

6-4. 土木分野

6-4-1. まえがき

土木分野では、国内の大学の土木系学科カリキュラムにおける専門教育関連データを参照するとともに、国立高専機構での検討成果である「モデルコアカリキュラム（試案）」Ver.3（建設・建築系分野）を参照して、[キーワード]、[到達目標]、[学修に当たっての配慮事項]の抽出を試みた。その上で、複数の大学の複数の専門教員から寄せられた意見を反映させ、精度・信頼度の向上を図っている。

土木分野技術者教育での専門分野の分類については、土木学会における土木技術検定試験（兼土木学会認定2級土木技術者資格審査）での専門問題の大分類、および JABEE 認定基準・個別基準「分野別要件（勘案事項）」の内容に記載された土木工学の主要分野として掲げられている、以下の6分類を主要分野として適用した。

1. 土木材料・施工・建設マネジメント（土木材料学，施工学）
2. 構造工学・地震工学・維持管理工学（構造力学，鋼構造・橋梁工学，地震工学）
3. 地盤工学
4. 水工学
5. 土木計画学・交通工学（測量学，土木製図，土木計画学，交通工学）
6. 土木環境システム

到達目標は、必ず修得すべき項目からなる「コア」と、できれば修得させたい項目からなる「要望」に分けている。コアについては、上記の（ ）内に示したように、主要分野1，2，5では項目に細分化した上で、キーワード，到達目標，学修に当たっての配慮事項を示し，要望については主要分野ごとにまとめてキーワード，到達目標を示した。なお，本研究調査では，JABEE 基準における土木分野別要件に倣い，上記6主要分野のうち最低3分野以上を含むことを要件として，土木技術者教育に多様性をもたせることを前提としている。このため，コアの選択に当たっては，主要分野ごとに考えての必修項目を挙げており，6分野全てを総合した場合には極めて多くのコアを示したと言える。この問題も含め，土木学会の関連委員会に意見紹介をした上で，2011年12月から2012年1月にかけてパブリックコメントを募集した。

土木分野のパブリックコメントには合計14件（27項目）の意見が寄せられている。その中でキーワードや到達目標の内容・記述に関する具体的な指摘は16項目であり，12項目について修正を行って最終版に反映させた。一方，到達目標の設定そのものに関わる意見も数多く寄せられた。具体的には，「到達目標の設定」の意義，位置付けと JABEE との関連，今後の審議方法，「分野別」の分野の分け方や身に付けるべき能力の分け方等，内容は多岐にわたり，合計11項目に及ぶ。しかし，本調査研究は，従来型分野に限定して調査研究を進めたものであり，「到達目標は，教育課程の検討の際の出発点であり，それにどのように肉付けをして，最終的にどのような具体的な教育課程を編成するかについては，各大学が自主的に判断する」という観点に立っている。土木分野に限って言えば，土木学会に教育企画・人材育成委員会 技術者の質保証調査小委員会や技術者教育プログラム審査委員会があり，今後は関連する学協会等において，国際的教育質保証の観点から，参考標準となる分野別の到達目標設定や評価方法の審議，基礎や各能力に関する到達目標の土木分野としてのカスタマイズや精査，等を実施することが望ましい。

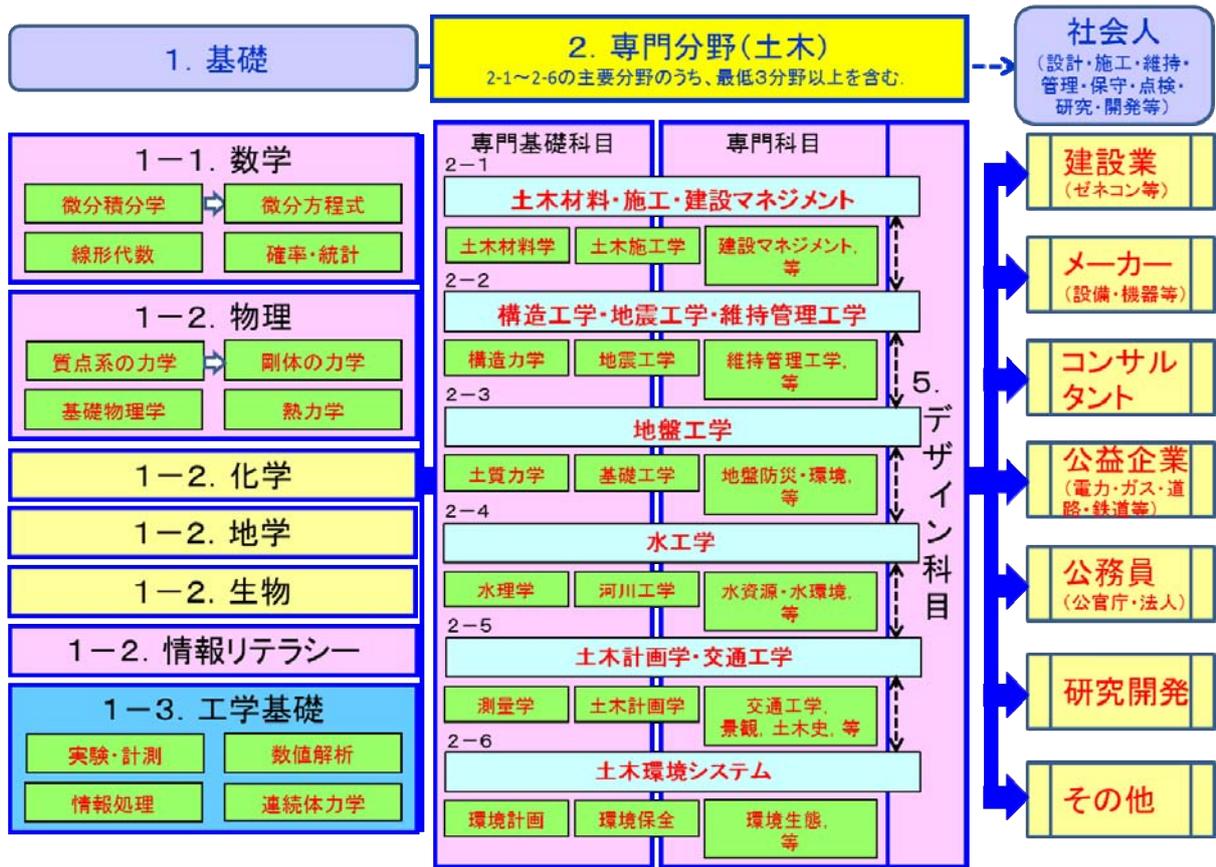


図6-4 土木分野科目間関連図

6-4-2. 土木分野 (技術者教育において育成すべき知識・能力と、その到達目標)

