

公共工事の技術的難易度評価に関する研究

A Study on Appraisal of Construction Works based on Technical Difficulty

建設省土木研究所 木下賢司^{*1}

建設省土木研究所 高野匡裕^{*1}

建設省土木研究所 小澤一雅^{*1}

鹿島建設(株) 山川裕嗣^{*2}

○建設省土木研究所 田中達也^{*1}

by Kenji KINOSHITA, Masahiro TAKANO, Kazumasa OZAWA, Hirotsugu YAMAKAWA and Tatsuya TANAKA

我が国では、発注者が工事に要求される技術水準および建設企業の技術力を評価し、発注時の企業選定に反映させるシステムを採用している。工事の要求技術水準および企業の技術力は、工事の技術的難易度、難易度の高い工事への対処能力とそれぞれ関連し、工事の技術的難易度の適切かつ実用的な評価システムの確立が課題となっている。

本論文では、完了工事を対象としたアンケート調査を実施し、施工に精通した熟練技術者が認識する工事の難しさへの影響要因を調査分析し、工事の技術的難易度に影響を及ぼす主要な要因について整理した。さらに、各要因が工事の難しさに及ぼす影響度合いの調査データから、工事の技術的難易度の分析・評価を実施した。その結果、工事の技術的難易度は工種により有意な差が生じており、「工種」および「当該工事の条件および特性等、工種以外の要因」により工事の技術的難易度が表現し得ることが明らかとなった。

【キーワード】：調達問題、技術力評価、企業評価

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ともに、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有する技術力を適切に評価することが必要となる。

工事実施に求められる要件は、定められた工期内に、所要の品質を確保し、工事を安全に実施することであり、工事の技術的難易度（以下、工事難易度）とは、これら要件の確保の困難さと考えられる。

発注工事の要求技術水準、企業の技術力は工事難易度および難易度の高い工事への対処能力とそれぞれ関連し、工事難易度の評価は重要となる。しかしながら、工事難易度に係わる要因は各工事現場において多様と考えられ、具体的な要因、内容等は整理

されていない。また、各工事難易度は、それら様々な要因の総合的な評価により判断されるべきであり、評価のあり方、実用的な評価システムの構築が課題となる。

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⁾。本論文では、以下の2つの目的に対して得られた研究成果について紹介する。

- ①工事難易度に影響を及ぼす要因の整理・抽出
- ②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. 研究の展開

(1) 基本的考え方

工事難易度の検討にあたり、施工の実施にあたる建設業者を対象に、工事の難しさの認識に関するヒアリング調査を実施した。調査は建設業者の現場責任者および同経験者を対象とし、回答者の施工経験にもとづく回答を得た。ヒアリング調査により得た主要な意見を表-1に示す。

*1 建設マネジメント技術研究センター TEL 0298-64-4239

*2 建設総事業本部 東京支店 南砂工事事務所
(元建設省土木研究所 交流研究員)

TEL 03-5606-5871

表－１ 工事の難しさの認識

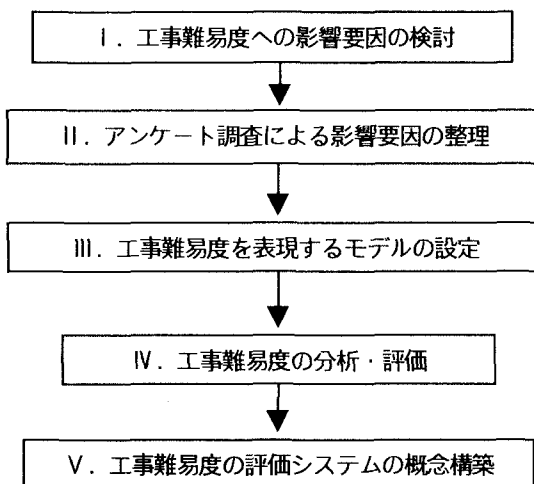
企業規模	主な意見等
大	未経験の工法や大規模工事では、全社の技術陣の総力を挙げて対応する。
	市街地内施工では、マネジメントの難しさが大きい。
中-小	急峻な山地部での工事では、現地状況の的確な把握が重要。
	小規模な工事でも、制約条件等により困難な工事も多い。
	トンネル工事等、工種によっては短期的に修得し難い技術分野もある。

