

道路構造物の技術基準類の策定・改定

1. 研究・活動のアウトライン

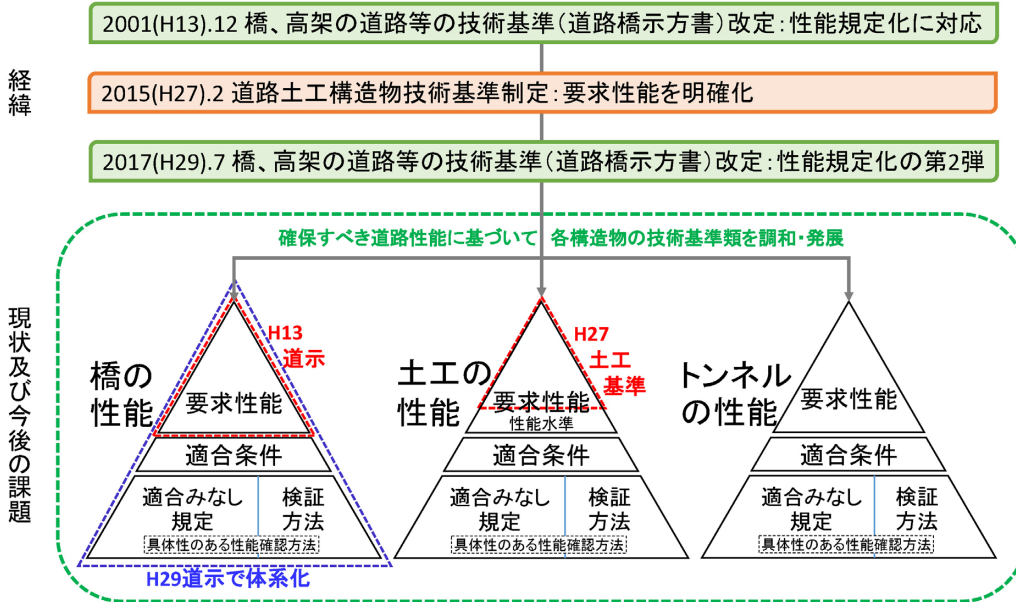


図-1 道路構造物の技術基準の性能規定化の経緯と現状及び今後の課題

国総研では、ネットワーク機能など道路の性能やそのサービス水準に応じて各構造物の性能を調和させ、それに対して具体性のある照査基準が示されるようにするため、性能規定化に基づく技術基準類の策定・改定に取り組んでいる。図-1に示すように、性能規定化された基準は要求性能・適合みなし規定・検証方法等で構成されるが、橋・土工・トンネルと道路構造本体を構成する構造物の種類により基準の整備状況には違いがあり、それぞれの整備状況に応じて更なる改定の検討を進めている。また、舗装については2001年(平成13年)に仕様規定から性能規定への転換がなされたが、引き続き技術基準類の策定・改定に取り組み、進展を図っているところである。

表-1に国総研で策定・改定に関与している主な道路構造物の技術基準について示す。また、多くの既設構造物ストックの合理的な維持管理が社会的に重要な課題となっていることから、道路橋については修繕に関する設計や施工の技術基準化にも取り組んでいる。

基準類の策定・改定原案の作成に際しては、根拠となる研究の実施、災害・不具合発生時の調査その他技術支援を通じて蓄積された知見を踏まえ、道路局・土木研究所等関係機関と連携しながら国総研として主体的に取り組んでいる。また、技術基準を適切に運用するために必要となる各種の取組みにも従事している。策定・改定された基準類について、それらが的確に運用されるよう、背景や主旨について講習会への協力や技術雑誌への掲載等を通じて周知するとともに、根拠となった国総研の研究成果について論文等の形態でとりまとめ公表している。

表-1 道路構造物に関する主な技術基準

| | |
|---------|----------------------------|
| 道路橋 | 「橋・高架の道路等に関する技術基準」(2017.7) |
| 道路土工構造物 | 「道路土工構造物技術基準」(2015.3) |
| 道路トンネル | 「道路トンネル技術基準」(1989.5) |
| 舗装 | 「舗装の構造に関する技術基準」(2001.6) |
| 埋設物 | 「電線等の埋設物に関する設置基準」(2016.2) |