育成すべき知識・能力		到達目標	
		コ ア	要 望
1.基礎	1-1.数学		微分・積分, 微分方程式, 線形代数, 複素関数, 確率・統計の基礎知識や概念を数学的問題に適用できる。
	1-2.物理学等自然科学 (物理, 化学, 情報リテラシー, 地学, 生物)	自然科学の法則を工学問題に適用し, 解くことができる。単位で表された数値が実感で理解できる。	自然科学の法則を工学問題に適用し, 解いた結果の分析により, 問題解決に必要な課題の構造を明らかにすることができる。単位で表された数値が実感で理解できる。
	1-3.工学基礎		基幹工学(機械工学概論, 電気・電子工学概論等), 工学基礎実験・計測, 数値計算等の基礎知識を工学問題の実験や解析に適用できる。
2. 専門分野 <small>2.1から2.6の主要分野のうち, 最低3分野以上を含む。</small>	2-1.土木材料・施工・建設マネジメント	土木材料や施工法等に関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	土木材料や施工法, さらには建設マネジメントの知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-2.構造工学・地震工学・維持管理工学	構造力学, 橋梁工学, 地震工学等に関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	構造工学や地震工学, さらには維持管理工学の知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-3.地盤工学	地盤工学に関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	地盤工学の知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-4.水工学	水工学に関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	水工学の知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-5.土木計画学・交通工学	測量学, 土木製図, 土木計画学等に関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	土木計画学や交通工学の知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-6.土木環境システム	土木環境システムに関連した土木工学の知識と概念を工学問題に適用できる。	土木環境システムの知識と概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
3.汎用的技能 (応用的能力)	3-1.課題発見・解決力, 論理的思考力	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い, 土木工学分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析できる。	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い, 土木工学分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析し, 複数の解を提案し, その中から最良の解を選ぶことができる。
	3-2.コミュニケーション・スキル	他人の意見を分析・理解できるとともに, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, まとめることができる。 英語等の外国語を用いて日常的な意見交換ができる。	他人の意見を分析・理解し, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, これを相手の理解力を考慮して評価し, まとめることで, 相手に自分の意見を納得させることができる。 英語等の外国語を用いて実務に関する意見・情報の交換ができる。
4.態度・志向性 (道徳的能力)	4-1.チームワーク, 自己管理能力, リーダーシップ, チャンスを活かす能力	自分に与えられた仕事を実行するために, やるべき事を分析し, 自己の体調・時間を管理できる。 同分野の専門家であるチームメンバーと意見交換を行い, チーム内での自らのなすべき行動を分析し, これを実行することができる。	自分のやるべき事を評価・認識し, 自己の意欲・体調・時間・予算を管理することでこれを実行できる。 同分野あるいは異分野の専門家のチーム作業において, なすべき行動を評価・実行できるとともに, リーダーとしてメンバーに働きかけることができる。
	4-2.倫理観	技術者倫理の基本原則を一般的な問題に適用できる。	技術者倫理の基本原則を用いて実務の場でとるべき倫理的行動を考えることができる。
	4-3.市民としての社会的責任	社会・健康・安全・法律・文化・環境などに関する知識を, 一般的な問題の解決の際に適用できる。	社会・健康・安全・法律・文化・環境などについての考慮を実務の場に適用し, とるべき行動を考えることができる。
	4-4.生涯学習力	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解している。	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解し, それを実際の活動に適用し, 意欲を持って実行している。
5.総合的な学習経験と創造的思考力	5.創成能力(システム設計)	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, この課題を整理・分析して, 制約条件下で課題を解決できる最適解を評価・提案できる。	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, 制約条件下で課題を解決できる最適解を見出し, これに基づいて, 複合的な工学的問題の創造的解決を図ることができる。

6-4-3. 土木分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項

土木分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項は、次の主要6分野について示す。

1. 「土木材料・施工・建設マネジメント」
2. 「構造工学・地震工学・維持管理工学」
3. 「地盤工学」
4. 「水工学」
5. 「土木計画学・交通工学」
6. 「土木環境システム」