表に示すように、工事の難しさとして感じ取られる要因は、工法等の技術的特性の他、市街地内施工など、工事の実施環境に応じた広範なものとなる。また、各工事の難しさは、これらの種々の要因に対する工事实施の総合的な困難さとして、工事に携わる技術者に認識されている。

本研究では、技術者の経験的な認識・判断にもとづく「工事の難しさへの各種影響要因」、「その影響の度合い（困難さ）」を総合的に評価することにより、各工事の難易度が表現し得るものと考え、そのモデル化を実施した。

（２）研究の展開

研究の進め方を図－１に示す。研究は、大きく２つの段階に分類できる。第一段階（図中Ⅰ～Ⅱ）では、発注者および受注者の熟練技術者を対象としたアンケート調査の実施により、工事難易度への主要な影響要因を抽出・整理した。



図－１ 研究の進め方（フロー）

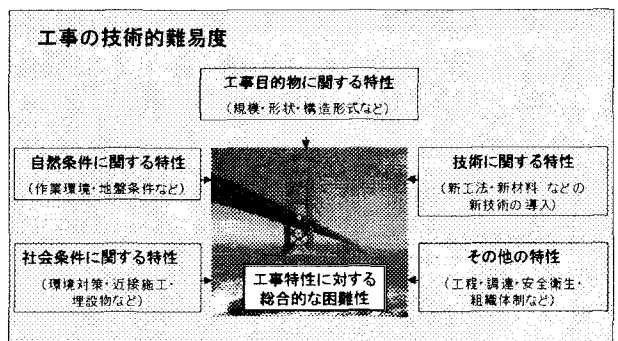
第二段階（図中Ⅲ～Ⅴ）では、アンケート調査結果にもとづき、工事難易度を定量的に再現し得るモデルを設定した。そして、設定したモデルによる工事難易度の分析を行ない、主要な工種に対する工事難易度の評価結果を得た。最後に、得られた評価結果を勘案し、実用的な工事難易度評価システムの概念を構築した。

次節より、研究各項目の検討方法と結果について示す。

３．工事難易度への影響要因の検討

（１）工事難易度の概念

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。



図－２ 工事難易度の概念

前述のヒアリング結果により、工事難易度へ影響を及ぼす要因を表－２に示すよう分類した。ここで示す項目は広範な影響要因を大枠で分類したものであり、後述するアンケート調査作成に向けた初期設定である。影響要因の抽出は、これらの項目に対してさらに具体化した小項目を対象とし、アンケート調査結果の分析により最終的な整理を行う。

表－２ 工事難易度への影響要因の分類

分類	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	必要となる施工技術（工法、機械、材料等）の難しさ
自然条件	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	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	工事实施過程の工程管理、品質管理、安全管理などの困難性

(2) 影響要因の網羅的な抽出

工事難易度への具体的な影響要因を上記の各分類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。表中の大項目は表-2の分類と対応する。各大項目に関する具体の影響要因を小項目とし、表中に代表例を示した。小項目の抽出総数は79項目となった。

表-3 影響要因の抽出結果の概要

大項目	小項目（全79項目の代表例）
構造物条件	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	工法、機械、使用材料等の難しさ、特殊性（1項目）
自然条件	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	埋設管等の障害物、騒音・振動の配慮、作業スペースの制約、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	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

4. アンケート調査による影響要因の整理

(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再構築

（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。

表-4 アンケート調査対象者と回答数

	対象者	回答数（工事件数）
発注者	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1500件*

*1998年度までの完了工事

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。調査時に用いた難易度実

感の判定目安を表-6に示す。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。

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 ◎：非常に高くした要因 ○：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具体的内容	上記の◎、○に対して影響の具体的内容を記載

表-6 工事難易度実感の判定目安

実感	該当する工事レベル
Ⅳ 非常に難しい	「未経験の分野や規模であって、新規のまたは特殊な技術・工法が必要であり、それを提案することが必要な工事」または、「様々な条件の変更に対して、様々な既存の基準を応用して設計することが必要な工事」または、「計測管理により施工方法や施工速度を変える必要のある工事」
Ⅲ 難しい	「様々な条件の変更に対して、様々な既存の基準を適用して設計することが必要な工事」または、「様々な条件の変更に対して、様々な既存の工法を提案することが必要な工事」
Ⅱ 普通	「様々な条件の変更に対応して、図面や数量の変更が必要な工事」、または「一般的な技術・工法だけを用いて施工できる工事」
Ⅰ 簡単	「与えられた図面を基に施工する工事」、かつ「特に技術や工法と呼べるものがない工事」