2. 主な研究成果

(1) 道路橋の技術基準類

道路橋の技術基準である「道路橋示方書」は、国総研が発足してからの20年の間、2001年(平成13年)12月、2012年(平成24年)2月、2017年(平成29年)7月に改定された。この間、道路に対するニーズの多様化や一層の建設コスト縮減への対応、ライフサイクルコストや維持管理負担の軽減、国際間の技術移転を容易にするということが社会的な要請としてますます高まった。そこで、国総研では、性能に基づき、新たな材料や工法の信頼性や適用方法を評価する原則が明確で、柔軟に社会の要請に対応できる性能規定化に取り組むことになった。たとえば、条文のヒエラルキーも含めた規定化の方法、性能マトリクスによる要求性能の明示方法、また、橋の安全性、耐久性に関わる信頼性を検証するための標準手法として、限界状態設計、部分係数法に着目し、目指すべき規定化体系に適合、調和するようにこれらを技術基準に組み込むための研究が行われた。

性能規定の実効性は、性能を要求し、評価し、確保するために体系化された規定及び評価や判断に関する基準の確立の両者が伴って成立する。材料や部材の破壊過程や耐久性は様々であるし、材料や部材の強度や耐久性だけでなく、地盤の安定にも左右される。そこで、技術基準には、材料や部材単位だけでなく、複数の部材等の構造要素を組み合わせた結果としての性能が評価、制御できる体系、内容が必要である。また、新しい材料や部材を道路構造物の一部として組み合わせるためには、その挙動や耐久性の明かさ、再現性の違いが評価でき、かつ橋としての性能の制御にも反映できる必要がある。

これらを実現するため、まず2001年(平成13年)の改定では、主に2つの事項に取り組んだ。1つは、図-2の①に示す、条文単位での性能規定の確立である。それまでの応力算出の前提となる計算式や手法、あるいは実験や経験等から確立されてきた構造細目などを、それぞれ関連する項目の要求性能を満足するとみなせる性能の達成手段の標準的な方法として位置づけた。そして、本来の基準の意図を、要求性能として新たに上位条文として明示する体系を確立した。このような規定の構造を採用することで、要求性能さえ満足されるなら達成方法には自由度があることが明らかになると同時に、新しい提案に対しても標準的な性能の達成手段と比較し、その妥当性が評価できることを示せる。もう一つは、道路橋の要求性能として安全性のみならず、耐久性や維持管理の容易さという概念を含めること、そして疲労設計やコンクリート橋に対する塩害対策の強化などの導入を図ることである。

2001年(平成13年)の改定は、基準の透明性、説明を高めることにスピード感を持って取り組むことが重視された。一方で、各条文は、道路橋の性能を達成する方法を構成するものであるが、実際の設計で照査をしている部材単位の変形や強度も橋としての性能を満足させるための間接的な証明に過ぎない。前述のように、道路橋全体として、複雑な立体挙動、応力状態に置かれることも考えれば、条文単位の性能規定化だけにとどまらず、新しい提案の妥当性を評価、判断するための方法、基準の提示が必要であるが、これについては課題として残した。その後、

2012年(平成24年)には、それまでの技術的な知見の反映、並びに、2011年(平成23年)3月の東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)も踏まえた地震動関連の既定の見直しなどの改定が行われたが、性能規定化の方法は変更されず、国総研は、引き続き、関係機関と協力しながら課題解決への取り組みを進めた。

