

記念講演

専門知の深化：個別最適&全体知への展開：全体最適
～防災・減災，国土強靱化の展開のために～

20250712

大阪大学 名誉教授

(一財) 土木研究センター 顧問 (一社) 地域国土強靱化研究所 顧問

技術士 (建設部門)

常田 賢一

目次

1. はじめに	2
2. 個別最適から全体最適への展開	2
2.1 政策における全体最適の流れ	2
2.1.1 道路分野：道路リスクアセスメント	2
2.1.2 河川分野：流域治水	3
2.2 最適化の分類	3
2.2.1 個別最適と全体最適の分類	3
2.2.2 分類1：個別要件最適と全要件最適	4
2.2.3 分類2：個別段階最適と全段階最適	5
2.2.4 分類3：単一構造最適と複合構造最適	6
2.2.5 分類4：地点・個所最適と地域最適	8
2.2.6 分類5：個人・単一組織最適と関係者・関係組織最適	9
2.3 知の視点による専門知&総合知&全体知	9
2.3.1 科学技術・科学技術・イノベーション政策における総合知	9
2.3.2 寺島実郎氏による全体知	10
2.3.3 最適化と知の位置づけ	10
2.4 DXと最適化の相関づけ	11
2.5 日本技術士会の活動の最適化の視点	12
3. 技術・工法のエビデンスの体系化	14
3.1 現行のエビデンスの要求例	14
3.2 エビデンスの体系化の試行	15
3.3 解析プログラムのエビデンスの検証：V&V	15
3.4 実証方法の事例	18
3.4.1 分類1：理論的で妥当性を有する方法【数値解析・数値計算を実施】	18
3.4.2 分類2：実験等による検証がなされた方法【実験を実施】	19
3.4.3 分類3：これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法【実績・経験を保有】	20
3.4.4 分類4：その他の妥当な方法【第三者評価の付与】	20
3.4.5 分類5：その他の妥当な方法【所要図書の保有・遵守】	22
4. おわりに	23
参考文献	

1. はじめに

我が国は、近年、多頻度かつ甚大な洪水などの災害に見舞われているが、国は2013年12月に「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」〔基本法は2023年7月25日に閣議決定により変更¹⁾〕を公布・施行し、これまで「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策（2018～2020年度）」を実施し、現在は「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策（2021～2025年度）」による様々な対策を実施している。その主旨は、『いかなる災害が発生しても、「強さ」と「しなやかさ」を持った安全・安心な国土・地域・経済社会を構築するため「国土強靱化（ナショナル・レジリエンス）を推進する』とされている¹⁾。

さて、現在の我が国は、少子高齢化による人口減少・人材不足の急速な進展、土木構造物などの社会インフラに対する国民・利用者などの要望の多様化かつ複雑化、気候変動の影響などによる想定外の規模の自然災害の多発かつ甚大化、新たな技術シーズの発現と新技術の開発・普及の必要性の高揚、DXなどのデジタル情報化の急速な進展などの渦中にある。そして、今後は、現状のさらなる進展、新たな事象の発生、社会構造・システムの多様化・複雑化などにより、現在の延長上の対応では困難な未経験、未知の事態に直面することが危惧される。

そのような将来の危惧の対応には、国土・社会インフラ・人心の強靱化が必要であり、全体の状況を俯瞰し、柔軟に対処できる、新たな視点・姿勢および備えが必要である。そのための視点・姿勢は、個々の構造物を極めるだけでなく、構造物が関わる事業の全体を俯瞰すること、言い換えると、従来の事業に係る個別の設計段階限りの最適化（「個別最適」と呼ぶ。）に留まらず、施工・維持管理を含めた全事業段階、さらに、事業段階に留まらず、事業の対象分野や地域、関係する人や組織などを連携、融合した最適化（「全体最適」と呼ぶ。）の視点・姿勢が必要である。

言い換えると、「木から森を見る」および「森から木を見る」、つまり「木を見て、森も見ろ」姿勢への転換であり、技術者は「虫の目」だけでなく、「鳥の目」を持つことが求められる。

本文は、（公社）日本技術士会中国本部の創立60周年記念大会の記念講演として、土木分野における個別最適・総合最適・全体最適の概念と分類を提示し、専門知・総合知・全体知と関連付けるとともに、日本技術士会の活動を個別最適から全体最適の視点から俯瞰（2章）する。また、技術者の活動に関わる新技術・工法の提案、実用化のために必要なエビデンスの体系化にも言及（3章）する。

なお、詳細は参考文献2)を参照されたい。

2. 個別最適から全体最適への展開

2.1 政策における全体最適の流れ

近年、国などの政策、事業では、以下の例のように、全体を俯瞰し、最適化を図ろうとする「全体最適」の動き、流れにあるが、従来の個別の構造物などを対象とする姿勢からの転換の意識が必要である。

2.1.1 道路分野：道路リスクアセスメント

国土交通省道路局は、2022年3月に「道路リスクアセスメント要領（案）³⁾」を策定し、直轄事業では所管する道路ネットワーク（図-1参照）のアセスメントを実施している。その主旨は、「災害時において少なくとも一つのルートを確保するネットワークを評価すること」であるが、広域的な道路ネットワークの耐災害性の検証は、地域あるいはネットワークの全体に関する最適化、言い換えると、「全体最適」の姿勢である。このように、道路分野では全体最適化の流れにある。

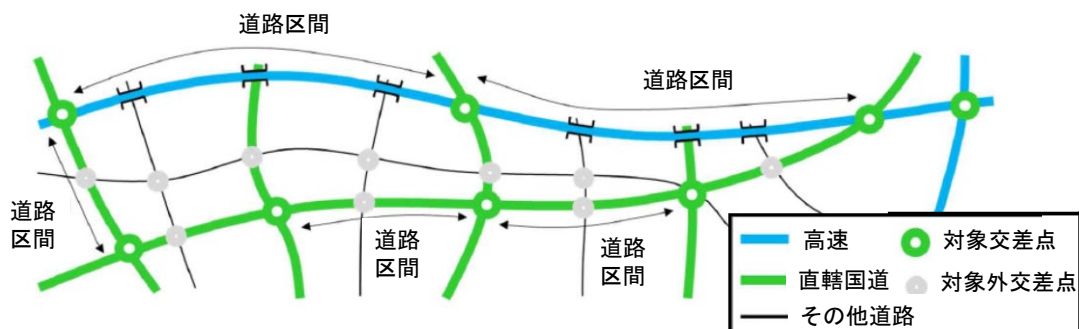


図-1 交差点をノードとする道路ネットワーク：文献3)のフォント調整の加筆

2.1.2 河川分野：流域治水

国土交通省水管理・国土保全局は、近年の洪水災害を受けて、新たな姿勢として「流域治水」⁴⁾を打ち出している。その主旨は、「河川管理者が主体となって行う治水対策に加え、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その河川流域全体のあらゆる関係者が協働し、流域全体で水害を軽減させる治水対策への転換を進めること」であるが、河川の上流の集水域、中下流の河川区域、さらに氾濫域までを対象とした流域全体を対象とした治水（図-2 参照）は、流域あるいは地域の全体に関する最適化、言い換えると、「全体最適」の姿勢である。このように、河川分野でも全体最適化の流れにある。



図-2 流域治水の概要図：参考文献4)の抜粋

2.2 最適化の分類：個別最適と全体最適

本章では、「個別最適」と「全体最適」による最適化が対象とする視点の分類を示し、それらの意義を示す。

2.2.1 個別最適と全体最適の分類

従来、取り組まれており、体に染みついている最適化の姿勢は、個別の構造物に限定した目的を実現する「個別最適」であるが、本文では、図-3に示す、個別要件を対象とする「1. 個別要件最適」、事業の個別段階を対象とする「2. 個別段階最適」、事業の個別構造物を対象とする「3. 単一構造最適」、事業の個別位置を対象とする「4. 箇所・地点最適」および個人あるいは単一組織を対象とする「5. 箇所・単一組織最適」の5分類を提示する。

そして、それぞれの「個別最適」に対応する「全体最適」は、複数あるいは全体を対象として、それぞれ「1. 全要件最適」、「2. 全段階最適」、「3. 複合構造最適」、「4. 地域最適」および「5. 関係者・関係組織最適」とする。

次節以降に、それぞれの分類の概念を示すが、それぞれに該当する詳細は、参考文献2)を参照されたい。

なお、「全体最適」は、最近、経済・ビジネス分野で謳われている「シナジー (Synergy)」と対応しており、業務提携、M&A などの取組みは、全体最適のための活動と言える。

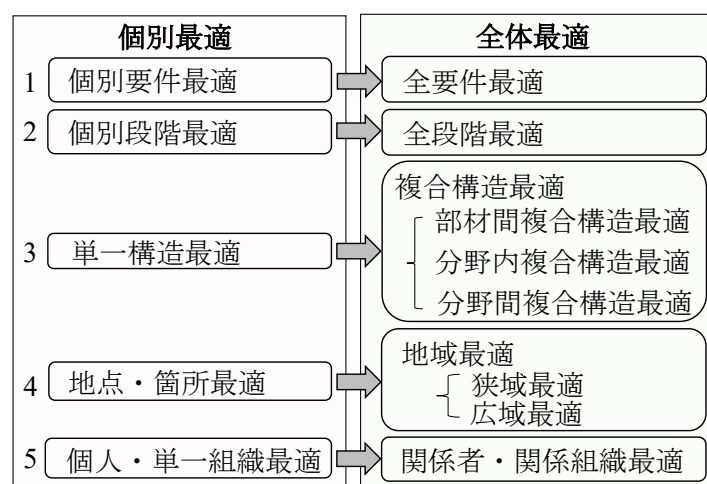


図-3 個別最適と全体最適の分類：参考文献2)に加筆

2.2.2 分類1：個別要件最適と全要件最適

本分類の概念は図-4に示すように、個別の要件を最適化する【個別要件最適】に対して、複数の要件を比較、整合、連携させて最適化する【全要件最適】である。これらの関係の具体例を図-5に示すが、概略設計、予備設計の工法比較において、設定する個々の評価要件（構造的性、施工性など）に特化（図の場合は、経済性）した評価の最適化は【個別要件最適】である。一方、設定された諸要件を踏まえた「総合評価」による評価は【全要件最適】である。いずれも従来からの評価の姿勢であり、その意味では【全要件最適】は既に実施されている。

