

◆建設マネジメント特集◆

公共工事における技術的難易度評価

藤本 聰* 山下武宣** 田中達也***

1. はじめに

公共事業における建設コスト縮減の一方策として、公共工事の調達制度の改革が進められている。調達制度改革の重要な視点は、市場の競争性を高めると共に、良質な社会資本整備を確保することにある。そのためには、競争参加企業数の拡大を図りつつ、発注対象工事に要求される技術水準および企業の技術力を適切に評価することが必要となる。

工事の技術的難易度（以下、工事難易度と示す）とは、工期・品質・安全性など、工事実施に求められる要件を確保することの困難さであり、発注工事に要求される技術水準および企業の技術力の適切な評価には、当該工事の工事難易度を勘案することが重要となる。

著者らは、工事難易度評価システムの確立に向けて、研究を展開している^{1),2)}。本報文では、以下に示す2つの目的に対して得られた成果について紹介する。

- a) 工事難易度に影響を及ぼす要因の抽出・整理
- b) 工事難易度の指標化、継続的な評価システムの概念構築

2. 研究展開の基本的考え方

工事難易度の研究にあたり、建設業者（現場責任者および同経験者）を対象に実施した、工事の難しさの認識に関するヒアリング調査結果を表-1にまとめる。表より、各工事の難しさは、工法等の技術的特性や市街地内施工など、工事実施に係わる様々な「影響要因」と「その影響の程度」により、認識されていることがわかる。工事に直接携わる現場の担当者・経験者は、工事の難しさを何らかの形で感じ取り、それを比較する尺度を有すると考えられる。

本研究では、技術者の経験的な認識・判断にもとづく、工事の難しさの尺度を、その説明変数（影

響要因）とともに総合的に評価（定量化）することにより、多種多様にわたる工事の工事難易度を共通の評価軸で評価し得るものと考えている。研究の流れを図-1に示す。前述の目的a)は図中I～II、目的b)は図中III～IVに対応した研究項目となる。

表-1 工事の難しさの認識

企業規模	主な意見等
大	未経験の工法や大規模工事では、新技術導入も含めて、全社の技術陣の総力を挙げて対応する。
	市街地内施工では、マネジメントの難しさが大きい。
中・小	急峻な山地部での工事では、現地状況の的確な把握が重要。
	小規模な工事でも、制約条件等により困難な工事も多い。
	トンネル工事等、工種によっては短期的に修得し難い技術分野もある。

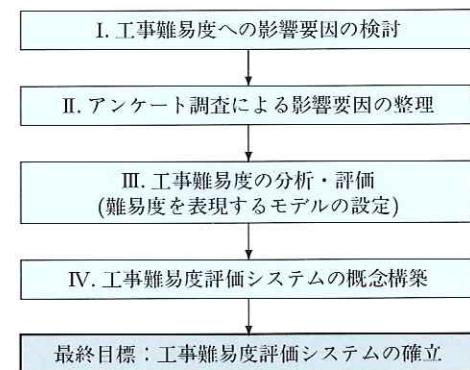


図-1 研究の進め方(フロー)

3. 工事難易度への影響要因の検討

本研究では、工事難易度を当該工事に係わる全ての要因に対処することの困難性とし、図-2に示す概念を構築した。

工事難易度への影響要因は、想定される要因を網羅的に抽出し、それらを対象としたアンケート調査を実施・分析することにより、最終的に整理した。

まず、工事難易度への影響要因の大枠（表中：大項目）を、上記概念を勘案して表-2に示すよう

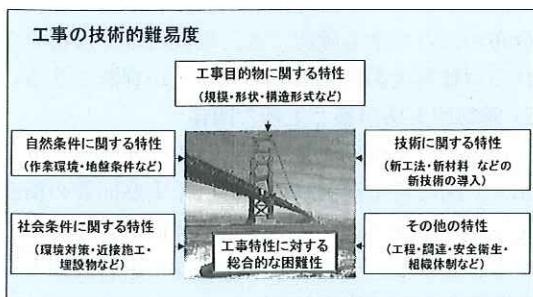


図-2 工事難易度の概念

に整理した。影響要因は、これらの項目に対してさらに具体化した小項目とした。

続いて、工事難易度への影響要因(小項目)を上記の各大項目について網羅的に抽出した。抽出結果の概要を表-3に示す。抽出した影響要因は合計79項目となり、表中にはその代表例を示した。

