
吉井稔雄：愛媛大学大学院理工学研究科 教授
森脇亮：愛媛大学大学院理工学研究科 教授
竹田正彦：愛媛大学防災情報研究センター 副センター長
廣田清治*)：愛媛大学防災情報研究センター 特定教授
大原暁子：愛媛大学防災情報研究センター 事務補佐員
堀口睦美：愛媛大学防災情報研究センター 事務補佐員
泉知子：愛媛大学防災情報研究センター 事務補佐員

(*)：報告書まとめ

[愛媛社会基盤メンテナンス推進協議会]

愛媛社会基盤メンテナンス推進協議会は、愛媛大学防災情報研究センター、愛媛大学工学部環境建設工学科、国土交通省四国地方整備局、愛媛県土木部、愛媛県内 20 市町 (自治体)、西日本高速道路(株)四国支社、(一社)愛媛県建設業協会、愛媛県土木施工管理技士会、(一社)建設コンサルタツツ協会四国支部等、33 団体から構成されている (巻末の資料-1 に組織表を示す)。

1. 養成講座の目的と意義

1.1 講座の目的と意義

養成講座は、あらたな社会基盤、既存社会基盤の維持管理・補修の計画・設計・実施技術を習得し、地域の活性化に貢献できる人材としての社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）を育成することを目的としている。

我が国では、経済成長とともに道路を中心とした多くの社会基盤の整備がなされてきたが、これらの構造物は劣化が促進される傾向にある。そして、少子高齢化に伴い新たな社会基盤の整備、および維持・管理に携わる技術者が不足傾向にあり、行政と業界双方の技術力を向上させる取り組みが必要不可欠な課題としてある。このような状況下で、社会基盤の構造物の長寿命化を図るなど国の施策として求められており、構造物等の劣化状態を適確に診断し対処できる技術者を育成することは、地域を含め、これからの我が国土を守るためにも非常に意義のあることである（平成 26 年度 募集要項から引用）。

1.2 講座の概要

養成講座では、短期集中カリキュラムにおいて管理者（行政）側と建設業関連技術者側それぞれの組織の技術者が、＜同じ教室に同席しながら＞所定の科目を履修することで、共通の高度な知識を持つ総合技術者の育成を目指している。

今回行われる講座では、コアカリキュラムとして全体として知るべき内容と、ローカルカリキュラムとして愛媛を含め四国の様々な災害に関する諸問題を取り扱えるよう科目構成を考えている。大まかには、座学（講義）⇒演習⇒フィールドワークを基本としている。履修期間は前・後期の二つに分けるが、履修の数は 10 日間で 48 コマからなる。講師陣は、愛媛大学工学部環境建設工学科教員ならびに防災情報研究センター教員に加え、国・県・市・民間等から学外専門家を講師として招いて実施した。

求められる技量の認定として、講座が修了したのち論文試験と面接試験（プレゼンテーション）を行い、審査結果のもとに「社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）認定試験」合格証明書を発行する（平成 26 年度 募集要項から引用）。

1.3 カリキュラム

ME 養成講座のカリキュラム構成を次に示す (表 1, 図 1)

表 1. 平成 26 年度社会基盤メンテナンスエキスパート (ME) 養成講座一覧表.

	1時限目 (8:30~10:00)	2時限目 (10:20~11:50)	3時限目 (12:40~14:10)	4時限目 (14:30~16:00)	5時限目 (16:20~17:50)
1日目	ガイダンス	社会資本とアセット マネジメント	道路法の改正と 道路保全	アセットマネジメント概論 (構造物全般)	アセットマネジメント概論 (構造物全般)
2日目	ライフサイクル概論 (構造物全般)	演習 ライフサイクル	上下水道の維持管理	フィールドワーク 下水道の維持管理	ワークショップ (質疑応答、レポート作成)
3日目	リスクマネジメント概論	橋梁構造物の設計と 維持管理	橋梁の劣化予測・評価手法の現 状と使い方	演習 橋梁の劣化予測・評価手法の 現状と使い方	ワークショップ (質疑応答、レポート作成)
4日目	橋梁の耐震補強	橋梁の補修設計	コンクリート橋の 損傷と対応	鋼橋の損傷と対策	ワークショップ (質疑応答、レポート作成)
5日目	橋梁の点検手法	橋梁の維持管理 (現場説明有り)	フィールドワーク 橋梁の維持管理		ワークショップ (質疑応答、レポート作成)
6日目	健全度評価手法 (土構造物)	土構造物の 設計と浸透	斜面・構造物の 維持管理	演習 斜面・構造物の 維持管理	ワークショップ (質疑応答、レポート作成)
7日目	擁壁の設計と 維持管理	演習 擁壁の設計と 維持管理	フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理		擁壁・斜面の 維持管理 まとめ
8日目	河川の維持管理	河川構造物の維持管理	トンネルの維持管理	フィールドワークトンネルの維持管理 (トンネルの維持管理 まとめ)	
9日目	舗装の設計と維持管理	洪水被害の概要と対策	土砂災害の概要と対策	演習 土砂災害の予測と対策・技術者倫理	
10日目	地震発生による 被害と対策	津波発生と被害想定	演習 地震災害の ソフト対策	ワークショップ (ME認定試験について)	閉講式



図 1. 社会基盤メンテナンスエキスパート養成講座科目構成関係イメージ図.

図1にあるように、本講座では、アセットマネジメントは社会基盤の維持管理を行う上で根幹になると考えている。ライフサイクルコスト(LCC)、リスクマネジメントの考えを含め、アセット(資産)を管理する考えは、例えば、橋梁、トンネルといった具体的な構造物を維持管理する上において共通の基本的な考えとなるからである。

講座の要素で、「橋梁」、「地盤構造物」、「舗装」、「トンネル」、「河川構造物」、および「上下水道」をコアカリキュラム、「災害と対策」をローカルカリキュラムに位置づけている。このカリキュラム「災害と対策」は、既設の社会インフラが、永年の静的な劣化の影響を被るのみならず、動的な自然災害、とくに四国では“南海トラフ地震”および“豪雨”の影響を受ける可能性が大きいと、取り入れられている。ローカルカリキュラムで得た知識及び技術は、地震災害及び斜面災害対策の構造物のみならず、今後、社会インフラが整備されている箇所周辺の脆弱化を考える際にも役立つと考える。

2. 講座内容

ME養成講座は、前期と後期に分けられる。講座の日程は1日目～10日目までであるが、ここでは、2.1に前期講座、2.2に後期講座に分けてスケジュール一覧を示している。

2.1 前期講座

ME養成講座の前期は、平成26年10月27日～10月31日の5日間に行われた(表2)。

表2. 前期ME養成講座一覧表.

講座日	授業時間	時限	講座名	講師名	受講生配布資料/講師準備資料	備考
10月27日	1	1	開講式		平成26年度社会基盤メンテナンス(ME)養成講座 ガイダンス	PPT16枚
		2	社会資本とアセットマネジメント	梶久夫	快適で安全に学んでいただくために 社会資本とアセットマネジメント	PPT70枚
		2		九鬼和寛	愛媛県の社会資本整備の現状と今後の取り組み 土木部における総合的な防災・減災対策の方針 主要事業と社会資本の老朽化対策(スライド用)	PPT16枚 pdf1枚 配布はなし、PPT1枚
		3	道路法の改正と道路保全	岡崎和幸	愛媛県土木資料 道路法の改正と道路保全	1枚 PPT121枚
		4	アセットマネジメント概論(構造物全般)	貝戸清之	アセットマネジメント概論(構造物全般)	PPT68枚
10月28日	2	1	ライフサイクルコスト概論	吉井稔雄	ライフサイクルコスト概論(ライフサイクルアセスメント)	PPT34枚, 配布資料4in1.
		2	演習 ライフサイクルコスト	杉原聡志	ライフサイクルコスト演習 演習資料	PPT12枚 エクセルで配布
		3	上下水道の維持管理	大西仁	松山市の水道事業	PPT79枚, 配布資料4in1
				川上清	松山市の下水道 2013事業	松山市下水道パンフ
				出海恭輔	事業年報平成24年度	配布資料、電子データ無し
				谷口貞広	「第11次松山市下水道整備五箇年計画」について	
				森潔市		
		4	フィールドワーク 下水道の維持管理	松山市下水道部		公益社団法人 日本下水道管路 管理業協会 菊池英夫副会長
		5	ワークショップ	熊田素子		
10月29日	3	1	リスクマネジメント概論	羽鳥剛史	リスクマネジメント概論	PPT53枚
		2	橋梁構造物の設計と維持管理	氏家勲	橋梁構造物の設計と維持管理(コンクリート橋)	PPT54枚
				大賀水田生	橋梁構造物の設計と維持管理	PPT27枚
		3	橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方	全邦釘	橋梁の劣化予測・評価の手法の現状と使い方	PPT47枚
		4	演習・橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方	全邦釘	例題シート	演習用プリント、電子データ無し
		5	ワークショップ	熊田素子		
10月30日	4	1	橋梁の耐震補強	星隈順一	橋梁の耐震補強	PPT100枚
		2	橋梁の補修設計	小林大	橋梁の補修設計	PPT40枚
		3	コンクリート橋の損傷と対応	牧野徹	コンクリート橋の損傷と対策(補修工法の実例)	PPT105枚
		4	鋼橋の損傷と対応	村上茂之	鋼橋の損傷と対策	PPT97枚
		5	ワークショップ	熊田素子		
10月31日	5	1	橋梁の点検手法	白石昌史	<橋梁の点検手法>愛媛県の橋梁点検について	
		2	橋梁の維持管理(現場説明を含む)	須賀幸一	社会基盤のメンテナンスー道路橋の維持管理の考え方ー(点検・評価・対策)	代 森伸一郎先生、PPT52枚
		3	フィールドワーク 橋梁の維持管理	須賀幸一	天山橋、星岡橋 橋梁一般図	A3版2枚、電子データ無し
		4			点検調書(その2)	例1枚、記入用2枚、電子データ無し
		5	ワークショップ	須賀幸一・小林大・村上茂之		PPTで発表

〔1 日目〕

ME 養成講座の 1 日目は、開講式ならびにガイダンスを行い、「社会資本とアセットマネジメント」、「道路法の改正と道路保全」、および「アセットマネジメント概論」の講義がなされた。

10月	1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目	
	8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50	
1 日 目	27日 (月)	開講式 矢田部雅一 ガイダンス 森脇 亮 廣田清治 熊田素子	社会資本と アセットマネジメント 梶 久夫 九鬼和寛	道路法の改正と 道路保全 岡崎和幸	アセットマネジメント概論 (構造物全般) 貝戸清之	アセットマネジメント概論 (構造物全般) 貝戸清之

1 日目、1 時限目は矢田部防災情報研究センター長の挨拶で開講式が行われ、全体の ME 養成講座に関するガイダンスが行われた (図 2)。



図 2. ガイダンス風景。
 スタッフの紹介、講座内容の講座の受け方などの諸注意

2.1.1 社会資本とアセットマネジメント

この講義は、第 1 日 2 時限目に二人の講師により行われた (図 3)。



図 3. 講座の様子 (左：梶講師、右：九鬼講師)。

◇講義 1-2「社会資本とアセットマネジメント」梶久夫(国土交通省四国地方整備局企画部)
 内容：アセットマネジメント概要／インフラ長寿命化への取組／河川・道路構造物の現状と問題等

梶講師による国土交通省の施策を交えながら、社会資本とアセットマネジメントについて講義をいただいた。国による地方公共団体に対する支援の体制についても説明が行われた。ニューパブリックマネジメント (NPM) の説明が行われた (参考資料に掲げる：宮本ほか, 2006)。

備考：道路メンテナンス会議による地方公共団体に対する体制支援：関係機関の連携による検討体制を整え、課題の状況を継続的に把握・共有し、効果的な老朽化対策の推進を図ることを目的に、「道路メンテナンス会議」を設置された（平成 26 年 7 月 7 日東京都での設置を最後に、全国 47 都道府県で設置済）。愛媛県では平成 26 年 6 月 24 日に道路メンテナンス会議が開かれており、県内の 20 市町の担当者も参加メンバーとなっている。

参考資料：

- 1) 宮本能久ほか.「地方自治体における NPM 型アセットマネジメント構築に関する一考察」.
建設マネジメント研究論文集 Vol. 13. 2006
https://www.jstage.jst.go.jp/article/procm1993/13/0/13_0_115/_article/-char/ja/
- 2) 小澤一雅.「”新”社会資本マネジメントが自治体を変える」水マネジメント, vol. 9, 2010
<http://www.mizu-management.jp/backnumber.html>
- 3) 静岡県交通基盤部.「社会資本長寿命化行動方針」. 2013. 3
<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-030/asset/>
- 4) 国土交通省 HP 中（政策・法令・予算）審議会・委員会等：
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000194.html

ここには第 15 回道路分科会配布資料があり、社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」Ⅰ. 最後の警告—今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ（平成 26 年 4 月 14 日）<http://www.mlit.go.jp/common/001036081.pdf> が PPT で示されている。

◇講義 1-2「愛媛県の社会資本整備の現状と今後の取り組み」九鬼和寛（愛媛県土木部技術企画室）

愛媛県の社会資本整備の現状を述べ、県が取り組んでいることがらを述べている。例えば、橋梁の耐震化については、

- ・ 県管理道路のうち耐震対策が必要な橋梁（橋長 15m 以上かつ平成 8 年の道路橋示方書より古い基準で設計された橋梁）は 414 橋（緊急輸送道路 239 橋，その他道路 175 橋）

- ・ このうち緊急輸送道路 239 橋を重点的に対策し、なかでも一次緊急輸送道路の 178 橋の対策を最優先で実施

の課題があり、今後の取組としては、

- ・ 緊急輸送道路の残る 6 橋（H24 末現在）は、平成 27 年度までに対策を完了している。

- ・ 緊急輸送道路以外の道路は、伊方原発から半径 30km 圏域内、津波浸水想定区域内、孤立集落等が発生する恐れのある道路等について、2 径間以上の橋梁を対象に順次進める。

2.1.2 道路法の改正と道路保全

この講義は、第 1 日 3 時限目に行われた (図 4)。



図 4. 3 時限目「道路法の改正と道路保全」講義の様子。

◇講義 1-3 「道路法の改正と道路保全」岡崎和幸 (国土交通省四国地方整備局道路管理課)

本講義では、道路管理者の責務、インフラ保全に携わる技術者の役割を理解してもらうため、「道路保全の方向性と現状 (道路法の改正等)」、「道路保全に関する事例 (アメリカ、日本等)」、「道路保全の難しさ (同じものは一つとして無い)」、「複合的な損傷原因を類推し、補修対策を実施 (無数の選択肢があり、マニュアル化は困難)」について講義を行った。

老朽化対策に関する経緯について経緯を分かりやすく説明し、近接目視の必要性も写真の事例を用いて説明。

備考：

－塗り替え塗装の早期再腐食については、ブラストの品質管理が重要なため、国土交通省が手引書 (案) を作成し、品質管理に着手したところである (講師メモから)。

－マイアナス橋の構造については Web 検索可能：NTSB HAR-84/03 で、NTSB の報告書を見ることができる。<http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/HAR8403.aspx>

－四国地整の橋梁長寿命化修繕計画については、点検結果で 5 年以内に補修が必要な損傷を全て補修するよう計画しており、毎年実施している点検結果をこれに反映している。

－修繕方法の詳細について：(一社) 日本道路協会発行の道路橋補修・補強事例集が 3 冊ほど発行されているため、必要に応じて確認できる。

2.1.3 アセットマネジメント概論 (構造物全般)

この講義は、第 1 日 4 時限目と 5 時限目の時間を使って行われた (図 5)。

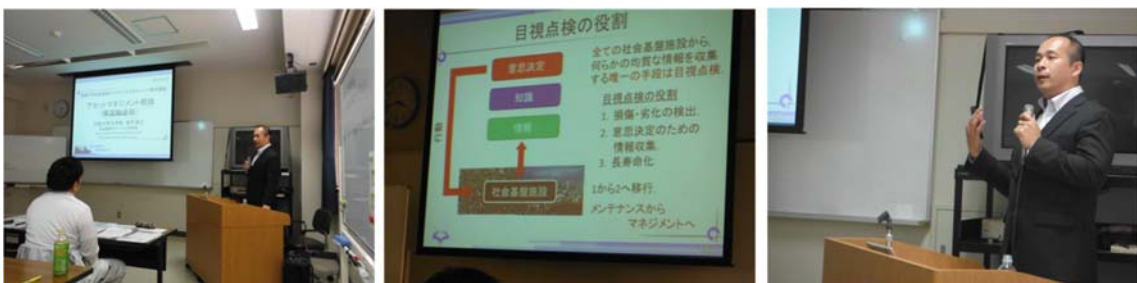


図 5. アセットマネジメント概論講義風景。

◇講義 1-4-5 「アセットマネジメント概論 (構造物全般)」貝戸清之 (大阪大学大学院 社会基盤マネジメント学領域)

内容：アセットマネジメントの弊害／社会基盤施設の定義／あるサッカーコーチの言葉／サッカーに例える点検業務／国際標準／荒廃するアメリカ(America in Ruins)／国民目線と乖離／前提の崩壊／説明責任／マネジメントの概念／アセットマネジメントと福笑い／アセットマネジメントの役割／アセットマネジメントの難しさ／アセットマネジメントの必要性／アセットマネジメントの第一目標／劣化予測手法の体系／力学的劣化予測の不要論／マネジメントとメンテナンス／目視点検の役割／アセットマネジメントの現状／ビッグデータ概念／ビッグデータの脅威／ビッグデータに対する個人的見解／海外における維持管理の事例／事例 1：NY 市の橋梁マネジメント／目視点検の概要／NY 市の目視点検手法／橋梁点検マニュアル／橋梁健全度の算定手法／目視点検結果のデータベース／点検データ活用：平均健全度の推移／NY 市から読み取るべきこと／事例 2：インド国鉄におき目視点検／橋梁概要／なぜインド国鉄の橋梁は 100 年以上もっているのか？／インド国鉄考察／古い橋梁が危ないとは限らない／機能上の理由による更新／もし、我々が目視点検データを持っていたら？／目視点検データと劣化予測／健全度と経年のミスマッチ／再び、NY の事例／マルコフ連鎖モデル／目視点検を軸とするアセットマネジメント／マルコフ劣化ハザードモデルの定式化／開発の動機／目視点検データの不確実性／専門技術者の経験 VS 理論モデル／ハザード率（劣化速度を決める確率変数）／ハザード率の構成／統計的劣化予測のメリット／NY 市の実データを用いた実証分析／解析に用いたデータ／最尤法による推計結果／マルコフ推移確率行列／期待劣化パス／マクロ評価からミクロ評価へ／異質性パラメータの推計結果／全 RC 床版の劣化予測結果／実際の目視点検データとの比較／劣化速度の相対評価／解析に用いたデータ／研究の哲学（信念）／橋梁のアセットマネジメントに思うこと

例えや抽象化した表現を交えながら、アセットマネジメントの役割（説明責任、ナレッジマネジメント、リスクマネジメント）、アセットマネジメントの難しさ（非競争市場における生産物、研究者が求める情報と現場情報の乖離、社会資本個々の異質性）、アセットマネジメントの必要性（非競争市場における説明責任：「これがいい」ではなく、「これでいい」という思想）を講義した。また、維持管理の事例でアメリカ合衆国とインド国鉄の例をあげる。インドでは地元根付いた橋守がいて、ずっと同じ人で同じ橋に対し目視点検を行っている。

そして現場主義であることの自己紹介を含め、ビッグデータの統計的な扱い方でマルコフ連鎖モデルを使用して、データ解析結果の持つ意味などについて解説した。ビッグデータを扱う際にも徹底した現場主義に依っている。それは次のことによる。現場の意思決定は正しい（先輩技術者達の現場管理は正しい）、そのため現場データをフル活用して、彼らの意思決定プロセスを視覚化することが必要と考えている。このことにより、暗黙知の形式知化と共有知化を行うことができる。現場の違和感を大切にす。

また、点検は点検者が悪いのではなく、ルールが悪いのではないかという例をサッカーにたとえて、「選手一人一人が日々練習し、どれほど技術力を高めようとも、絶対に得点できることはなく、1 点でも失点すればメチャクチャ怒られる、そんな試合を延々と繰り返すようなもの」と云う事である。さらに、あるサッカーコーチの言葉として、こんなことも

述べている。「FW は、10 回のうち、1 回でも成功（得点）すれば、英雄になれる。DF は、10 回のうち、1 回でも失敗（失点）すれば、戦犯になる」と。

◇講義 1-5 ガイダンス（熊田素子講師）風景(図 6)



図 6. 第 1 日 5 時限目のガイダンス風景.