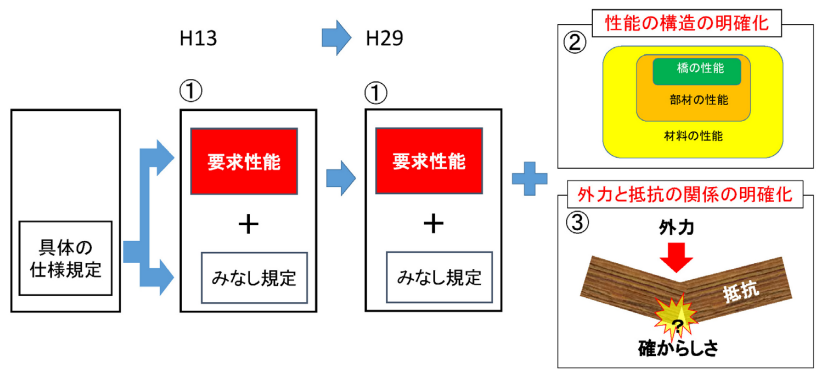


図-2 性能規定化の深化

そして、2017年（平成29年）の改定が性能規定化の第2段となった。それまでの研究成果が反映され、図-1にあるようなピラミッドで象徴される新たな条文体系の導入、共通編と各編の関係性の見直し、許容応力度法による設計に代えた限界状態と部分係数を用いた照査式の導入に至った。各条文単位では2001年（平成13年）から導入している性能規定化を引き継いだうえで（図-2の①）、さらに橋全体系、上部構造・下部構造・上下部接続部、部材、材料の単位で求められる性能を階層化し規定するという、性能の階層化が行われている（図-2の②）。そして各階層では、外力と抵抗の関係における安全性や荷重支持機能の信頼性を設計時点で明確にすることを求めることとした（図-2の③）。その方法の標準として、限界状態、部分係数を用いた照査式を導入した。国総研では、以上のような性能規定化の一連を提案するにあたり、ISO2394 General principles on reliability for structures（構造物の信頼性に関する一般原則）にも結果的に合致したものとなるよう配慮した。これらは耐荷性能に関わる体系であるが、耐久性能も新たにその定義を明確にすることができた。耐久性能は、耐荷性能の前提であると位置付けられ、経年の影響の累積に対して橋の耐荷性能で見込んだ部材や材料の状態が保持される期間の信頼性を満足するものとされた。作用の見積もり、劣化の進行の評価の信頼性を定量的に評価できるようにするための部分係数の導入は次期改定時の課題として残っている。

(2) 道路土工構造物の技術基準類

道路土工構造物については、長らく日本道路協会の道路土工指針類が事実上の基準として機能してきたが、これは土が主体となる盛土・切土については、どちらかと言えば設計方法よりは施工方法の向上によって性能を確保してきた歴史があること、また道路構造令にも構造物として明確に位置づけられていないことによると考えられる。一方で、設計や施工の技術が進展するにともない、道路土工構造物においても、大規模かつ技術的に高度な構造が建設されるようになり、構造物として重要な要素となってきたこと等から、国総研と道路局・土木研究所が連携し、橋梁・トンネル・舗装等の道路関係の主要な分野の技術者を交えて技術基準の検討を行い、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会での審議を経て、国の技術基準として「道路土工構造物技術基準」が2015年（平成27年）3月に策定されるに至った。「道路土工構造物技術基準」のポイントは以下のとおりである。

- ・道路土工構造物を定義するとともに適用範囲を明確化
 - ・常時、降雨、地震動、その他必要とされる作用として作用を定義
 - ・道路土工構造物の損傷の道路機能に与える影響の度合い及び機能回復の早さ等の修復性に応じた要求性能を定義
 - ・道路土工構造物にとって排水は重要事項（図-3参照）であるため、排水設計の実施を明確化
- その他、当該道路土工構造物に連続又は隣接する構造物等の要求性能（図-4参照）や、維持管理の確実性及び容易さ、環境との調和並びに経済性等を考慮することと規定された。

排水不良による損傷の増加
降雨や地震動により、発生する土中の水処理不良による構造物損傷



図-3 排水不良による損傷事例

連続する構造物との整合性の確保
橋梁取り付け部の盛土等、相互の要求性能の不統一によるネットワークとしての要求性能の不統一



図-4 段差発生事例

(3) 道路トンネルの技術基準類

道路トンネルの非常用施設に関する技術的な基準である「道路トンネル非常用施設設置基準」が1981年（昭和56年）以来約40年ぶりに2019年（平成31年）3月に改定された。これに併せて、「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説（日本道路協会）」が2019年（令和元年）9月に改定された。主な改定点は以下のとおりである。