4. アンケート調査による影響要因の整理

4.1 アンケート調査の目的と内容

アンケート調査の目的は、以下の2点である。

①網羅的に抽出した影響要因の整理

(要因の統合、削除、追加の必要性)

②工事難易度を表現するモデル作成

アンケート調査の対象者と回答数を表-4に、アンケート調査内容を表-5に示す。アンケート対象となる工事は、回答者が直接携わった完了工事であり、一人あたりの回答数は、5~10件である。

アンケート調査項目は、「A. 工事難易度実感調査」と「B. 影響要因調査」の2つに分類できる。項目Aは施工に精通した熟練技術者の実感にもとづく評価として、当該工事の総合的な技術的難易度の評価を求めたものである。また、項目Bは、網羅的に整理した難易度への影響要因(表-3)となる小項目(79項目)を対象とした。

4.2 アンケート調査結果

4.2.1 発注者・受注者回答の比較

1) アンケート対象工事の規模

アンケート対象となる工事の規模を整理して図-3に示す。発注者は6千万~6億円までの工事が多く、近年の建設省直轄工事の実績と概ね一致する。受注者は6億円以上の大規模工事が多い。受注者は大手建設業者の技術者を対象としたことから、工事規模に偏りが生じている。

表-2 工事難易度への影響要因の分類

大項目	内 容
構造物条件	橋梁・トンネル等構造物の種類、橋梁のスパン等の規模などによる難しさ
技術特性件	必要となる施工技術(工法、機械、材料等)の難しさ
自然条件件	地形・地質条件、気象条件などの工事制約の厳しさ
社会条件件	市街地内工事などの工事制約の厳しさ
マネジメント特性件	工事実施過程の工程管理、品質管理、安全管理などの困難性

表-3 影響要因の抽出結果の概要

大項目件	小項目(全79項目の代表例)
構造物条件件	構造物の高さ、施工深度、形状の複雑さなど、合計9項目
技術特性件	工法・機械・使用材料等の難しさ・特殊性(1項目)
自然条件件	湧水の発生、軟弱地盤、動植物への配慮、雨・雪風の影響など、合計23項目
社会条件件	埋設管等の障害物、騒音・振動の配慮、作業の制約、現道上での交通規制、廃棄物処理など、合計21項目
マネジメント特性件	他工区・住民・関係機関との調整・折衝、工程管理、安全管理など、合計20項目

表-4 アンケート調査対象者と回答数

件	対象者件	回答数(工事件数)
発注者件	建設省工事事務所副所長等検査・監督担当者	約900件
受注者	大手建設業者現場代理人経験者	約1,500件

表-5 アンケート調査内容(担当工事毎)

調査項目	調査方法
A. 工事難易度実感調査	当該工事の難しさを実感にもとづきI~IVの4段階で評価 I: 簡単 II: 普通 III: 難しい IV: 非常に難しい
B. 影響要因調査 ①難易度への影響要因抽出	網羅的な影響要因(小項目全79項目)から、当該工事に係わる影響要因を抽出
②難易度への影響度合い評価	抽出した影響要因に対する3段階(◎, ○, △)の評価 ◎: 難易度を非常に高くした要因 ○: 難易度を高くした要因 △: 工事特性となるが難易度への影響はなし
③具体的な内容	上記の◎, ○に対する影響の具体的な内容を記載