1. 「土木材料・施工・建設マネジメント」

1-a 土木材料学

【コア】

<キーワード>鉄鋼，セメント，骨材，混和材料，コンクリート，配合設計，鉄筋コンクリート，はり，単鉄筋長方形断面，構造設計，プレストレストコンクリート，実験

到達目標

- ・土木材料の特徴・分類を説明できる。
- ・鉄鋼の特徴を説明できる。
- ・セメントの製造方法を説明できる。
- ・ポルトランドセメントの特徴を説明できる。
- ・混合セメントの特徴を説明できる。
- ・混和材料（混和材，混和剤）の特徴を説明できる。
- ・セメントの規格・試験を説明できる。
- ・コンクリートの特徴を説明できる。
- ・コンクリート用骨材を説明できる。
- ・コンクリートの水セメント比と細骨材率を説明できる。
- ・コンクリートのワーカビリティとコンシステンシーを説明できる。
- ・フレッシュコンクリートの性能を説明できる。
- ・硬化コンクリートの性能を説明できる。
- ・コンクリートの劣化の種類と，耐久性能を説明できる。
- ・コンクリートの配合設計を説明でき，かつ計算できる。
- ・コンクリートの製造・施工・品質管理を説明できる。
- ・複合材料としての鉄筋コンクリート構造を説明できる。
- ・限界状態と安全係数を説明できる。
- ・限界状態設計法と許容応力度設計法を説明できる。
- ・使用限界状態と終局限界状態を説明できる。
- ・コンクリートに生じるひび割れの特徴を説明できる。
- ・コンクリートの変形特性を説明できる。
- ・各材料の設計用値を説明できる。
- ・荷重の種類と構造解析を説明できる。
- ・曲げモーメントを受ける単鉄筋長方形断面のはり部材について，使用限界状態に対して設計できる。
- ・曲げモーメントを受ける単鉄筋長方形断面のはり部材について，終局限界状態に対して設計できる。
- ・せん断を受ける単鉄筋長方形断面のはり部材について，使用限界状態に対して設計できる。
- ・プレストレストコンクリートの概要を説明できる。
- ・プレストレストコンクリートの基礎（使用限界状態・終局限界状態など）を説明できる。
- ・プレストレストコンクリートの設計概念を説明できる。
- ・骨材の単位容積質量試験について理解し，器具を使って実験できる。
- ・細骨材と粗骨材のふるい分け，密度，吸水率，表面水率試験について理解し，器具を使って実験できる。

- ・コンクリートのスランプと空気量試験について理解し，器具を使って実験できる。
- ・コンクリートの強度試験について理解し，器具を使って実験できる。
- ・鉄筋コンクリートはりの曲げ試験について理解し，器具を使って実験できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・計画的，経済的に土木構造物を建設・維持管理すべく，使用目的に応じ適切な土木材料を選定できるように配慮する。また，コンクリートの材料特性を踏まえた上で，鉄筋コンクリート構造物を設計できるように配慮する。

1- b 施工学

【コア】

<キーワード> 施工管理，建設機械，土工，基礎工，コンクリート工，トンネル工

到達目標

- ・品質管理，原価管理，工程管理，安全衛生管理，環境管理の仕組みを説明できる。
- ・建設機械の概要を説明できる。
- ・土工の目的と施工法を説明できる。
- ・基礎工の種類別に目的と施工法を説明できる。
- ・コンクリート工の目的と施工法を説明できる。
- ・トンネル工の目的と施工法を説明できる。
- ・開削工法，シールド工法およびNATM工法の原理と種類を説明できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・土木工事において指導監督を行うべく，その心構えに配慮する。

【要望】

<キーワード> 特殊コンクリート，複鉄筋，T形断面，付着力，定着力，軸力，偏心力，柱，一般構造細目，建設マネジメント

到達目標

- ・特殊コンクリートの種類と特徴を説明できる。
- ・複鉄筋コンクリートはりを説明できる。
- ・T形断面の鉄筋コンクリートはりを説明できる。
- ・付着力および定着力を説明できる。
- ・軸方向力を受ける部材を説明できる。
- ・軸力と曲げを受ける部材を説明できる。
- ・偏心を受ける部材を説明できる。
- ・柱の構造細目について説明できる。
- ・一般構造細目を説明できる。
- ・ライフサイクルコストやリスクコントロールを考慮した，構造物の計画・設計・施工・維持管理を説明できる。

2. 「構造工学・地震工学・維持管理工学」

2- a 構造力学

【コア】

<キーワード> トラス，はり，ラーメン，柱，荷重，支点反力，軸力，曲げモーメント，せん断力，断面2次モーメント，応力，ひずみ，曲率，たわみ，断面設計，安定・不安定，座屈，静定・不静定，エネルギー原理，仮想仕事の原理，不静定骨組構造物の解法

到達目標

- ・骨組構造物の種類や，骨組構造物に作用する荷重の種類について理解している。
- ・静定構造物を支える支点や対応する反力を理解し，それらを力のつり合い条件より計算できる。
- ・骨組構造部材の断面諸量（断面積，断面2次モーメント，断面係数など）を理解し，それらを計算できる。
- ・トラスの種類，安定性，トラスに作用する荷重を説明でき，トラスの部材力の意味を理解している。
- ・節点法や断面法を用いて，トラスの部材力を計算できる。
- ・トラスに生ずる部材応力から，簡単なトラス部材の断面設計ができる。

- ・はりの支点の種類，対応する支点反力，はりに作用する荷重の種類を理解し，はりの特性について説明できる。
- ・はりの断面に作用する内力としての断面力（曲げモーメント，せん断力），断面力図（曲げモーメント図，せん断力図）について理解し，説明することができる。
- ・支点条件や荷重条件の異なるはりについて，その断面力を計算し，断面力図を描くことができる。
- ・はりにおける変位・変形に関する基本仮定を理解し，はり内部の応力（曲げ応力，せん断応力）とひずみについて説明でき，それらを計算できる。
- ・はり内部の応力状態を理解し，その応力から簡単なはりの断面設計ができる。
- ・はりにおける応力・荷重関係，応力・変形関係，変形・変位関係を理解し，それらを用いて，はりのたわみの微分方程式を導くことができる。
- ・はりのたわみの微分方程式に関して，その幾何学的境界条件と力学的境界条件を理解し，微分方程式の境界値問題を解いて，たわみやたわみ角を計算できる。
- ・ラーメンの種類やその特性について理解している。
- ・ラーメンの支点反力，断面力（軸力，せん断力，曲げモーメント）を計算し，その断面力図（軸力図，せん断力図，曲げモーメント図）を描くことができる。
- ・圧縮力を受ける柱の分類（短柱・長柱）を理解し，各種支持条件に対する Euler 座屈荷重を計算できる。
- ・偏心圧縮柱の応力状態を説明できる。
- ・柱の細長比と座屈荷重の関係から，柱の基本的な設計を理解している。
- ・骨組構造物の安定性，静定・不静定の物理的意味を理解し，不静定次数を計算できる。
- ・構造力学における仕事やひずみエネルギーの概念を理解している。
- ・仮想仕事の原理など，骨組構造物に対するエネルギー原理を理解し，静定・不静定骨組構造物の支点反力，断面力（図），変位を計算できる。
- ・応力法や変位法など，不静定骨組構造物の解法を理解している。