[2日目]

ME 養成講座の 2 日目は、「ライフサイクルコスト概論」とその演習、「上下水道の維持管理」とそのフィールドワークが行われた。

10月		1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
2 日 目	28日 (火)	ライフサイクルコスト概論 (構造物全般) 吉井稔雄 杉浦聡志	演習 ライフサイクルコスト 吉井稔雄 杉浦聡志	上下水道の 維持管理 川上 清 大西 仁 谷口貞広 森 潔市 出海恭輔	フィールドワーク 下水道の維持管理 川上 清 谷口貞広 大西 仁 出海恭輔	ワークショップ (質疑応答、 レポート作成) 熊田素子

2.1.4 ライフサイクルコスト概論

この講義は、第 2 日 1 時限目に座学、2 時限目に演習が行われた (図 7)。



図 7. ライフサイクルコスト 座学並びに演習風景。

◇講座 2-1「ライフサイクルコスト概論 (ライフサイクルアセスメント)」吉井稔雄 (愛媛大学大学院理工学研究科) —講義資料提供: 岐阜大学社会資本アセットマネジメント技術研究センター

内容: ライフサイクルアセスメント、ライフサイクルコストとは/維持管理戦略の基本的な考え方/費用便益分析と社会的費用を考慮する重要性/安全性・快適性を考慮した LCC に基づく道路舗装アセットマネジメント (LCC の定義、各費用の算定方法、岐阜市道路舗装マネジメントへの適用事例)

ライフサイクルコストの考え方は概念図を用いて分かりやすく説明を行った。

■ライフサイクルアセスメントとは?

- ・ライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)とは、製品やサービスの環境影響を評価する手法。LCA では、製造、輸送、販売、使用、廃棄、再利用まで各段階での環境負荷を明らかにし、その改善策をステークホルダーと共に議論し検討する。
- ・また、代替製品や新製品の環境負荷を既存の製品と比較し、より環境負荷の少ない製品製造・サービス提供に向けた意思決定を行うためのツールでもある。
- ・本講義では、環境影響 (環境負荷) だけではなく、製品やサービスが社会経済活動に対して与える影響のすべてを評価する手法として捉える。

■ライフサイクルコストとは？

ライフサイクルコスト（Life Cycle Cost）とは、製品や構造物などの費用を、調達・製造～使用～廃棄の段階をトータルとして考えたもの。訳語として生涯費用ともよばれ、英語の頭文字から LCC と略す。

- ・製品や構造物などの企画、設計に始まり、竣工、運用を経て、修繕、耐用年数の経過により解体処分するまでを製品や構造物の生涯と定義して、その全期間に要する費用を意味する。近年、土木構造物（橋梁、舗装、トンネル）等にも適用されるようになった。
- ・費用対効果を押し量るうえでも重要な基礎となり、初期建設費であるイニシャルコストと、エネルギー費、保全費、改修、更新費などのランニングコストにより構成される。

[出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』]

「安全性・快適性を考慮した LCC に基づく道路舗装アセットマネジメントの方法論」の項目では、最適補修戦略決定のフローを示し、LCC の定義に始まり、ユーザーコストのための利用者意識調査、利用者意識調査をもとにした LCC 算出を行い、最終の補修戦略を決定するプロセスについて説明した。

MCI（Maintenance Control Index）値を使用しての維持修繕の基準は、例えば、MCI 値が 3 以上 4 未満になれば「全面的な補修必要」となる、と岐阜県の例を挙げて説明された。

備考：

- －ライフサイクルコストは、多くの仮定の下で算定されるもので、結果の信頼性が高いとはいえない。あくまでも一つの指標と考える。
- －MCI はあまりあてにならないという考えもあるが、「使える指標」の一つであるため、MCI を計測した場合には業務に有効に活用する。

2.1.5 演習 ライフサイクルコスト

◇講座 2-2「ライフサイクルコスト演習」杉浦聡志・倉内文孝・高木朗義（岐阜大学研究推進・社会連携機構 工学部附属インフラマネジメント技術研究センター：代表講義 杉浦聡志）

内容：仮想道路ネットワークを使って最適補修戦略をたてる演習を行った。

備考：

- －交通量、ユーザーコスト変化で LCC も変化する：LCC 算出後の最適補修戦略において、最終的な意思決定に市民目線、行政（財政）目線、技術者の感覚が必要である。

2.1.6 上下水道の維持管理

この講義では 3 時限目に松山市の下水道の状況について講義がなされた。講義内容は、1 松山市の水道事業の概要、2 上水道事業について（上水道事業の概要、上水道事業の遠隔、上水道施設の概要、漏水防止対策、濁水対策、震災対策）、3 各種訓練についてである。

松山市の水道事業には、上水道に 1 事業、簡易水道に 14 事業、工業用水道に 1 事業ある。

震災の対策の例として、市之井出管理本館（鉄骨ブレース設置）、北条第一配水池、味生配水池（コンクリート増し打ち補強）、配水支管及び送水管が挙げられ、配管については耐震管が用いられ吊り上げテストで強度を確認している。各施設の震災対策の状況を表にまとめられた。松山市の場合、浄水施設耐震率は 87.4%（中核市平均 23.3%）、配水池耐震施設率は 50.7%（中核市平均 44.8%）、基幹管路耐震適合率は 21.3%（中核市平均 41.1%）、管路の耐震化率は 12.6%（中核市平均 14.2%）である。

4 時限目にフィールドとして中央浄化センターで管渠点検ロボットの実演と浄化センターのシステムについて学んだ（図 8）。



図 8. 上下水道の維持管理、座学と擬似管ロボット実地点検、と浄化センターから説明。

◇講義 2-3「松山市の水道事業」松山市公営企業局（代表講師：森潔市）、松山市下水道部：川上清、大西仁、谷口貞広、出海恭輔（講義後の 4 時限目の案内も含む）

内容：①松山市の水道事業の展開（位置と内容）、②「第 11 次松山市下水道整備五箇年計画」について。

2.1.7 フィールド 下水道の維持管理

◇講義 2-4「フィールドワーク・下水道の維持管理（中央浄化センター）」菊池英夫（日本下水道管路管理業協会・副会長）他、松山市下水道部（川上清、大西仁、谷口貞広、出海恭輔）

内容：①下水道の模擬管における TV カメラモニタリングによる維持管理手法の実演の観察。
②中央浄化センターの設備と機能についての現地講習。

備考：管渠内点検のロボットカメラについて：従来の TV カメラ（日進量 300m/日）に対して、スクリーニング用広角 TV カメラ（日進量 530m/日）は 1.7 倍の日進量で、現在は最速である。

◇講義 2-5「ワークショップ」熊田素子（岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター）図 9 に示す。



図 9. 2 日目 5 時限目のワークショップの様子。

[3 日 目]

ME 養成講座の 3 日目は、「リスクマネジメント概論」、「橋梁構造物の設計と維持管理」、「橋梁の劣化予測・評価手法の現状の使い方」とその演習の講義が行われ、「ワークショップ」がなされた。

10月		1 時 限 目	2 時 限 目	3 時 限 目	4 時 限 目	5 時 限 目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
3 日 目	29日 (水)	リスクマネジメント概論 羽鳥剛史	橋梁構造物の設計と維持管理 大賀水田生 氏家 勲	橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方 全 邦 釘	演習 橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方 全 邦 釘	ワークショップ (質疑応答、レポート作成) 熊田素子

2.1.8 リスクマネジメント概論

この講義は、第 3 日の 1 時限目に行われた (図 10)。

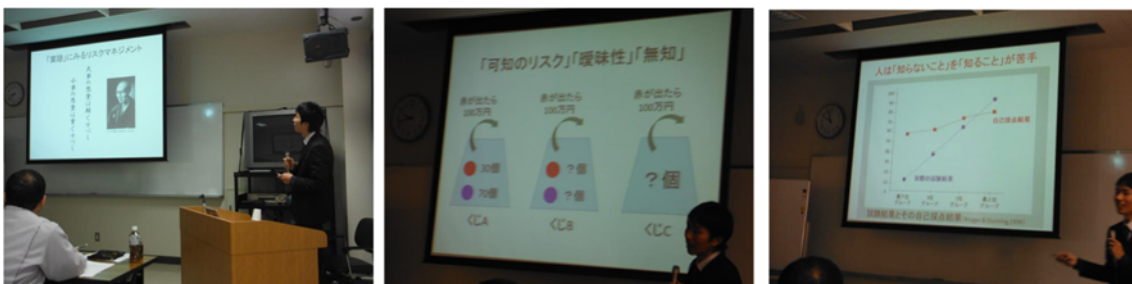


図 10. リスクマネジメント講義風景.

◇講義 3-1 「リスクマネジメント概論」羽鳥剛史 (愛媛大学大学院理工学研究科)

内容：身の回りの多様な「リスク」／地球規模の「リスク」／自然災害の「リスク」／科学技術の「リスク」／「リスク」とのつき合い方／「葉隠」にみるリスクマネジメント／「リスク」とは？／リスクマネジメントの目的／リスクマネジメントの手順／日本人のリスク認知／リスク分析／リスク分析の手順／地震活動度モデル／地震動予測モデル／被害損失予測モデル／被害損失の予測プロセス／被害損失予測／想定地震とその予想損失リスト／リスクカーブ／予想最大損失額 PML(Probable Maximum Loss)／リスクカーブから見たリスク性状／リスクアセスメント／リスク低減策後のリスクカーブ／リスク転嫁後のリスクカーブ／リスクマネジメントの手法／リスクコントロールとリスクファイナンス／リスクファイナンスの必要性／CAT ボンド (catastrophe bond) ／地震保険／「想定外」の災害リスク／「リスク」と「不確実性」／「可知のリスク」「曖昧性」「無知」／意思決定環境の分類／「不可知のリスク」の危機管理／「想定外」にいかに対処するのか？／災害想定意識の調査／災害想定意識の調査結果／人は「自分が知らない事」を知るのが苦手／災害に対する人々の意識／ハザードマップの課題／内省機会付加型ハザードマップ／内省機会促進型ハザードマップの効果／「想定外」とのつき合い方

「いかにリスクと付き合うか」が重要な課題である。

— 我々は、未知なる事象を「リスク」として認識することにより、それに対処する術を身に付けてきた。

- その一方で「リスク」は、その実態としての被害だけでなく、「リスク」を巡る社会的判断が社会全体に大きな影響を及ぼす。
- リスク情報が人々に不安やパニックをもたらすこともある。
- リスクへの対処を誤ると、別のリスクを引き起こすこともある。

■「リスク」とは？(武井勲『リスクマネジメント総論』:中央経済社、1987 から)

- ①損失の可能性
- ②損失の確率
- ③損失の原因 (ペリル)
- ④危険な状態 (ハザード)
- ⑤損害や損失に晒されている財産・人
- ⑥潜在的損失
- ⑦実際の損失と予想した損失の変動
- ⑧不確実性

■リスク分析

- 我々の身の回りにあるリスクを特定化し、科学的な手法を用いて被害の生じる過程をモデル化してリスクを定量化すること (兼森、2005)
- リスクの「見える化」
- 伝統的なリスク評価法
「リスク」=「被害の大きさ」×「被害の発生確率」(→リスクや被害の変動・分布を評価できない!)

■リスクリスクマネジメントの手法 (山口光恒『現代のリスクと保険』1998 から)

- ◇リスクコントロール
 - リスク事象の生起確率及びリスク発生時の損失規模そのものを減少させる技術
 - 防災投資、避難体制、情報系統 等
- ◇リスクファイナンス
 - リスク事象により生じた損失を社会全体に分散させる技術
 - 災害保険 等

ハザードマップの課題として次の事柄が挙げられる (片田ほか, 2007 から)。

- 災害イメージイメージの固定化
- 浸水シナリオの前提条件に関する認識の欠如
- ⇒ **ハザードマップの前提条件 (想定) の限界を認識できない可能性が生じる。**

「想定外」や「無知」に対処するためには、自分達や社会が持っている「知」(科学技術)の限界を自覚することが求められる。

2.1.9 橋梁構造物の設計と維持管理

この講義は、第 3 日の 2 時限目に二人の講師により行われた（図 11, 図 12）。



図 11. 橋梁構造物の設計と維持管理（コンクリート橋）の講義風景.



図 12. 橋梁構造物の設計と維持管理の講義風景.

◇講義 3-2-1『橋梁構造物の設計と維持管理（コンクリート橋）』氏家勲（愛媛大学大学院
理工学研究科）

内容：コンクリート構造物の設計法／コンクリート標準示方書／コンクリート標準示方書
2012 年制定設計編／性能照査型設計法／許容応力度設計法／コンクリート構造物の要求性能／安全係数／疲労破壊／構造物の安定に対する照査／コンクリート構造物の要求性能／
月夜野大橋におけるたわみの予測値，実測値と解析値／コロール・バベルダオブ橋：Koror-Babeldaob Bridge1977.4／コロール・バベルダオブ橋：Koror-Babeldaob Bridge
1996.9／復旧性／環境性／耐久性／ひび割れ幅の限界値／コンクリート示方書維持管理編
／構造物の維持管理の手順／補修と補強の定義／維持管理の原則／供用期間／維持管理計
画／維持管理区分／維持管理限界／診断と点検／点検と調査／初期の診断／定期の診断／
定期点検における標準調査の項目／定期の診断／定期点検における詳細調査の必要性の判
断／調査方法／劣化機構の推定／劣化機構と要因，指標，現象の関連／環境条件，使用条件か
ら推定される劣化機構／ひび割れ発生状況から推定される劣化機構／劣化予測／劣化機構
ごとの劣化予測の概要／構造物の外観上のグレード等に基づく劣化予測／定期の診断にお
ける評価および判定／性能の評価および判定／対策／補修工法

講義の初めに、コンクリート標準示方書の歴史から述べられている。
次のとおりである。

1915年 ドイツで標準示方書を制定

1924年 アメリカで標準示方書を制定

このように先例があるため、“新たに実験を行うには費用と時間を要す”、“同じ実験研究を始めても労多くして功少ない”の理由で、『米、独の示方書を明瞭に理解し之等の安全率を

求むる見地より比較研究して、その結果より、我が示方書を両者の長所を採って制定し之に最も適切なる安全率を付与せんと企てたのである』

次に我が国の標準示方書の歴史である。

- ・昭和 6 年（1931 年） 鉄筋コンクリート標準示方書制定
（昭和 11 年、昭和 15 年に小改訂）
- ・昭和 18 年 無筋コンクリート標準示方書制定
- ・昭和 24 年 大改訂：戦時中の技術的空白を埋めるため
（昭和 26 年、昭和 33 年、昭和 42 年：小改訂）
- ・昭和 42 年 プレストレストコンクリート標準示方書制定（昭和 53 年に大改訂）
- ・昭和 49 年大改訂：「無筋および鉄筋コンクリート標準示方書」
（昭和 52 年、昭和 55 年：小改訂）
- ・**昭和 61 年 大改訂：限界状態設計法の採用**
プレストレストコンクリート標準示方書を取り込む
施工編、設計編、規準編に分冊化 **付録として維持管理（案）**（平成 3 年：小改訂）
- ・平成 8 年 大改訂：舗装編、ダム編の分冊化と耐震設計編の制定
- ・**平成 12 年 平成 11 年制定** **【施工編】 耐久性照査型の導入**
- ・平成 13 年 2001 年制定 **【維持管理編】**の新設
- ・平成 14 年 2002 年制定 設計編⇒**構造性能照査編**
- ・平成 19 年 2007 年制定
設計編、施工編、維持管理編、ダムコンクリート編、規準編
- ・平成 24 年 2012 年制定
基本原則編、設計編、施工編、維持管理編、ダムコンクリート編、規準編

上記のように平成 13 年に維持管理編が新設されている。

維持管理の実務上の管理目標として設定される管理指標の限界値、点検の種類と調査を図に表して説明を分かりやすく行う。

<劣化予測>

●点検結果を蓄積することで予測結果を修正し、構造物の将来の状態に関する予測の精度を向上させ、より適切な維持管理を行うことができるように心掛ける。

橋梁の点検・維持管理で対策が必要とされる場合は次のとおりである。

- 現状で構造物が保有する性能が低下、許容し得る限界を下回っていると評価され、対策が必要と判定された場合.
- 現状では問題なくても、劣化予測で残存予定供用期間中に構造物の性能低下が問題となる可能性があるとして評価され、予防としての対策が必要と判定された場合.
- 作用荷重や耐震性に対する設計基準などが見直され基準に適合するよう対策が必要と判定された場合.

◇講義 3-2-2 「橋梁構造物の設計と維持管理」大賀水田生（愛媛大学大学院工学研究科）

内容：兵庫県南部地震前後の設計法／環境を考慮した橋梁設計／道路橋示方書の変遷／橋梁の長寿命化修繕計画

兵庫県南部地震前後の設計法の比較などを行い、性能照査設計法について長所と課題を示した。

性能照査型の設計の長所は、次のようである。

- －設計者の創意工夫を活かせる：材料・工法・構造解析法。
- －工期短縮・建設コストの削減
- －構造物の性能が明確
- －発注者はライフサイクルを通して性能を選択できる（コスト、環境負荷を考慮）

一方、課題は次のとおりである。

- －要求性能水準（設定、方法、検証を誰が行うか）
- －性能の検証方法
- －ライフサイクルコストの評価方法
- －性能設計を受け入れる社会体制はできているかの問題

道路橋示方書の変遷について地震などのイベントによって変わってきていることを示している。

大正 1 2 年 関東地震

大正 1 4 年 道路構造に関する細則案 震度法

昭和 3 9 年 新潟地震

昭和 4 7 年 道路橋耐震設計指針 修正震度法、落橋防止構造、液状化判定法

平成 7 年 兵庫県南部地震

平成 8 年 道路橋示方書・V耐震設計編

地震時保有耐力法、タイプ I，II 地震動、橋脚のじん性

支承の耐震設計、鋼製橋脚の耐震設計

耐震補強（橋脚補強、落橋防止）

平成 1 4 年 道路橋示方書・V耐震設計編

性能照査型設計、H 8 道示の徹底

平成 2 3 年 東日本大地震

平成 2 4 年 道路橋示方書

維持管理の充実、レベル II(タイプ I)の見直し

■既存の事故から得られる教訓

- － どこが壊れるかわからない！
- － 補修・補強には細心の注意
- － データの継続性
- － データの質（写真，クラック長，腐食状態，変形状態）

■橋梁の長寿命化修繕計画

◇効果

- 損傷の継続的なチェック 国：H27 から 3 巡目
- 補修有効性の継続的点検（再劣化）
- 主要な損傷原因の抽出・・・水回り
- 長寿命化の可能性

◇課題

- 点検（見過ごし）・健全度評価の精度
- データの保存方法
- 劣化曲線の精度・・・腐食は断面減少
- **専門技術者の養成**

参考資料：

- 「腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法」土木学会

2. 1. 10 橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方

この講義は、3 時限目に座学を行い 4 時限目に演習を行った（図 13）。



図 13. 「橋梁の劣化予測・評価の手法の現状と使い方」の座学と実習風景。

◇講義 3-3「橋梁の劣化予測・評価の手法の現状と使い方」および講義 3-4 同演習：全邦釘
（愛媛大学大学院理工学研究科）

内容：道路橋梁の建設と蓄積／日本の人口：戦後急増、2006 年から高齢化／2050 年における都市雇用圏の人口増減／維持管理費・更新費の推計／構造物のコスト／事後保全から予防保全へ／心がけておきたいこと／社会資本のマネジメント／維持管理の構成と流れ／性能評価・診断／調査・点検・モニタリング／（日本経済新聞記事）／第一弁天橋（浜松市）（2013/2/10）／ミネアポリス高速道路崩落事故（2007/8/1）／木曾川大橋斜材破断事故（2007/6/20）／実際にどれくらい見過ごされている？（5 コマ）／実際に落橋したゲルバー橋／実際にどれくらい見過ごされている？（3 コマ）／何故このような点検ミス？／改善するためには・・・／点検要領・事例写真集／事例写真集からの抜粋・腐食／事例写真集からの抜粋・亀裂／事例写真集からの抜粋：ひび割れ／塩害のメカニズム／中性化のメカニズム／アルカリシリカ反応のメカニズム／事例写真からの抜粋：漏水・遊離石灰／事例写真集からの抜粋：舗装の異常 路面の凹凸／事例写真集からの抜粋：支承の機能障害／事例写真集からの抜粋：土砂詰まり／構造物の劣化予測の可能性／構造物の劣化予測の必要性／橋梁の劣化予測手法／劣化予測例／心がけておきたいこと(再掲)／まとめなど／例題

座学と演習にあたって、次のことが提示されているが大切な心構えである。これは演習の最後にも確認された。事例写真を使いながら現状の認識と対処の仕方、劣化予測について講義した。

■心がけておきたいこと

- ・計算しても、計算にはおぼれない。
- ・計画しても、計画を批判的に見る。
- ・自分の目で見て、自分で判断する。
- ・目先の利益に振り回される心理。
- ・想定と計算，点検と計測の繰り返し。

・ Maintenance

≠ to maintain something as it is.

= to maintain something as it should be.