2) 工事難易度実感回答の傾向

発注者・受注者とも、約8割が「II:普通」「III:難」の回答を示している(図-4)。また、発注者

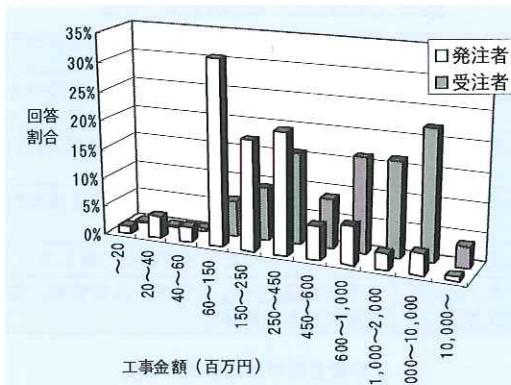


図-3 アンケート調査対象の工事規模

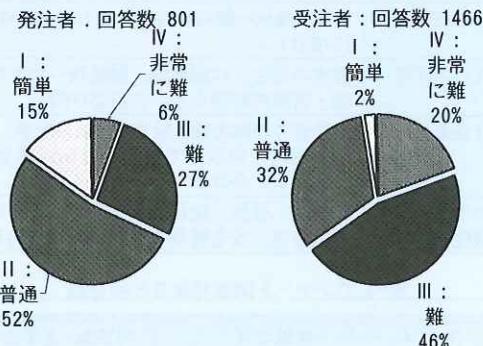


図-4 工事難易度実感回答の調査結果

回答と比較して、受注者回答では「III：難」「IV：非常に難」の回答率が高い。この原因として受注者の調査対象工事が大規模工事に偏っていることが考えられる。

4.2.2 発注者回答の整理

1) 難易度実感回答と工事規模の関係

工事規模と難易度実感回答を比較して、図-5に示す。工事規模(金額)が大きくなると難易度実感

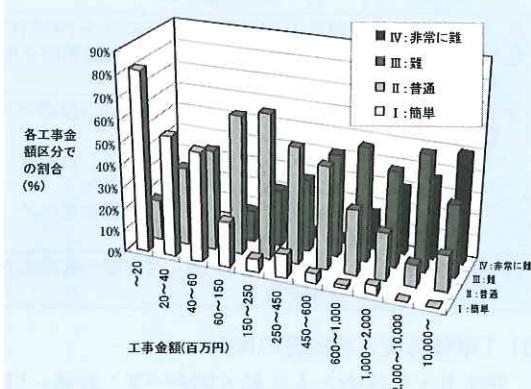


図-5 難易度実感回答と工事規模の関係

が高くなるという相関が概ね確認できる。同時に、分布のばらつきも確認でき、規模だけでは特定されない難易度影響要因があることが判断できる。

2) 難易度実感回答と工種の関係

代表的な工種の難易度実感回答の傾向を図-6に示す。図は各工種全回答に占める実感回答の構成を示す。工種により難易度実感評価が大きく偏ることがわかる。工種が工事難易度の影響要因となり得ることが推定された。

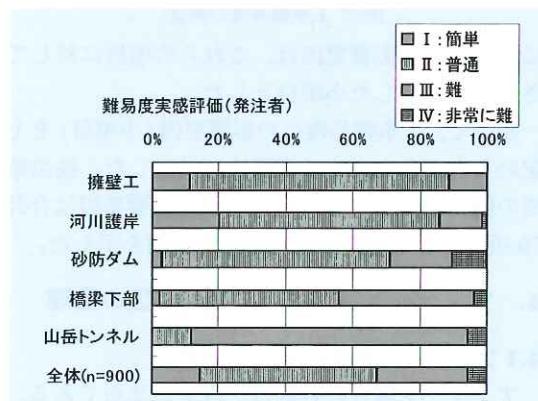


図-6 代表工種の難易度実感回答構成

4.3 影響要因の整理

影響要因整理結果を表-6に示す。まず、小項目(79項目)の評価頻度から、発注者・受注者ともに低頻度の項目を削除し、「その他」として整理した。次に、残された小項目の内容から同一の枠組みに束ねることが可能な項目を統合し、新たな小項目を整理した。マネジメント特性の①他工区調整、②住民対応、③関係機関対応は、「外部との調整・対応」として統合可能と考えられたが、発注者回答において評価頻度が高い影響要因となるため、独立した要因とした。