(2) アンケート調査結果

a) 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。

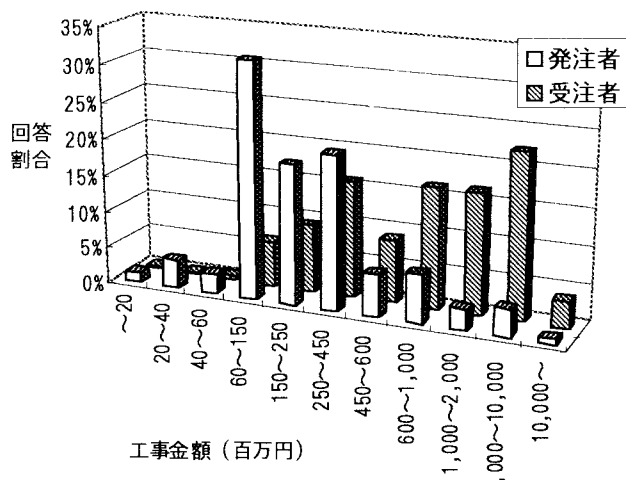


図-3 アンケート調査対象の工事規模

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。

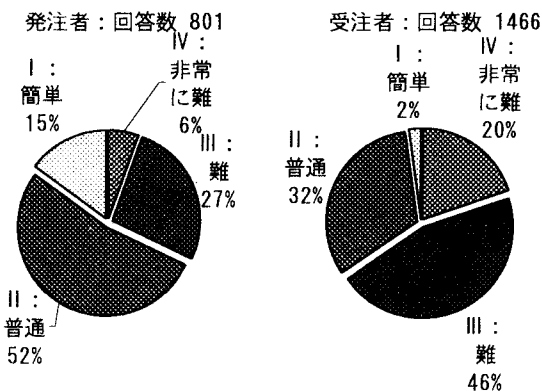


図-4 工事難易度実感回答の調査結果

③小項目の評価頻度の整理・比較

抽出頻度の高い小項目（5項目）に対して、難易度への影響の度合いを発注者、受注者別に整理した

（図-5）。同一項目の評価構成は両者でやや異なるものの、影響大と評価された項目は工法、軟弱地盤、施工規模等、両者ともほぼ同じ傾向となる。このことから、各評価項目が工事難易度全体に与える影響（どの評価項目が難易度に優位に影響するか）については、発注者・受注者ともほぼ同じ視点にあることが想定される。

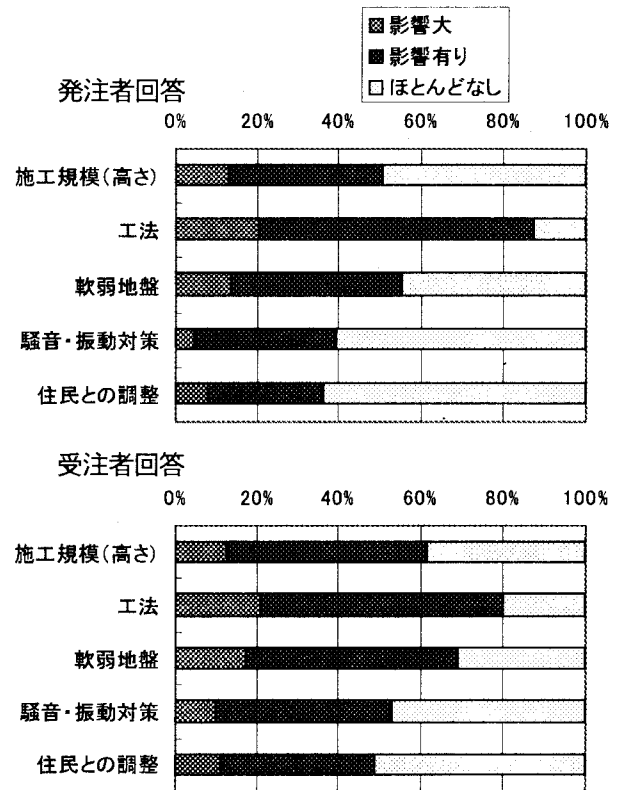


図-5 代表的な小項目の評価
(該当工事件数に対する評価割合)