- ・避難通路と排煙設備の役割を踏まえた設置条件の明確化
- ・運用・連携等の記載の充実
- ・新技術導入への配慮および最新の知見等の反映

基準の改定にあたり国総研では、道路トンネル内で発生した火災の発生状況およびトンネル火災発生時の煙の挙動に関する実験（図-5）及び解析（図-6）を実施した。今回の改定では、こうした分析結果等を踏まえて、避難通路や排煙設備の設置条件等が定められている。



図-5 火災実験の状況

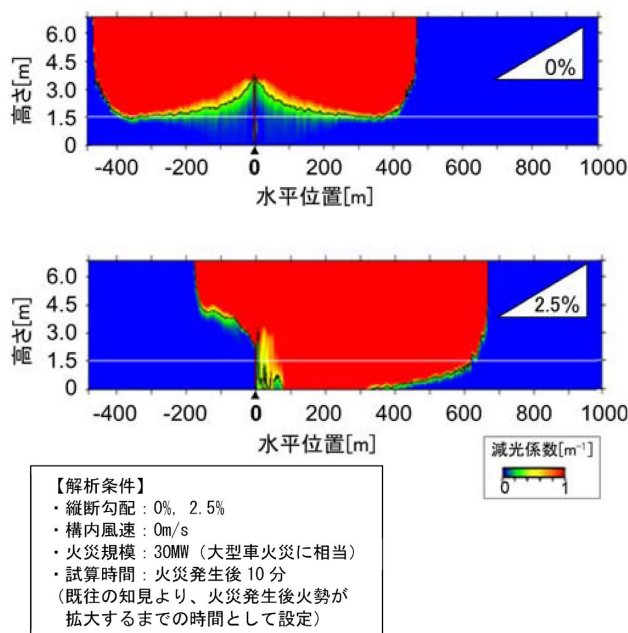


図-6 縦断勾配と火災発生後10分後における減光係数の分布の例（上：縦断勾配0%、下：縦断勾配2.5%）

(4) 舗装の技術基準類

舗装については2001年（平成13年）に「舗装の構造に関する技術基準」が示され、道路構造物の中でもいち早く性能規定化の考え方が導入された。その後、技術者が設計施工や性能評価を行う際の参考とすべき実務図書として「舗装性能評価法」「舗装設計施工指針」「舗装設計便覧」「舗装施工便覧」等の図書が示されている（図-7）。