影響要因(表中小項目)は、各大項目について2~7項目とし、合計79項目から24項目とした。表中の評価対象事項は、新たな小項目を具体化した項目例として、アンケート調査結果により確認された影響要因を示している。

なお、アンケート調査では設定した小項目(79項目)以外の影響要因について回答を求めたが、新たな要因は確認されなかった。

5. 工事難易度の分析・評価

5.1 評価モデルの設定

工事難易度の指標作成を目的として、工事難易

表-6 影響要因(難易度評価項目)の整理結果

大項目	小項目	評価対象事項(代表的事項等)
構造物条件	①規模 ②形状 ③その他	対象構造物の高さ、延長、施工(断)面積、施工深度等の規模 対象構造物の形状の複雑さ(土被り厚やトンネル線形等を含む) 既設構造物の補強、撤去等特殊な工事対策
技術特性	①湧水・地下水 ②軟弱地盤 ③作業用道路・ヤード ④気象・海象 ⑤その他	湧水の発生、掘削作業等に対する地下水位の影響等 支持地盤の状況 河川内・海域・急峻な地形条件下等、工事用道路・作業スペース等の制約 雨・雪・風・気温・波浪等の影響 急流河川における水流、海域における潮流等の影響、動植物への配慮
社会条件	①地中障害物 ②近接施工 ③騒音・振動 ④水質汚濁 ⑤作業用道路ヤード ⑥現道作業 ⑦その他	地下埋設物等の地中内作業障害物 工事の影響に配慮すべき鉄道営業線・供用中道路・架空線・建築物等の近接物 周辺住民に対する騒音・振動の配慮 周辺水域環境に対する水質汚濁の配慮 生活道路を利用しての資機材搬入等の工事用道路の制約、路面覆工下、高架下等の作業スペースの制約 現道上での交通規制を伴う作業 騒音・振動・水質汚濁以外の環境対策、廃棄物処理等
マネジメント特性	①他工区調整 ②住民対応 ③関係機関対応 ④工程管理 ⑤品質管理 ⑥安全管理 ⑦その他	隣接工区との工程調整 近接住民との対応 関係行政機関・公益事業者等との調整 工期・工程の制約・変更への対応(工法変更等に伴うものも含む) 品質管理の煩雑さ、複雑さ(高い品質管理精度の要求等を含む) 高所作業、夜間作業、潜水作業等の危険作業 災害時の応急復旧等

度を表現するモデルについて検討した。モデル設定の基本的考え方を、以下に示す。

- a) 工事規模・工種等により異なるモデルを適用せず、全ての工事を同一の指標で評価し得るモデルとする。
- b) 影響要因に対する難易度への影響度合いの評価結果(アンケート項目B)から、工事難易度を定量化した「工事難易度スコア」として表現する。
- c) 各工事の工事難易度スコアが、工事難易度実感回答(アンケート項目A)に適合することを基本とする。

前述のアンケート調査の分析結果から、工事難易度実感回答が工種により大きな偏りを示すことが確認されている(図-6)。そのため、難易度実感を構成する要因として、工種による影響を加えて取り扱い、工種が工事難易度に与える影響について検討することとした。

設定したモデル案を図-7に示す。各工事の工事難易度スコアは、条件難易度スコアと工種難易度スコアを足し合わせることにより表現するものと仮定した。ここで条件難易度スコアとは、主要な影響要因(表-6 小項目)に対する影響度合い(◎:影響大、○:影響あり、△:影響なし)別に設定した難易度スコアの総和である。工