b) 発注者回答の整理

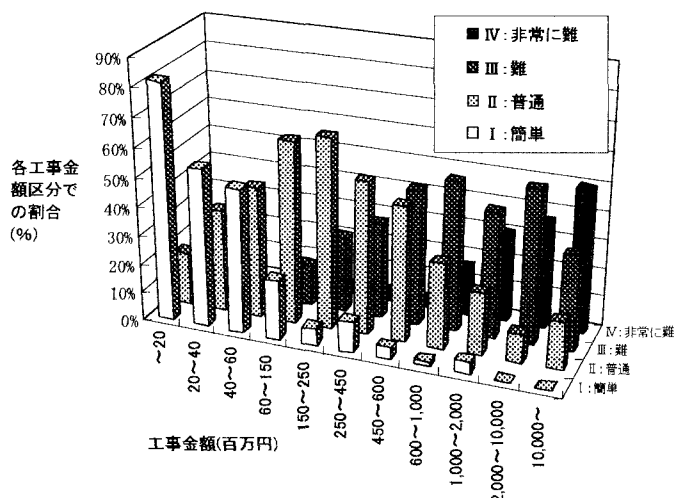
①難易度実感回答と工事規模の関係

工事規模と難易度実感回答を比較して、図-6に示す。工事規模（金額）が大きくなると難易度実感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。

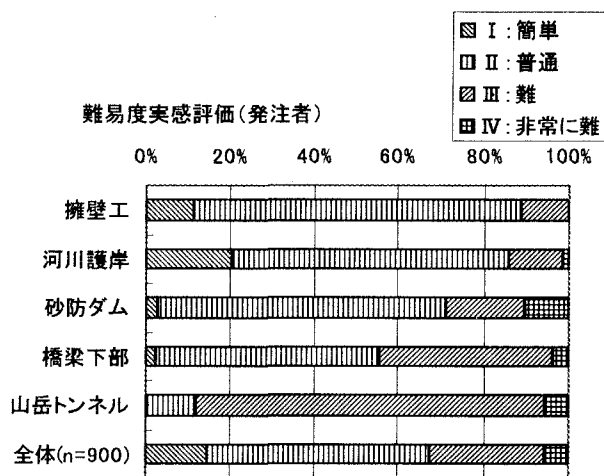
②難易度実感回答と工種の関係

代表的な工種の難易度実感回答の傾向を図-7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 難易度実感回答と工事規模の関係

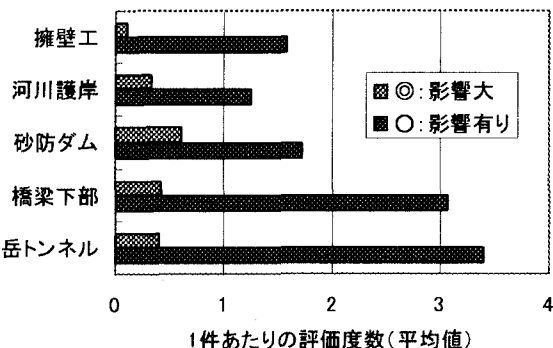


図－7 代表工種の難易度実感回答構成

③影響要因（小項目）の評価度数と工種の関係

当該工事に対する難易度への影響要因の評価度数を工種別に整理して図－8に示す。評価度数とは、網羅的に整理した影響要因（小項目 79 項目）に対して、難易度への影響あり（◎又は○）と評価した項目数であり、図は各工種一件当たりの平均値で示している。

影響大（◎）と評価された要因の度数は、図中の全ての工種で1未満であり、難易度実感回答に認められたような工種別の偏りは確認されない。一方、影響あり（○）と評価された要因の度数分布は、概ね難易度実感回答の偏りと一致している。



図－8 工種別の影響要因の評価度数

（3）影響要因の再構築

アンケート調査結果から、網羅的に抽出した影響要因（小項目）の再構築を実施した。再構築により整理された影響要因が、工事難易度の評価項目となる。再構築の考え方（方針）を以下に示す。

- ①発注者・受注者ともに評価頻度が低い項目を影響要因から削除する。
- ②評価の内容が同一の分類となる項目を統合する。
その際、評価頻度が高い項目は独立項目として残す。

a) 評価頻度の分析

網羅的に抽出した影響要因（小項目 79 項目）の評価頻度を整理して図－9,10に示す。ここで評価頻度とは、総工事件数に対して、難易度への影響あり（◎又は○）と回答した工事件数の割合である。両図は発注者回答のうち、上位 10 項目と下位 10 項目の評価頻度を受注者のそれと併せて示している。