維持点検におけるヒューマンエラー等と対策について次のように述べている。

■何故このような点検ミス？

- 十分な点検を行うための予算・人員の不足
- 点検技術者の知識・経験の不足
- 点検作業環境（点検のしづらさ）
- 作業中でのミス
- 点検要領により正しく点検した場合に得られる
- 損傷評価と、実際の損傷の重大性の誤差
- 点検結果の管理不備

■改善するためには・・・

- 蓄積された知見を、退職した技術者など従来の枠組み外からも積極的に得る仕組みを作る
- 資格制度の構築・点検の法的/制度的裏付け
- 入札・契約制度の改善
- 住民の理解・協力を得るための活動
- 橋梁を含む、構造物への愛情

参考資料：

■ 国土交通省 道路橋定期点検要領（平成 26 年）

適用範囲：本要領は、道路法（昭和 27 年法律第 180 号）第 2 条第 1 項に規定する道路における橋長 2.0 m 以上の橋、高架の道路等(以下「道路橋」という)の定期点検に適用する。

<http://www.mlit.go.jp/common/001044574.pdf>

■ 国土交通省 橋梁定期点検要領（平成 26 年）

適用範囲：本要領は、道路法の道路における橋長 2.0 m 以上の橋、高架の道路等(以下「道路橋」という)のうち、国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する道路橋の定期点検

に適用する。

http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3_1_6.pdf

■ 国総研資料

道路橋の定期点検に関する参考資料（2013 年版）

— 橋梁損傷事例写真集 —

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0748.htm>

4 時限目に次の演習を行ったが、これは 3 時限目の講義の続きである。

◇講義 3-4 「橋梁の劣化予測・評価の手法の現状と使い方」（演習）全邦釘（愛媛大学）

橋梁の劣化予測手法として次の説明があり演習を行った。

劣化予測手法の説明

— 回帰式による手法

- ・ 1 次式
- ・ 2 次式, 3 次式, 4 次式
- ・ 指数関数によるもの
- ・ さらに, 提案曲線をシフトしたりもする

— マルコフ連鎖と呼ばれる行列計算による手法

たとえば, 劣化予測例として, BHI(Bridge Health Index)と経過年数との関係を表したものを挙げた。

備考：講義と演習を一連のものとして行い、しかもグループ討議をすることにより考える授業となっている。

ワークショップは、5 時限目に行われた（図 14）。

◇講義 3-5 「ワークショップ」熊田素子（岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター）



図 14. 3 日目・5 時限目のワークショップの様子。

[4 日 目]

ME 養成講座の 4 日目は、「橋梁の耐震補強」、「橋梁の補修設計」、「コンクリート橋の損傷と対応」、および「鋼橋の損傷と対策」の講義が行われ、「ワークショップ」がなされた。

10月		1 時 限 目	2 時 限 目	3 時 限 目	4 時 限 目	5 時 限 目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
4 日 目	30日 (木)	橋梁の耐震補強 星隈順一	橋梁の補修設計 小林 大	コンクリート橋の 損傷と対応 牧野 徹	鋼橋の損傷と 対策 村上茂之	ワークショップ (質疑応答、 レポート作成) 熊田奏子

2. 1. 11 橋梁の耐震補強

この講義は第 4 日、1 時限目に行われた (図 15)。



図 15. 橋梁の耐震補強の講義風景.

◇講義 4-1 「橋梁の耐震補強」 星隈順一 (独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター)

内容 : 1 既往の大規模地震による橋梁被害の特徴 耐震診断~既設橋梁の耐震性能の評価~
/2 耐震補強~大被害を未然に防ぐために~/3 震後対応・震災復旧 (緊急点検
被災度の判定、安全性, 供用性, 修復性の評価)

—1 既往の大規模地震による橋梁被害の特徴 : 兵庫県南部地震における橋梁の被害 / RC
単柱橋脚段落し部の被害 / RC 単柱橋脚段落し部 / 振動台加震実験による被害の再現 / RC
橋脚の被害特性と適用基準の関係 / RC 橋脚の段落し部の設計 / RC ラーメン橋脚・壁式橋
脚の被害 / RC 橋脚の被害特性と構造特性の関係 / RC 橋脚の被災の特徴 / RC 橋脚の簡易
な耐震性判定法 / 地盤の流動化に起因する落橋・大変位 / 支承部の被害 / 支承破壊による
上部構造の大変位 / 支承破壊に伴う斜橋・曲線橋の落橋 / 斜橋の落橋メカニズム / 曲線橋
の落橋メカニズム / 過去の大地震による落橋事例から学ぶ / 落橋事例の分析 / 落橋シナリ
オの分析 / 落橋事例と構造特性の関係 / 地震による上部構造の落下被害の特徴 / 落橋に関
する簡易な耐震性判定法 / 2010 年チリ地震による橋の落橋 / 140 年間供用できた橋 / 1999
年台湾・集集地震による落橋 / 1891 年濃尾地震で地表に表れた根尾谷断層 / 2011 年東北地
方太平洋沖地震による道路橋の被害 / 東日本大震災における道路橋の被害の概要 / 地震動
による道路橋の被害 < S 5 5 年道示よりも古い基準で設計された橋の被害 > (4 コマ) / 地
震動による道路橋の被害 < 兵庫県南部地震以降の設計基準で設計された橋の被害 > (2 コ
マ) / 橋台背面の沈下により生じた段差の状況 / 海岸近くにある橋の津波による被害の状
況 / 上部構造の被害状況から想定される流出形態 / 津波の浸水域における桁橋の構造計画
の考え方 (例) / 東日本大震災における経験を踏まえ平成 24 年 2 月に道路橋示方書が改定

－2 耐震補強：既設橋に対する耐震補強の考え方／道路橋の耐震補強における 3 つの軸／既設橋での地震時の弱点部～過去の落橋事例より～／過去の大地震による落橋事例から学び取った相場感／既設橋の耐震補強で目標とする耐震性能の設定の例／震災経験を踏まえた補強工法の選定／鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強工法／鉄筋コンクリート巻立て工法／曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法／鋼板巻立て工法／繊維材巻立て工法／耐震補強された橋とその近傍の耐震補強されていない橋／東日本大震災における道路橋の被災度のマクロ分析／落橋防止対策／平成 15 年宮城県北部地震小野橋／けたかかり長を拡張していた斜角の小さい橋。

－3 震後対応・震災復旧：震後対応／先行的に行う調査箇所／被災度の評価のポイント／
1) 橋全体の外観から診断／2) 路面からの診断／【参考】 高欄に生じた変状から下部構造の沈下や傾斜を疑うべき事例／3) 桁端部付近（伸縮装置）の診断／【参考】 橋台アプローチ側の方が沈下している事例／4) 支承部の診断／震後の点検において、ボルト破断が打音により確認された事例／支承部の被災度の判定／5) RC 橋脚の診断／鉄筋コンクリート橋脚の被災度の判定／支承部との取付部に生じる RC 橋脚頂部の損傷／6) 基礎の変状の可能性を診断／7) 地震後の橋梁点検において注意すべき視点＜鋼部材に生じた変形に伴う塗装はがれ＞／7) 地震後の橋梁点検において注意すべき視点＜トラス橋の下弦材にき裂が確認された事例＞／7) 地震後の橋梁点検において注意すべき視点＜外観だけでは判断が困難な事例＞／7) 地震後の橋梁点検において注意すべき視点＜第三者被害の懸念ある変状の例＞。

RC 橋脚の被害特性と適用基準の関係を図で示し、昭和 55 年より前の橋脚で被害が大きいことを示した。直轄国道、阪神高速、高速国道のデータを使用している。また、落橋のメカニズムを斜橋と曲線橋の違いで異なることを、図を用いて分かりやすく示した。

備考：

■実験動画（防災科学技術研究所：世界最大の振動台で）：

<http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie.html>

■参考文献

- ・道路橋示方書 V 耐震設計編（(社)日本道路協会、H24.3）
- ・道路震災対策便覧（震前対策編）(社)日本道路協会、H18.9）
- ・道路震災対策便覧（震災復旧編）（社)日本道路協会、H19.3）
- ・「基礎工」2012 年 9 月号 特集：道路橋示方書 IV 下部構造編・V 耐震設計編—改定のポイント

2.1.12 橋梁の補修設計

この講義は、第 4 日の 2 時限目に行われた（図 16）。



図 16. 橋梁の補修設計の講義風景.

◇講義 4-2「橋梁の補修設計」小林大（大日本コンサルタント(株)インフラ技術研究所 保全エンジニアリング研究室）

内容：§1 補修設計とは（1.1 補修とは？／1.2 補強とは？／1.3 設計とは？／1.4 悪い設計・良い設計／1.5 良い設計が難しい補修・補強設計）／§2 点検と補修設計のタイミング／§3 補修・補強設計の基本（3.1 設計の流れ／3.2 現状評価に際する留意点／3.3 工法検討に際する留意点）／§4 おわりに

各項目で問題点を挙げ、事例を用いながら説明している。例えば、補修と補強の違いを概念図で説明している。橋梁の点検例を写真と表を用いて示した。

このような点検後の場合の補修・補強設計のタイミングは、「点検・診断」－「詳細調査」－「設計」－「施工」のサイクルの中で行われる。

備考：

- 「道路橋の補修・補強計算例Ⅱ」 <http://www.jbec.or.jp/pdf/hosyu-tirasi.pdf>
- 土木研究所構造物メンテナンス研究センター（CAESER）HP：
<http://www.pwri.go.jp/caesar/manual/list2.html>
- NETIS: <http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/UserInfo.asp>
- マクロセル腐食抑制に効果的な（と考えられる）補修材料：BASF 社のプロテクトシル：
http://www.pozzolith.basf.co.jp/ja/products/con_rep_pro/protectosil/cit/Pages/default.aspx

2.1.13 コンクリート橋の損傷と対応

この講義は、第 4 日の 3 時限目に行われた（図 17）。



図 17. コンクリート橋の損傷と対応の講義風景.

◇講義 4-3「コンクリート橋の損傷と対策（補修工法の実例をまとめました）」 牧野徹（大日コンサルタント(株) 保全部）

内容：1 補修工法の選定について／2 補修工法の事例紹介（事例写真等）／3 補修工法のサンプル紹介

本講座は講義内容に沿って話が勧められ、講義の中でコンクリート補修工法の一部をサンプル紹介の項で実験をして示された（図 17 を参照）

コンクリート構造物の補修工法には次のようなものがある（図 18）。

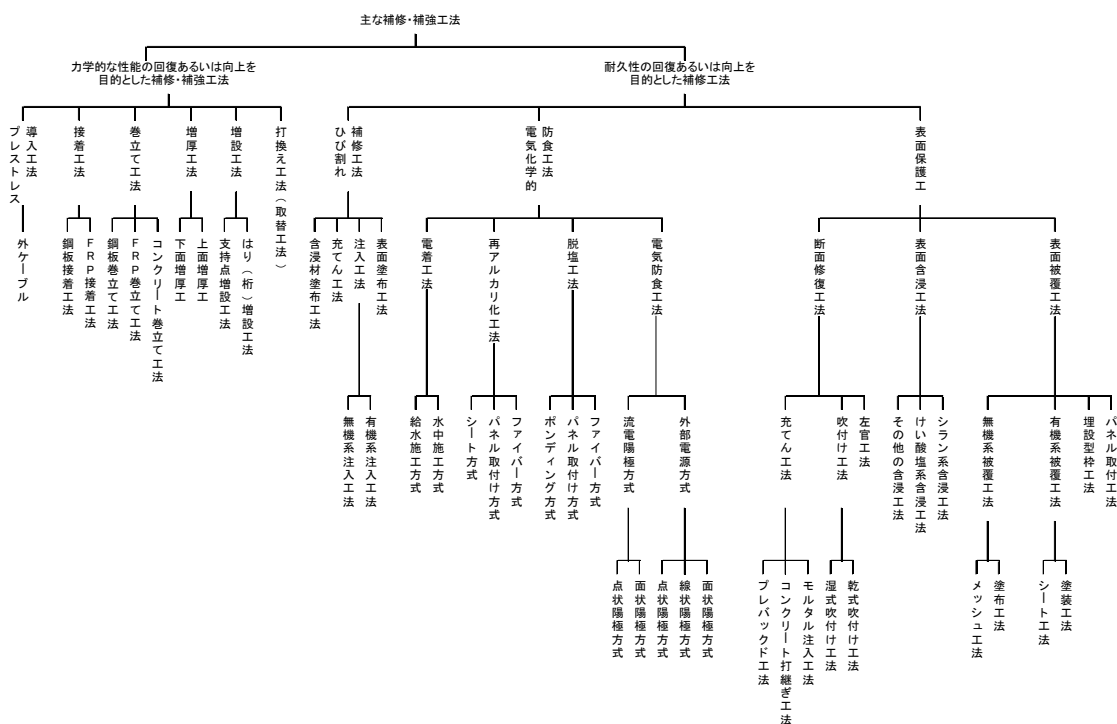


図 18. コンクリート構造物の補修工法（コンクリート構造物の主な補修・補強工法~2007 年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]~から）。

補修工法の選択は、次の条件などに合わせて行うとの説明あり。

- －劣化機構（先ず、これに着目することが大切）
- －対象構造物の現況（現状・寸法、鋼材の配置・径など）
- －診断における評価（性能低下、安全性など）
- －構造物の重要度（例えば、橋梁の床版においては、自動車荷重の繰り返し作用など）
- －環境状況（気象条件、山間部、海岸部などの地形的な立地条件）
- －荷重条件（例えば、橋梁の床版においては自動車荷重の運行による繰り返し作用など）
- －施工上の制約条件（施工時期、施工可能時間、環境など）
- －維持管理（補修、補強後の維持管理のしやすさなど）
- －残りの供用年数（あと何年使うか）

備考：＜コンクリート構造物の補修工法の選定基準＞

- 「コンクリートのひび割れ調査補修・補強指針」 日本コンクリート工学協会
- 「表面保護工法 設計施工指針（案）」 土木学会

2.1.14 鋼橋の損傷と対策

この講義は第 4 日の 4 時限目に行われた（図 19）。

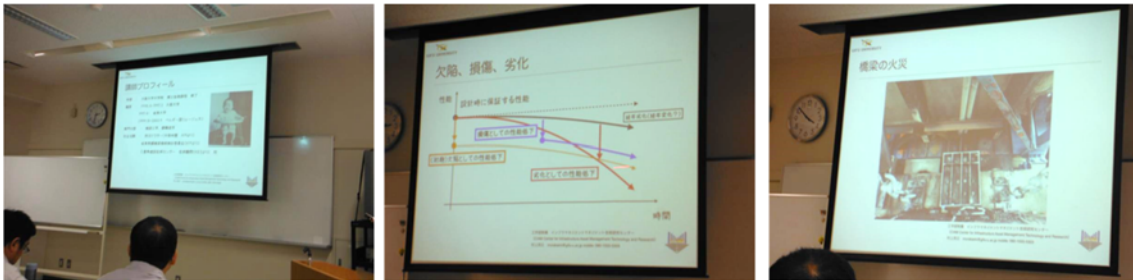


図 19. 第 4 日 4 時限目授業「鋼橋の損傷と対策」の講義の様子。

◇講義 4-4 「鋼橋の損傷と対策」 村上茂之（岐阜大学総合情報メディアセンター兼工学部附属インフラマネジメント技術研究センター）

内容：劣化とは？／メンテナンスとは？／鋼構造物の損傷と対策（鋼構造物の損傷／欠陥、損傷、劣化／腐食／劣化機構/さび／鋼材の腐食／腹板立ち上がり部の腐食／交点付近の腐食／ガセットの腐食（近景）／耐候性鋼橋の損傷／損傷マップ（腐食）／鋼桁橋の腐食損傷と経過観察／耐候性鋼材を用いた鋼桁ウェブの腐食／疲労／劣化機構/疲労／疲労損傷が生じる条件／疲労き裂／劣化機構/塗膜の劣化／塗装の劣化／塗膜に生じる劣化現象／その他変形／水素脆弱／遅れ破壊によるボルトの脱落／トラス橋鋼材の変形／トラス橋連結板の変形／鉛直材の損傷）／事例紹介：支点の異状（伸縮に発見された段差と支点の状況）／断面の補修状況／伸縮に段差が発見された支承／床版の損傷（RC 床版の疲労／トラス橋全景／トラス橋床版下面／番外編（舗装除去後 増厚した SFRC が割れている／被りコンクリート除去後／地盤の滑動による橋桁と橋台の鑑賞（地盤の滑動に伴う橋梁の異状／地盤の滑動と橋梁の損傷／補修箇所の影響（番外編：損傷を受けた床版の補強事例）／火災の影響（橋梁の火災／状態図／熱処理工程による性質の違い）／何が起きている？（変形の原因は？変形の影響は？）／ピンローラーの逸脱／左右の違いから何を読み取るか）

鋼橋の損傷について例が出され、それについての原因、対策等が説明された。

備考：疲労損傷が生じる条件は次のような事柄が挙げられる。

1 繰り返し荷重が作用すること

自動車荷重などの活荷重が作用する

2 作用する荷重の一振幅（応力振幅）が一定範囲以上であること

トラックなどの大型車が走行する

局所的な変形が発生する（局所的な曲げ変形）

3 局所的ではあるが塑性化する（作用応力度が降伏応力度を超える）こと

幾何学的な不連続点がある

ワークショップが 5 限目に行われた。

◇講義 4-5 「ワークショップ」熊田素子（岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術
研究センター）

[5日目]

ME 養成講座の 5 日目は、「橋梁の点検手法」、「橋梁の維持管理 (含 現場説明)」、および「フィールドワーク 橋梁の維持管理」講義が行われ、「ワークショップ」でフィールド観察後の討論がなされた。

		1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目
10月		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
5 日 目	31日 (金)	橋梁の点検手法 白石昌史	橋梁の維持管理 (含 現場説明) 須賀幸一	フィールドワーク	橋梁の維持管理 須賀幸一	ワークショップ (班別発表) 須賀幸一 熊田素子

2.1.15 橋梁の点検手法

この講義は、第 5 日の 1 時限目に行われた (図 20)。

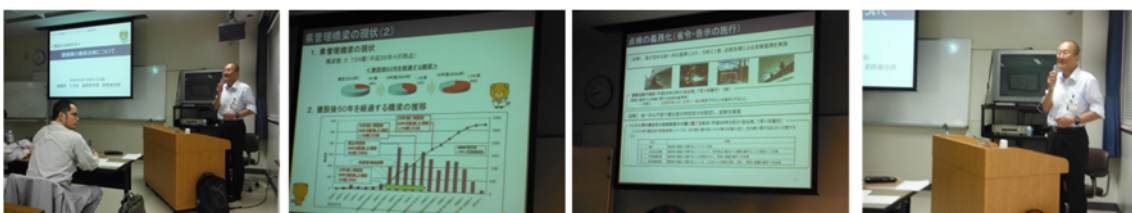


図 20. 第 5 日 1 時限目講義「橋梁の点検手法」－愛媛県の橋梁点検について－の講義風景。

◇講義 5-1「<< 橋梁の点検手法 >> 愛媛県の橋梁点検について」白石昌史 (愛媛県土木部道路都市局道路維持課)

内容：県管理橋梁の現状／点検の義務化 (省令・告示の施行) /これまでの点検との違い (従来・今後) /平成 26 年 7 月 1 日以降の定期点検について /近接目視の必要性 /メンテナンスサイクルと「愛媛県橋梁定期点検マニュアル」の構成 /愛媛県橋梁定期点検マニュアル /今回の改訂による主な変更点 /国要領との比較 /適用範囲 /定期点検の目的 /定期点検の頻度 /定期点検 /損傷程度の評価 /橋梁の構造部材の名称 /損傷程度の評価 (点検項目別及び点検の標準的な方法、損傷評価基準) /主な着目点 (鋼橋、コンクリート橋、下部構造、支承、伸縮装置、高欄・地覆、排水施設、落橋防止システム) /評価の手引き 鋼部材の損傷 (腐食、亀裂、破断、ひびわれ、床版ひびわれ)、その他 (支承の機能障害、ゆるみ・脱落、防食機能の劣化、うき・剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、補強部材の損傷、遊間異常、路面の凹凸、舗装の異常、定着部の異常、変色・劣化、漏水・帯水、変形・欠損、土砂詰まり、沈下・移動、傾斜、洗掘、その他の異常) /撮影基準 /重大な損傷を発見した場合の対応 /健全性の診断 /措置 /記録 /記入例 (<点検調書>橋梁の諸元、点検及び補修履歴、部材番号図、損傷程度評価表、損傷状況写真、健全性の診断) /愛媛県橋梁長寿命化計画 /長寿命化修繕計画の目的・策定手法 /橋梁長寿命化修繕計画の策定。

定期点検の頻度は、「近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること」に改正が行われたことによる、愛媛県の橋梁点検についての講義が行われた。着目点および評価の手引きで示された各部位に関する事例は大いに参考になる。

愛媛県では、建設後 50 を経過する高齢化橋梁の急増が見られ、現在、705 橋（26%）あり 20 年後は 1,749 橋（64%）までに増える。そのため橋梁の長寿命化計画が策定されている。長寿命化修繕計画の目的と策定手法を、①予防保全型修繕により、既存の橋梁を延命か（長寿命化）、②ライフサイクルコストの最小・最適化、③予算の平準化を概念図にしめして説明する。また、橋梁毎の最適補修計画検討の考え方を図及び表を用いて説明する。

備考：「愛媛県の橋梁定期点検マニュアル（H26 年 10 月改訂版）」

マニュアルにおいて「近接目視が物理的に困難な場合は、技術者が近接目視によって行う評価と同等の評価が行える方法によらなければならない」とされており、発注者と協議のうえ、カメラ等の使用による点検を検討することも考慮する。

2.1.16 橋梁の維持管理

この講義は、第 5 日 2 時限目に講義を行ったのち（図 21）、3 時限目と 4 時限目でフィールドワークとして天山橋と星丘橋の現地検討を行った（図 22）。その後、5 時限目にワークショップにて各グループの点検結果について討論をした（図 23）。

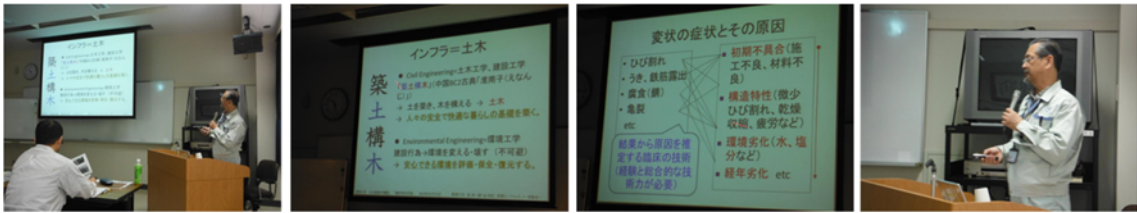


図 21. 橋梁の維持管理の講義風景.