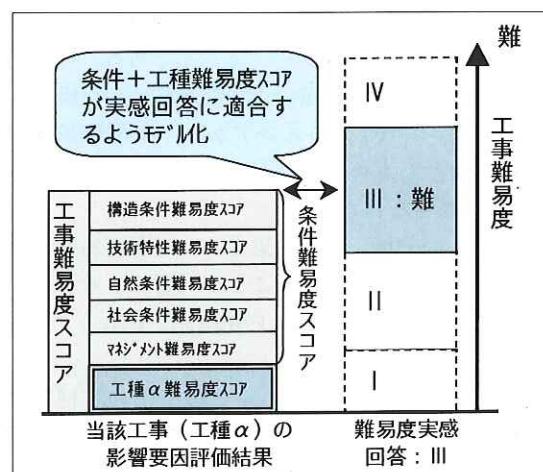


図-7 工事難易度を表現するモデル(案)

種難易度スコアは工種に応じて一定値として設定され、条件難易度スコアは構造物条件、技術特性他の当該工事の条件・特性に応じて変動するスコアとなる。各影響要因の難易度スコアおよび工種難易度スコアは、各工事の工事難易度スコアが工事難易度実感回答に適合するよう設定する。

5.2 分析・評価結果

分析・評価に用いるデータは、発注者のアンケート回答のうち、回答率が高い16工種を取りまとめたサンプル(600件)とした。また、影響要因調査結果(アンケート項目B)は、主要な影響要因

(表-6)となる24項目からその他の5項目を除いた19項目とし、統合された項目の影響度合いは、調査結果の最大値とした。

分析・評価手法には、数量化理論I類・II類を用い、工種難易度の取り扱いについて異なるアプローチで検討した^{2),3)}。分析・評価結果の一例を図-8に示す。図は代表的な5工種の工事難易度スコア分布形状を表す。各分布形状は分析により得た工事難易度スコア(サンプルスコア)の頻度(図中○)を結ぶ曲線により示している。工事難易度スコアが負の大きい値となるほど、工事難易度が高い。また、分析結果により算出した各工種の「工事難易度スコアの平均値(以下、工事難易度平均スコアと示す)」を図中●で示している。工種難易度スコア(図中◆)に影響要因(19項目)評価に応じた条件難易度スコアを加えることで、工事難易度スコアの分布を表現している。

分析は、条件難易度スコアの評価を数量化理論I類により実施した。説明アイテムは条件難易度スコアを構成する影響要因(19項目)、カテゴリ一分類は評価の3分類(◎、○、△)である。外的基準は、数量化理論II類により別途算出した難易度実感回答(I~IV)の各スコアから、工種難易度スコアを減じたものとした²⁾。分析結果の重相関係数は0.65となった。

実施した分析・評価結果より、工事難易度スコアの構造について以下のことが判断できる。

a) 工種難易度スコアが工事難易度平均スコアに与える影響は大きい。

(例えば、山岳トンネルと擁壁工の工種難易度スコアの差は、各工種の平均的な条件難易度スコアの差の2~5倍程度となる)

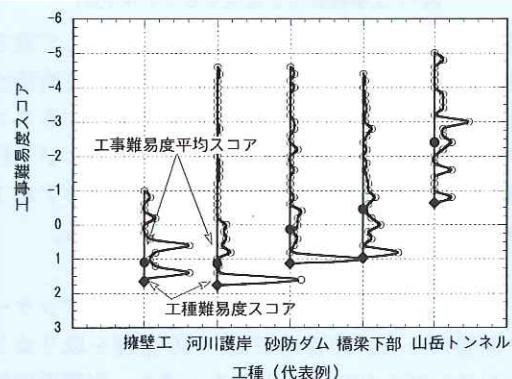


図-8 工事難易度スコア分布の分析結果例

- b) 条件難易度スコアの変動により、高い工事難易度スコアが生ずる。ただし、その頻度は低い。
- c) 難易度が高い工種は、平均的な条件難易度スコアが大きく、主要な影響要因(19項目)に関する影響度が総じて多い。