ここで、将来的な課題は、図-4の「全要件最適」における新たな評価要件の追加、充実（本文では「深化」と呼ぶ。）である。ここで、通常、構造物に対する評価の視点は、図-6の左側²⁰⁾に示す【用・強・美】、特に、公共土木では【用・強】に加えて【コスト】が必須であり、評価の優先度からは【コスト】【強】【用】であり、【美】の評価は低いのが一般的である。これらの従来の評価の視点、要件に対して、同図の右側が新たに必要とされる要件であるが、従来、重視されていなかった地質・地盤リスクなどの他に、防災・減災、国土強靱化、新技術活用促進計画、DX、SDGs、CN（カーボンニュートラル）などの新たな政策との対応性、実現性が考えられる。

従って、技術者は、どのような新たな要件が提案できるか、どのように説明できるかが要求される。

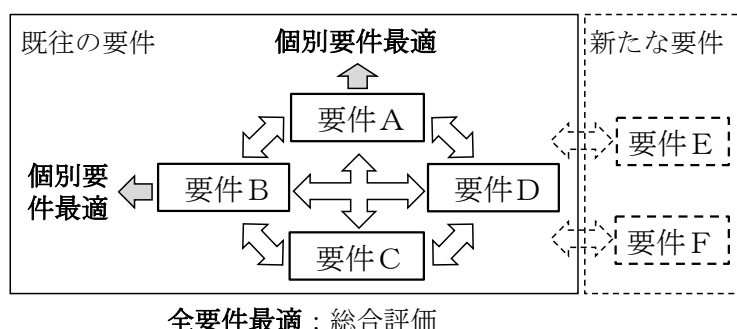
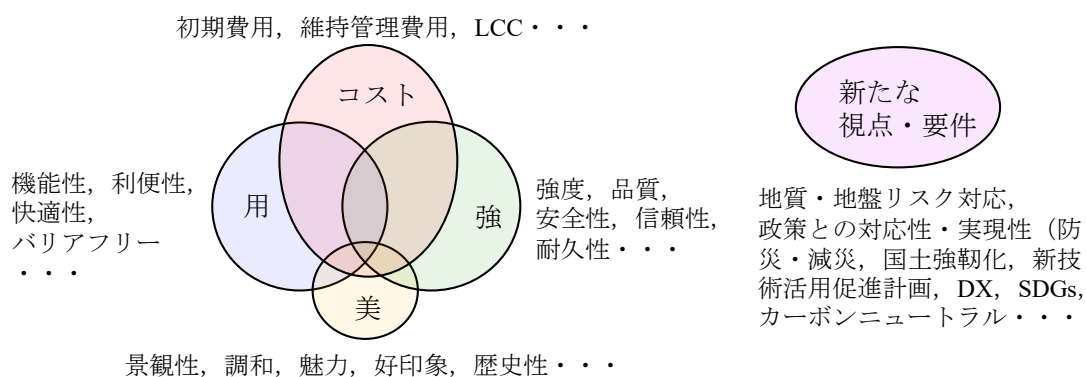


図-4 個別要件最適と全要件最適および要件の深化²⁾

工法		A工法		B工法		
工法の概要						
概念図						
構造安定性	作用荷重	抵抗・強度	○	作用荷重	抵抗・強度	○
	安定性：荷重≤強度			安定性：荷重≤強度		
施工性	長所		○			○
	短所		△			△
環境性				△		○
経済性		→ 個別要件最適		△		○
その他				△		△
総合評価		△		○		

全要件最適 総合評価：○：技術的な課題等は少なく、優位性が高く、実現が可能
△：技術的な課題等はあるが、検討により対応は可能
×：技術的な課題等が多く、実現が困難

図－5 工法比較のための個別要件と評価例²⁾



図－6 土木構造物に対する要求要件とその重み例：左側の文献²⁰⁾に右側を加筆

参考文献²⁰⁾ 常田賢一：土木技術者のためのプロフェッショナルとしての姿勢と視点，（一財）土木研究センター，2020.6.

2.2.3 分類2：個別段階最適と全段階最適

本分類の概念は図－7 で示せるが，事業の進捗は計画段階，調査段階，設計段階，施工段階を経て，維持管理段階に移行するが，現在は各段階を単位とする取り組み（地盤調査業務，設計業務，工事など）である。例えば，設計では与条件の下で最適な設計を志向するが，このような段階ごとの評価は「個別段階最適」である。他方，近年，姿勢として打ち出されている，維持管理のし易い構造設計は維持管理段階を俯瞰した設計であり，このような全段階を俯瞰した評価は「全段階最適」となる⁵⁾。

ここで、「全段階最適」の基本認識は、『設計段階で最適な構造であっても維持管理段階で最適とは限らない』である。言い換えると，従来とは異なる「全段階最適」の視点による構造設計の最適化になる。

図－8 は，不確実性が高いとされる，土工構造物に対する要求性能が事業段階ごとに向上し，維持管理段階で満足，達成されることを示す。道路土工構造物技術基準・同解説⁹⁾も同様な主旨であり，橋梁などと異なり，設計段階では必ずしも材料特性が明確ではない，言い換えると，不確実性があるといった土工構造物の特性に基づいている。

従って、技術者は、土工構造物では「全段階最適」を理解し、実践することが要求される。

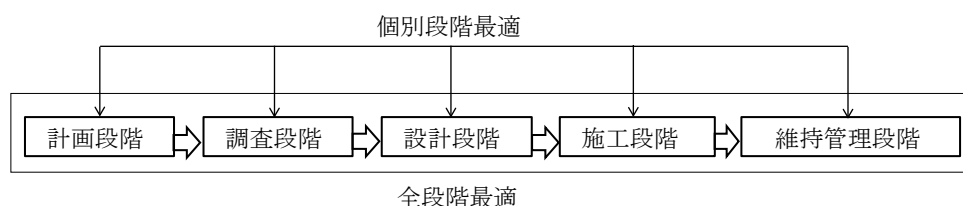


図-7 個別段階最適と全段階最適²⁾

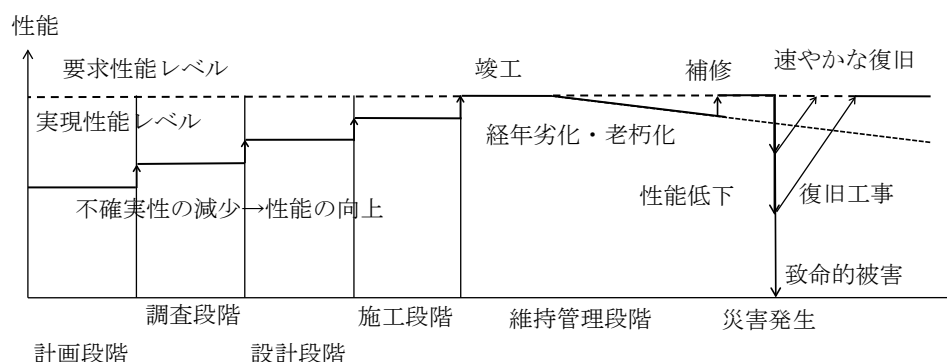


図-8 土工構造物に固有な全段階最適の概念²⁾

図-9 は、土木構造物などの多様な入札契約方式のうちの ECI（Early Contractor Involvement）方式⁷⁾における、「設計者」による調査・計画、概略設計、予備設計、詳細設計の業務と、「施工者」による施工の業務の相対関係を示す。同図のように、ECI 方式は、事業プロセスのうち、予備設計または詳細設計の段階、あるいは事業の初期段階から施工者の関与が必要な場合、概略設計段階において、設計者と異なる施工者が関与する、技術協力・施工タイプの方式である。同方式により、事業や工事の設計段階から施工者（建設会社）の技術力を設計に反映できるので、設計と施工の不整合の防止および事業のコスト縮減、工期短縮を図ることが期待されている。ECI 方式の他、施工と維持管理を合わせた「維持管理付工事発注方式」⁷⁾などもあるが、これらの方式は「全段階最適」に相当し、他方、従来の設計、施工、維持管理で区分した業務契約の方式は「個別段階最適」であり、その意味では多様な発注方式は「全段階最適」の姿勢と言える。

従って、技術者は、特定の段階だけでなく、全段階が俯瞰できることが要求される。

	調査計画	概略設計	予備設計	詳細設計	施工	維持管理
調査・設計者						
施工者		↑ 施工性を考慮した工法提案等を実施	↑	↑		

図-9 ECI 方式による発注方式²⁾：文献 7) に加筆

2.2.4 分類3：単一構造最適と複合構造最適

2016 年熊本地震では、斜面の崩壊による橋梁の落橋（写真-1 参照）の被害が発生した。また、2019 年台風第 19 号では洪水の堤内地への氾濫による橋梁の流出（写真-2⁸⁾ 参照）の被害が発生した。前者は道路分野内の複数の異なる構造物（斜面と道路橋）、後者は河川分野の構造物（堤防）の被害に影響された道路分野の構造物（橋梁、盛土）の被害である。

これらの事例のように、構造物は物理的に独立した、単一な存在ではない場合が多く、相互に関係（連続、隣

接) しており、その結果、影響する、影響される複合的關係がある複合構造として扱うことが必要である。

本分類の概念は図-10 で示せるが、本文では複合構造を、以下の3 形態に分類している。

- i) 部材間複合構造最適：ある構造物を構成する個別の部位・部材（橋梁の桁、支承、杭など）を「単一構造」とし、それらの構成による全体構造系（橋梁全体系）を「複合構造」とし、前者に特化した評価を「単一構造最適」、後者の全体構造系を俯瞰した評価を「部材間複合構造最適」と呼ぶ。
- ii) 分野内複合構造最適：ある分野の個別の構造物（橋梁、トンネル、盛土、斜面など）を「単一構造」とし、それらが隣接・連続した構造系（橋梁のアプローチ盛土など）を「複合構造」とし、前者に特化した評価を「単一構造最適」、後者の複合構造を俯瞰した評価を「分野内複合構造最適」と呼ぶ。
- iii) 分野間複合構造最適：異なる分野（道路、河川など）の個別の構造物を「単一構造」とし、それらが隣接・連続した構造系（堤防上の道路など）を「複合構造」とし、前者の分野に特化した評価を「単一構造最適」、後者の異なる分野の構造物の相互関係を俯瞰した評価を「分野間複合構造最適」と呼ぶ。

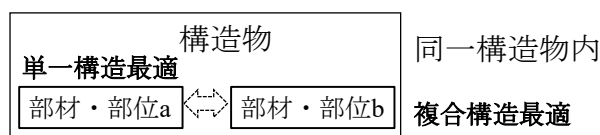
従って、住民は管理区域を見ないため、技術者は、管理境界に捕らわれない視野、対応が要求される。