図 22. 橋梁フィールドワーク.

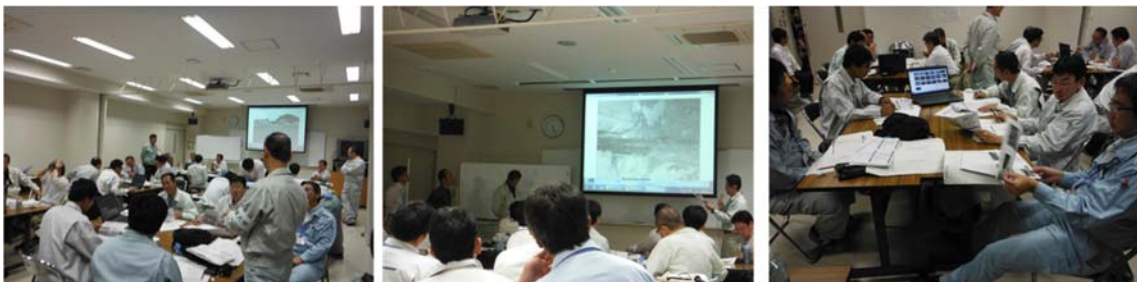


図 23. 橋梁点検フィールドワーク後のワークショップ(5 時限目に行う).

◇講義 5-2「道路橋の維持管理の考え方（点検・評価・対策）」須賀幸一（㈱芙蓉コンサルタント、資料作成共同：森伸一郎・全邦釘（愛媛大学））→道路橋の維持管理の考え方、ならびに実際に演習を行うフィールドである天山橋及び星岡橋での点検の仕方・見方についての講義を行った。

内容：社会基盤（インフラ）とは／インフラ＝土木（築土構木）／なぜ、今、インフラ
老朽化対策か／ミネアポリス高速道路崩落事故／鋼材で作られている橋梁：鋼橋／危なそ
うに見える橋は、実は多い／鋼橋の損傷事例／コンクリート橋の損傷事例／コンクリート
橋の損傷事例（四国）／社会資本のマネジメント／施設・構造物の維持管理の原理／維持
管理の構成と流れ／コンクリート橋の損傷事例（四国）／「道路構造物のライフサイクル
のイメージ」／H15「提言」道路構造物の性能曲線（案）／劣化の科学と技術／社会資本
のメンテナンスで必要なこと／国の方針と法令による具現／道路維持管理法令の指示と自
治体の課題／社会資本のメンテナンスで必要なこと／構造面から見たひびわれ評価のため
の進展の仮定／構造面から見たひびわれ・剥離の影響評価（1）実務的取り扱い方法になら
って／構造面から見たひびわれ・剥離の影響評価（2）損傷による曲げ剛性低下機構を考慮
して

一点検は維持管理の出発点：星岡橋、天山橋の説明を行った。

社会資本のメンテナンスで必要なことを次のように挙げている。

- ・何のための、誰のための、誰の責任で
 - ⇒ 自分の世代＋次世代＋さらに次世代
- ・自分の物、他人の物、みんなの物
 - ⇒ 「ひとごと感覚」→無関心の罪→関心を持つ！
- ・言われたことだけしておけば良い→無責任
 - ⇒ 本質は何かを考える者（エリート、プロ）になれ！
- ・人口変動，超高齢化，価値変化，要求性能変化
 - ⇒社会の変化は予測不可→事実データを継承
- ・徹底される近接目視
 - ⇒形式ではない、「心の近接」が必要

2.1.17 フィールドワーク 橋梁の維持管理

◇講義 5-3~4「橋梁フィールド：天山橋および星岡橋」須賀幸一（㈱芙蓉コンサルタント）、
補助・支援（村上茂之-岐阜大学、小林大-大日本コンサルタント㈱）

内容：天山橋及び星岡橋における点検実習

備考：ワークショップにおいて、現場での学習後に各グループで発表および議論・検討を
行う。

◇講義 5-5 「ワークショップ」須賀幸一（㈱芙蓉コンサルタント）、補助（村上茂之-岐阜
大学、小林大-大日本コンサルタント㈱）以上、橋梁ワークショップ < 5 時限目 >

廣田清治（愛媛大学）、熊田素子（岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究セン
ター）来週までの準備

2.2 後期講座

ME養成講座の後半である講義講座は表3のプログラムで行われた。

表3. 後期ME養成講座一覧表.

講座日	授業日時	講座名	講師名	受講生配布資料/講師準備資料	備考	
11月17日	6	1 健全度評価手法(土構造物)	岡村未対	土構造物の維持管理—河川堤防—	PPT 65枚(含 広島土砂災害)	
		2 土構造物の設計と浸透	岡村未対	配布用:土構造物の維持管理—河川堤防— 河川堤防の浸透に対する照査・設計のポイント	10枚 pdf	
	3	斜面・構造物の維持管理	廣田清治	河川構造物の耐震性能照査指針・解説—II 堤防編—	pdf	
				斜面・構造物の維持管理(その1)	PPT 60枚	
				土砂災害とのり面の見方	29ページ	
	4	演習 斜面・構造物の維持管理	須賀幸一・廣田清治	斜面観察 調査シート		
				実習用地形図及び空中写真	湯山北条、東川町	
				斜面・構造物の維持管理(その2)	PPT 60枚	
	5	ワークショップ	廣田清治	斜面・構造物の維持管理 演習	PPT 5枚	
				演習問題(I-V)		
				事例IV 切土により再発した地すべり(II、III-c)		
				演習問題用紙(配布用)		
				演習問題解答(I-V)		
	11月18日	7	擁壁の設計と維持管理	右城猛	演習問題解答(VI、VII)	
					擁壁の設計	PPT 22枚
擁壁の維持管理					PPT 41枚	
擁壁の設計と維持管理(演習)					PPT 8枚	
フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理					右城猛・須賀幸一・廣田清治	
3		フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理	右城猛・須賀幸一・廣田清治	フィールド:湯山柳		
				フィールド:		
5		ワークショップ	右城猛・須賀幸一・廣田清治			
11月19日		8	河川の維持管理	鳥居謙一	河川の維持管理	PPT 48枚
					社会インフラ管理の心得	PPT 17枚
					アセットマネジメント	PPT 3枚
					河川概論	PPT 33枚
					河川構造物の維持管理	杉原直樹
		2	河川構造物の維持管理	杉原直樹	河川構造物の維持管理(配布資料使用:河川維持管理に関する技術研修テキスト「実務者編」の解説)	表_PPT 1枚
	2. 堤防I(土堤、護岸)の点検				実2 堤防I	
	3. 堤防II(土堤以外の堤防、樋門、水門、陸閘)の点検				実3 堤防II	
	4. その他河川構造物の点検				実4 その他河川構造物	
	5. 河道の点検				実5 河道	
	3	トンネルの維持管理	太田裕之	トンネルの維持管理(配布なし)	PPT	
				配布用:トンネルの維持管理	pdf	
	4	フィールドワークトンネルの維持管理	太田裕之	三坂隧道:トンネルフィールド実習		
				トンネル覆工展開図・健全度判定シート	pdf	
	11月20日	9	舗装の設計と維持管理	紙田直充	ワークショップ	太田裕之
舗装の設計と維持管理					舗装の設計と維持管理	PPT 62枚
実施例:舗装の設計と維持管理 ケーススタディ						
洪水被害の概要と対策					竹田正彦	
土砂災害の概要と対策					廣田清治	
2		洪水被害・土砂災害の概要と対策	山下祐一	土砂災害の概要と対策(土砂災害の概要:土砂災害と法律)	PPT 34枚	
				降雨と災害及び土石流	PPT 96枚	
				平成26年8月の広島土砂災害	PPT 24枚	
				広島土砂災害の応急復旧対策	PPT 19枚	
				演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策	山下祐一	
4		演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策	山下祐一	演習1 平成26年8月20日広島土砂災害の警戒避難について	土砂災害の予測と対策	
				演習2 平成26年8月20日広島土砂災害の実態と対策		
				課題1 解答 八木地区土石流氾濫範囲		
				コース1 八木3.1、コース2、コース4	ヘリコプター写真	
				広島市安佐南区八木3丁目、4丁目	ワードに写真貼付	
5	演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策	山下祐一	「技術者倫理」・モラル、倫理と法、・技術者倫理の基礎	PPT 15、技術者倫理		
			技術者倫理演習概要			
			技術者倫理演習事例問題			
			技術者倫理事例のまとめと解答			
11月21日	10	地震発生による被害と対策	松島学	東北大震災の被害と建物の耐震設計	PPT 131枚	
				地震と住宅の耐震	PPT 66枚	
				建築の耐震設計法	PPT 33枚	
				最大規模の津波	MP4 ビデオ 10.281KB	
				New footage of Tohoku tsunami	ビデオクリップ174.582KB	
	2	津波発生と被害想定	二神透	家の構造と木・・・	PPT 26枚	
				耐震診断と耐震補強	PPT 38枚	
				地域の防災力を高めるためのICTによる地震火災・津波避難のシミュレータの構築	pdf, 配布資料, 6 in 1	
				津波避難勧告地域における防災行政無線の整備と課題-愛媛県宇和海岸5市町を対象として-	pdf	
				愛媛県の津波被害想定と対策	pdf, 配布資料, 6 in 1	
	3	演習 地震災害のソフト対策	二神透	津波避難シミュレーションマニュアル	PPT, pdf, 学生2人演習支援	
				(シミュレーションソフト)		
4	ワークショップ	廣田清治				
5	閉講式	矢田部龍一				

[6日目]

ME 養成講座の 6 日目は、「健全度評価手法 (土構造物)」および「土構造物の設計と浸透」が同一講師のもとで行われた。「斜面・構造物の維持管理」と演習、および「ワークショップ」がなされた。

		1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目
11月		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
6 日 目	17日 (月)	健全度評価手法 (土構造物) 岡村未対	土構造物の 設計と浸透 岡村未対	斜面・構造物の 維持管理 須賀幸一 廣田清治	演習 斜面・構造物の 維持管理 須賀幸一 廣田清治	ワークショップ (質疑応答、 レポート作成) 廣田清治

2.2.1 健全度評価手法 (土構造物)

この講義は第 6 日の 1 時限目に行われた (図 24)。

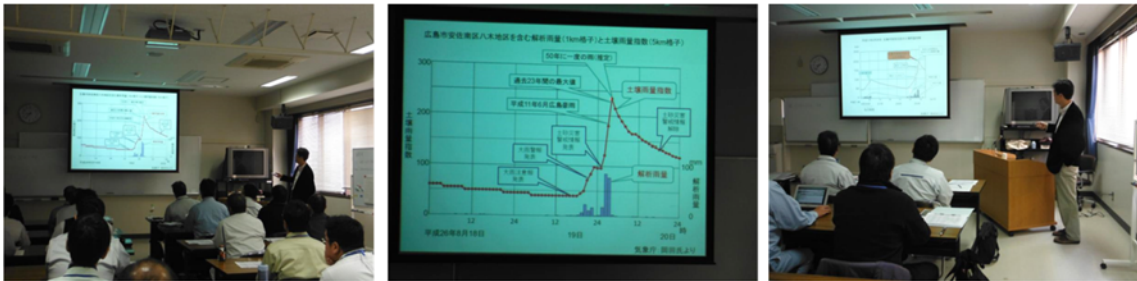


図 24. 土構造物の維持管理手法の講義風景.

◇講義 6-1 「健全度評価手法 (土構造物)」岡村未対 (愛媛大学大学院理工学研究科)

内容：「土構造物の維持管理—河川堤防—」 Hurricane Katrina/Impact on New Orleans /洪水に対して脆弱な日本の国土/日本の沖積地盤に人口の 2/3 が住み、資産の 3/4 が集中 /市街地より高いところを流れる日本の河川/平成 25 年の主な水害/平成 25 年の出水発生状況/治水効果の例/河川堤防の技術指針の変遷/堤防の安全性評価：高水時/堤防の整備状況・堤防の質は？/堤防の破堤の例/堤防の安全性評価：地震時/堤防の整備と維持管理の課題/土・土構造物の劣化とは/土 (材料) の経年変化 地圏における岩石のサイクル/土構造物 (河川堤防) の経年劣化/河川堤防の構造検討～詳細点検における安全性の照査～/機能維持のためのモニタリング/浸透に対する検討/局所動水勾配/対策工/侵食に対する検討

堤防の整備と維持管理の課題を、1 低い整備率、2 膨大な延長、3 堤防の質の確保に分けて、堤防の平面図、断面図を用いて述べる。

機能維持のためのモニタリング

堤防は延長の長い線状の形態を有し、歴史的な経緯を経て構築されてきた構造物であることから、洪水および地震に対する堤防の信頼性を維持し高めていくためには、堤防の保持すべき個々の機能に着目したモニタリングが不可欠である。モニタリングにより機能の低下や喪失が認められた場合、あるいはその恐れがあると判断された場合には、直ちにその復旧や予防措置を講ずるとともに、必要に応じて堤防の構造、材料や設計法の妥当性について再検証することも重要である。

モニタリングとしては、堤防の各部分に変状や劣化が生じていないか、降雨終了後も長期間にわたり水が滲み出していないか、滯筋や河床高に変化がないかなどについて、日常の巡視や調査等により把握するとともに、出水時に堤体及び堤防周辺地盤の挙動、樋門等の構造物周辺の漏水、あるいは堤体内の浸潤面の発達状況等を監視、計測すること等が重要である。

モニタリングの方法としては、目視によることのほか、堤防の個々の機能に応じて計器を設置するなどして、出水時に生じた変化などを把握することが望ましい。堤防が洪水あるいは地震により被害を受けた場合には、入念な調査により被害の原因やメカニズムを把握して対策を行うことが重要である。

配布資料：

- 「河川堤防の浸透に対する照査・設計のポイント」平成 26 年 7 月 独立行政法人土木研究所 地質・地盤研究グループ土質・振動チーム：配布資料
- 「土構造物の維持管理―河川堤防―」PPT プリント資料として配布。

2.2.2 土構造物の設計と浸透

この講義は第 6 日の 2 時限目に行われた（図 25）。

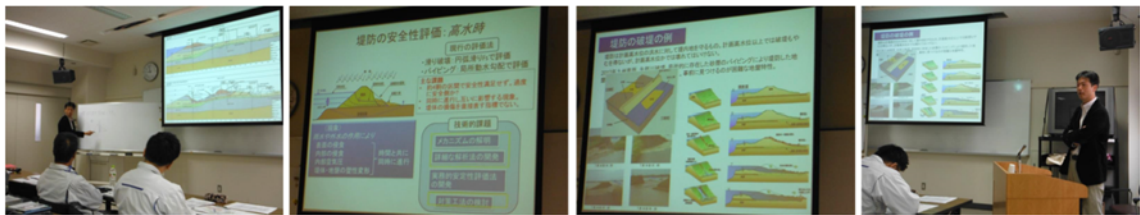


図 25. 土構造物の設計と浸透 講義風景.

◇講義 6-2 「土構造物の設計と浸透」岡村未対（愛媛大学大学院理工学研究科）

本講義は、1 時限目の講義に続き行われた。

資料：「河川構造物の耐震性能照査指針・解説―Ⅱ. 堤防編―」平成 24 年 2 月 国土交通省 水管理・国土保全局治水課.

2.2.3 斜面・構造物の維持管理

この講義は第 6 日の 3 時限目に講義、4 時限目に演習が行われた（図 26、図 27）。



図 26. 斜面構造物の維持管理の講義及び演習風景.

2.2.4 斜面構造物の維持管理



図 27. 斜面構造物の維持管理の演習風景.

◇講義 6-3「斜面・構造物の維持管理（その1）」廣田清治（愛媛大学防災情報研究センター）

内容：1 斜面の維持管理（斜面の維持管理とは何か？／オープンデータの活用）／2 斜面に対する構造物の維持管理／3 斜面の災害発生形態。

冒頭に講義の流れを説明し、座学・演習（17日の「斜面・構造物の維持管理」、18日の「擁壁の設計と維持管理」）を行ったのち講座合同でフィールドワーク（18日の「擁壁・斜面の維持管理」）で現場観察、ワークショップで検討し終了することとした。

現地での斜面、のり面の見方は次のとおり、全体から部分への視点の移動、対象物の境界の確認・選定、現場で解決することなどを述べた。

1 先ず全体を見て、部分を観る.

- ◆例えば、変状はここだ！と思っても すぐに近づかない。
他に何か異常がないか探す。斜面全体の安定を考える。

2 境界を決める.

- ◆斜面・のり面の安定／不安定境界、地質の境界、変状の境界を確認する。

3 現場で浮かんだ問題点は現場で解決する.

- ◆例えば、対策工（補修・補強）を考える場合、いろんな工法のイメージを現地に当てはめながら検討する。現場で分からない場合（解決できない場合）でも、分からない問題、範囲を把握したのち調べる。

斜面は自然斜面と法面に分けられ、法面は切土法面と盛土法面に区分される（図 28）。それに伴う対策工の工種は多い。土構造物は、沈下と滑動を止める構造物となり、不安定化した斜面は抑制工と抑止工で対処される。

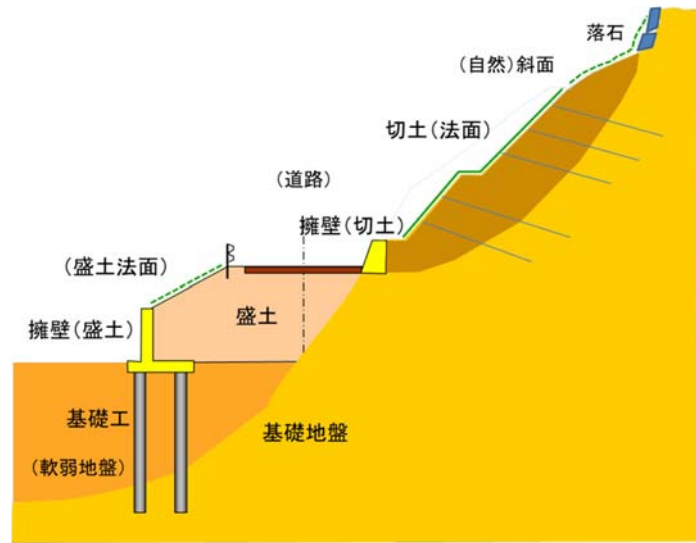


図 28. 斜面と構造物（対策工）の関係概念図（断面）（講義 PPT 資料から）。

斜面の管理をする場合、斜面の領域は広すぎるため、実際に即した範囲について決める必要があり、一つの目安として次にしめす（図 29: 講義 PPT 資料から）。

◇ 斜面の維持管理をどの範囲ですれば 良いか？

1. 地域レベルでの維持管理
2. 流域レベルでの維持管理
3. 斜面レベルでの維持管理

↓
個別の構造物

図 29. 斜面管理の範囲（講義 PPT 資料から）。

1 地域レベルでの維持管理

◆地形に制約されない範囲が含まれ、水文解析、斜面分類するときなど、さらに範囲を限定する必要がある。

2 流域レベルでの維持管理

◆地形に制約されるため閉鎖系の中でモノ（水・土砂）の流れを理解しやすいが、範囲が広いと維持管理が困難であるため、地域レベルと同じように、調査、対策など問題とする範囲を限定する必要がある。

3 斜面レベルでの維持管理

◆特定の斜面で維持管理できるが、見る観点、記録の整理方法、災害履歴などの過去のデータも管理することが肝要である。また、モデル化もしやすい。

備考：配布資料：「土砂災害とのり面の見方」（廣田作成既往資料）

■活断層データベース起震断層・活動セグメント（産総研）：

https://gbank.gsj.jp/activefault/cgi-bin/search.cgi?search_no=j024&version_no=1&search_mode=2

◇講義 6-3 「斜面・構造物の維持管理（その 2）」須賀幸一（株芙蓉コンサルタント）

内容：1 斜面・構造物の設計と対策（1-1 設計・対策の基本的な考え方／1-2 切土のり面／1-3 のり面保護工の選定基準／1-4 構造物によるのり面保護工／1-5 のり面排水／1-6 落石対策／1-7 地すべり対策）／2 斜面・構造物（維持管理）の留意点。