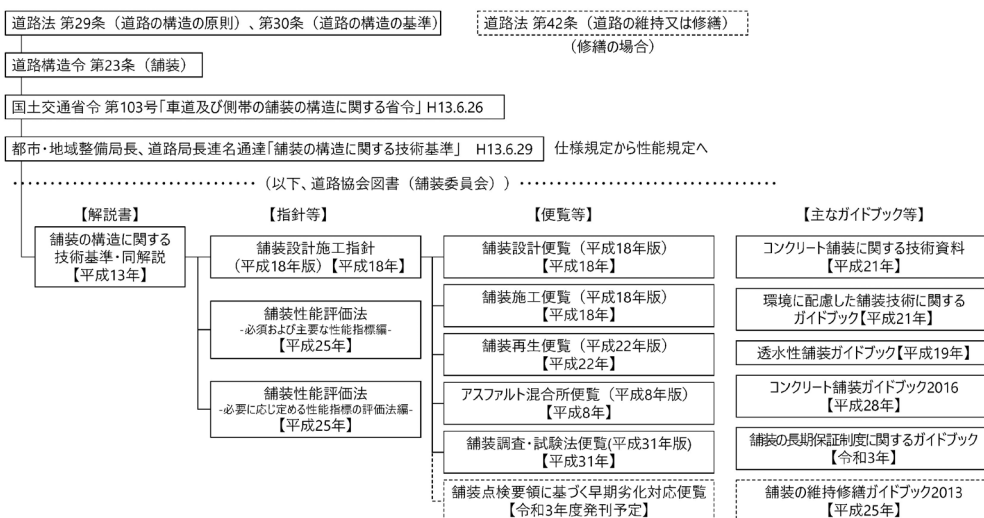


図-7 舗装の技術基準類の体系

道路構造物研究部発足以降は、コンクリート舗装の設計、施工、維持管理の具体の考え方を1冊にとりまとめた「コンクリート舗装ガイドブック」やアスファルト舗装の長期性能保証制度の運用法についてとりまとめた「舗装の長期保証制度に関するガイドブック」等の技術図書に、それぞれ最新の研究成果を反映している。

(5) 無電柱化に関する技術基準類

電線を地中に入れること等により電柱をなくす「無電柱化」について、「電線等の埋設物に関する設置基準」が2016年（平成28年）2月に改定され、交通量の少ない生活道路では、電線の頂部と路面との距離を従前より浅くすることが可能となった。

無電柱化は、良好な景観の形成や、歩道の幅を広げることによる歩行者の安全性・快適性の向上、大規模災害時の電柱の倒壊の防止等の効果が期待されている。しかし、諸外国に比べて無電柱化の進捗率が低く、また最も採用されている電線共同溝方式は、歩道幅員が狭い道路や歩道のない道路では埋設が困難である場合が多く、整備費用が高いことと相まって、その適用には限界があり、無電柱化を更に進めるためには、より一層の低コスト化が求められていた。

このため、国総研では、交通量の少ない生活道路を対象として、電力線や通信線を直接、あるいはこれらを保護する管や小型ボックス等を舗装体内に埋設（浅層埋設）した場合に、道路機能や通電・通信機能に与える影響を検証するため、電線等を埋設した舗装における車両走行実験を行った（図-8）。実験の結果、従前の基準より浅く埋設することが可能であることを確認し、その成果が設置基準の改定に反映された。



図-8 ケーブルの浅層埋設に関する施工実験

3. 関係する報告書・技術資料一覧

- 1) 国総研ホームページ，道路構造物研究部 研究・活動の方針
http://www.nilim.go.jp/japanese/organization/kouzou/houshin_dourokouzou.pdf
- 2) 国土交通省 報道発表資料 2015.3.31, 「道路土工構造物技術基準」の制定及び「道路標識設置基準」, 「道路緑化技術基準」の改正について https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000495.html
- 3) 日本トンネル技術協会, トンネルと地下, Vol.51 No.11, pp57-68, 2020.11, 道路トンネル非常用施設設置基準・同解説の改定
- 4) 国総研ホームページ, 無電柱化低コスト手法技術検討委員会 中間とりまとめ (2015年12月25日)
<http://www.nilim.go.jp/lab/ucg/koho/k151225.html>

4. 今後の展望

(1) 道路橋の技術基準類

今後は、残る課題に対応しつつ、新技術の提案者、評価者がともに、道示の体系に沿って新しい技術を提案、評価、比較するための技術資料の充実を図ることも、基準の原案を策定した国総研に課せられた役割と考えられる。また、現在は修繕設計に特化した技術基準がなく「道路橋示方書」を準用することが標準的であることについて、性能規定化の一連の体系を、構造物の診断、修繕にも適用し、基準として一連の性能規定化体系へ移行させるための取り組みに着手している。特に既設構造物の場合には、その状態、構造等の条件に依存して、さまざまな供用期間、材料、工法を選べ、一方で的確な信頼性が確保できるように、具体的な基

準を体系化することが社会の要請になりつつある。このため、例えば条件に応じて部分係数を調整する方法論の提示に向けた研究などが始まっている。

(2) 道路土工構造物の技術基準類

今後の展開として、橋やトンネル等との基準類とのさらなる調和を目指して、要求性能自体やそれに基づく具体の照査方法のあり方、適合条件の設定や適合条件のみなし規定・検証方法などについて検討を進め、「道路土工構造物技術基準」の性能規定化面での深化に取り組んでいく（図-9参照）。