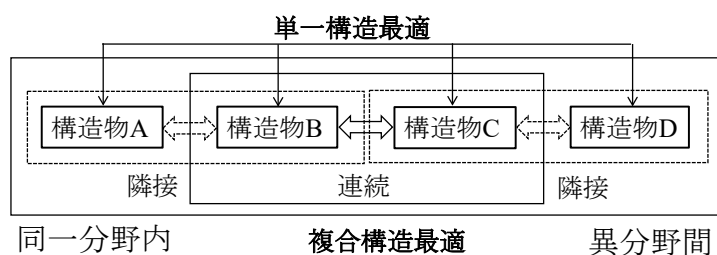
写真-1 斜面崩壊による橋梁の落橋



写真-2 洪水の氾濫による堤内地の橋梁の流失⁸⁾



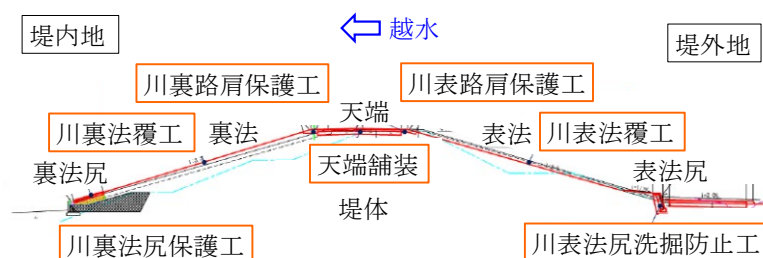
(a) 部材間複合構造最適



(b) 分野内複合構造最適および分野間複合構造最適

図-10 単一構造最適と3種類の複合構造最適²⁾

図-11⁹⁾は、越水に対する要求性能を満足するための粘り強い河川堤防であるが、川表法尻洗掘防止工、川表法面工および（表・裏）路肩保護工、天端舗装工、川裏法面工、川裏法尻保護工の部位・部材で堤防の全体構造系が形成されている。本例の場合、川表法尻、川表法面、天端、川裏法面、川裏法尻が個々の部位であり、これらの部位の技術・工法（要素技術）を組み合わせた全体構造化は「部材間複合構造最適」である。



図－11 堤防の部材間複合構造最適：参考文献9)に加筆

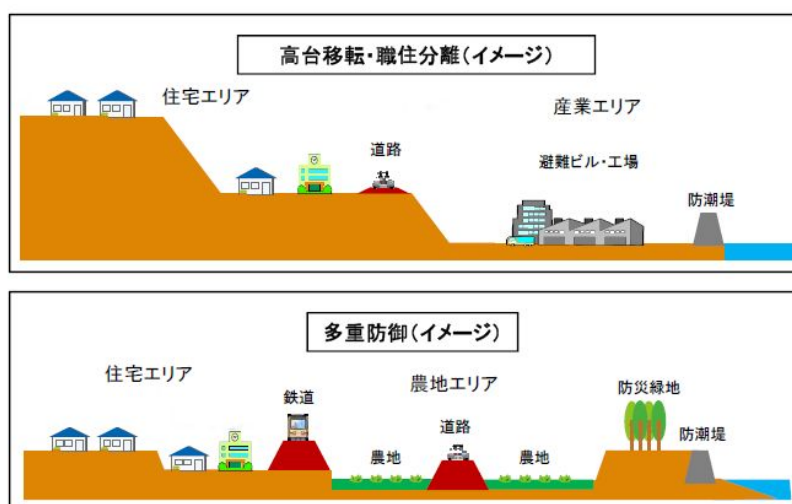
国土交通省は堤防の越水に対する要求性能を追加し¹⁰⁾，粘り強い河川堤防の実装技術を公募¹¹⁾している。しかし，要求条件は要素技術を組み合わせたパッケージ化であり，これは「部材間複合構造最適」の姿勢である。言い換えると，従来，部位・部材の技術・工法の開発が一般的に実施されているが，それでは不十分であり，堤防の要求性能を満足する部位・部材の開発（これは，「個別最適の深化」）だけでなく，要素技術の組み合わせによる「部材間複合構造最適」の必要性が明示されているので，開発者はそのような認識の転換が必要である。

従って，技術者は，要素技術の個別最適だけでなく，パッケージ化：全体最適の姿勢，提案が要求される。

2.2.5 分類4：地点・箇所最適と地域最適

2011年東北地方太平洋沖地震による津波被害からの復興では，復興戦略として図－12が提起されたが，対象地域により，「高台移転」と「多重防御」が打ち出され，それに準じて復興が実施された¹²⁾。同図には，造成地，防潮堤，道路盛土，鉄道盛土などの構造物があるが，高台移転あるいは多重防御は地点・箇所にある各構造物の「個別最適」に留まらず，地域として俯瞰して「地域最適」により防災性，安全性を実現しようとしているが，これは「全体最適」の姿勢である。なお，津波避難タワーなどを含めると，「高所移転」（筆者の造語）が適当である。

このような地理的な場所に関する最適化は，図－13の「地点・箇所最適」および「地域最適」の概念で示せる。なお，同図に示すように，多重防御は，対象とする地域の規模により「広域多重防御」と「狭域多重防御」に区分できる¹³⁾。それぞれ図－14(a)，(b)が例示できるが，それぞれ「広域最適」および「狭域最適」（筆者の造語）である。まず，図－14(1)は仙台市若林区の復興状況であるが，海陸方向に防潮堤，保安林，貞山堀，県道10号盛土，仙台東部道路盛土が配置され，数キロm規模の地域における津波浸水防御を図っている¹⁴⁾。また，図－14(2)は沿岸部のコンビナートなど，数百m規模の地域において，防潮堤，複数の盛土による津波浸水，後背地への流出抑制を図る概念例である¹³⁾。



図－12 復興戦略の高台移転と多重防御：地域最適¹²⁾

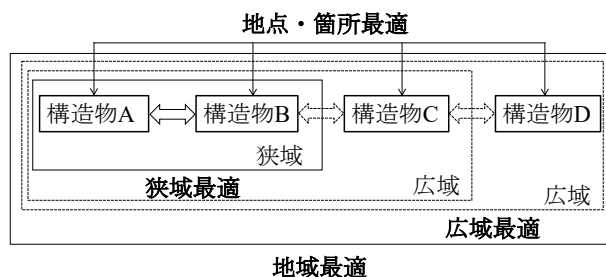
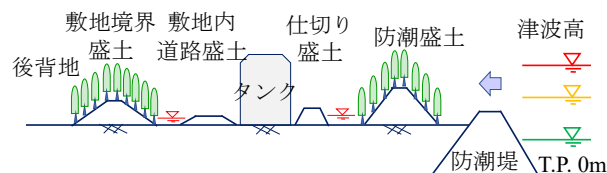


図-13 地点・箇所最適と（狭域・広域）地域最適²⁾



(a) 広域多重防御の実施例：仙台市若林区¹⁴⁾

(b) コンビナートにおける盛土活用の狭域多重防御¹³⁾

図-14 広域最適および狭域最適

2.2.6 分類5：個人・単一組織最適と関係者・関係組織最適

通常、個別の事業の実施に際しては、箇所ごとに個人あるいは町内会などの単一組織に対して、地元説明会などを通じて、事業の熟度を高める最適化を図るが、この姿勢は「個人・単一組織最適」である。これに対して、本文の2.2の「流域治水」のように、事業・プロジェクトを実際に遂行する際には、流域における多数の利害に関わる関係者・関係機関が存在するため、その理解、連携、協力、調整を図り、流域全体としての事業の実行性、実効性を高める最適化を図るが、この姿勢は「関係者・関係組織最適」である。

このような政策や事業に関係する、個人、組織に関係する最適化は、図-15の「個人・単一組織最適」および「関係者・関係組織最適」の概念で示せる。

従って、技術者は、住民、関係者、関係機関などとのコミュニケーション能力、説明力が必要とされる。

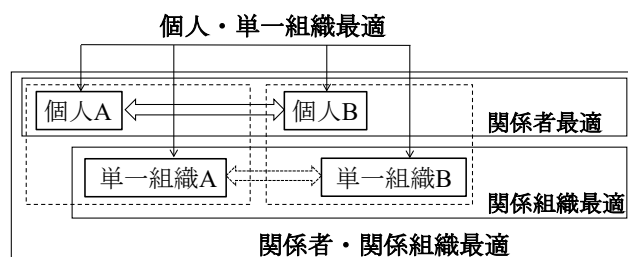


図-15 個人・単一組織最適と関係者・関係組織最適¹⁹⁾

2.3 知の視点による専門知&総合知&全体知

最近、従来から提示されている知見が「知」として再評価され、政策などでクローズアップされる動きがある。ここでは、「知」を「部分知・専門知」「総合知」「全体知」に分類した政策などを概観する。

2.3.1 科学技術・科学技術・イノベーション政策における総合知

2021年4月から施行された「科学技術・イノベーション基本法」では、「従来、対象としていなかった人文・社会科学のみに係るものが法の対象とされ、あわせて、あらゆる分野の科学技術に関する知見を総合的に活用して、少子高齢化、人口の減少などの我が国が直面する課題、食料問題、地球温暖化問題などの人類共通の課題、

その他の社会の諸課題に対応していく方針が示された」とされている¹⁵⁾。これは、科学技術・イノベーション政策が、人文・社会科学と自然科学を含むあらゆる「知」の融合による「総合知」により、人間や社会の総合的理解と課題解決に資する政策となることの必要性和、その方向性を指すものである。＊下線は筆者附記。

(注) 本文では、「知の融合」は総合知でなく全体知になるが、上記では総合知と全体知を区別していない。

そして、第6期科学技術・イノベーション基本計画(2021年3月26日閣議決定)は、「総合知」に関する基本的な考え方や戦略的に推進する方策を2021年度中に取りまとめるとされ、2021年度に総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会にて、「総合知」の検討が進められ、その結果は科学技術・イノベーションを推進する視点で整理されて、「総合知」の基本的考え方と戦略的な推進方策が中間的に取りまとめられている¹⁵⁾。

以上の通り、我が国の科学技術・イノベーション政策の推進では、「総合知」の必要性が謳われている。ただし、同政策の「総合知」は(融合とはされているが)「専門知」の連携・融合が明確ではなく、集散的な扱いの印象があること、あくまで科学技術分野が対象である。

2.3.2 寺島実郎氏による全体知

(一財)日本総合研究所会長の寺島実郎氏は、「時代の転換期を生き抜くには、未知の問題を解決する力(課題解決力)が必要となり、そのベースになるのが「全体知」である」とし、「近年のコロナ禍のような未知の問題が発生した場合では、ウイルスや医療などの専門家による「専門知」、複数の専門知を集積した「総合知」だけでは対応できず、それをさらに一段階深めた「全体知」が必要である」と明言している¹⁶⁾。

上記の言及は、2.3.1の科学技術分野に留まらないこと、「部分知・専門知」を集合させた「総合知」に留まらず、それを深めた、言い換えると、連携・融合させた「全体知」への展開の意義を示唆している。