斜面・構造物（維持管理）の留意点について次に示す。

1 のり面の安定勾配の確保

- ・土工（標準切土勾配）を基本とする。
- ・安定勾配が確保し難いときに構造物を設置する。

2 水処理（表面水、地下水等）

- ・崩壊要因の除去の点から極めて重要。
- ・微地形や現地状況に合わせた計画。

3 のり面劣化（侵食）防止

- ・雨水や風化による劣化、侵食の防止。

また、のり面の点検ポイントは次のとおりである。

- ・のり面点検のり肩歩け
- ・点検記録は絵心で
- ・のり肩亀裂はすべりの兆候
- ・ガリー浸食は災害のもと
- ・パイピングは崩壊の前兆
- ・のりのはらみは水のせい、はらみの上部には必ずクラック
- ・のり面、のり肩の原因不明の穴は、古いクラック
- ・独立した大木はのり面をゆるめる
- ・冬(秋)でも緑は水多し
- ・降雨時のみに湧水がある箇所も要注意
- ・水抜き孔に草を生やすな
- ・無いより悪い欠陥保護工、欠陥水路
- ・コンクリート吹付け裏の空洞は雨上がりの晴天の日がわかりやすい
- ・厚目のコンクリート吹付けは、のり先のせり出しに注意
- ・天端や打ち継ぎ目からの水のしたたる擁壁は水を抜け
- ・コンクリート構造物によるのり面保護工のクラックは、縦よりも水平、斜方向のものに注意
- ・小さな沢も見落とすな

（奥藺誠之著「斜面防災 100 のポイント」鹿島出版会から）

◇講義 6-4-5 「斜面・構造物の維持管理 演習」須賀幸一・廣田清治（前出）

廣田・須賀両講師により次の手順で演習を行った。

7つの事例についてグループ毎に検討を行い、検討結果は発表することによって議論を行った。演習内容はつぎのとおりである（事例写真、工法等資料掲載は省く）。

斜面・（のり面）構造物の演習

これまでのり面・斜面に関する説明を行ったが、ここでは事例演習を行う。演習はのり面・斜面崩壊の代表的な事例を使って行う。事例として7つの事例を準備した。

1) グループ討議 (50分)

それぞれの崩壊事例について、①崩壊発生した原因、②崩壊分析のための調査、③応急対策工、④復旧対策工の選定とその理由をグループで討議し、それぞれについてまとめる。

2) 成果発表 (40分)

その結果を、グループ毎に発表し、他のグループからの質問があれば質疑を行う。

事例Ⅰ 転石型落石 (Ⅲ-a)

豪雨(連続雨量 134.5mm、時間雨量 17.5mm)により、幅 30.3m、高さ 18m にわたり表層崩壊が発生した。崩壊地は、斜面勾配が急で落石防護柵が施工されていたが、豪雨によりのり面が崩落し落石防護柵の一部を破壊し道路を遮断した。

事例Ⅱ 崩積土の崩壊 (Ⅲ-b)

豪雨(連続雨量 435mm、最大時間雨量 19mm)により幅約 30m、のり長約 2018m にわたり表層崩壊が発生した。のり面崩壊後の地山は一部を除き穏やかで比較的安定している。地質は中生代の泥質片岩と緑色片岩の互層を基盤にし、その上部地表付近には崖錐堆積物が覆っている。

事例Ⅲ 岩の割れ目に沿った崩壊 (Ⅴ-b)

梅雨前線に伴う豪雨(連続雨量 96mm、最大時間雨量 10mm)により、幅 22m、高さ 12m にわたり、既設のモルタル吹付けのり面が崩壊した。崩壊のり面は、斜面勾配の大きい谷底とそれに続く緩傾斜地に位置する。地質は花崗質岩、花崗斑岩質岩石及びこれを貫くヒン岩質岩脈を基盤としている。

事例Ⅳ 旧地すべり面沿いの地すべり (Ⅲ-c)

風化し粘土化した泥質岩の表層が、豪雨(連続雨量 320mm、最大時間雨量 27mm)に伴い馬蹄形に崩壊した(幅 28m、高さ 20m)。道路の切土のり面及び斜面の崩壊である。のり面はコンクリートブロック積(H=4.0m)で保護され、その頭部は雑木材で覆われる 30~40 度の傾斜で比高は 20m である。崩壊は 4~6m で、滑落崖は 30m にわたっている。崩壊場所には湧水が認められた。地層は第三紀の泥岩を主体とし、表層は強風化した泥岩で覆われている。

事例Ⅴ 流れ盤地すべり(Ⅳ、Ⅴ-c-1)

前月の総雨量が 465mm と例年の 4 倍となり、その後(前 10 日間雨量 34 mm)、幅 45m、高さ 43m の岩盤すべりを誘発した。崩壊のり面は切土勾配 1 : 0.3、直高 25m の切土新面でモルタル吹付け工が施工されていた。地質は黒雲母花崗岩で平滑な節理が発達している流れ盤構造で、傾斜角は 40 度程度となっている。

事例Ⅵ 切土により再発した地すべり (Ⅱ、Ⅲ-c)

時間雨量 23 mm、累積雨量 250 mm の雨の降った 14 時間経過後、幅 140m、長さ 40m、高さ 20m の地すべりが発生し、道路側に 4m 押し出した。地すべり面の勾配は 10° 以下とゆるい。斜面には湧水が求められた。地質は第三紀の泥岩が基盤であり、その上に第四期の古期崖錐堆積物が分布している。泥岩は層理に沿ってスレーキングが進行し、すべり面が形成されたと考えられる。地すべりの頭部には湿地が形成されていた。

事例Ⅶ 割れ目の多い岩盤地すべり(Ⅴ-c-4)

大規模切土施工により応力開放による岩盤のゆるみが発生し、変質粘土脈を含む弱線に沿ってすべり面が形成され、小崩壊が発生した。その後小崩落の節理に沿って岩盤のゆるみ領域が拡大し、さらに、節理面の開口、変位量の拡大により、のり面全体が緩んだ状態となり、変質粘土脈に規制された幅 100m、長さ 70m、高さ 60m の土塊移動が発生した。

資料：事例Ⅰ 転石型落石 (Ⅲ-a)、事例Ⅱ 崩積土の崩壊 (Ⅲ-b)、事例Ⅲ 岩の割れ目に沿った崩壊 (Ⅴ-b)、事例Ⅳ 旧地すべり面沿いの地すべり (Ⅲ-c)、事例Ⅴ 流れ盤地すべり (Ⅳ、Ⅴ-c-1)、事例Ⅵ 切土により再発した地すべり (Ⅱ、Ⅲ-c)、事例Ⅶ 割れ目の多い岩盤地すべり (Ⅴ-c-4)

[7日目]

ME 養成講座の7日目は、「擁壁の設計と維持管理」と演習、「フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理」で前日の講義「斜面・構造物の維持管理と演習」講義の合同フィールドワークとした。「ワークショップ」でフィールドワーク後のグループ討論がなされた。

11月		1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
7 日 目	18日 (火)	擁壁の設計と 維持管理 右城 猛	演習 擁壁の設計と 維持管理 右城 猛	フィールドワーク 右城 猛	擁壁・斜面の維持管理 須賀幸一 廣田清治	擁壁・斜面の 維持管理 まとめ 右城 猛

2.2.4 擁壁の設計と維持管理

この講義は第7日、1時限目に行われた（図30）。



図 30. 擁壁の設計と維持管理の講義風景.

◇講義 7-1 「擁壁の維持管理」右城 猛（株第一コンサルタンツ）

内容：点検の種類／水抜き孔の土砂詰まり／本山町古田の町道のブロック積み擁壁 2007.4
／ブロック積み擁壁が傾斜、背面に空洞（大豊町）／豪雨の際に擁壁が起き上がった（大
豊町桃原）／町道のブロック積み擁壁が起き上がったのはなぜか？（本山町古田）／降雨
時に土圧が増える理由／国道 11 号線の二段積み擁壁が倒壊（西条市）／高知市十市ニュー
タウン／道路横断管渠／県道久礼須崎線に空洞 2010 年 6 月／20 年前に施工したブロック
積みが突然倒壊 2013 年 6 月（高知：八田地区）／崩壊状況／アスファルト撤去中に擁壁が
30m にわたり突然崩壊／国道 321 号鍵掛橋の橋台が前方へ傾斜／擁壁の傾斜／国道 56 号
須崎市桑田山地区／扶壁式擁壁（1972 年施工）に亀裂（自動車学校）／縦方向に過大な曲
げモーメントが発生／ディープビームの破壊直前のひび割れ図／高知豪雨で南国市才谷の
国道 32 号が崩壊／谷川からの水が法面から盛土内部に浸透して飽和／谷から土砂が流れて
きてカルバートの舌口を塞いだ／大型ブロック積み擁壁で復旧／一般国道 32 号大豊町敷岩
の崩壊（1999 年 7 月 29 日）／国道 32 号大豊町敷岩／旧国鉄の法面防災十訓／落石の最
大跳躍量を 2m と見なせるか？／高さ 3m の防護柵を跳び越えて国道 33 号に落下／落石が
高さ 3m の防護柵を跳び越えて軽乗用車を直撃／落石が防護柵の上端をかすめて国道 32 号
に落下／高知県吾北村大渡の落石（2003 年 5 月）／防護柵の隙間から落石／落石の発生形態
発生源と発生形態／ポケット式防護ネットは法面崩落箇所に不適／斜面崩壊とポケット式
ロックネット／落石防護柵の損傷／落石防護ネットの損傷.

◇講義 7-1 (演習前に)「擁壁の設計」 右城猛 (㈱第一コンサルタンツ)

擁壁崩壊事例を交えて設計の講義を行った。

内容：擁壁の分類／擁壁の種類／擁壁の設計で考慮する荷重／重力式擁壁の設計条件／土のせん断強度定数／衝突荷重／自動車衝突時のガードレール変形／自動車衝突荷重とは防護柵支柱の降伏荷重／地震時の慣性力／地震動の作用の照査／盛土の安定と土圧／主働土圧／試行くさび法による常時主働土圧の計算／試行くさび法による地震時主働土圧の計算／主働土圧の計算法／擁壁の安定性の照査／安定計算／擁壁工指針の転倒に対する安定の照査／底面と地盤の摩擦係数／経験的許容鉛直支持力度 qa ／支持層と見なせる N 値の目安

2.2.5 演習 擁壁の設計と維持管理

この演習は、第 7 日の 2 時限目に行われた (図 31)。



図 31. 擁壁の設計と維持管理の演習風景.

◇講義 7-2 「擁壁の設計と維持管理 (演習)」 右城猛 (㈱第一コンサルタンツ)

内容：大豊町豊永の宅地擁壁／宅地平面図／擁壁の断面図／アンカーの配置図／抜け落ちたアンカーとキャップコンクリート／擁壁の変位の測定結果／安定計算結果.

本演習は、ある町の宅地擁壁の例を挙げ行われた。演習の概略手順は次のとおりである。

高知県のある町で 1998 年 4 月、宅地の擁壁からアンカーが突然、飛び出すという事故があった。この擁壁は高さ 7m の重力式擁壁で、1985 年に完成。その後、擁壁が前方に傾いたので、1987 年に擁壁の前面から水平ボーリングをしてアンカーを打設した。アンカーの引っ張り材(テンドン)には、内径 65mm の塩化ビニール管で保護した直径 32mm の PC 鋼棒を採用。管内にはグラウトを注入していない。鋼棒の先端は、擁壁の背面の盛土を床堀して設けたコンクリートブロックに定着させていた。アンカーの頭部は 0.5m×0.5m×0.3m の大きさのコンクリートで保護していた。演習問題は次のとおりである。

○図-1~図-5, 表-1, 写真-1~写真-5 から判断し、下記の 5 つの設問に答えよ。

- 【設問 1】 重力式擁壁が前方へ傾いた原因は何か。
- 【設問 2】 アンカーの施工から 11 年しか経っていない。アンカーが破断した原因は何か。
- 【設問 3】 アンカーはなぜ飛び出したのか。
- 【設問 4】 宅地擁壁を計画・設計する上で留意すべき点は何であったか。
- 【設問 5】 アンカーで補強したことは妥当であったか。

2.2.7 フィールドワーク 擁壁・斜面の維持管理

このフィールドワークは、擁壁の設計の講義と斜面の維持管理の講義との合同フィールドワークとして2箇所で行われた（図 32）



図 32. 斜面のフィールドワーク風景（東川町）。

◇ 講義 7-3~4 「擁壁・斜面の維持管理：フィールドワーク」 右城猛（㈱第一コンサルタント）・須賀幸一（㈱芙蓉コンサルタント）・廣田清治（愛媛大学防災情報研究センター）

この講義は、6 日目の「斜面・構造物の維持管理」座学及び演習、「擁壁の設計と維持管理」座学及び演習の後の合同フィールドワークとして行われた。現場は、松山市の湯山柳および東川町の 2 現場である。現場位置は、4.4 斜面の項に示す。

ここでの維持管理対象物は、湯山柳の現場で、吹付工、枠内緑化工、擁壁、ストーンガードであり、東川町の現場で、高エネルギー落石防護柵、ストーンガード、ポケット式ロックネット、ロープネット、擁壁、枠工である。

◇ 講義 7-5 「擁壁・斜面の維持管理：フィールドワークまとめ」 右城猛・須賀幸一・廣田清治（前出）

フィールドワーク後は、グループでどの点について検討したかを、次の項目に沿って発表を行った(図 33)。

- 1 選定箇所
- 2 地形・地質などの概要
- 3 観察法面（斜面）の説明 3.1 状況 3.2 判断・提案

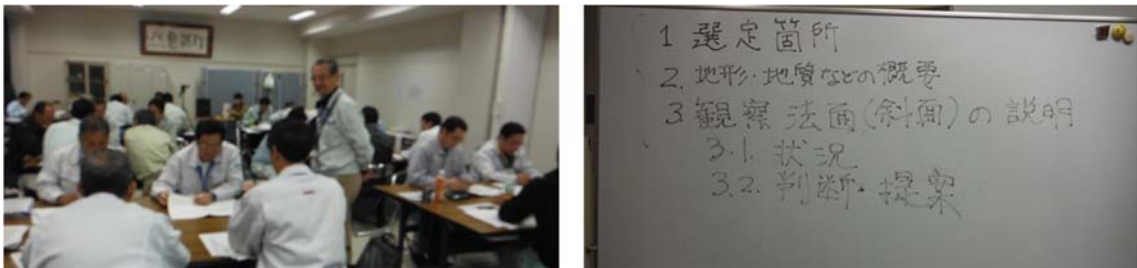


図 33. 斜面フィールドワーク後のグループ討論、発表会。

[8 日 目]

ME 養成講座の 8 日目は、「河川の維持管理」、「河川の構造物の維持管理」、「トンネルの維持管理」および「フィールドワーク トンネルの維持管理」が行われ、観察後はグループ討論とまとめがなされた。

		1 時 限 目	2 時 限 目	3 時 限 目	4 時 限 目	5 時 限 目
11月		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
8 日 目	19日 (水)	河川の維持管理 鳥居謙一	河川構造物の 維持管理 杉原直樹	トンネルの 維持管理 太田裕之	フィールドワーク トンネルの維持管理 太田裕之	トンネルの 維持管理まとめ 太田裕之
				14:00	14:00	17:20

2.2.8 河川の維持管理

この講義は、第 8 日の 1 時限目に行われた (図 34)。



図 34. 河川の維持管理の講義風景.

◇講座 8-1「河川の維持管理」鳥居謙一 (国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部)

内容：1 河川概論－我が国の河川の特徴／河川改修等の経緯／河川法の概要／河川管理の課題，2 河川維持管理の基本－河川維持管理の基本的な方向／河川管理施設の維持管理の意義／河川管理の基本的な体系／サイクル型維持管理体系の構築／維持管理業務の流れ。

堤防点検評価 国土交通省 業務の流れイメージ図をもちいて説明する。

他に、次の資料について話題を提供される。

「社会インフラ管理の心得」

社会インフラ・メンテナンスの特性

○現象のすべてが解明されている訳ではない。

- ⇒ 謙虚な姿勢で構造物を観察する
- ⇒ 管理を通じて構造物を知る
- ⇒ 経験の蓄積

○構造物の寿命は 50 年，100 年，半永久。

- ⇒ ライフサイクル・マネジメント
- ⇒ 管理を通じて構造物を育てる (図 35 参照)

⇒組織的な継続力が必要

管理を通じて日本を盛り上げるとして、資料については次のようにまとめている。

○管理を通じて対象を知る

- － 統計・工学に裏付けられた管理技術
 知っていることは限られている
 裏切られるかもしれない
- － 経験の蓄積に基づく管理技術
 すべてを知ってはいない

○管理を通じて対象を育てる

- － ライフサイクル・マネジメント

○管理を通じて日本を盛り上げる

- － 魅力ある産業への転換
- － 土木技術のイノベーション
 ICT 技術（クラウド・データベース）

備考：情報の収集整理のポイント

- ・ 経年的に情報を重ねていく
- ・ 河道形態変化の要因となるイベント等情報
- ・ 流下能力とその支配要因に関する情報
- ・ 堤防・河道の被災履歴に関する情報
- ・ 局所洗掘に関する情報
- ・ 堤防の浸透に関する安全性照査等の情報
- ・ 築堤経緯に関する情報
- ・ 護岸構造、設置年代の情報
- ・ 樋門等構造物に関する情報
- ・ 洪水時落差をもって流れる構造物と周辺護岸等の情報
- ・ 堤防植生に関する情報
- ・ 大規模修繕や補修履歴に関する情報
- ・ 情報の更新時期

◇「アセットマネジメント」鳥居謙一（同講師）

ISO55000 におけるアセットマネジメント概念図を用いて、アセットマネジメントを説明する。

■国土交通省作成 インフラ長寿命化基本計画（ロードマップ）：—2016 年までにインフラ毎のデータベースを構築・運用することとしている。さらに、それらを統合するプラットフォームを 2019 年までに構築する計画になっている。

<http://www.mlit.go.jp/common/001040311.pdf>

2.2.9 河川構造物の維持管理

この講義は、第 8 日の 2 時限目に行われた（図 35）。

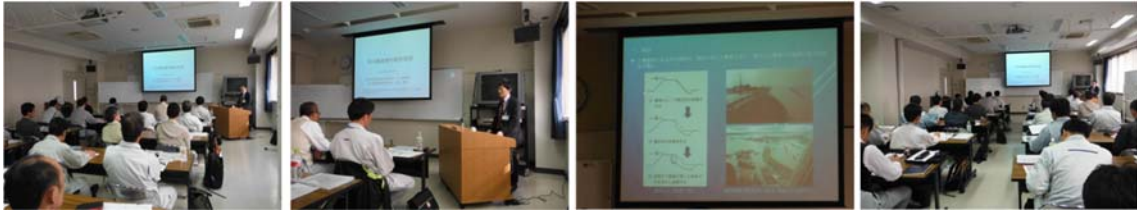


図 35. 河川構造物の維持管理の講義風景.

◇「河川構造物の維持管理」杉原直樹（国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部）

内容：配布資料にそって、“2. 堤防Ⅰ（土堤・護岸）”の点検、“3. 堤防Ⅱ（土堤以外の堤防、樋門、水門、陸閘）”の点検、“4. その他河川構造物”の点検、および“5. 河道”の点検についての講義.

資料には豊富な事例が示されている。

資料：「河川維持管理に関する技術研修テキスト[実務者編]」平成 26 年 3 月 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 河川保全企画室.

備考：

■東北地方の災害復旧工事で採用している、裏法をコンクリート張とする『ねばり強い構造』は、想定外の津波に対し十分な効果を期待できるのか？：堤防の粘り強い構造に関しては、海岸堤防で行われている。国総研海岸研究室のホームページに「粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討」の紹介がされている。また、国土交通省仙台河川国道事務所のホームページに「仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト」として紹介されている。

2.2.10 トンネルの維持管理

この講義は第 8 日の 3 時限目に座学を、4 時限目と 5 時限目の時間を使いフィールドワークならびにまとめを行った（図 36、図 37）。

2.2.11 フィールドワークトンネルの維持管理



図 36. トンネル点検のフィールドワーク風景.



図 37. トンネルのフィールドワーク後のワークショップ風景.