学修に当たっての配慮事項

- ・解法のみにとらわれることなく，どうしてそうなるか等，解いた結果の力学的意味を自分なりに考えることで，背景にある力学原理の構成や構造物の力学挙動のイメージを掴めるよう配慮する。また，構造設計との関連において，構造力学の役割や重要性が理解できるよう配慮する。

2- b 鋼構造・橋梁工学

【コア】

<キーワード>鋼材，鋼構造，橋梁，設計基準，設計法，設計荷重，接合，鋼桁橋

到達目標

- ・鋼材の力学的性質，鋼構造物の種類およびその特徴を理解し，説明できる。
- ・橋梁の構成，種類およびその特徴を理解し，説明できる。
- ・各種設計基準に基づく設計法（許容応力度設計法，終局状態設計法等）の概要を理解し，安全率，許容応力度などについて説明できる。
- ・橋梁に作用する設計荷重の分類（死荷重，活荷重，その他の荷重）について理解している。
- ・橋梁の各種部材の設計法を理解し，簡単な例題に対し計算できる。
- ・接合の定義・機能・種類を説明でき，特に溶接と高力ボルト接合などについて理解している。
- ・鋼桁橋の設計の概要，特徴，手順を理解し，簡単な例題に対し計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・社会基盤構造物の一つとして重要な橋梁について，実作品を参照しつつ，その構造力学的特徴を実感させるとともに，鋼橋の設計の考え方を概観できるようにする。また，構造力学の知識と実際の構造設計法との関連を十分に説明し，両者のギャップを埋めるよう配慮する。

2- c 地震工学

【コア】

<キーワード>地震，マグニチュード，震害，防災，減災，地盤振動，耐震設計，振動解析，固有振動数，振動モード

到達目標

- ・地球の構造を理解し，地震発生メカニズムや直下型・海溝型などの地震の種類について説明できる。

- ・地震活動やマグニチュードなどについて説明できる。
- ・地震による建造物の被害と対策，防災，減災について理解している。
- ・地盤振動の基礎，および震害と地盤との関係を理解している。
- ・地震被害との関連で耐震設計法の変遷を理解し，現行の耐震設計法の基本的考え方を説明できる。
- ・建造物の振動解析モデルについて理解している。
- ・1自由度系の自由振動・強制振動解析を行うことができ，その特性を説明できる。
- ・多自由度系の振動を理解し，簡単な例題について固有振動数と振動モードを求めることができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・日本はたびたび大きな地震に見舞われ，多大な被害を被ってきたことを念頭に，防災・減災の考え方や耐震設計の重要性を実感できるように配慮する。

【要望】

<キーワード>影響線，主応力，熱応力，幾何剛性，弾塑性，有限要素解析，耐荷力，板，局部座屈，合成桁，合成床版，耐久性，維持管理工学，耐震補強

到達目標

- ・はりの支点反力や断面力の影響線の意味とその利用法を理解し，簡単なはりの影響線を求めることができる。
- ・移動荷重に対するはりの最大せん断力，絶対最大せん断力，最大曲げモーメント・絶対最大曲げモーメントなどを，影響線を応用して計算できる。
- ・トラスの部材力の影響線を描き，応用することができる。
- ・相反作用の定理を理解し，はりの変形，影響線などに応用できる。
- ・建造物内部の応力状態を主応力と主軸によって説明できる。
- ・建造物内に生ずる熱（温度）応力について，その発生のメカニズムが説明ができ，簡単な例題に対して解析ができる。
- ・はりの有限変位理論の考え方を理解し，幾何剛性など，幾何学的非線形問題について説明できる。
- ・鋼材の弾塑性特性を理解し，鋼建造物の塑性設計など，材料非線形問題について説明できる。
- ・有限要素解析の基本的な考え方を理解し，簡単な例題に対し既存ソフトウェアを使って構造解析ができる。
- ・座屈理論と耐荷力曲線の関係を理解し，柱の設計ができる。
- ・板の座屈理論を理解し，局部座屈に対する設計法を説明できる。
- ・合成桁と非合成桁の特徴を理解し，合成桁の曲げ応力算定法や耐荷力算定法の基本を理解している。
- ・合成床版を説明できる。
- ・建造物の耐久性と維持管理の重要性について理解し，橋梁の維持管理法について概略を説明できる。
- ・既存橋梁建造物の耐震補強法について理解し，その考え方を説明できる。

3. 「地盤工学」

【コア】

<キーワード>地盤（成因，地層，分布），土の構造（単粒・ハチの巣・綿毛構造，土粒子，間隙水，間隙空気），基本的物理量（土の密度・単位体積重量，間隙比，間隙率，飽和度，含水比，体積含水比，土粒子の密度・比重，相対密度），粒径，粒度，粒径加積曲線（有効粒径，均等係数，曲率係数），コンシステンシー（液性限界，塑性限界，塑性指数，液性指数，コンシステンシー指数），工学的分類（日本統一分類法，塑性図），締固め特性（締固め曲線，最適含水比，最大乾燥密度，材料による違い），水頭（ベルヌーイの定理，エネルギー保存則），ダルシーの法則，透水係数，室内透水試験（定水位，変水位），透水量の計算（流線網，浸潤線），透水力（浸透力），浸透流による破壊現象（クイックサンド，ボイリング，パイピング），フィルダム，地盤内応力（土被り圧，有効応力，全応力，静水圧，過剰間隙水圧，有効応力の原理），圧縮，圧密，体積圧縮係数，圧密理論（テルツァーギの一次元圧密理論），標準圧密試験，圧密係数，圧縮指数，時間係数，圧密沈下量，圧密先行荷重・圧密降伏応力，正規圧密・過圧密，過圧密比，圧密沈下時間，一次圧密，二次圧密，せん断，モールの応力円，クーロンの破壊規準，モール・クーロンの破壊規準，排水条件，ダイレイタンシー，間隙水圧，直接せん断