2.3.3 最適化と知の関連付け

本文の2.2の「最適化」および2.3.1のおよび2.3.2の「知」は、相互に関連付けることができるが、それにより本文が主旨とする「個別最適から全体最適への展開」が明確になる。

つまり、「知」は知見・知識・知恵などであるが、「最適」の5つの分類の対象である「要件」「段階」「構造」「場所」「人・組織」は、それぞれ「知」で構成された項目、場面、状態、位置、仕組みであり、「知」を素材、要素として、それを活かし、拠り所とする姿勢、行動が「最適(化)」と言える。

また、本文で対象とする「個別最適」と「全体最適」の間に「総合最適」を位置付けることができ、図-11および以下のように、「個別最適」「総合最適」「全体最適」に相当する段階・水準は、以下の「部分知・専門知」「総合知」「全体知」の活用と関連付けができる。

【部分知・専門知による個別最適】この段階・水準では、ある部分的、専門的な「知」は相互に分離・独立し、無関係な状態にある。そのため、部分知・専門知の深化は独自に行われ、各々の「知」の「個別最適」が図られる。なお、「個別最適の深化」は必要である。

【総合知による総合最適】この段階・水準では、部分知・専門知を集合し、俯瞰し、関連付けようとするが、相互に独立し、縦割りであるため、間接的な関係にある。そのため、「知」を集合し、並列的な活用により「総合最適」が図られる。しかし、「専門知」の集合止まりでは、「専門知」が十分に生かされないことが想定される。

【全体知による全体最適】この段階・水準では、部分知・専門知の集合に留めずに、相互に連携・融合・相互補完・相乗させた「知」に深化させるため、直接的な関係になる。そのため、直接的な関係付けのために、各々の「知」は改変、深化され、それらの反映による「全体最適」が図られる。そして、各「専門

知」の不足，限界を補完，扶助する柔軟性が発揮されるので，例えば，想定外の事象にも柔軟な対応が期待できる。

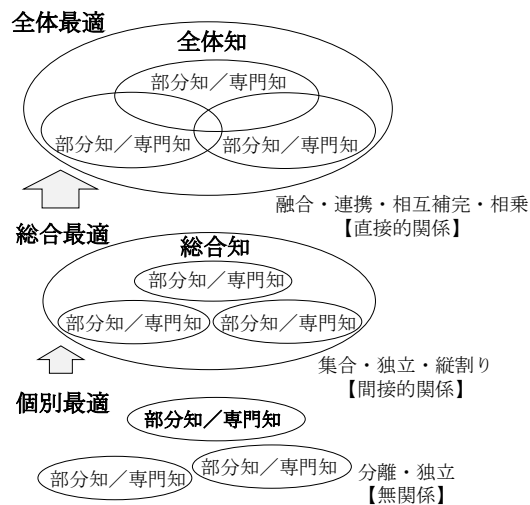


図-16 個別最適・総合最適・全体最適および専門知・総合知・全体知の相関関係¹⁹⁾

2.4 DXと最適化の相関付け

近年，デジタルトランスフォーメーション（DX）¹⁷⁾の必要性が謳われているが，図-17¹⁹⁾のように，デジタル情報化社会におけるデジタイゼーション，デジタルライゼーションからの展開と相関付けができる。つまり，デジタイゼーションは個別最適の段階，デジタルライゼーションは総合最適の段階であり，DX は全体最適の段階であり，デジタル情報化社会の変遷と符合し，各段階で最適化が図られていると言える。

【個別最適：デジタイゼーション】文章作成のワードプロセッサ，通話機能の携帯電話（ガラケー），写真撮影のデジタルカメラなど，特定の目的に特化した機能の向上：最適化をするデジタル化の初期段階。

【総合最適：デジタルライゼーション】文章作成機能，表作成機能，写真編集機能などを集合し，組み合わせる機能を持たせたPC，地形情報，地質情報，地図情報，施設情報などを重層化したデータベース化など，複数のデジタイゼーション技術を集合し，システム化するデジタル化の中間段階。ICT 土工はこの段階。

【全体最適：DX（デジタルトランスフォーメーション）】スマートシティ，デジタルツイン，自動運転システムなど，デジタル技術を高度に融合し，最適化する段階であるが，単にデジタル化（シーズ）するのではなく，最適化の効用（ニーズ）：生産性向上・働き方改革などに繋がることが要求される。

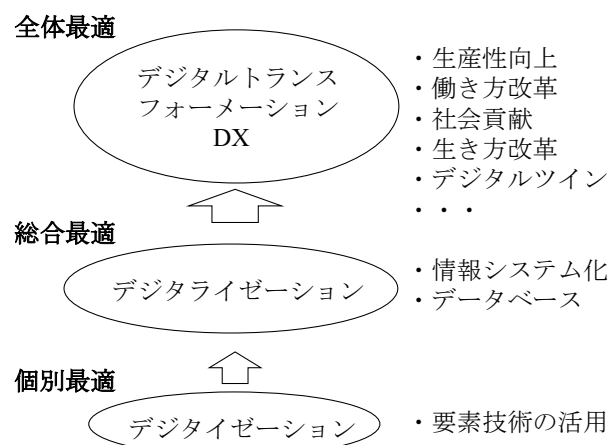


図-17 DXの展開と最適化¹⁹⁾

2.5 日本技術士会の活動の最適化の視点

日本技術士会の活動について、個別最適、総合最適および全体最適の視点から考察する。

まず、技術士法の第47条2（技術士の資質向上の責務）は、下記である。

（技術士の資質向上の責務）

第47条の2 技術士は、常に、その業務に関して有する知識及び技能の水準を向上させ、その他その資質の向上を図るよう努めなければならない。

上記では、技術士（個人）は、それぞれの専門分野において、知識及び技能の水準、資質の向上が責務とされているが、これは技術士個人の【個別最適】であり、自己研鑽・技術などの深化は【個別最適化】と言える。

次に、技術士倫理綱領では、（継続研鑽と人材育成）について、下記がある。

（継続研鑽と人材育成）

10. 技術士は、専門分野の力量及び技術と社会が接する領域の知識を常に高めるとともに、人材育成に努める。

(1) 技術士は、常に新しい情報に接し、専門分野に係る知識、及び資質能力を向上させる。

(2) 技術士は、専門分野以外の領域に対する理解を深め、専門分野の拡張、視野の拡大を図る。

(3) 技術士は、社会に貢献する技術者の育成に努める。

上記の(1)は、【個別最適化】の活動であるが、(2)は専門分野以外の領域を理解し、自らの専門分野の拡張、視野の拡大を責務としているが、これは他の技術士、他の専門分野と関わることを必要としており、理解、視野に留まる場合は、【総合最適（化）】に相当する。そして、理解、視野の拡張、拡大に留まらず、さらに、他の技術士、専門分野との協働活動に拡張、拡大すると【全体最適（化）】に展開できる。

ここで、上記の【総合最適（化）】あるいは【全体構造（化）】は、技術士個人だけで志向することは、【個別最適】の深化とも見なせるが、より効果的に【総合最適（化）】あるいは【全体構造（化）】を図るためには、技術士会の組織的な支援が必要であり、有効である。言い換えると、技術士会の会員に対する技術士会による会員サービスとも言え、技術士会の存在意義があると言える。

次に、技術士会の会員と技術士会の組織について【最適化】を当てはめてみると、図-18が例示できる。

図-18の5つの段階について、その位置付けは、概ね次の通りである。

【第1段階：個人・個別最適】この段階では、技術士：個人は独立しており、他とは無関係に活動する状態にあり、【個別最適】と言える。なお、会員と非会員がいる。

【第2段階：部門内総合最適・部門間個別最適】この段階では、会員は、自らの専門分野（部門）において相互に集まり、部門内での情報の交換・共有を図る状態になり、【部門内総合最適】と言える。この段階では、個人はまだ独立しており、相互に間接的な関係にある。一方、部門間でみると、部門相互において、それぞれ部門内に留まり、独立していて、各部門は集合、グループ化していない無関係な状態にあるため、【部門間個別最適】と言える。

【第3段階：部門内全体最適・部門間総合最適】この段階では、段階2の【部門内総合最適】が進展し、部門内において会員同士が直接的関係の下で融合（連携、協働）し、新たな活動を図る状態になり、

【部門内全体最適】と言える。他方、段階2の【部門間個別最適】も進展し、部門同士が集合、グループ化し、間接的關係の下で情報の交換、共有が図れると【部門間総合最適】と言える。

【第4段階：技術士会内全体最適・他組織間個別最適】この段階では、段階3の【部門間総合最適】が展開し、技術士会の内部において、各部門は直接的關係の下で融合（連携、協働）し、新たな活動を図る状態になり、【部門間全体最適】と言える。

ここで、技術士会には、地域本部、県支部、部会、委員会が組織されているが、これらは会員を束ねて、集合化しているが、【総合最適】に相当し、さらに、委員会のように各部門の委員が参加して、相互に融合（連携、協働）する場合は、【全体最適】を志向していることになる。

以上により、技術士会の活動としては、最適化が完結することになる。

他方、技術士会は社会的な貢献など、内部に留まらず、他組織（団体などの関係機関）との関係における最適化が必要である。なお、第4段階までは技術士会内の活動を対象としたため、外部機関とは無関係な独立した状態にある【他組織個別最適】としている。

【第5段階：他組織総合最適・他組織全体最適】この段階は、社会における技術士会の位置づけについて、他組織との関係における最適化を展望している。技術士会と関係がある他組織と技術士会の関係は、組織同士が集合、グループ化し、間接的關係の下で情報の交換、共有が図れる状態の場合は【他組織総合最適】となり、集まるだけでなく、相互に融合（連携、協働）する場合は【他組織全体最適】となる。

なお、上記の各段階では、構成要素（会員、部門、組織など）に関する個別最適、総合最適、全体最適は、それらの展開が分かり易いように特記したが、実際は明確に分類できるわけではなく、複合的な状態にある。例えば、他組織との関わりは、第3段階でも部門単位で取り組んでいるなどがある。