◇ 講義 8-3~5「トンネルの維持管理」太田裕之 (応用地質株式会社 エンジニアリング本部)

内容：1 トンネルの基礎知識 (1.1 施工方法によるトンネルの分類／1.2 道路トンネルの保有状況／1.3 本テキストの内容と参考図書／1.4 山岳トンネルの施工方法の変遷と特徴／1.5 トンネルの変状) ／2 道路トンネルの維持管理の概要 (2.1 用語の定義／2.2 道路トンネルの維持管理の流れ／2.3 点検・調査／2.4 健全性の診断／2.5 措置／2.6 記録)

表 4 わが国のトンネルの変遷

(太田裕之：トンネル変状調査と健全度評価、第 23 回日本道路会議特定課題論文集、p37、1993 から)

年代	明治	大正	昭和						平成
			～10年	20年代	30年代	40年代	50年代	60年代	
工法	矢板工法		NATM						
支保材料	木製支柱式支保		鋼アーチ支保工						吹付け、ロックボルト
覆工材料	レンガ	石積み	コンクリートブロック						場所打ちコンクリート
覆工施工方法	人力(レンガ、石材、コンクリートブロック)		人力撥ね込み 吊棧橋による投入(側壁) 機械化(ブレイサー、ホップ) (ホップ) (引抜き管方式) (吹上げ方式)						

その後、施工法によるトンネルの分類、および 施工方法の差異による変状の特徴を図表を用いて分かりやすく説明する。

備考：

<レンガ積みのトンネルの維持管理の質問に答えて：太田講師回答文章から以下に引用>

○レンガ積みの点検のポイント

・レンガ本体と目地材（漆喰、モルタル）の劣化の程度を見て、劣化を評価することが重要です（レンガ本体がしっかりしていれば、目地材は再施工（ポインティング）が可能です。レンガ本体が劣化している場合は、はく落防止対策として別な対策（金網、当て板等）が必要となります（広範囲に変状している場合は、レンガを積み直す方法や、建築限界の問題がなければコンクリート等で内巻する事例もあります）。

・コンクリートに比べ、打音検査は弱めに行う（レンガを壊してしまうので）

・コンクリート覆工のように横断目地がないので、スパン長としては 10m 程度に決めて坑内にマークする

・外力作用で変形を受ける場合は、目地が開口し、あるいはレンガ本体が割れてはらみ出してくる兆候があるので要注意。

○レンガ積みトンネルの構造

・「矢板工法は逆巻き」と講義で述べましたが、明治時代のレンガ・石積み覆工は断面が小さいこともあって、順巻き（側壁から施工）で構築されている場合が多いです。テキストの木製支柱式支保工の手順は、このレンガ積みのものです。

・通常、坑門（面壁）でアーチ状にレンガが積まれている状態が確認できますが、これがレンガの積層数を示しているの（だいたいですが）覆工巻厚が想定できます。写真で坑門に積まれた馬蹄形状の覆工が、その形のまま積まれているものと解釈してください。

・レンガ積みの場合、レンガを積むために、背面の地山の支えが必要で、余掘り＝空洞がある場合、“栗石”と呼ばれる玉石などを充填しますので、それほど大きな覆工背面空洞は残存していない場合が多いです。

・残念ながら道路トンネルのレンガ積み覆工を詳しく扱った文献はありません。鉄道トンネルではレンガ積みトンネルが現役で供用されており、以下の文献でポインティングなどの解説、ブロック積み覆工のはく落に対する健全度の目安他が掲載されています。

・（財）鉄道総合研究所、トンネル補修・補強マニュアル、平成 2 年。

・（財）鉄道総合研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説、平成 19 年

なお、道路トンネルの維持管理に関しては下記の参考図書がある。

- 道路トンネル維持管理便覧 H5.11 （社）日本道路境界
- 道路トンネル定期点検要領（案） H26.6 国土交通省道路局
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 道路トンネル変状対策マニュアル（案） H15.2 土木研究所第 3877 号（独）土木研究所
- 道路点検・補修の手引き H13.7 国土交通省近畿整備局
- 設計要領第三集トンネル 保全編 H23.7 東日本高速道路(株)他
- 山岳トンネル覆工の現状と対策 H14.9 （社）土木学会 トンネルライブラリー12
- トンネルの変状メカニズム H15.9 （社）土木学会
- トンネルの維持管理 H17.7 （社）土木学会 トンネルライブラリー 14
- 現場技術者のためのトンネル維持管理の実際 H16.12 (株)山海堂
- 附属物（標識、証明施設等）の点検要領（案） H22.2 国土交通省 道路局 国道防災課
- 総点検実施要領（案）[道路トンネル編] H25.2 国土交通省 道路局

[9 日 目]

ME 養成講座の 9 日目は、「舗装の設計と維持管理」、「洪水被害の概要と対策」、「土砂災害の概要と対策」、および「演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策」の講義・演習が行われた。

11月		1 時 限 目	2 時 限 目	3 時 限 目	4 時 限 目	5 時 限 目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
9 日 目	20日 (木)	舗装の設計と 維持管理 紙田直充	洪水被害の 概要と対策 竹田正彦	土砂災害の 概要と対策 山下祐一 廣田清治	演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策 山下祐一	廣田清治

2. 2. 12 舗装の設計と維持管理

この講義は第 9 日の 1 時限目に行われた (図 38)。



図 38. 舗装の設計と維持管理の講義風景.

◇講義 9-1「舗装の設計と維持管理」紙田直充 (西日本高速道路(株)四国支社 建設事業部技術計画課)

資料は ME 養成講座出席者限り。

内容：舗装の設計／舗装の維持管理／ (参考) 舗装の施工

備考：「維持管理」にこれで OK という終点はなく、常に発生した事象、状況の変化や老朽化の進行等に応じ点検・評価・予測などは施行錯誤しながら最良の方法を見出して行く必要があると思っている。

2. 2. 13 洪水被害の概要と対策

この講義は、第 9 日の 2 時限目に行われた (図 39)。



図 39. 洪水被害の概要と対策の講義風景.

◇講義 9-2 「洪水被害の概要と対策」 竹田正彦（愛媛大学防災情報研究センター）

内容：風水害に備える／日本の気候・地形の特徴／自然災害における死者・行方不明者数
／日本は世界有数の山岳国／日本の河川は急流／四国の河川／日本の河川の特徴／日本の
国土の特徴／重信川流域／四国の年平均降水量／松山の降水量／四国 4 県の降水量の比較
／内水氾濫のしくみ／四国の災害（高潮による災害）／内水氾濫ハザードマップ／（1）
台風と風／日本への台風の接近数の推移／台風による被害／2014 年 7 月 8 日台風 8 号進路
情報／（2）台風と雨／台風の風と雨／4. 温暖化と異常気象／エルニーニョ、ラニーニ
ャ現象とは／エルニーニョ現象・ラニーニャ現象が日本の天候へ影響を及ぼすメカニズム
／豪雪災害（山間部・南予）／日本の平均気温／CO2 排出による平均気温の変化／温暖化
と異常気象／都市部の温度上昇現象上昇気流による積乱雲の発生／ヒートアイランド現象
とは／世界の主要都市の年平均気温／水災害への取り組みと水防／応急復旧活動（平成 7
年東温市牛渕地先）（重信川 河口より 14.6km 付近東温市北側）／2009 年兵庫県佐用町水
害／状況を判断して適切な行動 逃げないことが避難（垂直避難）／身近にできる対策／重
信川のみお筋（川筋）の変遷／松山市内水ハザードマップ／避難における注意点／予測情
報の提示／大雨の時／（2）台風と高潮／高潮のメカニズム／2013 年 11 月フィリピンの
高潮／高潮から命を守るために／被災施設の復旧／河川の名称／河道（単断面・複断面）
／堤防決壊のメカニズム／はん濫形態ごとの浸水区域の例／堤防漏水対策工法解説／被災
形態の判定／被災原因の分析（局所洗掘）／被災原因の分析（ブロックの移動・流出）／
被災原因の分析（ブロックの移動・流出）／被災原因の分析（ブロックのめくれ）／被災
原因（吸い出しによる被災）／被災原因（残留水圧による被災）／被災原因（天端からの
侵食）／河床変動／改修後に被災した例。

一締めくくりに：都賀川 甲橋（平成 20 年 7 月 28 日）／下水道工事事故／さまざまな気象
現象／1 時間降水量 50mm 以上の年間観測回数／1 時間降水量 80mm 以上の年間観測回数
／気象情報を事前に確認／川の防災情報／情報の重ね合わせ。

参考資料：

■重信川水系河川整備計画【「重信川の河川整備(国管理区間)」】平成 20 年 8 月 国土交通
省四国地方整備局

■「美しい山河を守る災害復旧基本方針」（平成 26 年 3 月）

■防災ポータルサイト：<http://www.bousai459.jp/>

ここには次の情報が掲載されている。

「気象に関する情報」、「地震に関する情報」、「津波に関する情報」、「河川に関する情報」、
「リアルタイム雨量・レーダー」、「リアルタイム潮位・津波情報」、「リアルタイム映像情
報」、「輸送に関する情報」、「土砂災害に関する情報」、「ライフラインに関する情報」、「通
信施設に関する情報」、「報道機関」、「未利用地情報」、「災害情報」、「災害情報収集」、「災
害対策状況」、「防災に役立つ情報」、「ハザードマップ」、「地図閲覧」、および「空中写真」。

2.2.14 土砂災害の概要と対策

この講義は第 9 日の 3 時限目に行われた（図 40）。

◇講義 9-3 「土砂災害の概要と対策（土砂災害の概要：土砂災害と法律）」 廣田清治（愛媛大学防災情報研究センター）

内容：土砂災害と法律－6.29 豪雨災害(1999)／広島土砂災害(2014)／土砂災害防止法（土砂新法:2001） とその後／土砂災害防止法の見直し(2014)

◇「降雨と災害及び土石流」 山下祐一（一山コンサルタント）

内容：Ⅰ 降雨と災害－1.雨と災害の関係／2. 降雨の観測／3. 警戒避難情報，Ⅱ－1.土石流とは（土石流の実態）／2. 土石流の発生・流動機構／3. 総合土石流対策計画／4. 砂防ダムの設計と施工

◇「平成 26 年 8 月の広島土砂災害」最近の土砂災害の話題提供として。

2.2.15 演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策

この演習は、第 9 日の 4 時限目及び 5 時限目に行われた。

◇講義 9-4 「広島土砂災害の応急復旧対策」 山下祐一（一山コンサルタント）

◇講義 9-5 『「技術者倫理」・モラル、・倫理と法』／技術者倫理の基礎 山下祐一（一山コンサルタント）



図 40. 洪水被害・土砂災害の予測と対策の演習風景.

<演習課題>

- 1 広島土砂災害の警戒避難について
 - ・ 避難勧告が遅れた理由とその時の対応.
 - ・ 地域住民として大雨の時の対応.
- 2 被害の実態と対策
 - ・ 応急復旧対策の目的と対策.
 - ・ 恒久対策としての目的と対策（2 万 m³）砂防堰堤の位置と高さ.

[10 日目]

ME 養成講座の 10 日目は、「地震発生による被害と対策」、「津波発生と被害想定」の講義、「地震災害のソフト対策」の演習が行われ、「ワークショップ」では ME 認定試験について説明が行われた。

11月		1 時限目	2 時限目	3 時限目	4 時限目	5 時限目
		8:30 ~ 10:00	10:20 ~ 11:50	12:40 ~ 14:10	14:30 ~ 16:00	16:20 ~ 17:50
10 日 目	21日 (金)	地震発生による 被害と対策 松島 学	津波発生と 被害想定 二神 透	演習 地震災害のソフト 対策 二神 透	ワークショップ (ME 認 定試験について) 廣田清治	閉講式 吉井稔雄

2.2.16 地震発生による被害と対策

この講義は、第 10 日の 1 時限目に行われた (図 41)。



図 41. 地震発生による被害と対策の講義風景.

◇講義 10-1 「東北大震災の被害と建物の耐震設計」松島学 (香川大学工学部安全システム建設工学科)

内容 :

◇「地震と住宅の耐震」松島学 (同講師)

◇「建築の耐震設計法」松島学 (同講師)

対策を考える。

- ・守るべきもの諦めるものをはっきりする。
- ・組織として、最低限守る必要のあるものは？
- ・しばらくは、機能しなくてもよいものは？
- ・什器等の転倒、すべり防止
- ・個々の建物の使用の考えで変わる。
- ・地震後要員の確保は？本当に来れるのか？

東日本大震災の津波のビデオは今見ても生々しいものであるが、結果を知っている状態でビデオを見ていると、意外に人は近くまで津波が来ているのに逃げないでいるのには驚く。

備考 :

災害は進化する (寺田寅彦)

2.2.17 津波発生と被害想定

この講義は、第 10 日の 2 時限目に行われ、つづいて 3 時限目に演習が行われた（図 42）。



図 42. 津波発生と被害想定 of 講義及び演習風景.

2.2.18 演習 地震災害のソフト対策

◇「津波避難シミュレーションマニュアル」二神透（愛媛大学防災情報研究センター）

◇「地域の防災力を高めるための ICT による地震火災・津波避難シミュレータの構築」

2014.11.21

◇「津波避難勧告地域における防災行政無線の整備と課題—愛媛県宇和海沿岸 5 市町を対象として—」

◇「愛媛県の津波被害想定と対策」二神透（愛媛大学防災情報研究センター）

備考：シミュレーション実施検討の実績等：現在，愛媛県西予市において，行政・自主防災会と連携する予定である．また，高知県須崎市とも連携している．

3. ME 養成講座を終えて

3.1 カリキュラムについて

以上、講座の進度に従って内容を掲載したが、これらを専門別に見ると次のようにまとめることができる（図 43）。図 43 では、コアカリキュラムとなる「アセットマネジメント科目（すべての基本）」と「構造物の設計、点検および診断・評価」を各枠で囲み、講座名を入れている。そして「災害と対策」を別枠で設けて、各枠の関連性を矢印で示している。

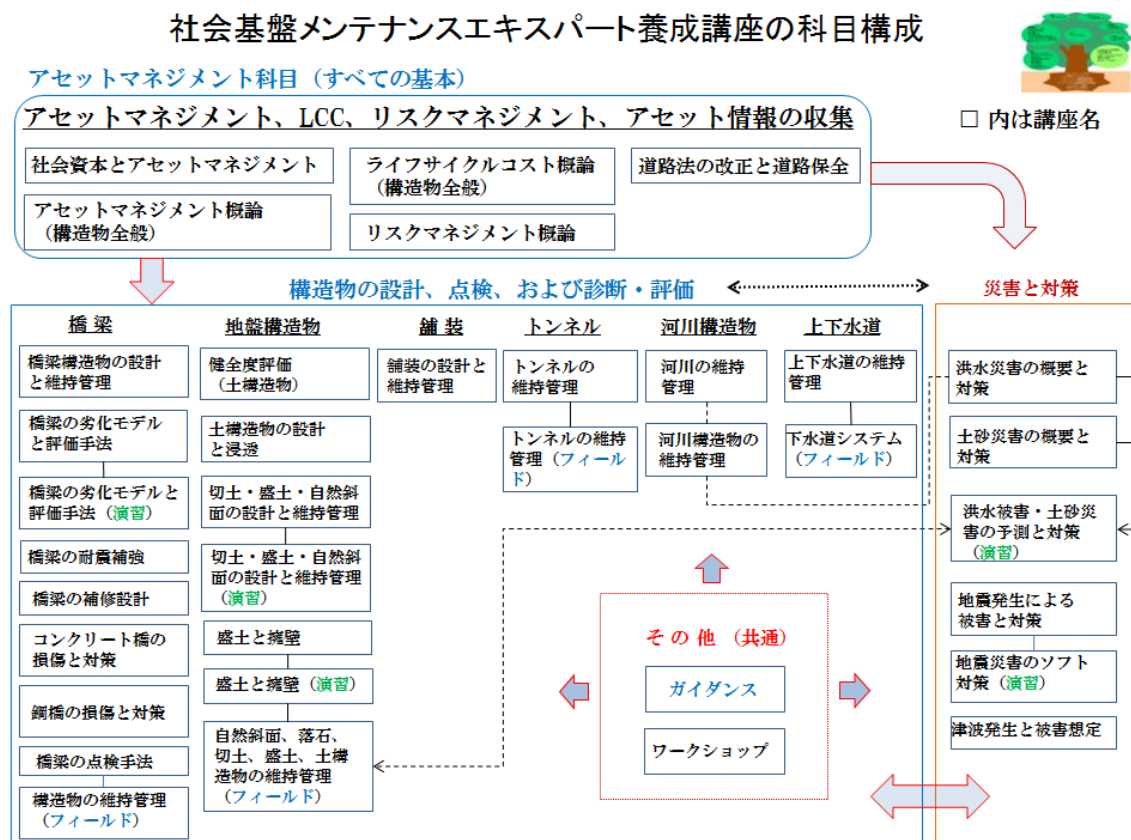


図 43. 平成 26 年度社会基盤メンテナンスエキスパート養成講座の要素別の科目構成。

このように、講座要素に偏りが見られる。講座を開講できる期日の制限があり、やむを得ないことであるが、今後は、アセットマネジメント科目を基本に置き、年度毎の講義・教育の要約版を作成しつつ、社会基盤に関わる各構造物・対象物についてテキストを作るよう努める。

3.2 講座開講時期と期間について

平成 26 年度の ME 養成講座の期間については、事業期間が 8 月～翌年 2 月であるため準備段階を踏まえ、10 月以降で連続しない 2 週間の条件で設定した。講座修了後のアンケート及び聞き取りによると 2 週間以上を望む声も聞かれ、このことに関しては同講座のアンケート結果報告書を参照されたい。

4. 現場事例

平成 26 年に行ったME養成講座で選択したフィールド地点について、その概要を示す。
この情報を参考にして、自己研鑽ならびに今後のさらに研修場所の事例としたい。

4.1 橋梁

天山橋と星岡橋の位置関係は次のとおり（図1）。

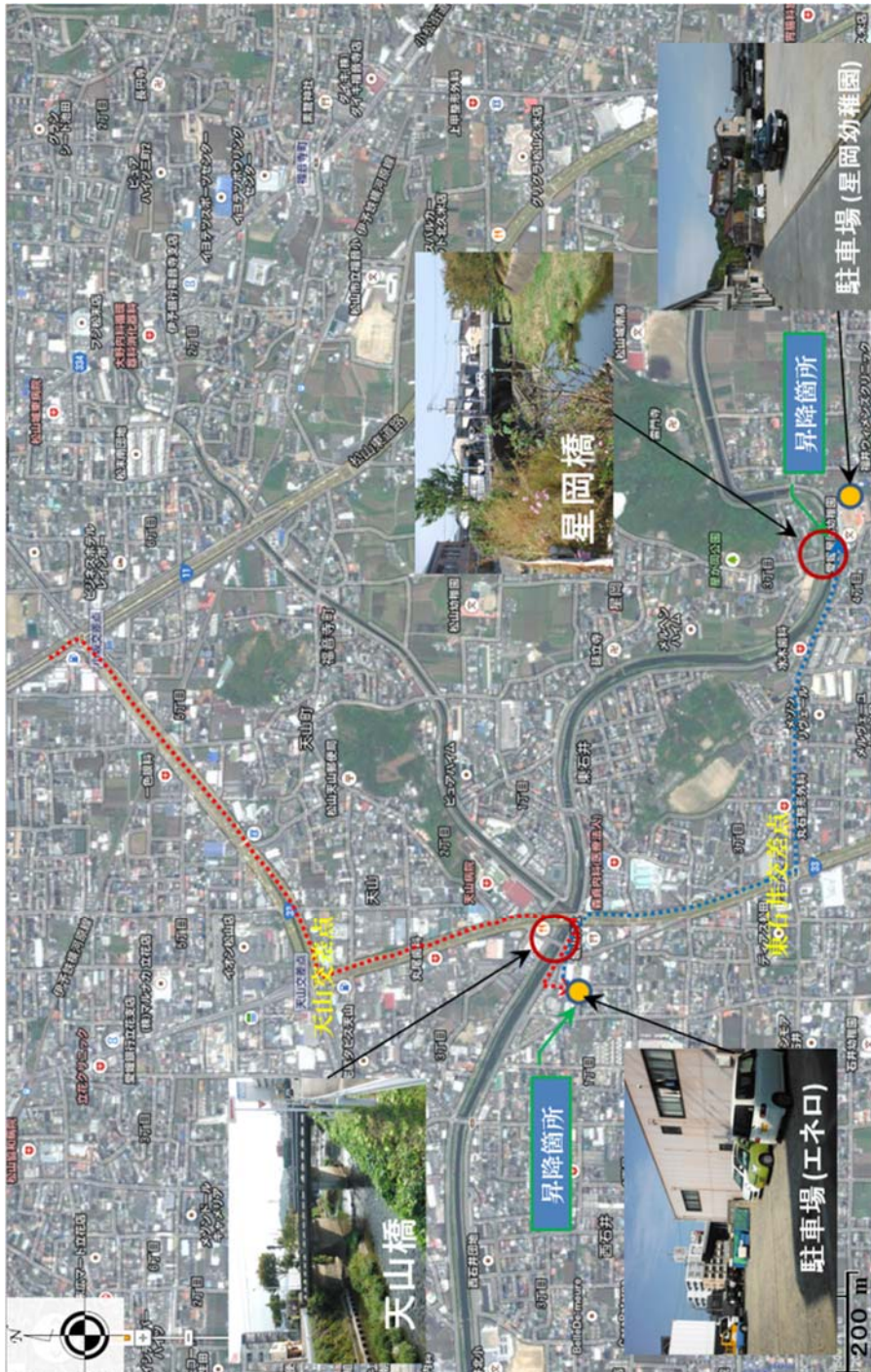


図1 フィールドワーク対象橋梁と駐車場の位置図（Google Earth から）
ルート：愛媛大学－（天山交差点）－天山橋－（東石井交差点）－星岡橋－愛媛大学

(1) 天山橋（あまやまはし：図 2）－管理者：松山市

- ・路線名：松山市道石井 201 号線 ・河川名：(一) 小野川
- ・橋長：22.8m ・幅員：車道部 7.4m、(歩道区分なし)
- ・橋梁（上部工）形式：3 径間単純 RC 桁橋
- ・橋梁（下部工）形式：重力式橋台（詳細は不明）2 基、壁式橋脚 2 基（但し、形状異なる）
- ・竣工年月：昭和 8 年 3 月 （81 年経過）、・橋梁点検結果：健全度 II（予防保全段階）