試験（一面せん断試験）、三軸圧縮試験、載荷過程（等方圧密、有効拘束圧、背圧、軸差応力、せん断）、一軸圧縮試験、鋭敏比、強度定数（粘着力・せん断抵抗角）、せん断強さ、各種の土のせん断特性（砂質土、粘性土）、液状化、液状化強度曲線、FL法、土圧、静止土圧、主働土圧、受働土圧、土圧理論（ランキン土圧、クーロン土圧）、地震時土圧（物部・岡部の式）、支持力、浅い基礎・直接基礎（特徴、テルツァーギの支持力式、支持力係数、偏心荷重・傾斜荷重、接地圧、即時沈下と圧密沈下、許容沈下量）、深い基礎・杭基礎（特徴、施工法、先端支持力、周面摩擦力）、斜面安定問題・安定解析、全体安全率、半無限斜面仮定、円弧すべり、分割法、簡便法（フェレニウス法）

到達目標

- ・土の成因、構造などについて説明できる。
- ・土の基本的物理量について説明できる。
- ・土の粒径・粒度分布を説明できる。
- ・土のコンシステンシーを説明できる。
- ・土の工学的分類について説明できる。
- ・土の締固め特性について説明できる。
- ・ダルシーの法則について説明できる。
- ・透水係数と透水試験について理解し、透水量の計算ができる。
- ・流線網による浸透流解析を理解し、その計算ができる。
- ・透水力（浸透力）について説明できる。
- ・浸透力による各種の破壊現象を説明できる。
- ・地盤内応力（自重や上載荷重による応力増加）を理解している。
- ・有効応力の原理について説明できる。
- ・圧密について理解し、標準圧密試験を説明できる。
- ・圧密理論を理解し、圧密沈下量や圧密沈下時間について説明でき、一次元圧密計算ができる。
- ・正規圧密と過圧密の概念を理解し、圧密先行荷重（圧密降伏応力）から過圧密比を計算できる。
- ・二次圧密について説明できる。
- ・土のせん断試験と排水条件について説明できる。
- ・砂質土と粘性土のせん断特性を説明できる。
- ・モール・クーロンの破壊規準を理解している。
- ・三軸試験や一軸試験などの各種のせん断試験の考え方と手順を説明できる。
- ・砂の液状化について説明できる。
- ・ランキン土圧やクーロン土圧を理解している。
- ・構造物に作用する土圧や地震時の土圧について理解している。
- ・基礎の種類について理解し、浅い基礎・深い基礎の支持力について理解している。
- ・浅い基礎に関するテルツァーギ支持力式について理解している。
- ・斜面安定と全体安全率の概念を理解している。

学修に当たっての配慮事項

- ・地盤工学系領域は、土の力学的性質および地盤の力学的挙動を理解するための領域である。実務的な要請に基づく材料力学の一応用分野としての発展が、同領域の学問としての体系化の背景にあるが、現在では地盤環境保全（廃棄物処分、地下水汚染、地上緑化等）、地盤環境利用（地熱利用等）などの課題を含めた学際領域、すなわち地盤環境工学的項目を同領域に含めることが多い。

【要望】

<キーワード>土の化学的性質、粘土の活性度、路盤・路床、CBR、土中水の特徴と分類、現場透水試験、成層地盤の異方透水性、毛管現象、サクシオン、凍上、地盤内応力の増加とそれに伴う地盤の変形、長方形等分布荷重、帯状荷重、台形帯状荷重、ブシネスク式、各種の近似計算法、圧力球根、極限解析、上界・下界法、有限要素解析、単純せん断試験、リングせん断試験、ベーンせん断試験、応力径路、ひずみ軟化・ひずみ硬化、ピーク強度・残留強度、限界状態理論、カムクレイモデル、繰返し載荷、動的変形特性、地盤改良工法、擁壁、水抜き孔、土留め矢板、トンネル、埋設管・地下構造物、深い基礎・杭基礎の支持力式、ネガティブ・フリクション、群杭、ケーソン、標準貫入試験、コーン貫入試験、スウェーデン式貫入試験、物理探査、摩擦円法、テイラーの安定図表、盛土、切土、法面工、地すべり、がけ崩れ、落石・岩盤崩壊、土石流、

砂防対策, 汚染物質の移流・拡散, 地盤の浄化, 廃棄物の処分と活用, 構造・地質, 岩石分類, 地殻変動, 変成作用, プレートテクトニクス, 地震, 断層, 火山

到達目標

- ・路盤・路床およびCBRの概念について説明できる。
- ・地盤改良について説明できる。
- ・毛管現象と凍上について説明できる。
- ・深い基礎の支持力とネガティブ・フリクションについて理解している。
- ・カムクレイモデルならびに限界状態理論の概要について理解している。
- ・半無限斜面を仮定した安定解析や円弧すべり機構を仮定した安定解析ができる。
- ・斜面防災を扱う上で必要な各種の基礎的事項について理解している。
- ・地盤環境問題を扱う上で必要な各種の基礎的事項について理解している。
- ・実務において地盤工学にかかわる諸課題を解決するために広く応用されている地質学の各種の基礎的事項について理解している。