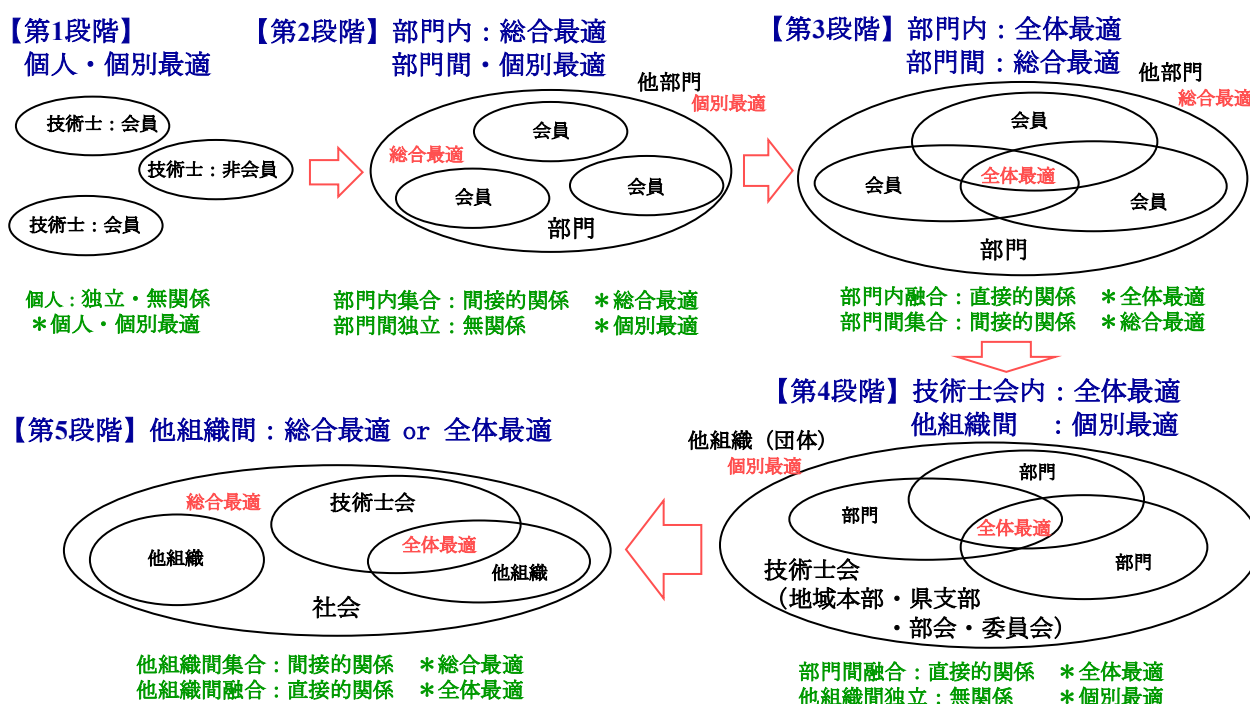


図-18 技術士会の活動の最適化のイメージ例

上記の通り、技術士会の会員および組織の活動を考える場合、段階を踏んだ最適化の活動が有効であり、その実現のための具体的施策を立案し、実践することが望ましい。

なお、技術士会は、会員の直接的な（非会員の間接的な）継続研鑽および人材育成を旨として、主として会員を束ねる【組織の総合最適】，さらに、各部門の技術を持ち寄り集約する（まではできる）【技術の総合最適】が主たる目的、使命、活動と思われる。そして、それらを通じて、社会から信頼され、応えられる技術のプロフェッショナルの研鑽、育成を通じて、社会のニーズにどう応えて、他組織とどう連携して、社会貢献を果たし、技術士会、技術士の存在感、魅力度を向上するかが重要である。

例えば、建設分野における社会ニーズとそれらに対応する技術士会の部門を俯瞰すると、下記が例示できる。

(1) ICT (Information Construction Technology) 土工

建設 ～ 電気電子 ～ 機械 ～ 情報 ～ ？

(2) 地表地震断層対策：原発の場合

建設 ～ 応用理学 ～ 原子力・放射線 ～ ？

(3) 上下水道陥没対策

建設 ～ 上下水道 ～ 衛生 ～ 機械 ～ 情報 ～ ？

(4) グリーンインフラ

建設 ～ 環境 ～ 生物 ～ 森林 ～ 農業 ～ ？

(5) 洋上風力発電

建設 ～ 海洋 ～ 機械 ～ 金属 ～ 生物 ～ 水産 ～ ？

(6) 建設分野のCN（カーボンニュートラル）対策

建設 ～ 機械 ～ 環境 ～ 化学 ～ 金属 ～ ？

また、技術士会に関わる他組織は、下記が例示できる。

(1) 行政機関：国土交通省，農林水産省，経済産業省，文部科学省，都道府県・・・

(2) 教育機関：大学（国立，県立，私立），高等専門学校，高校・・・

(3) 財団・社団：建設コンサルタンツ協会（本部・支部，県・市），地質調査業協会（全国，地域），建設業協会（全国，県），土木研究センター，地域国土強靱化研究所・・・

(4) その他

3. 技術・工法のエビデンスの体系化

今日の情報化・デジタル化社会の進展の中にあって、土木分野の更なる発展のためには、新たな技術・工法の研究・開発は必須である。その際、土木分野に関わる公共的なインフラの整備・保全に必要なことは、提案、提示される新技術・工法が要求性能（リクワイアメント）に対して、相応の信頼性、適用性、実用性などの根拠（エビデンス）が、第三者的に証明、保証されていることである。特に、近年の性能設計では、新たな技術・工法に対する門戸が広がっているが、他方、エビデンスに対しては厳しい条件が付されているのが実状である。

そのため、新技術・工法の開発、普及のためには、如何にエビデンスを示せるか、説明できるかが重要となり、そのためにはどのような方法があるかということになるが、本文では分野あるいは構造物ごとのエビデンスを、分野横断的に体系化を試行している。

3.1 現行のエビデンスの要求例

土木分野では、さらに構造物ごとに分野が細分化された縦割りになっているため、技術・工法などのエビデンスについても、構造物ごとに条件明示されている。道路土工構造物および道路橋について例示すると、次のようである。

【道路土工構造物技術基準（2015.3）】

道路土工構造物の設計は、①～③等、適切な知見に基づいて行うとされる。

- ①理論的で妥当性を有する方法
- ②実験等による検証がなされた方法
- ③これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法 等

【道路橋の新技术評価のガイドライン（案）】

直接的方法，間接的方法，経験的方法によるとされる。上記の①～③との対応は次の通りである。

- (1) 直接的方法 → ②実験等による検証がなされた方法
- (2) 間接的方法 → ②実験等による検証がなされた方法
①理論的で妥当性を有する方法
- (3) 経験的方法 → ③これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法

以上などから，本文では，上記の③の“等”を細分化して，次の1～5の5つの方法に分類する。

- ① 理論的で妥当性を有する方法 → 1. 数値解析・数値計算を実施
- ② 実験等による検証がなされた方法 → 2. 実験を実施
- ③ これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法 → 3. 実績・経験を保有
- ④ 等：その他の妥当な方法 → 4. 第三者評価の付与
→ 5. 所要図書の保有・遵守

3.2 エビデンスの体系化の試行

実務的にエビデンスを考えるためには，前節の分類1～5を更に細分化，具体化することが必要である。

本文では，表-1（p.16）のように体系化を試行している。ここで，根拠・エビデンスを示す方法は，必ずしも画一的ではなく，信頼度の高低，粗密があるので，それらの取り扱いでは信頼度の差異に留意が必要である。

そのため，同表では，方法別にA～D，さらに(1)～(4)に細分類し，概ね，それらの順番により根拠・エビデンスの信頼度が高いと想定している。なお，分類区分は，2-A，4-B-(3)のように表記している。

3.3 解析プログラムのエビデンスの検証：V&V

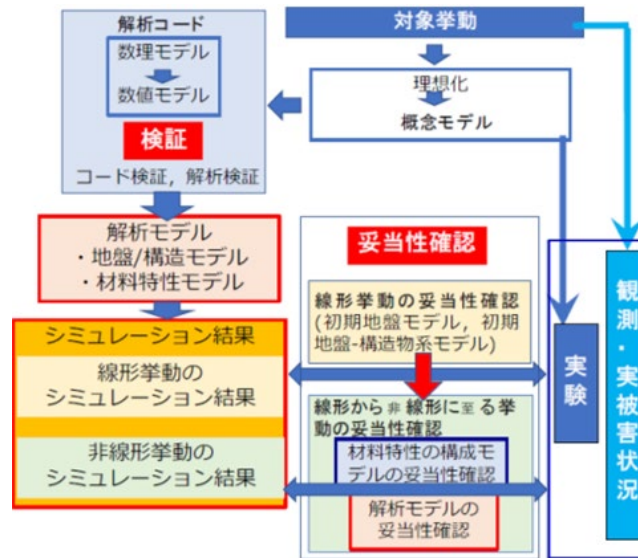
エビデンスの分類「1. 数値解析などを実施」では，提示する技術，工法，手法などの根拠・エビデンスを数値モデルにより実体的に示す方法であり，具体的には数値解析，数値計算，数値実験，数値シミュレーションなどがある。本文では，特に，専門分野に共通する，解析ソフトの妥当性の検証方法，プロセスとして，最近，土木分野（土木学会）で注目されているV&Vを取り上げる。

（公社）土木学会の「地盤・構造物の非線形地震応答解析法の妥当性確認/検証方法の体系化に関する研究小委員会」（活動期間：2016.10～2021.3）¹⁸⁾は，「商用ソフトウェアを解析ツールとして使用することが多いと思われるが，対象とする問題に対して，解析ツールの性能・特性が十分に検証されているのか（Verification：本文では，検証と呼ぶ。）），また，工学的利用目的に対して妥当な解析結果が得られているのか（Validation：本文では，妥当性確認と呼ぶ。）を確認しないまま解析ツールを利用している可能性も否定できない。」[文献18]：設立趣旨から抜粋]として，さらに，「V&Vに如何に取り組むかは，産業界にとって最も重要なテーマの一つである。地盤・コンクリートなどの土木分野特有の材料を対象としたV&Vについては，まだその方向性が確立されておらず，信頼性の高い数値解析が実施されていることを確認する方法論がない。本小委員会では先行している分野の成果を参照しつつ，地盤・鋼・コンクリート・流体など土木分野の材料ごとに必要となるV&Vの具体的な実施

方法をまとめて、数値解析の信頼性向上を図ることを目的とする。」[文献 18) : 設立趣旨から抜粋] として活動し、その成果は「活動終了報告」¹⁸⁾として提起されている。図-19 は、土木学会による、V&V のプロセスである。