図 2 天山橋全景（左：上流から、右：下流から）

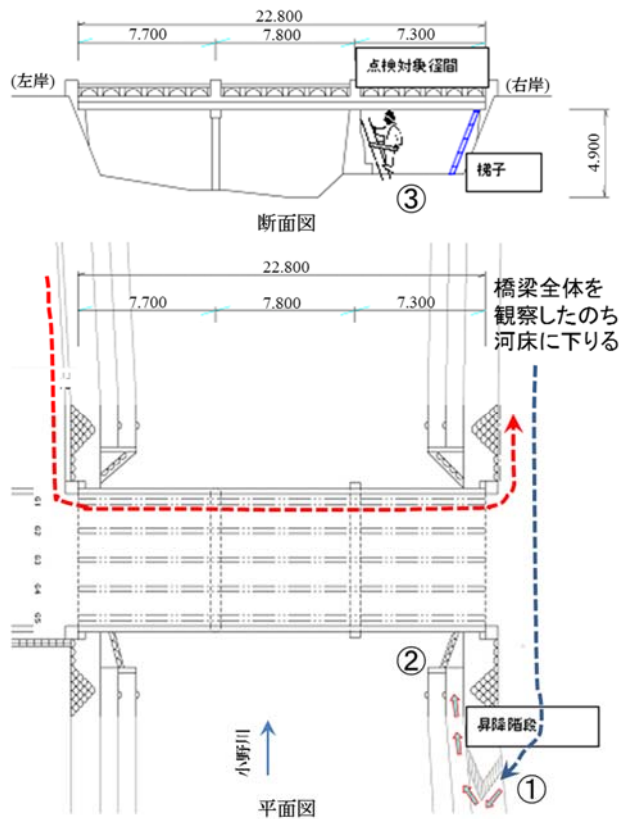


図 4 天山橋点検図（愛媛県測量設計業協会資料に加筆）

(2) 星岡橋 (ほしおかはし：図 3) —管理者：松山市

- ・路線名：松山市道石井 32 号線 ・河川名：(一) 小野川
- ・橋長：22.8m、・幅員：車道部 5.2m、歩道部 2.0m
- ・橋梁 (上部工) 形式：3 径間単純 RC 桁橋 (上流側)
3 径間単純 PC プレテン桁橋 (下流側)：拡幅橋
- ・橋梁 (下部工) 形式：橋台 (詳細は不明) 2 基 (上下流橋で異なる)
ラーメン式橋脚 (上流橋) 2 基、壁式橋脚 (下流側) 2 基
- ・竣工年月：上流橋 (詳細は不明※床版部・橋脚の形式から昭和初期と想定される?)
下流橋 昭和 49 年 8 月 (40 年経過)、・橋梁点検結果：健全度 IV (緊急措置段階)



図 3 星岡橋 (左：上流側から全景を望む. 右：下流側から全景を望む)

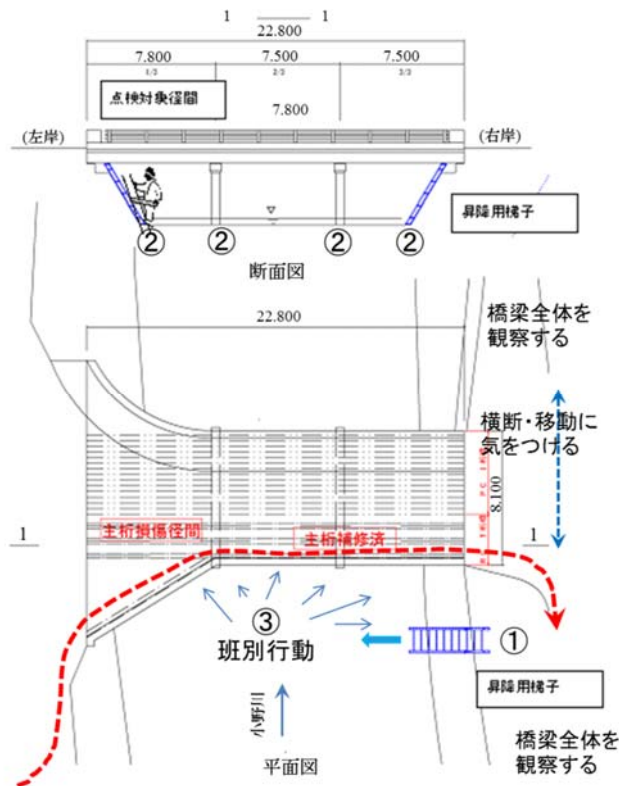


図 5 星岡橋点検図 (愛媛県測量設計業協会資料に加筆)

愛媛県における点検調書および記入例を示す (表 1 および表 2)

表 1 点検調査（その 2：愛媛県橋梁定期点検マニュアル, p.24 から）

点検調査(その2)		橋梁名	路線名	事務所名	
■部材単位の診断(各部材毎に最悪値を記入)					
点検日	点検者に記録			点検責任者	
	点検時に記録			措置後に記録	
部材名	判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	変状の種類 (Ⅱ以上の場合に記載)	備考	措置後の判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	措置及び判定 実施年月日
上部構造	主桁				
	横桁				
	縦桁				
	床版				
	その他()				
下部構造	橋脚				
	橋台				
	基礎				
	その他()				
支承部	支承本体				
	落橋防止システム				
	その他()				
路上	舗装				
	伸縮装置				
	高欄・防護柵				
	地覆				
	その他()				
その他()					
■道路橋毎の健全性の診断(判定区分Ⅰ～Ⅳ)					
点検時に記録		措置後に記録			
(判定区分)	(所見等)	(再判定区分)		(再判定実施年月日)	

表 2 点検調査記入例（その 2：愛媛県橋梁点検マニュアル, p.151 から）

点検調査(その2)		橋梁名	路線名	事務所名		
		〇〇跨線橋(〇〇コセンキョウ)	(主)〇〇線	〇〇土木事務所		
■部材単位の診断(各部材毎に最悪値を記入)						
点検日	点検者に記録			点検責任者		
	点検時に記録			措置後に記録		
部材名	判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	変状の種類 (Ⅱ以上の場合に記載)	備考	措置後の判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	措置及び判定 実施年月日	
上部構造	主桁	Ⅳ	ひびわれ等	写真1、主桁0101	Ⅰ	H26.9.16
	横桁	Ⅱ	ひびわれ等	写真〇、横桁〇〇〇〇	Ⅰ	H26.9.16
	縦桁					
	床版	Ⅳ	ひびわれ等	写真2、主桁0202	Ⅰ	H26.9.16
	その他(PC定着部)	Ⅲ	ひびわれ等	写真〇、PC定着部〇〇〇〇	Ⅰ	H26.9.16
下部構造	橋脚	Ⅲ	ひびわれ等	写真〇、橋脚〇〇〇〇	Ⅰ	H26.9.16
	橋台	Ⅳ	ひびわれ等	写真〇、橋台〇〇〇〇	Ⅰ	H26.9.16
	基礎	Ⅳ	ひびわれ等	写真3、基礎01	Ⅰ	H26.9.16
	その他()					
支承部	支承本体	Ⅲ	腐食等	写真4、主桁0201	Ⅱ	H26.9.16
	落橋防止システム	Ⅰ		写真〇、落橋防止〇〇〇〇	Ⅰ	
	その他(アンカーボルト)	Ⅱ	防食機能の劣化等	写真〇、アンカーボルト〇〇〇〇	Ⅱ	H26.9.16
	その他(鋼材ボルト・ワッシャー)	Ⅲ	ひびわれ等	写真〇、ボルトボルト〇〇〇〇	Ⅱ	H26.9.16
路上	舗装	Ⅱ	路面の異常	写真〇、舗装〇〇〇〇	Ⅱ	路面の異常
	伸縮装置	Ⅱ	防食機能の劣化等	写真〇、伸縮装置〇〇〇〇	Ⅱ	防食機能の劣化等
	高欄・防護柵	Ⅲ	防食機能の劣化	写真〇、高欄・防護柵〇〇〇〇	Ⅰ	
	地覆	Ⅰ		写真〇、地覆〇〇〇〇	Ⅰ	
	その他()					
その他()						
■道路橋毎の健全性の診断(判定区分Ⅰ～Ⅳ)						
点検時に記録		措置後に記録				
(判定区分)	(所見等)	(再判定区分)		(再判定実施年月日)		
Ⅳ	・主桁、横桁、橋脚、橋台について断面修復が必要 ・橋台(01)について洗掘が著しいため、洗掘防止対策が必要 ・支承(0201、0401)については、取り換えが必要	Ⅰ		H27.10.5		

4.2 トンネル

平成 26 年度 ME 養成講座・フィールド実習対象のトンネルとして選定した（図 1 及び図 2）。

トンネル名：三坂隧道

場所：一般国道 33 号、愛媛県松山市久谷町乙 964-2

トンネル延長：51m

施工年次：昭和 38 年



図 1. 三坂隧道位置図(ZENRIN 地図使用: 配布資料から).



図 2. 起点及び終点川の坑口付近（太田裕之講師撮影：配布資料から）

フィールド実習の方法（太田講師配布資料による）

- ① 坑内に入ったら、講師から全員に実習内容を説明します。
- ② 現地では、トンネル覆工展開図（白図）を配布しますので、遠望目視により、変状（ひび割れ等）や補修対策工（樋工、当て板工など）などをスケッチして変状展開図を作成してください。変状展開図は“見下げ図”を基本としますが、どうしても不慣れで作成できない場合は“見上げ図”でも構いません。
- ③ スケッチの途中、変状箇所の打音を行って、異音の感覚を体験してもらいます。またひび割れがあれば、クラックスケールでひび割れ幅を計測して展開図に記入してください。
- ④ トンネル点検車を準備します。何名かに分かれて作業台に上がり、覆工アーチ部での近接目視、附属物触診などを体験してもらいます。
- ⑤ 上記の作業を行いながら、健全性の診断をしていただきます。診断の方法は、講義や現地で講師から指導しますので、展開図の所定の欄に記入してください。
- ⑥ 最後に、既往点検結果の展開図を配布し、受講生の皆さんのスケッチ図と比較しながらフィールド実習の総括を行います。

フィールド実習時の注意点

- ① トンネル坑内は片側交通規制を行います。原則、規制車線内で実習を行ってください。一般車両が通過する際は、交通誘導員より車両が通過する旨を伝えますので、必ず規制側車線に待避してください。
- ② 点検ハンマーで勢いよく覆工コンクリートを打撃しますと、飛散したコンクリート小片や塵が眼に入る恐れがありますので十分注意願います。また周辺の受講生にハンマーが触れないよう安全を確認して打音検査を行ってください。
- ③ 高所作業車上で打音検査の実習を行う場合は、下方に人、通過車両がないことを確認して打撃してください（飛散物の被害防止）。また点検ハンマーや懐中電灯等を落下さないよう注意してください。
- ④ 高所作業車に搭乗する際は、必ず安全帯を着用しロープを昇降台手摺に固定してください（落下防止）安全帯は事務局で準備します。
- ⑤ 本来、打音検査では、異音がある場合で、変状（うき・はく離箇所）が除去できる場合はハンマーで叩き落としてしまいます。しかし今回は、打音異常の感覚を受講生皆さんに体験して頂くため、むやみに叩き落として変状箇所を除去しないよう留意願います（軽打で異音を聞き分けてください）
- ⑥ 高所恐怖症や低血圧などの理由から「高所は苦手」という方は、必ず講師に申し出て下さい。また体調不良の場合もスタッフ又は講師に、ためらわずに申し出て下さい。

講義では、交通規制について、トンネル位置、搬入路、点検ルートを示した地形図を配って現地案内をした。ここでは省く。

4.3 下水道

松山市下水道中央浄化センター(松山市南江戸4丁目1-1) (図1、図9参照)



図1 松山市下水道中央浄化センター (Google から)

浄化センターおよび下水道のしくみを松山市 HP から引用編集する (図2～図8)。

<http://www.city.matsuyama.ehime.jp/shisetsu/sonota/jouka-center/GESUIJYOUKASEN/TA.html> から。

浄化センター名：中央浄化センター (供用開始年月日：昭和 37 年 7 月 10 日)

現有処理能力：168,160 m³/日、処理方法：標準活性汚泥法 (図2 から)



施設の概要

浄化センター名	中央浄化センター	西部浄化センター	北部浄化センター	北条浄化センター
供用開始年月日	昭和37年7月10日	平成4年5月7日	平成17年10月17日	昭和63年3月31日
現有処理能力(m ³ /日)	168,160	36,550	8,000	13,000
処理方式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法 高度処理(3段階硝化脱窒法)	高度処理(3段階硝化脱窒法)	標準活性汚泥法

図2 松山市公共下水道事業の全体

各家庭や工場などで使用された水は、下水管を通過して下水浄化センターまで流れてきます。

下水浄化センターでは、ポンプによって汲み上げられ、沈殿池やエアレーションタンク（反応タンク）などを通してきれいな水に浄化されます。最後にバイ菌を殺菌して川や海に放流されます（図 3）。

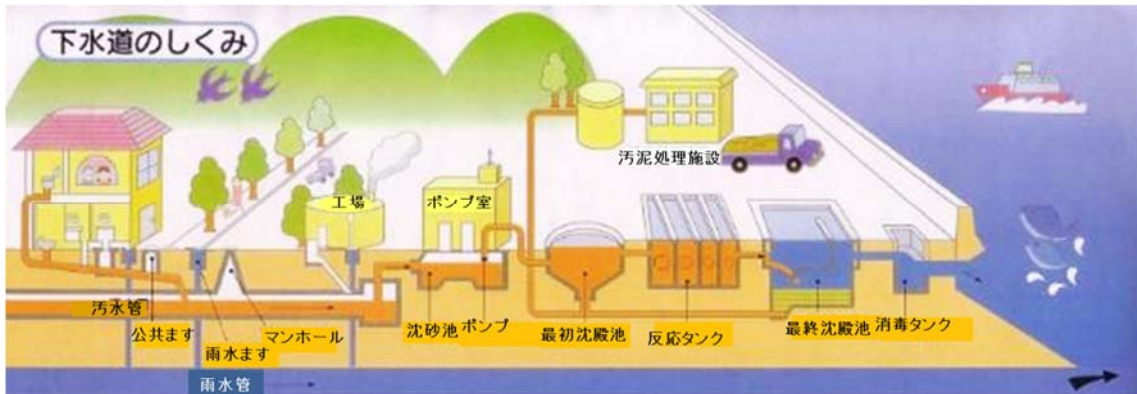


図 3 下水道のしくみ

<沈殿池ポンプ棟>

下水処理場に流れついた下水は、自動除塵機により大きなゴミを取り除き、沈砂池で砂を沈めて除去します。その後下水はポンプで汲み上げられて処理施設へ送られます（図 4）。



図 4 沈殿池ポンプ棟（左：ポンプ棟、右：ポンプ棟断面図）

<最初沈殿池>

沈砂池から送られてきた下水は最初沈殿池へ入ります。ここで細かなドロを沈めて汚泥として取り除きます。これだけでも下水は幾分かきれいになります（図 5）。

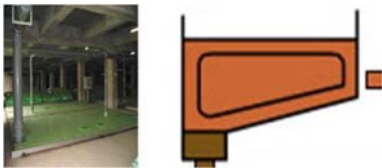


図 5 最初沈殿池（平行流矩形沈殿池、左：沈殿池、右：沈殿池断面図）

<反応タンク>

ゴミやドロを取り除いた下水には、まだ水に溶けている汚れが残っています。これに空気を吹き込むことにより、微生物の力できれいにします（図 6）。

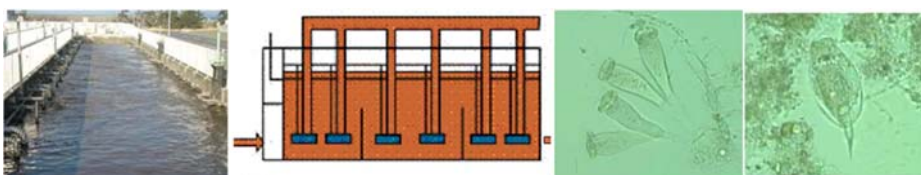


図 6 反応タンク（左：タンク、中：タンク断面図、右 2 写真：タンク内の微生物）

<最終沈殿池>

反応タンクできれいになった水は汚泥と一緒に最終沈殿池へ流れてきます（図 7）。ここで汚泥を沈ませて、きれいな上澄水のみを消毒タンクへ送ります（前出図 3）。

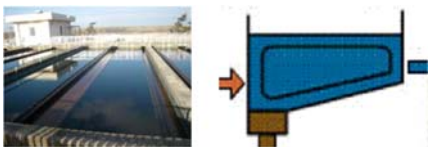


図 7 最終沈殿池（左：沈殿池、右：沈殿池断面図）

<消毒タンク>

処理した水は、見た目はきれいになっていますが、大腸菌などの細菌が存在しています。そのため塩素剤を添加し消毒をして放流します（図 8、図 3 右端）。



図 8 消毒タンク（左：タンク、右：タンク平面図）

講義では、到着（集合）場所を図 9 の「バス乗降場所」と決めて、浄化センターの見学を行った。

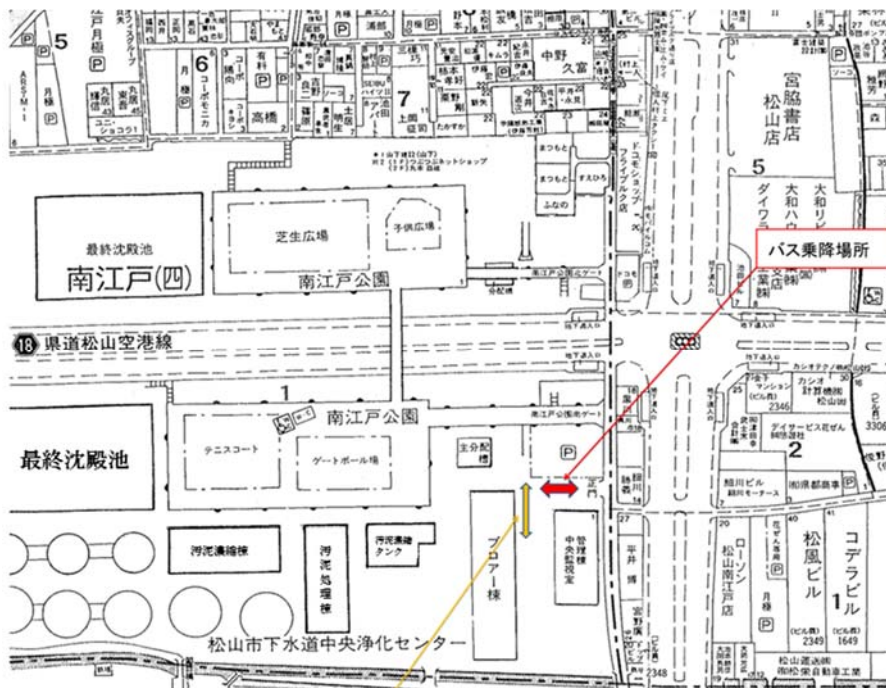


図 9 松山市下水道中央浄化センター位置図

4.4 斜面

講義では次の二つの現場においてフィールドワークを行った。

- ① 湯山柳（湯山北条線）
- ② 東川町（R 317）



図 1 フィールドワーク地（左赤○：湯山柳、右赤○：東川町）



図 2 駐車場予定地（左：湯山柳、右：東川町）

ME フィールドワークの範囲をそれぞれに示す。

[①湯山柳斜面フィールド予定地：図 3、図 4 参照]

場所：松山市湯山柳

観察項目：ストーンガード、砕工、砕工内の植生土嚢、法面の水抜孔(孔づまり)、擁壁、モルタル吹付工。



図 3 湯山柳（湯山北条線）斜面フィールド



図 4 湯山柳斜面 (写真 左上：吹付工、中：吹付工 (近影)、下：砕内緑化工、右上：擁壁、ストーンガード、砕工、砕内緑化工、中：擁壁、ストーンガード、砕工、下：砕工、擁壁、ストーンガード)

〔② 東川斜面フィールド：図 5、図 6 参照〕

場所：松山市大東川町

観察事項：高エネルギー落石防護柵、ストーンガード、ポケット式ロックネット、ロープネット、擁壁、砕工.