6. 工事難易度評価システムの概念構築

構築した工事難易度概念にもとづくアンケート調査結果から、難易度への主要な影響要因を整理し、難易度を表現するモデルを設定した。さらに、工事難易度スコアの分析・評価を実施し、主要な影響要因と「工種」による難易度への影響を考慮するモデルにより、難易度実感に適合し得る工事難易度スコアの分布傾向を得た。

以上の検討結果から、工事難易度評価システム概念を構築した(図-9)。評価システムは、①当該工事の工種に対する基本的難易度評価、②工種以外の影響要因の評価に対する条件難易度評価、③両難易度の評価にもとづく工事難易度評価の3つのサブシステムで構成される。図中には各サブシステムが具備すべき内容について示している。

上記①には、工種分類に対する難易度への影響を表す指標が必要となる。指標例を表-7に示す。表は工種難易度スコアの算出結果から、工種の難

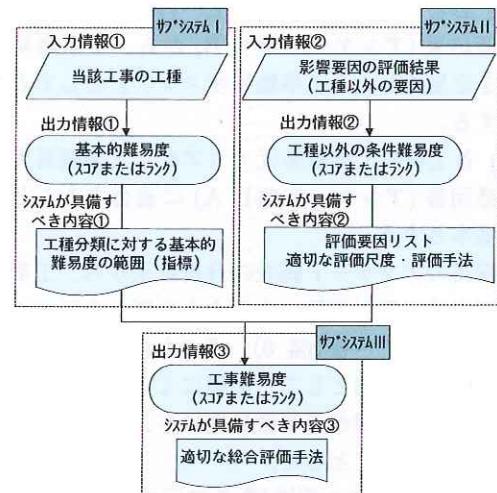


図-9 難易度評価システムの概念

表-7 工種による難易度への影響

	小 ← 工事難易度への影響 → 大			
工種例	河川護岸 流路工 擁壁工等	砂防ダム 橋梁下部 樋門・樋管	堰・水門 山岳トンネル 開削トンネル	重力式ダム

易度への影響を4ランクで整理したものである。

上記②は工種以外の広範な影響要因に対する難易度を表し、当該工事の条件・特性を反映した個別の評価となる。前述の条件難易度に相当し、評価要因リストとして表-6(工事難易度評価項目)を用いることができる。

個々の影響要因の評価にもとづく条件難易度の評価手法(上記②)、基本的難易度と条件難易度の両評価にもとづく当該工事難易度の総合評価手法(上記③)については、前述のモデルによる分析結果(各影響要因に対する難易度スコア)がその一例と言える。

7. まとめと今後の課題

本報文では、工事難易度研究への取り組みを示すとともに、工事難易度が工種により大きな偏りを示し、「工種」および「工種以外の条件に関する要因(合計24項目)」により評価が可能となること(難易度評価システムの概念)を提示した。

今後の課題として、各影響要因の評価尺度・評価方法の検討および工事難易度と各要因(工種難易度・条件難易度)の関係を総合的に評価するモデルの更なる検討が必要と考えている。現在、提示した概念を行政実務における工事難易度評価に適用し、上記課題解決への技術的視点を明確化するとともに、継続的なデータ蓄積を進め、工事難易度評価システムの具現化および確立を目指した研究を継続している

参考文献

- 1) H.Yamakawa, et al. : Appraisal of Construction Works based on Technical Difficulty, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集 共通セッション, pp.450-451, 1999.
- 2) 木下賢司・高野匡裕他:公共工事の工事難易度評価に関する研究, 建設マネジメント研究論文集, Vol.7, pp.41-51, 1999.
- 3) 例えば、駒澤勉:数量化理論、日本放送出版協会

藤本 晴*



建設省土木研究所
建設マネジメント技術研究官
Satoshi FUJIMOTO

山下武宣**



建設マネジメント技術研究
センター建設マネジメント
技術研究室長
Takenori YAMASHITA

田中達也***



同 建設マネジメント技術研究室
交流研究員
Tatsuya TANAKA