表-1 根拠・エビデンスの実証方法の分類と項目の例²⁾

No.	根拠の実証方法の分類	実証方法の項目 *1		
1	数値解析などを実施 *2	A	実現象と比較検証	
		B	実験と比較検証 *2-Aあるいは2-Bと対応	
		C	数値解析など限り *解析法・計算法の妥当性：公証・独自の別	
2	実験などを実施 *3	A	実物実験・実大実験・社会実験	
		B	屋外中小型模型実験・現地計測と数値解析などの比較検証	
		C	屋内中小型模型実験・現地計測と数値解析などの比較検証	
		D	屋外中小型模型実験・現地計測限り	
		E	屋内中小型模型実験・現地計測限り	
3	実績・経験を保有	A	実施工およびフォローアップ（追跡検証）	
		B	実施工	
		C	試験施工	
4	第三者評価の付与	A	技術審査証明・技術検討委員会の実施 *4	
		B	国土交通省NETISへの登録 *5	
			(1)	推奨・準推奨の付与
			(2)	テーマ設定型に登録（済み・応募中）
			(3)	登録済、登録中、掲載期間終了
		C	(4)	登録準備中 *予定は除く
			受賞歴	
			(1)	事業・業務表彰（組織・構成員）
			(2)	学術論文表彰（構成員）
5	所要図書の遵守・参考	A	基準類を遵守 *6	
		B	参考図書類を参照	
			(1)	学協会の図書類 *7
			(2)	開発者・製造者の資料 *8
		C	対外的発表資料の参照 *公表済み	
			(1)	査読論文
			(2)	一般論文・報告
注記				
*1 信頼度はA～Eおよび(1)～(4)の順に高い。分類の項目は、2-A、4-B-(3)のように表記する。				
*2 数値解析など：数値解析・数値計算・数値実験・数値シミュレーションなど。				
*3 実験など：室内外の実験、試験施工、パイロット事業、現地観測・測定など。				
*4 技術審査証明：技術審査証明制度による				
*5 NETIS：新技術情報提供システム				
*6 基準類：基準・同解説・便覧・要領など。				
*7 図書類：マニュアル・ガイドライン・手引き・特許など。				
*8 資料：構造図・歩掛り・積算資料・設計計算例・カタログなど。				



図－19 検証と妥当性確認の関係¹⁸⁾

上記の通り、数値解析を実施する際に重要なことは、使用する数値解析手法などの信頼性、妥当性であるが、数値解析方法などが拠り所とする理論や組み込まれている機能、使用方法、解析結果の解釈・表記方法などが、客観的に検証されていること（Verification）、また、使用上の妥当性が確認されていること（Validation）、さらに、検証・確認の結果が理解しやすく開示されていることである。しかし、土木分野における数値解析方法について、例えば、種々の市販されている数値解析プログラムの信頼性、妥当性は、開発者の意識、技術水準に依存しているのが現状であり、客観的な証左方法があるとは言いがたいのが現状である。

ここで、土木分野において、V&Vの「検証（Verification）」とは、土木に関わる理論、構造物、施設、技術、製品、工法、サービスなど（以下、構造物など）が計画・仕様・設計・施工・維持管理などにおける要求事項を満たしているかを確認、確認することであり、「妥当性確認（Validation）」とは、構造物などの性能が想定された目的、用途に合致しているか、実用上の有効性があるかなどを評価することと言える。

特に、数値解析のためのソフトウェアに関するV&Vは「ソフトウェアV&V」とも呼ばれるが、数値解析方法などに関しては、製品である数値解析プログラムが、上記の「検証」および「妥当性確認」がなされて、相応の信頼性がある製品であるか否かが重視されることになる。

図－19に示されている、妥当性の確認のための比較の拠り所とされる実験結果、観測、実被害状況（本文では、試験施工を含めて、実験など）について、例えば、実験条件（地盤・構造物模型の作成方法・精度、材料特性の把握方法・精度、実験模型の境界条件、荷重特性の入力方法・精度、計測方法・精度、実験データの解析方法など）に依存するので、図－20のように、実験などについても検証および妥当性確認（本文では、「実験V&V」と呼ぶ。）が実施されていること、実験などの結果を「ソフトウェアV&V」の妥当性確認に反映する方法などに関する検討が必要である。

ここで、図－20では、「ソフトウェアV&V」、「実験V&V」のいずれにおいても「実績」を妥当性確認に反映することを追記しているが、検証（Verification）と妥当性確認（Validation）が実施された数値解析方法などあるいは実験などが実用に供された後も、採用・適用の実績は「妥当性確認」に活かせることを示している。それにより、「妥当性確認」の信頼度が向上する、場合によっては数値解析方法、実験などの改良に繋がることが期待できる。なお、V&Vについては、文献2)の2.5.4.1を参照されたい。

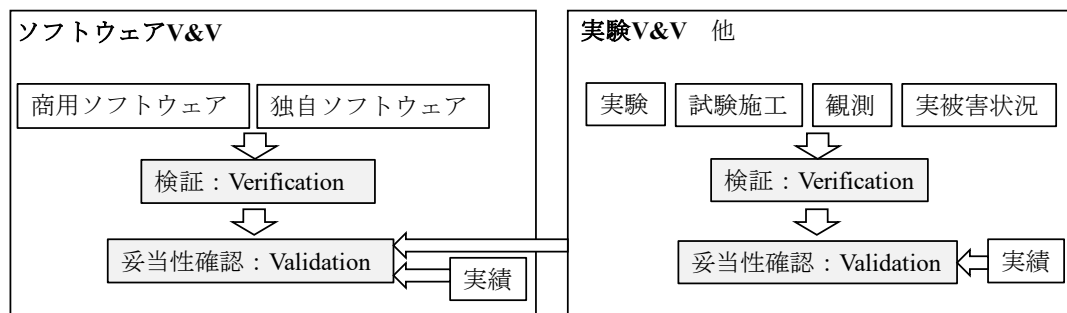


図-20 ソフトウェア V&V に係る実験 V&V などの関連の概念例

3.4 実証方法の事例

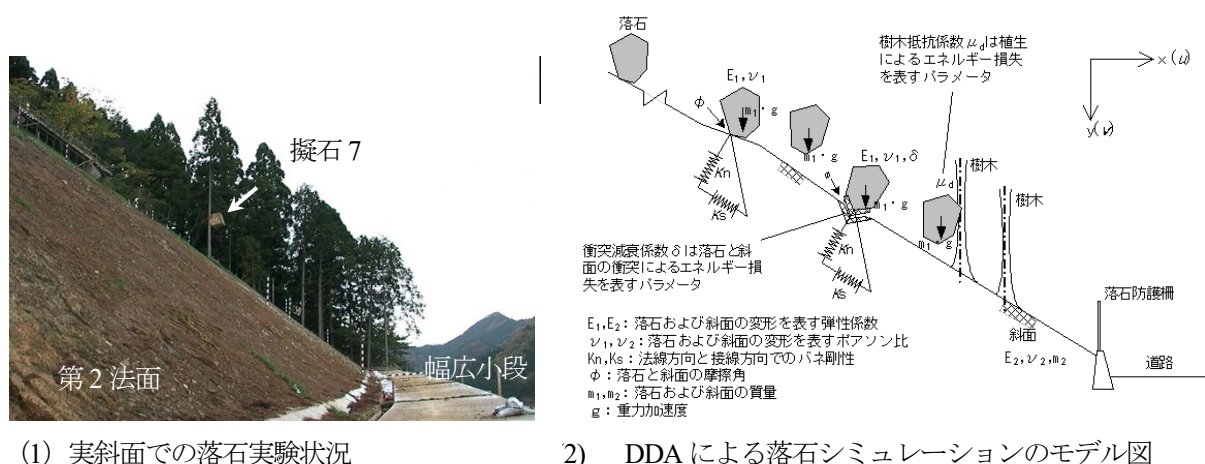
本節では、表-1 の 5 分類の検証方法：1. 数値解析・数値計算を実施，2. 実験を実施，3. 実績・経験を保有，4. 第三者評価の付与，5. 所要図書の保有・遵守の事例を示す。なお，掲載事例の詳細および他の事例は，講演配布資料あるいは文献2)の 2.5.3 および 2.5.4～2.5.8 を参照されたい。

3.4.1 分類1：理論的で妥当性を有する方法／数値解析・数値計算を実施

根拠・エビデンスの一つとされる理論的で妥当性を有する方法である数値解析には，数値解析方法，数値解析モデル，設計基準（コード），数値計算プログラムなどが該当するが，これらの数値解析方法の妥当性の裏付け，説明が必須である

【事例：落石模擬実験による落石シミュレーション手法の検証】

落石による斜面下方への影響の把握，落石対策工の設計のためには，落石の実挙動（速度、跳躍量および軌跡）の把握，評価が必要である。そのための数値解析法として，落石の挙動を定量的に評価するシミュレーション手法があるが，その妥当性は，図-21（下記の【参考文献】）の実斜面での落石を模擬した落石実験により検証されている事例である。



(1) 実斜面での落石実験状況

(2) DDAによる落石シミュレーションのモデル図

図-21 実斜面での模擬落石実験による落石シミュレーション手法の妥当性の検証例

【参考文献】馬 貴臣・松山裕幸・西山 哲・大西有三：落石シミュレーションのための解析手法の研究、土木学会論文集C No.63 No.3、p.913-922、2007.9

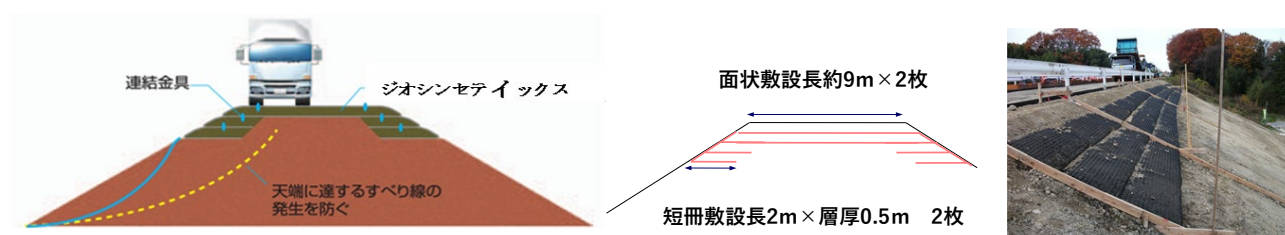
3.4.2 分類2：実験等による検証がなされた方法／実験を実施

実験は、室内実験（要素・部位実験、実物を模擬した実験）および屋外実大・実物実験に大別されるが、実験による技術・工法の妥当性の検証方法として採用される。実験は、数値解析よりもモデル・模型がより実物に近い、あるいは実物であることから、視覚的、体感的にも理解しやすい特徴を持つ。他方、実験のための資機材、施設の整備、稼働など、所要の準備、費用、時間が必要となる制約もある。