図 5 東川斜面フィールド研修地



図 6 東川斜面 (写真 右上：高エネルギー吸収落石防護柵、ストーンガード、擁壁工、ロープネット、ポケット式ロックネット、中：砕工、ストーンガード、擁壁、右下：砕工、ストーンガード)

おわりに

ME 養成講座に講義については、講義日数 10 日間の関係から橋梁を中心に行ってきた。当初、全体的な講義テキストの作成を試みていたが、維持管理すべき対象構造物を同程度の内容で一つのテキストに盛り込むのは困難であると感じた。そのため今年度は内容を概括的に知っていただくため講座の要約版を作成した。今後は、橋梁、トンネルといった対象毎の専門別にテキストを作成するのが良いと考える。ただ、アセットマネジメントは省くことはできず、対象毎にテキストを作る場合も共通の概念としてテキストに盛り込むことが必要である。

今後の方策としては、維持管理すべき各対象物について単独で著し、しかる後、愛媛版で全体を網羅する、あるいは年度毎講座の「社会メンテナンス養成講座テキスト」を作成しながら内容を整える必要がある。さらに、地域に見合った現場の事例集の作成も行う必要がある。このことによって、ME 養成講座を受講した方々を含め、現場事例集を手にした方々が、それぞれの後輩、あるいは同僚、あるいは先輩技術者と現地討論ができる場となれば、有意義なものとする。

講座を開くにあたり、5 大学コンソーシアム（岐阜大学、長崎大学、長岡技術科学大学、山口大学、愛媛大学）、とりわけ岐阜大学の皆さまには運営の方法を含め手とり足取り教わった。ME 養成講座の現場選定に際しては、国土交通省四国地方整備局、同松山河川国道事務所、愛媛県土木部、西日本高速道路(株)四国支社、建設コンサルタント協会四国支部の方々並びに関係者の方々に大変お世話になった。とくに、トンネルのフィールドワークでは、四国地方整備局の支援により、実際の点検作業と同様の環境のもとで講座を進めることができた。ここに深く感謝する。

<ご協力いただいた講師の方々：あいうえお順、敬称略>

- ・ 出海恭輔：松山市下水道部
- ・ 右城猛：株式会社第一コンサルタンツ
- ・ 氏家勲：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 大賀水田生：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 太田裕之：応用地質株式会社エンジニアリング本部
- ・ 大西仁：松山市下水道部
- ・ 岡崎和幸：国土交通省四国地方整備局道路部道路管理課
- ・ 岡村未対：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 貝戸清之：大阪大学大学院工学研究科
- ・ 梶久夫：国土交通省四国地方整備局企画部
- ・ 紙田直充：西日本高速道路株式会社四国支社建設事業部
- ・ 川上清：松山市下水道部
- ・ 九鬼和寛：愛媛県土木部管理局土木管理課技術企画室
- ・ 熊田素子：岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター
- ・ 小林大：大日本コンサルタント株式会社インフラ技術研究所保全エンジニアリング研究室

- ・ 須賀幸一：株式会社芙蓉コンサルタント
- ・ 杉浦聡志：岐阜大学工学部社会基盤工学科
- ・ 杉原直樹：国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部
- ・ 竹田正彦：愛媛大学防災情報研究センター
- ・ 全邦釘：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 鳥居謙一：国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部
- ・ 白石昌史：愛媛県土木部道路都市局道路維持課
- ・ 谷口貞広：松山市下水道部
- ・ 羽鳥剛史：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 廣田清治：愛媛大学防災情報研究センター
- ・ 二神透：愛媛大学防災情報研究センター
- ・ 星隈順一：独立行政法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター
- ・ 牧野徹：大日コンサルタント株式会社保全部
- ・ 松島学：香川大学工学部安全システム建設工学科
- ・ 村上茂之：岐阜大学総合情報メディアセンター兼工学部附属インフラマネジメント技術
研究センター
- ・ 森潔市：松山市公営企業局
- ・ 森伸一郎：愛媛大学大学院理工学研究科
- ・ 山下祐一：一山コンサルタント
- ・ 吉井稔雄：愛媛大学大学院理工学研究科

<巻末資料>

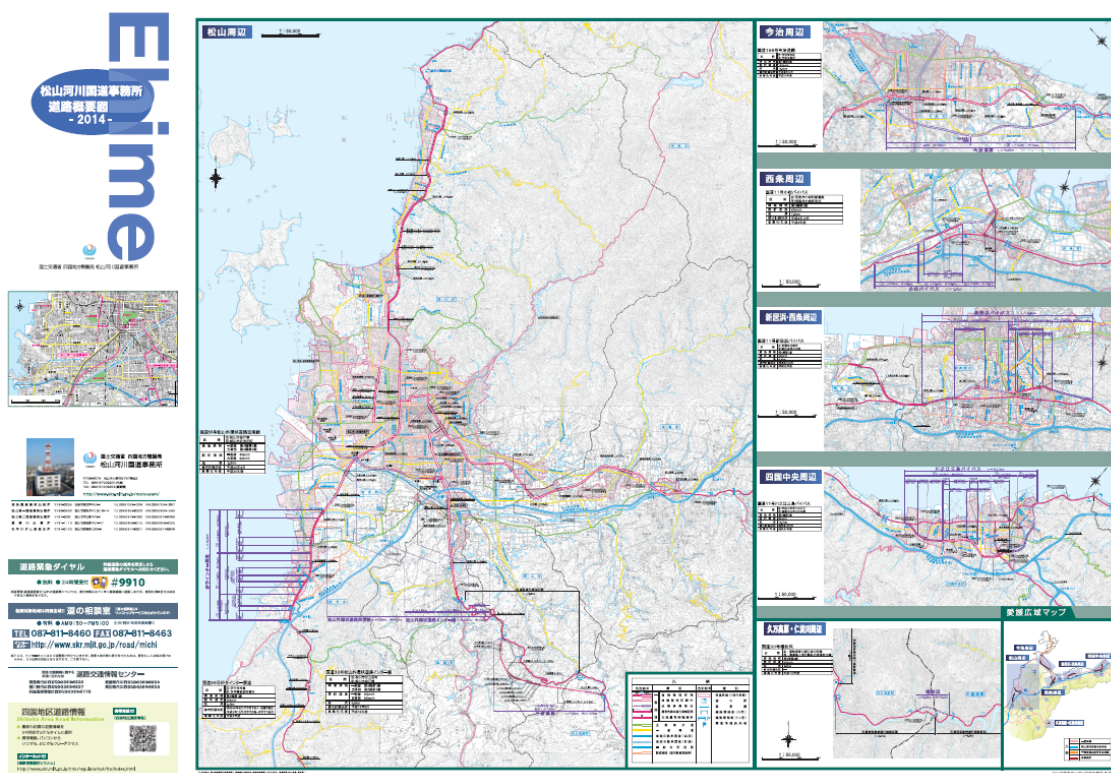
資料-1 「愛媛社会基盤メンテナンス推進協議会」参加組織一覧（平成 26 年 10 月現在）

愛媛大学 防災情報研究センター/工学部環境建設工学科
国土交通省 四国地方整備局 企画部/松山河川国道事務所
愛媛県 土木部 管理局 技術企画室
松山市役所 都市整備部/道路管理課/下水道部/下水道政策課
松山市役所 下水道部/下水道サービス課/公営企業局建設整備課
今治市役所 都市建設部 道路課
宇和島市役所 建設部 建設課
八幡浜市役所 産業建設部 建設課
新居浜市役所 建設部 道路課
西条市役所 建設部 建設道路課
大洲市役所 建設部 建設課
伊予市役所 産業建設部 土木管理課
四国中央市役所 建設課
西予市役所 産業建設部 建設課
東温市役所 まちづくり課
上島町役場 建設課
久万高原町役場 建設課 公共土木班
松前町役場 まちづくり課
砥部町役場 建設課
内子町役場 建設デザイン課
伊方町役場 建設課
松野町役場 建設課
鬼北町役場 建設課
愛南町役場 建設課
西日本高速道路(株)四国支社
(一社)愛媛県建設業協会
愛媛県土木施工管理技士会
(一社)建設コンサルタンツ協会四国支部
(一社)愛媛県測量設計業協会
(一社)全国地質調査業協会連合会 四国地質調査業協会愛媛支部
愛媛県管工事協同組合連合会
(一社)全国特定法面保護協会 四国地方支部 愛媛県事務所
愛媛県法面工事業協同組合
特定非営利活動法人 愛媛県建設技術支援センター

資料-2 松山河川国道事務所道路概要図 2014

国土交通省関連の社会インフラ・フィールドワークの便に情報を記す。

国土交通省松山河川国道事務所 HP : <http://www.skr.mlit.go.jp/matsuyam/office>



ほかに国土交通省四国地方整備局で見られる管内道路に関しては次の URL にて参照可能。

土佐国道事務所 HP : <http://www.skr.mlit.go.jp/tosakoku/office/pamp.html>

徳島河川国道事務所 HP: <http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/>

香川河川国道事務所 HP: <http://www.skr.mlit.go.jp/kagawa/2006outline/index.html>

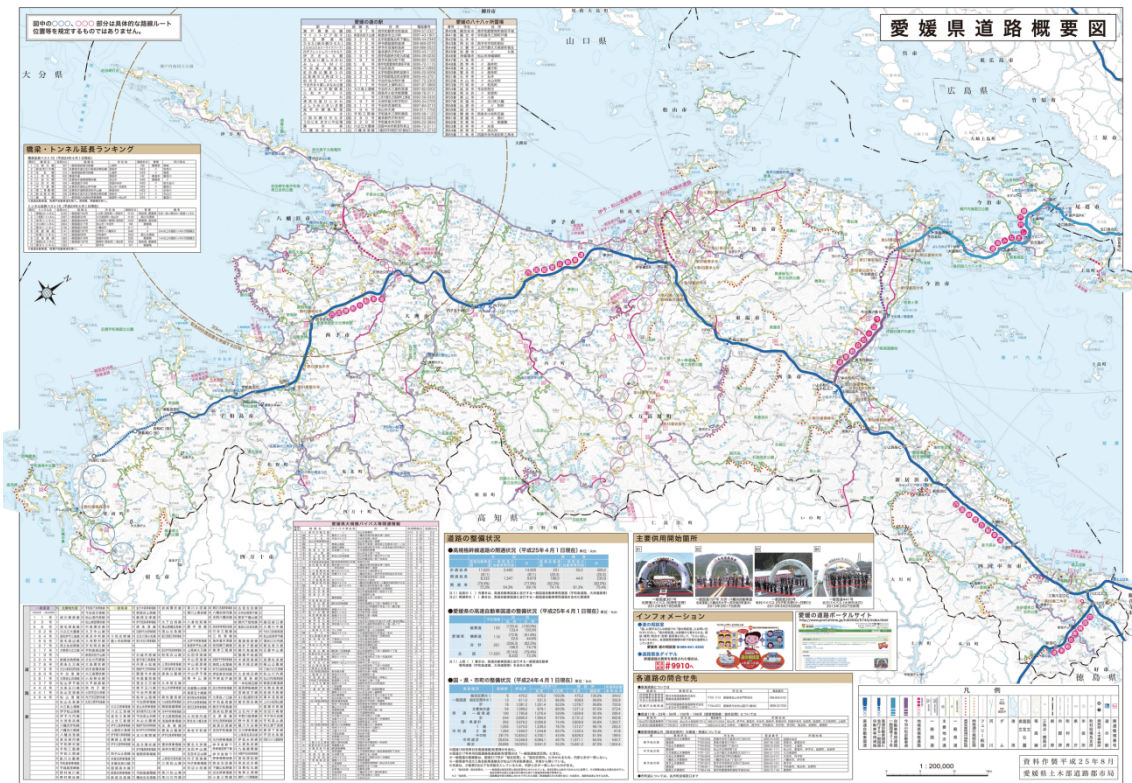
資料-3 愛媛県道路概要図

愛媛県の社会インフラ・フィールドワークの便に情報を記す。

愛媛県土木部 HP :

http://www.pref.ehime.jp/h40400/ehimenodouro_panfu/douro2014.html

から、次の愛媛県道路概要図が閲覧できる。



平成26年度 社会基盤メンテナンスエキスパート (ME) 養成講座 一覧表

講座の概要	養成講座では、アセットマネジメントを通して社会基盤の全体を知るべき内容と、ローカルカリキュラムとして愛媛を含め四国の様々な災害に関する諸問題を取り扱えるよう科目構成を考えている。大まかには、座学(講義)⇒演習⇒フィールドワークを基本としている。
講座の目的	あらたな社会基盤の整備、既存社会基盤の維持管理・補修の計画・設計実施技術を習得し、地域の活性化に貢献できる人材としての社会基盤メンテナンスエキスパート(ME)を育成することを目的としている。
技術者育成の方針	<p>社会基盤のアセットマネジメントならびに長寿命化の観点に立って、俯瞰的なものの見方ができ、社会基盤に対する“目利き”と適切な維持管理を担うことのできる技術者を養成する。</p> <p>個別の社会基盤のメンテナンスについて、基本的な知識を持ち、演習・フィールドワークを通して実務を体得し、全体的なもの見方とともに個々の維持管理の技術に対しても理解する。</p> <p>愛媛や四国の地域特性を踏まえた防災に関しても、地震災害や豪雨災害を念頭において、地域の核となる技術者として育成する。</p> <p>異なる立場の技術者が、議論を通して知識及び洞察力を深めていく。</p>

分類	分類	科目	講座	演習	フィールドワーク	概要
コアカリキュラム	1. アセットマネジメント科目					
	社会資本とアセットマネジメント	社会資本とアセットマネジメント	○			高度経済成長期を中心に整備した道路やダム、下水道、公営住宅などの公共施設は50年以上経過したストックに老朽化が見られ、同時に更新の時代を迎えている。四国や愛媛県における社会資本の特徴、老朽化の現状、長寿命化のための適切な維持管理の試み、問題点について概説する。
	アセットマネジメント概論(構造物全般)	アセットマネジメント概論(構造物全般)	○			インフラのアセットマネジメントは、資産額が大きく、その機能が長期的・広域的に及ぶため、民間資産に対するアセットマネジメント手法をそのまま適用することはできない。インフラの機能を維持・向上するためには、新規のインフラ整備のニーズに応えつつ、既存のインフラの維持・補修、更新をより効率的に実施していかなければならない。そのため、インフラの長寿命化による更新需要の平準化、補修・更新の効率化によるライフサイクル費用の削減、補修・更新需要の把握と長期的なマネジメント戦略の策定を目的とした実用的なアセットマネジメント手法が発展している。これらの手法を活用した効率的なインフラアセットマネジメント及びアセットマネジメントの国際的動向を合わせて解説する。

コアカリキュラム	LCC	ライフサイクルコスト概論	○		<ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルアセスメントとライフサイクルコスト ・維持管理戦略の基本的な考え方 ・ライフサイクルコストの計算方法 ・安全性・快適性を考慮したアセットマネジメント手法 	
	リスクマネジメント	ライフサイクルコスト演習 リスクマネジメント概論	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルコスト演習 ・リスク学概論及び工学リスク概念 ・定性的なリスクマネジメント ・定量的なリスクマネジメント ・土砂災害に関するリスクマネジメント 	
	アセット情報の収集	道路法の改正と道路保全	○		道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等を踏まえた道路の適正な管理を図るため、予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行うべきことを明確化するために道路法が改正されている。この概要を説明するとともに適切な道路保全について解説する。	
	2. 構造物の設計、点検、および診断・評価					
	橋梁	橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方	○		<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁劣化の発生及びその原因 ・橋梁の劣化モデルとその理論 ・劣化の現状評価と将来予測 ・点検の効率化 ・劣化診断のための最新技術 	
	橋梁の劣化予測・評価手法の現状と使い方 演習		○	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化の現状評価と将来予測 ・点検の効率化 ・劣化診断のための最新技術 		
	橋梁の点検手法	○		<ul style="list-style-type: none"> ・愛媛県管理橋梁の現状 ・橋梁定期点検の実施と結果 ・橋梁長寿命化修繕計画の策定 ・橋梁の部分塗装による補修について ・橋梁点検の項目、点検方法、点検手順、 ・橋梁点検の留意点、損傷度判定例(鋼橋、コンクリート橋、床版) 		
	橋梁構造物の設計と維持管理	○		安全性能および使用性能が確保された橋梁構造物を設計するために必要な基礎知識を解説する。また、各種の断面力が作用した場合の鋼部材および鉄筋コンクリート部材の挙動、それぞれの部材の応力状態や終局耐力について解説する。そして、劣化の生じやすい箇所に着目した維持管理手法を学ぶ。		

コアカリキュラム		橋梁の維持管理		○		補修が必要となっている実際の橋梁を対象として、上部構造および下部構造の状況を観察する。その後、現場において観察項目とその考えの理由を述べる。研修生にはあらかじめ観察のチェックポイントが点検表として与えられる。
		橋梁の耐震補強		○		<ul style="list-style-type: none"> ・既往の大規模地震による橋梁被害の特徴 ・大被害を防ぐための耐震補強 ・震災後対応と震災復旧(緊急点検、被災度の判定、安全性・供用性・修復性の評価)
		橋梁の補修設計		○		<ul style="list-style-type: none"> ・補修設計とは(補修とは/補強とは/設計とは/悪い設計・良い設計/良い設計が難しい補修・補強設計) ・岐阜県の橋梁管理における補修・補強設計の位置づけ(補修・補強設計のタイミング/定期点検の種類/点検サイクル/問題ありとは/標準的な対策工法) ・補修・補強設計の基本(岐阜県点検マニュアルに規定される設計3種/現状評価に際する留意点/工法検討に際する留意点)
		鋼橋の損傷と対策		○		
		コンクリート橋の損傷と対策		○		<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート構造物の維持管理 ・補修工法の選定 ・補修工法の事例紹介 ・補修工法のサンプル紹介
	地盤構造物	健全度評価手法(土構造物)		○		<ul style="list-style-type: none"> ・土構造物の老朽化 ・土構造物における性能及び限界状態 ・土構造物における補修、補強技術の現状 ・土構造物の取り組むべき課題と対策
		土構造物の設計と浸透		○		<ul style="list-style-type: none"> ・河川堤防等の特徴 ・設計のための調査 ・浸透に対する堤防等の構造検討 ・浸食に対する堤防等の構造検討 ・地震に対する堤防等の構造検討 ・構造物周辺の堤防等の点検と強化 ・機能維持のためのモニタリング
		斜面・構造物の設計と維持管理		○		<ul style="list-style-type: none"> ・のり面・斜面の概要 ・のり面・斜面の災害発生形態 ・のり面・斜面の調査 ・のり面・斜面の設計と対策

コアカリキュラム		擁壁の設計と維持管理	○		<ul style="list-style-type: none"> ・設計の基本方針 ・設計の手順と照査項目 ・重力擁壁の設計 ・ブロック積擁壁の設計 ・トラブル回避術 	
		擁壁の設計と維持管理 演習		○	同上演習	
		斜面・構造物の設計と維持管理演習		○	<ul style="list-style-type: none"> ・のり面の維持管理の基本 ・維持管理の一般的な流れ ・のり面の点検における留意点 ・点検の内容と分析、評価 ・応急対策工 ・事例 老朽化吹付のり面の復旧技術、グラウンドアンカーの維持管理 ○のり面・斜面の演習	
		フィールドワーク 自然・構造物の維持管理			○	対策が必要、または対策がなされた のり面を対象として、講義や演習の成果を生かして点検を行う。その後、現場において観察項目とその考えの理由を述べる。研修生にはあらかじめ観察のチェックポイントが点検表として与えられる。
	舗装	舗装の設計と維持管理	○		<ul style="list-style-type: none"> ・舗装設計の考え方 ・ライフサイクルコスト ・路面調査(横断形状、平坦性、FWD他) ・補修工法(オーバーレイ、打換工法、表面処理他) ・舗装性能設計(すり減り値、路面温度低減値他) 	
	トンネル	トンネルの維持管理	○		<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理の基本的考え方 ・トンネル点検 ・調査方法(打音調査、地中レーダ調査、覆工削孔調査他) ・調査結果に対する評価(判定区分3A～B等) ・補修・補強対策(裏込め注入工法、ロックボルト工他) 	
		トンネルの維持管理 F			○	トンネル内目視点検
	河川構造物	河川の維持管理	○		<ul style="list-style-type: none"> ・日本国内の降雨状況と将来予測 ・河川の河道管理の現状 ・河川維持管理上の課題とその対策 	
		河川構造物の維持管理	○		<ul style="list-style-type: none"> ・積極的な維持管理の時代が到来 ・河川の管理の特質 ・平常時の河川の管理の課題 ・今後の河川の管理のあり方 ・河川構造物の点検のポイント 	

コアカリキュラム	上下水道	上下水道の維持管理	○			講義では、全体的な上下水道の敷設・維持管理および点検・管理方法について解説する。また実際の事業におけるライフサイクルコストの考え方をどのように反映させているかについても解説する。	
		下水道			○	中央浄化センターにて施設のライフサイクルコストを考えた上での点検手法を学ぶ。	
	3. その他						
	ガイダンス	ガイダンス	○			講座内容、スケジュール、受講の心構えなどのガイダンス	
	ワークショップ(振り返り)	ワークショップ	○			試験の実施方法・スケジュール、出題レベル、筆記試験およびプレゼンテーションの方法	
ローカルカリキュラム	4. 防災関連項目(南海トラフ巨大地震および豪雨災害対策：愛媛大学独自講座)						
	洪水被害の概要と対策	洪水被害の概要と対策	○			<ul style="list-style-type: none"> ・浸水被害発生の基本メカニズム ・近年の洪水被害事例の紹介 ・破堤のプロセス、内水氾濫 ・河川構造物の監視・点検 ・警戒避難・ハザードマップ 	
	土砂災害の概要と対策	土砂災害の概要と対策	○			<ul style="list-style-type: none"> ・自然災害発生の基本メカニズムと社会への影響 ・雨と土砂災害との関係 ・土砂災害による被害の実態と対策 	
	土砂災害・洪水被害の予測と対策	演習 洪水被害・土砂災害の予測と対策			○	<ul style="list-style-type: none"> ・地形図ならびに空中写真判読による不安定化斜面を抽出し、現場での確認を行う(地すべりとその対策の確認)。 ・土砂災害対策演習(ハザードマップ作成) 	
	地震発生による被害と対策	地震発生による被害と対策	○			<ul style="list-style-type: none"> ・地震による構造物の被害事例とそのメカニズム ・南海トラフ地震と芸予地震による愛媛県の地震動の特徴 ・レジリエントな(ねばり強い)構造物の設計 ・構造物の被害傾向と平常時の維持管理 	
	津波発生と被害想定	津波発生と被害想定	○			<ul style="list-style-type: none"> ・南海トラフ巨大地震対策と被害想定 ・愛媛県の地震被害想定調査 	
	地震災害のソフト対策演習			○	<ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災の発災、初期対応、応急復旧 ・災害に強いまちづくり ・津波発生(地震火災)による被害想定範囲と避難対策(演習) 		