4. 「水工学」

【コア】

<キーワード> 単位系, 密度, 比重, 表面張力, 粘性, 静水圧 (表現, 強さ, 作用方向, 測定方法 (マノメーター)), 水圧機 (パスカルの原理), 全水圧 (平面と曲面) の大きさ と作用点, 浮力, アルキメデスの原理, 浮体の安定, 流体の連続式, 完全流体の運動方程式 (Eulerの運動方程式), エネルギー保存則 (Bernoulliの定理), エネルギー保存則 (Bernoulliの定理) とその応用 (オリフィス, ピトー管, ベンチュリーメータ), 運動量保存則の誘導と応用 (曲がった管に作用する力, ゲートや堰に作用する外力, 平板にあたる次元噴流, 管路に作用する外力, ノズルに作用する力, 管の急拡の損失水頭), 抗力, 比エネルギー, フルード数, 常流と射流, 限界水深 (ベスの定理, ベランジェの定理), 跳水現象, 刃形堰 (四角堰, 三角堰, 台形堰), 広頂堰, 潜り堰, 層流と乱流, 円管内の層流の流速分布 (ハーゲン・ポアズイユの法則), 流体摩擦 (レイノルズ応力, 混合距離) 平均流速を用いた基礎方程式, 摩擦抵抗による損失水頭の実用公式, ムーディー図, 形状損失水頭, 単一管路, バイパス管路, 分岐管路・合流管路, サイフォンの原理, 管網計算, 開水路流れの基礎方程式, 開水路の等流 (平均流速公式, 限界水深, 等流水深), 水理特性曲線, 一様水路における不等流と背水曲線, 模型実験と流れの相似則, 河川の分類と流域地形, 河川流れと河道形状, 水の循環, 降雨特性, 蒸発散, 流出過程, 流況曲線, 流域平均雨量, 流出解析法 (合理式, 単位図法, タンクモデル, 貯留関数法, キネマティックウェーブ法), 水文学の確率分布曲線と再現期間, 水害, 都市型水害と内水処理, 河道計画, 洪水対策, 渇水状況と降水変化, 水資源, 河川堤防の役割, 波の基本的性質, 波速, 群速度, 波力, 波圧, 海浜流, 屈折, 回折, 浅水変形, 砕波, 沖波

到達目標

- ・水工学の歴史と対象とする分野について説明できる。
- ・水工学で用いる単位系, 水の基本的な性質 (密度, 比重, 表面張力, 粘性) について説明できる。
- ・静水圧の表現, 強さ, 作用する方向, 測定方法 (マノメーター) について説明できる。
- ・水圧機 (パスカルの原理), 平面と曲面に作用する全水圧の大きさ と作用点を計算できる。
- ・浮力とアルキメデスの原理について理解し, 浮体の安定を計算できる。
- ・流体力学の基礎となる, 連続の式について理解し説明ができる。
- ・完全流体の運動方程式 (Eulerの運動方程式) について説明できる。
- ・エネルギー保存則 (Bernoulliの定理) の誘導について説明できる。
- ・ベルヌーイの定理の応用 (オリフィス, ピトー管, ベンチュリーメータ) の計算ができる。
- ・ベルヌーイの定理の応用 (自然現象, 河川工学など) について説明できる。
- ・運動量保存則の誘導 について理解し説明ができる。
- ・運動量保存則の応用 (曲がった管に作用する力, ゲートや堰に作用する外力, 平板にあたる次元噴流, 管路に作用する外力, ノズルに作用する力, 管の急拡の損失水頭) の計算ができる。
- ・流体中の構造物に作用する抗力の計算ができる。
- ・比エネルギー, フルード数, 常流と射流, 限界水深 (ベスの定理, ベランジェの定理), 跳水現象

について説明できる。

- ・刃形堰（四角堰，三角堰，台形堰），広頂堰，潜り堰について説明できる。
- ・層流と乱流，円管内の層流の流速分布（ハーゲン・ポアズイユの法則）について説明できる。
- ・流体摩擦（レイノルズ応力，混合距離）について説明できる。
- ・平均流速を用いた基礎方程式，摩擦抵抗による損失水頭の実用公式，ムーディー図について理解し説明ができる。
- ・管水路の摩擦以外の形状損失水頭について理解し説明ができる。
- ・単一管路，バイパス管路，分岐管路・合流管路の流れの計算ができる。
- ・サイフォンの原理を用いた計算，管網計算ができる。
- ・開水路流れの基礎方程式について理解し説明ができる。
- ・開水路の等流（平均流速公式，限界水深，等流水深）について説明できる。
- ・水理特性曲線と水理的に有利な断面について説明できる。
- ・一様水路における不等流と背水曲線について理解し説明ができる。
- ・模型実験と流れの相似則について説明できる。
- ・文明社会と河川の利用，河川の管理と整備について説明できる。
- ・河川の分類と流域地形，河川における流れ作用と河道形状について説明できる。
- ・水の循環，雨が降る仕組み，我が国の降雨特性について説明できる。
- ・蒸発散，流出過程，流況曲線について説明できる。
- ・水量の観測方法を説明でき，流域平均雨量を計算できる。
- ・流出解析法（合理式，単位図法，タンクモデル，貯留関数法，キネマティックウェイブ法）について説明できる。
- ・水量の統計的性質，確率分布曲線と再現期間について説明できる。
- ・水害の特性とその変遷，河道計画の策定，河道およびダムによる洪水対策について説明できる。
- ・都市型水害と内水処理の対策について説明できる。
- ・近年の渇水状況と降水の変化，日本及び世界の水資源の現況について説明できる。
- ・河川堤防の役割，波の基本的性質について説明できる。
- ・海岸災害の種類と現状，海岸保全技術の歴史と現状を説明できる。
- ・海洋・海岸構造物の種類と機能を説明できる。
- ・分散の式を用いて，波長の計算ができる。
- ・代表波（有義波高・周期）の説明ができ，計算ができる。
- ・気象条件から波浪推算ができる。
- ・海岸近くの流れと水理現象を説明できる。
- ・海岸構造物の設計における波の変形の取り扱い方法を説明できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・水系領域は，水の物理的性質および静水力学と流体力学の基礎理論を学び，各種の水際構造物の設計を行うための計算理論を学ぶ領域である。
- ・水理分野は，開水路と管水路の流れの理論，開水路の非定常流れの理論について説明できること。
- ・河川分野は，川の流れの基本的性質を理解し，流出量や水量が計算でき，治水・利水・環境に関する河川の諸問題について説明できること。
- ・海岸分野は，波の基本的性質について説明できること。

【要望】

<キーワード>開水路，河床形態，限界掃流力，掃流砂量公式，浮遊砂量公式，河床変動，感潮河川
到達目標

- ・開水路における非定常流の基礎方程式について理解し説明ができる。
- ・河床形態，限界掃流力，掃流砂量公式，浮遊砂量公式，河床変動について説明できる。
- ・河口部における水理現象について説明できる。

5. 「土木計画学・交通工学」

5-a 測量学

【コア】

<キーワード>距離測量，トランシット測量，角測量，トラバース測量，三辺測量，平板測量，三角測量，水準測量，面積と体積の計算，地形測量，路線測量，写真測量，リモートセン