【事例：原位置実験、遠心実験による天端補強工法法の検証】

地震時の道路盛土のすべり破壊を抑制、防止する設計概念として「すべり破壊制御」を提言しているが、その具体策の一つとして、図-22(1)の道路盛土の「天端補強工法」を提案している。同工法は、道路盛土の天端の路床をジオテキスタイル（不織布）で補強し、すべり面を天端に発生させず、法面に誘導する「天端一体化工法」である。同工法の妥当性を検証するため、実物大の静的自重载荷実験と遠心動的载荷実験を実施し、提案工法の妥当性を検証している。図-23(1)によれば、天端補強したパターン3では天端が保持されていることが分かり、同図(2)でも天端に変状が発生せず、すべり面は補強領域の下方で発生していることが分かり、本工法の妥当性が示された。図-22(2)のジオテキスタイルの敷設方法は、図-23(2)の遠心実験のモデルに基づいている。なお、2011年東北地方太平洋沖地震で被災した盛土では、図-22(3)のように復旧に適用されているが、次項の分類3の【実績を保有】によるエビデンスになる。

なお、本工法は、路床の強化になるため、舗装（表層・基層・路盤）の耐久性の向上、地震時の路面の段差、亀裂の発生を抑制、防止することが期待できる。 *図-22、図-23 は下記の【参考文献】

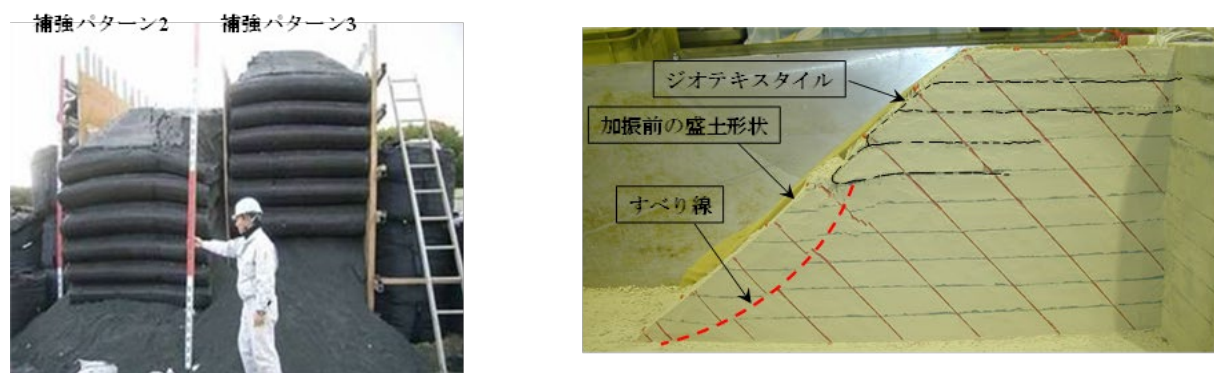


(1) 概念図すべり破壊制御の概念

(2) 天端補強構造の概念図

(3) 実施工状況

図-22 ジオテキスタイルによる道路盛土の天端補強工法



(1) 実物大盛土の静的自重载荷実験

(2) 遠心動的载荷実験：盛土断面図

図-23 実物大静的実験および遠心動的実験による検証

【参考文献】 竜田尚希・張 至鎬・常田賢一・小田和広・中平明憲：ジオテキスタイルによる道路盛土の天端補強構造に関する実験的研究、第23回ジオシンセティックスシンポジウム、7-4、2008.11

3.4.3 分類3：これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法／実績・経験を保有

経験・実績による根拠・エビデンスは、数値解析方法や実験による根拠・エビデンスに留まらない、あるいはそれらに拠ることができない場合でも、既往の経験や実績により妥当性の確認ができれば、根拠・エビデンスとして意義があると言える。通常、新しく提案する技術・工法は、その妥当性が未知数であるため、事業者などはその採用を躊躇するのが一般的であり、提案者は如何に実績にするかに腐心するが、最初に実施工する障壁は高いのが現実である。

【事例：既往の経験などによる標準勾配】

「道路土工盛土工指針」（平成22年度版、下記の【参考文献】）は、盛土の安定性の照査の基本的な考え方として、「盛土の設計に当たっては、想定する作用に対し、盛土及び基礎地盤が安定であること、及び変位が許容変位以下であることを照査することを原則とする。ただし、既往の経験・実績や近隣あるいは類似土質条件の盛土の施工実績・災害事例等から要求性能を満足すると“みなせる仕様”については、その適用範囲においてはこれを活用し、実績を大きく超える場合や、既往の事例から想定する各作用により変状・被害が想定されるような条件の場合において、工学的計算を適用するよう配慮するのが現実的である。」とされている。

表－2 盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配の目安：道路土工盛土工指針による

盛土材料	盛土高 (m)	勾配	適用
粒度のよい砂(S)、礫および	5m以下	1:1.5～1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
細粒分混じり礫(G)	5～15m	1:1.8～1:2.0	
粒度の悪い砂(SG)	10m以下	1:1.8～1:2.0	
岩塊（ずりを含む）	10m以下	1:1.5～1:1.8	
	10～20m	1:1.8～1:2.0	
砂質土(SF)、硬い粘質土、硬い粘土（洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等）	5m以下	1:1.5～1:1.8	
	5～10m	1:1.8～1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1:1.8～1:2.0	

注）盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう。

ここで、上記の“見なせる仕様”は、既往の経験や実績から、盛土に必要な性能が確保できるとされており、例えば、表－2 の盛土材料及び盛土高に対する標準的なり面勾配（以下、標準のり面勾配）があり、既往の多くの施工実績や経験に基づく同表に則れば、のり面の安定性の妥当性は確保されるとしている（見なしている）。

なお、表－2 の適用欄など、標準値が適用出来る範囲、条件があるため、それに適合しているかの確認が必要であり、もし外れる場合は、別途、安定計算などによる確認が必要であることを注意する。言い換えると、標準値の適用は「条件付き適用」である。

【参考文献】（公社）日本道路協会：道路土工盛土工指針（平成22年度版），平成22年4月。

3.4.4 分類4：その他の妥当な方法／第三者評価の付与

第三者評価開発される技術・工法の妥当性の確認（認証）は、事業者による技術・工法の採否の判断を支援する意味でも、客観的な根拠・エビデンスの証として有効である。第三者機関には、国等の行政機関の他、公認されている財団法人、社団法人、学会、協会などがあるが、それぞれ役割、所管する範囲などに差異、特徴がある

ので、根拠・エビデンスの拠り所の適性、水準を確認することが望ましい。

第三者評価の仕組みのうち、相応の評価が実施されている、評価レベルが高い例としては、

(1) 新技術情報提供システム（NETIS：New Technology Information System）のテーマ設定型

(2) 技術審査証明制度：14 法人機関

(3) 新技術導入促進計画：道路局・新技術導入機関 *テーマ設定型の道路版

などがあるので、根拠・エビデンスを意識した登録および評価結果の活用が望まれる。

なお、評価レベルの高さは、第三者評価の有無、回数・段階などによる。

詳細は、参考文献2)の2.5.2.3, 2.5.2.4を参照されたい。

【事例：技術審査証明制度による認証】

「建設技術審査証明事業（Construction Technology Review and Certification）」は、それまで建設大臣から認定を受けて 14 の法人が行ってきた「民間開発建設技術の技術審査・証明事業」の実績を踏まえて、平成 13（2001）年 1 月に建設技術審査証明協議会が創設した事業である。その目的は『新しい建設技術の活用促進への寄与のために、民間が自主的に研究・開発した新技術を、本事業の各実施担当機関が、依頼者の申請に基づき、新技術の技術内容を学識経験者等により客観的に審査・証明し、審査証明技術の普及活動に努める』とされている⁹⁾。

審査証明の流れは、図-24 の通り（*は著者による補足）であるが、本事業による審査証明技術は、産学官の学識経験者による客観的な審査を経ているため、適用範囲などの証明事項についての根拠・エビデンスの水準は相当高いと言える。

なお、本事業は、① 新規の技術の審査証明、② 既往の審査証明技術の部分改良の審査、③ 既往の審査証明技術の期間更新のいずれかが実施される。有効期間は審査証明書交付後 5 年であるが、NETIS と違い、5 年毎に更新が可能であり、更新時点において関連する技術基準類との照合がなされ、最新の状況に改定される。

【参考】建設技術審査証明協議会：建設技術審査証明事業、<https://www.jacic.or.jp/sinsa/index.html>

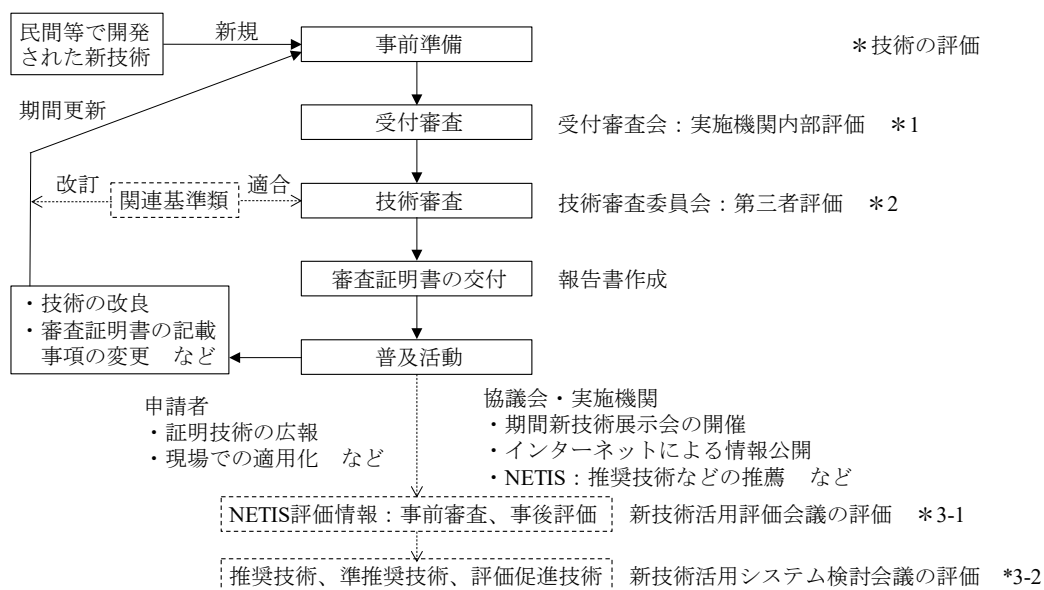


図-24 技術審査証明の流れと技術の評価の状況

3.4.5 分類5：その他の妥当な方法／所要図書の保有・遵守

公開されている基準類は、適用に際して、その主旨から逸脱しない遵守が基本であり、その限りでは確固たる根拠・エビデンスと言える。

一方、基準類で規定されていない事項に関する図書類の取り扱いが課題となるが、道路橋示方書では下記のように位置づけており、参考にする事ができる。

【事例：道路橋示方書における参考図書の扱い】

「道路橋示方書・同解説 I 共通編」（平成 29 年度版，p.23【参考 1】）では、示方書に規定していない事項については、必要に応じて技術論文や図書を参考にすることが可能とされている。ただし、示方書の各条文の趣旨を十分に反映し、また条文間の関連性および実現しようとする性能や記載事項の前提となる力学条件等が示方書と一致しないこともあることに注意した適切な取り扱いが必要であるとされている。