(3) トンネルの技術基準類

道路トンネルの本体構造に関する技術的な基準である「道路トンネル技術基準」は、平成元年以降改定されていない。同基準に関しては、現在、他の道路構造物との性能の調和等を目的とした性能規定化に基づく改定に取り組んでいる。

(4) 舗装の技術基準類

今後の展望として、現在の技術基準では具体の性能指標のみが示されているため、様々な道路ユーザーのニーズを踏まえた舗装に求めるべき具体の性能を設定したうえで、それらを組み込んだ設計手法を構築していく必要がある。また、現行の設計で対象としている損傷と現場で実際に発生している損傷との整合についても図っていく必要がある。そのために、継続した定点調査等の結果を踏まえて検討を進めていく予定である。

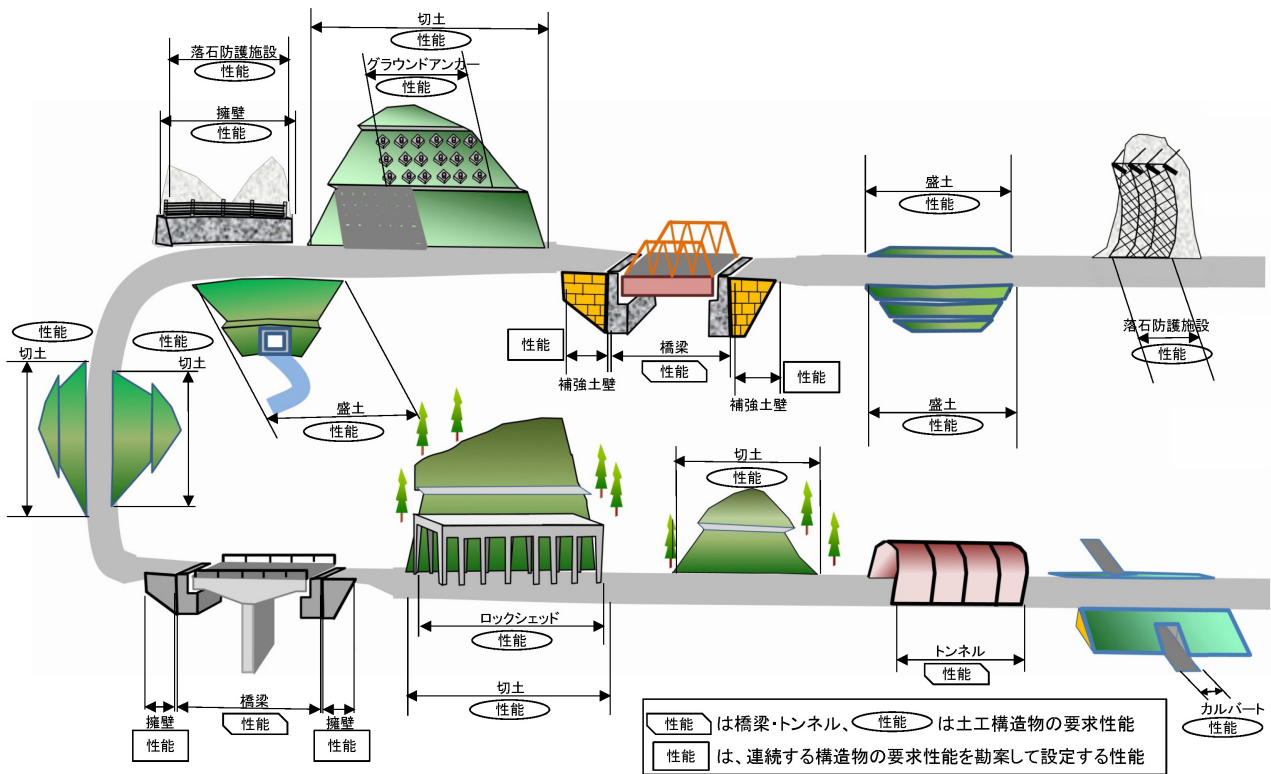


図-9 路線内における道路構造物の要求性能の調和