シング, GPS 測量, 誤差論, 測量で使う数学, 実習

到達目標

- ・測量に関する, 目的, 方法および法律による分類を説明できる.
- ・測量体系 (国家基準点等) を説明できる.
- ・平坦地および傾斜地の距離測量を説明でき, 器具を使って測量し, その結果から計算できる.
- ・巻尺の種類と特性を理解し, 測量結果から計算できる.
- ・光波・電波による距離測量を説明できる.
- ・トランシット測量と角測量について, 器械を据え付けて, 取扱うことができる.
- ・単測法, 倍角法および方向法を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・トラバース測量と三辺測量について, 種類, 手順および方法を説明し, 器械を据え付けて, 取扱うことができる.
- ・結合トラバースや閉合トラバースを計算できる.
- ・平板測量について, 器械を据え付けて, 取扱うことができる.
- ・アリダードによる間接水準測量を説明できる.
- ・三角測量について, 原理と三角網の種類を説明できる.
- ・四辺形鎖および単列三角鎖を計算できる.
- ・水準測量について, 器械を据え付けて, 取扱うことができる.
- ・昇降式および器高式による直接水準測量を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・三角区分法, 座標法, 倍横距, シンプソン法則や台形法則による面積計算を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・断面法や点高法による体積計算を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・等高線の性質を理解し, 地形図を説明できる.
- ・地形測量の方法を説明できる.
- ・単心曲線, 緩和曲線および縦断曲線の測設を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・写真測量の原理 (特殊点, ひずみ, 縮尺など) や方法と撮影について説明できる.
- ・比高の測定を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・計測プラットフォーム, 計測センサー, 放射・反射の理論を説明できる.
- ・衛星データを説明できる.
- ・測量に用いる座標系を説明できる.
- ・GPS 測量の原理と方法を説明でき, 測量結果から計算できる.
- ・有効数字, 数値の丸め方を説明でき, これを考慮した計算できる.
- ・測量における誤差の種類を説明でき, これを考慮した計算できる.
- ・最小二乗法の原理を説明でき, これを考慮した計算できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・各種測量の目的, 性質, 手順, および器械や器具の構造を理解し, その基礎的な知識を習得するとともに, 取り扱える技能を有するように配慮する.

5-b 土木製図

【コア】

<キーワード> 図の書き方, CAD, 土木製図の規約, 設計製図

到達目標

- ・製図用具の種類を説明できる.
- ・線と文字の種類を説明できる.
- ・平面図形と投影図の書き方を説明できる.
- ・CAD ハードウェアの種類と機能を理解し, 設計した構造物を CAD ソフトウェアで描くことができる.
- ・図形要素の作成と修正ができる.
- ・画層の管理を説明できる.
- ・図面を出力 (印刷) できる.
- ・図の配置, 尺度, 表題欄, 寸法と寸法線の規約を説明できる.
- ・与えられた条件を基に設計計算できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・構造物の製図に必要な図法と規約を理解し, また製図用具や CAD を用いて, 指針を基に設計と製図を行えるように配慮する.

5- c 土木計画学

【コア】

<キーワード>計画の体制，国土・地域・都市の考え方，国土計画の変遷，地域計画の変遷，日本の国土・地域・都市計画の関連法規，地域・都市計画の手続き（策定），土地利用計画，交通と交通施設の計画，公園緑地の計画，防災と景観整備の計画，都市整備の手法，性能指標，確率統計と統計的処理，現象分析と多変量解析，最適化手法，評価

到達目標

- ・計画の意義と計画学の考え方を説明できる。
- ・計画の目的論と目標設定を説明できる。
- ・国土と地域の定義を説明できる。
- ・全国総合開発計画・国土形成計画の変遷について説明できる。
- ・大ロンドン計画について説明できる。
- ・地方圏と過疎地域の計画について説明できる。
- ・近代都市の特徴と課題について理解し，近代都市計画（西欧と日本）の思想および理念と実際について説明できる。
- ・全国総合開発計画・国土形成計画の系譜について説明できる。
- ・都市計画法における地区区域・地区計画および都市施設・開発について説明できる。
- ・都市計画制限と開発許可について説明できる。
- ・土地利用計画と交通計画について説明できる。
- ・国勢調査などの既存のデータや人口と社会経済指標（計画フレーム）を説明できる。
- ・総合計画とマスタープランについて説明できる。
- ・区域・地区と土地利用計画を理解し，用途地域の建築規制（建蔽率・容積率・用途規制）について説明できる。
- ・地域・都市交通計画の基本概念について説明できる。
- ・交通量調査，交通実態調査，交通需要推計（段階推計法）について説明できる。
- ・軌道と新交通システムについて説明できる。
- ・緑化と環境整備（緑の基本計画）について説明できる。
- ・公園緑地の種類と役割について説明できる。
- ・風景，景観と景観要素について説明できる。
- ・都市の防災構造化について説明できる。
- ・土地区画整理事業について説明できる。
- ・市街地開発・再開発事業について説明できる。
- ・二項分布，ポアソン分布，正規分布（和・差の分布），ガンベル分布，同時確率密度関数について説明できる。
- ・重回帰分析，線形計画法とその図解法，シンプレックス法と双対性，および費用便益分析について考え方を説明できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・国土・地域・都市の各計画の歴史を理解し，今後の土地利用・交通・防災に関する計画を立案できるように配慮する。また，都市計画と交通計画に必要な統計計算ができるように配慮する。

5- d 交通工学

【コア】

<キーワード>交通計画，交通調査，交通需要予測，ボトルネック，OD表，トリップ，交通事故，交通静穏化，信号制御

到達目標

- ・道路の種類，計画と整備，管理について説明できる。
- ・交通流，交通量の特性，交通容量について説明できる。
- ・パーソントリップ調査や四段階推計法について説明できる。
- ・都市交通問題の現状とそれを解決するための交通施策を説明できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・自動車交通にとどまらず，すべての交通体系の実態分析，需要予測，計画と評価，および運営に関する手法・理論が身につくように配慮する。