さらに、上記の道路橋示方書の発刊後にとりまとめた「道路橋の設計における諸課題に関わる調査(2018-2019)」(p.23【参考 2】)では、設計等の改定項目(案)の「設計図書に記載すべき事項」の一つとして、「多様な参考図書の扱い」について、次の言及がなされている。

多様な参考図書の扱い：道路橋示方書に規定しない事項について、必要に応じて関連する図書類等を参考に検討することもできるが、道路橋示方書の条文間関係や各条文の趣旨に適合するように参考にする必要がある。

ここで、国が通知する技術基準や調達等に関連する技術情報、(公社)道路協会等の図書等の関係は、図-25 が示されている。同図によれば、基準類として認められるのは、下記の 2 点である。

- ・関連法規である法律、政令、省令および通知：技術基準（道路橋示方書）
- ・技術基準を受けた内規（地方整備局、道路会社の設計要領など）

さらに、契約・協議事項とされ、契約上参考とできる図書である、下記の 2 点も基準類の扱いとされている。

- ・技術基準に係る同解説「(公社)道路協会が出版する「道路橋示方書・同解説」」
- ・内規に係る便覧

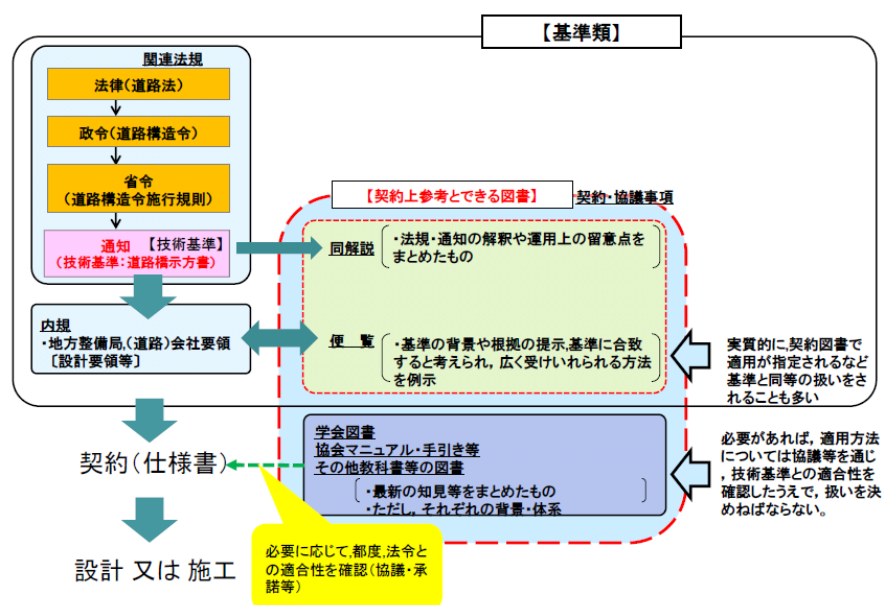


図-25 技術基準類とその他の技術資料の関係：【参考 2】

他方、図-25 の【基準類】の枠外にある、学会図書、協会マニュアル・手引き等、その他教科書等の図書などの参考図書は、必ずしも道路橋示方書への適合性が確認されたものでないこと、また、道路橋示方書が実現しようとする橋の性能やその検証の体系、記載事項の前提となる力学条件などと一致していないこともあるとの認識が示されており、基準類ではない。

このように、道路橋の場合、根拠・エビデンスとしての参考図書は、技術基準（道路橋示方書）を満足することが必須であるので、道路橋示方書への適合性をその都度確認する、あるいは道路橋示方書に適合するような適用方法を検討する必要がある。

上記の「道路橋示方書における参考図書の扱い」は、道路橋以外の構造物においても技術基準類に関わる根拠・エビデンスの基本的な留意点であるので、参考にするとよい。

【参考1】（公社）日本道路協会：道路橋示方書 共通編，1.1(2)，p.2，平成29年11月。

【参考2】国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の設計における諸課題に関わる調査（2018-2019），設計等の改定項目（案），5章 設計図書に記載すべき事項，4.5 多様な参考図書の扱い，国総研資料第1162号，令和3年9月。

4. おわりに

本文は、（公社）日本技術士会中国本部の創立60周年大会の記念講演のプレゼン資料とは別に、講演内容を補足するために準備した。記念講演の内容は二つに大別できるが、一つは2023年4月号の地盤工学会誌の総説：防災・減災、国土強靱化のための個別最適から全体最適への展開（文献2および19）を基調とし、適宜、加筆・修正し、二つ目は技術・工法の開発に関わる技術者に必要とされるエビデンスの体系化（文献2）を取り上げた。

本講演は、技術士の専門分野のうち、建設分野に関わる内容が主体であるが、その基本的な考え方、取組みの姿勢は、他の分野でも同様であると思っている。

本文を参考にして、現在、さらに将来において、我々が直面するあらゆる事象に臨む際に、「専門知の深化＝個別最適」に加えて「総合知への展開＝総合最適」、さらに「全体知への展開＝全体最適」を図ると、

- (1) 事業の取り組みの方向性、対応策の位置付けが明確になる
- (2) 未経験、想定外の事象に対しても柔軟に対応ができる
- (3) 社会インフラを享受あるいは利害に関係する国民などからの理解の向上などが期待できる

ため、将来の「防災・減災、国土強靱化」の政策の実現に効果的に資することができる。

また、新たに研究・開発する技術・工法は、実装化、実用化が最終目標であるが、そのためには、如何に事業者（消費財の商品の場合は、消費者）などのユーザに妥当性が提示でき、理解が得られるか否かである。本文で示した技術・工法のエビデンスの体系化・分類および各分類の位置付けを参考にして広報・普及の取組みによれば、より具体的な普及に繋がることが期待できる。

なお、講演の最後のまとめで示した、「専門知」「総合知」「全体知」による「個別最適」「総合最適」「全体最適」と「戦術」「戦略」は、下記のように関係づけると、理解しやすく、取組みの姿勢として有効である。

「個別最適」の深化：個々の技術、専門知は「戦術」であり、「戦略」の深化が必要。

「個別最適」から「総合最適」「全体最適」に展開：「戦術」を活かすのは「戦略」であり、そのための俯瞰的な視野・マネジメント力・全体力の構築が必要。

また、「戦術」と「戦略」を「木」と「森」に関係付けると、下記のように対比できる。

「戦術」は一本一本の個別の「木」，「戦略」は「木」が集まり、共生関係の下で形成される「森」。

そして、「戦術」「戦略」と「木」「森」の関係を、下記のように双方向で考えると、理解しやすく、取り組

みの姿勢が明確になる。

「木から森を見る」：戦術から戦略を考える。 シーズ（戦術）先行型：Seeds Oriented。

保有する戦術から戦略（例えば、政策、プロジェクト）を創出する姿勢。

*保有する技術・工法を、政策などにどう活かせるかを考えて、発出する姿勢。

「森から木を見る」：戦略から戦術を考える。 ニーズ（戦略）先行型：Needs Oriented

構想された戦略を実現する戦術を創出する姿勢。

*政策などが必要とする技術・工法を新たに開発、改良し、提示する姿勢。

ここで、「木から森をみる」は、個は目的・立ち位置を見失わない、外さない・・・である。

「森から木をみる」は、個を埋没させない、活かす・・・である。

上記から、本文の主旨の「専門知の深化：個別最適から全体知への展開：全体知：全体最適」は、

「木を見て、森も見る」である。

参考文献

- 1) 閣議決定：国土強靱化基本計画，2023.
- 2) 常田賢一：防災・減災、国土強靱化のための性能評価の最適化の実務－個別最適から全体最適への展開－，（一社）地域国土強靱化研究所，330p., 2023.
- 3) 国土交通省道路局 環境安全・防災課 国道・技術課：道路リスクアセスメント要領（案），2022.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局：「流域治水」の基本的な考え方～気候変動を踏まえ、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う総合的かつ多層的な水災害対策～，
https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf
- 5) 常田賢一：調査・設計・施工・維持管理の全段階最適化，地盤工学会誌，総説，Vol. 66，No. 10，2018.
- 6) （公社）日本道路協会：道路土工構造物技術基準・同解説，2017.
- 7) 国土交通省：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン【本編】，2015.
- 8) 福田敬大：頼れるつくばの助っ人研究者－道路災害における道路構造物研究部の活動－，令和3年度国土技術政策研究所 講演会，2021.
- 9) 江口紅覇・下村幸一・緒方哲郎・興梠逸郎：嘉瀬川の粘り強い河川堤防整備におけるパイロット施工について，令和4年度九州国土交通研究会，I 部門，No. 3，2022.
- 10) 国土交通省水管理・国土保全局：河川堤防の強化に関する技術検討会，開催主旨，資料2 検討事項，2021.
- 11) 国土交通省水管理・国土保全局 治水課：『越水に対して「粘り強い河川堤防に関する技術」の公募要領（素案）』に対する意見募集を行います，Press Release，2021.
- 12) 宮城県：宮城県震災復興計画 ～宮城・東北・日本の絆 再生からさらなる発展へ～，2011.
- 13) 常田賢一・秦 吉弥：東日本大震災の津波から学び粘り強い盛土で減災，理工図書，264p.2016.
- 14) 常田賢一：東日本大震災から10年，復興により津波に備える沿岸陸域の姿（その2）－多様な多重防御・高台移転－，土木技術資料，No. 63-10，p. 56-61，2021.
- 15) 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局：「総合知」の基本的考え方及び戦略的に推進する方策＜中間とりまとめ＞（案），2022.
- 16) 寺島実郎：激変する社会に適応するための全体知の必要性，GLOBAL EDGE，No. 69，2022 Spring Contents，電源開発（株），2022.
- 17) 経済産業省：デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン，2018.
- 18) 土木学会地盤・構造物の非線形地震応答解析法の妥当性確認/検証方法の体系化に関する研究小委員会：活動終了報告、土木学会地震工学委員会第1回研究会、2021.5.27.
- 19) 常田賢一：防災・減災、国土強靱化のための個別最適から全体最適への展開，地盤工学会誌，Vol.72，No.4，pp.1-8，2023.4.
- 20) 常田賢一：土木技術者のためのプロフェッショナルとしての姿勢と視点，（一財）土木研究センター，2020.6.

以上