【要望】

<キーワード>最小二乗法の重み, 測量の誤差伝搬

到達目標

- ・最小二乗法の応用(重み・条件付き)を説明できる。
- ・測量の誤差伝搬の法則を説明できる。

6. 「土木環境システム」

【コア】

<キーワード>地球環境問題, 地球温暖化, ヒートアイランド, オゾン層破壊, 酸性雨, 熱帯林減少, 砂漠化, 土壌劣化, 野生生物の種の減少, 海洋汚染, 化学物質の管理, 有害物質の越境問題, 物質循環, 地球資源問題, 環境容量, 環境と人の健康, 水の循環, 水質指標, 水質汚濁(発生源と移動過程)原単位, 発生負荷, 水域生態系と水質変換過程(自浄作用, 富栄養化, 生物濃縮等), 水質汚濁防止と水質管理計画(施策, 法規等), 水道計画(基本計画, 給水量, 水質, 水圧等), 水道施設(取水・導水・浄水・送水・配水・給水等), 浄水の単位操作(凝集, 沈澱凝集, 濾過, 殺菌等)下水道の役割と現状, 汚水処理, 下水道の基本計画と施設計画, 生物学的排水処理の基礎(好氣的処理), 下水処理施設の設計, 廃棄物(発生源, 収集・処理・処分, 減量化・再資源化, 対策(施策, 法規等)), 環境影響評価(指標と基準), リスクアセスメント, ライフサイクルアセスメント, 環境科学(溶解度, 化学平衡, 反応速度, 熱力学等), 生命資源とその獲得, 生態系の構造と機能, 生物多様性, 生態系の保全手法と施策, 微生物(定義, エネルギー獲得機構, 増殖速度, 収率, 酵素反応速度, 自由エネルギー等), 土壌汚染(現状, 浄化と修復, 対策)

到達目標

- ・地球環境問題の歴史を理解している。
- ・地球温暖化, ヒートアイランド現象, オゾン層の破壊, 酸性雨, 熱帯林の減少, 砂漠化・土壌劣化, 野生生物の種の減少, 海洋汚染を説明できる。
- ・化学物質の管理, 有害物質の越境問題, 開発途上国の環境問題を説明できる。
- ・物質循環, 地球資源問題, 環境容量を理解している。
- ・環境と人の健康との関わりを理解している。
- ・過去に生じた公害の歴史とその内容(環境要因と疾病の関係)を理解している。
- ・水の物性, 水の循環を理解している。
- ・水質指標を説明できるとともに, 水質汚濁の現状を理解している。
- ・水質汚濁物の発生源と移動過程を説明でき, 原単位, 発生負荷を含めた計算ができる。
- ・水域生態系と水質変換過程(自浄作用, 富栄養化, 生物濃縮等)を説明できる。
- ・水質汚濁の防止対策・水質管理計画(施策, 法規等)を理解している。
- ・水道の役割・種類とともに, 水道計画(基本計画, 給水量, 水質, 水圧等)を説明でき, これに関する計算ができる。
- ・水道施設(取水・導水・浄水・送水・配水・給水等)を理解している。
- ・浄水の単位操作(凝集・沈澱凝集, 濾過・殺菌等)を説明できる。
- ・下水道の役割と現状, 汚水処理の種類を理解している。
- ・生物学的排水処理の基礎(好氣的処理)を理解している。
- ・下水道の基本計画と施設計画, 下水道の構成を説明でき, これに関する計算ができる。
- ・下水処理施設の設計を説明できるとともに, 計算ができる。
- ・廃棄物の発生源と現状を理解している。
- ・廃棄物の収集・処理・処分, 減量化・再資源化を理解している。
- ・廃棄物対策(施策, 法規等)を理解している。
- ・環境影響評価の目的, その現状(事例など)を理解している。
- ・環境影響指標, 各種基準・目標の設定根拠を理解している。
- ・リスクアセスメント, ライフサイクルアセスメントを理解している。
- ・環境科学における, 溶解度, 化学平衡, 反応速度を理解し, 計算ができる。
- ・生態工学における, 生命資源と資源の獲得を理解している。
- ・生態系の構造と機能を説明できる。
- ・生物多様性の危機を理解している。

- ・生態系の保全手法，自然生態系を守るための施策を理解している。
- ・微生物の定義（分類，構造，機能等）を説明できる。
- ・微生物のエネルギー獲得機構，微生物の増殖速度，収率を理解している。
- ・微生物の酵素反応速度，自由エネルギーを理解している。
- ・物質循環と微生物の関係を理解している。
- ・土壌汚染の現状を理解している。
- ・土壌の浄化と修復方法，土壌汚染対策を理解している。

学修に当たっての配慮事項

- ・環境系領域は，地球環境問題，公害に関する基礎知識を習得し，これらと社会基盤整備事業の関連を理解する領域である。なかでも，上水，下水に関する学習内容では，基礎知識を習得し，浄水や下水処理の設計ができる。さらに各種問題に対する環境影響評価を理解し説明ができる。

【要望】

<キーワード>大気汚染（発生源，人体・動植物への影響，気象，濃度予測，除去方法，防止対策（施策，法規等）），悪臭，音の基礎（音波，音圧，波長等），騒音（発生源，人体への影響，伝播と予測，測定と計算，評価，防止対策）

到達目標

- ・大気汚染，悪臭の現状と発生源を説明できる。
- ・大気汚染による人体・動植物への影響を理解している。
- ・大気汚染と気象を理解している。
- ・大気汚染物質の濃度予測や除去方法を理解している。
- ・大気汚染の防止対策（施策，法規等）を理解している。
- ・音の基礎（音波，音圧，波長等）を説明できる。
- ・騒音の発生源と現状，評価を説明できる。
- ・騒音による人体への影響を理解している。
- ・騒音の伝播と予測を説明でき，計算できる。
- ・騒音の測定方法と計算方法を理解し，測定値から騒音評価ができる。
- ・騒音の防止対策（施策，法規等）を理解している。