高頻度項目、すなわち工事難易度への影響が優位と考えられる要因は、調査対象サンプルが異なるものの、発注者・受注者ともに概ね一致する結果となった。受注者の評価頻度が総じて高くなる傾向は、受注者の難易度実感回答が「Ⅲ：難」、「Ⅳ：非常に難」に高い回答率を示した結果と対応しており、受注者の調査対象サンプルが大規模工事に偏ることが原因と考えられる。

網羅的に抽出した影響要因のうち、アンケート調査による評価頻度が低い項目のなかには、自然条件に係わる水圧等、受注者の評価頻度が高い項目も認められる。調査対象サンプルが異なるため、その原因は明確でない。

なお、アンケート調査では設定した小項目（79

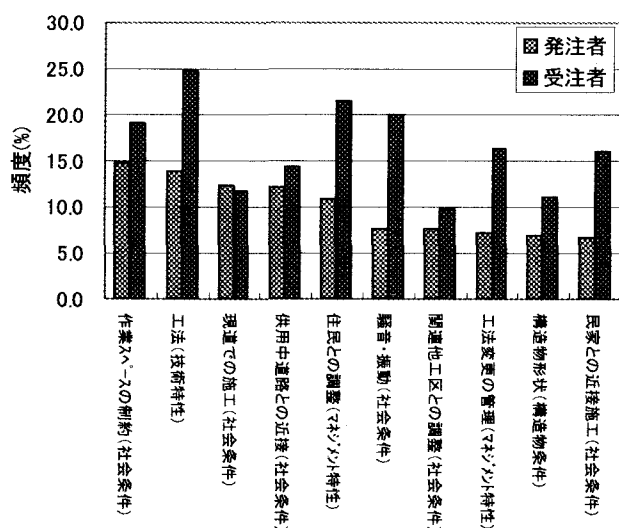


図-9 評価頻度の高い影響要因

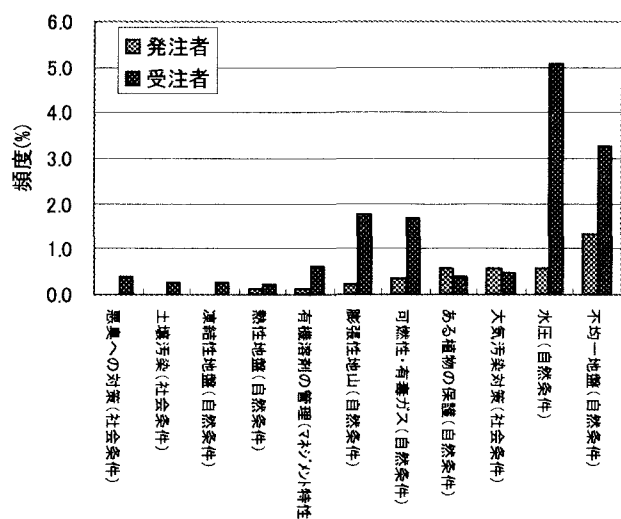


図-10 評価頻度の低い影響要因

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。

b) 影響要因の再構築

影響要因の再構築結果を表-7に示す。影響要因の再構築では、まず、小項目(79項目)の評価頻度の分析結果から発注者・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影響項目を統合し、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。

表-7 影響要因(難易度評価項目)の再構築結果

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工法等 ②その他	工法、使用機械、使用材料等 施工方法に関する技術提案等
自然条件	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 周辺住民等に対する騒音・振動の配慮 周辺水域環境に対する水質汚濁の配慮 生活道路を利用した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 近隣住民との対応 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

5. 工事難易度を表現するモデルの設定

(1) 基本的考え方

工事難易度の指標作成を目的として、アンケート調査結果にもとづく工事難易度の評価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。

- ①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。
- ②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。
- ③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。

(2) モデル案の設定

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-7）。また、影響要因の評価結果からは、難易度実感に認められたような工種別の大きな偏りの有無は明らかでない（図-8）。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-11 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で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-7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。

本来、工事の難易度実感、および各影響要因の難易度への影響度合いは、技術者の認識・判断にもとづく評価であり、両者を結ぶ関数の選択により多様

なモデル設定が可能と考えられる。設定したモデル案は、工事の難易度実感で示される工事難易度が各影響要因および工種に対する困難さの総和に起因すると仮定したものである。

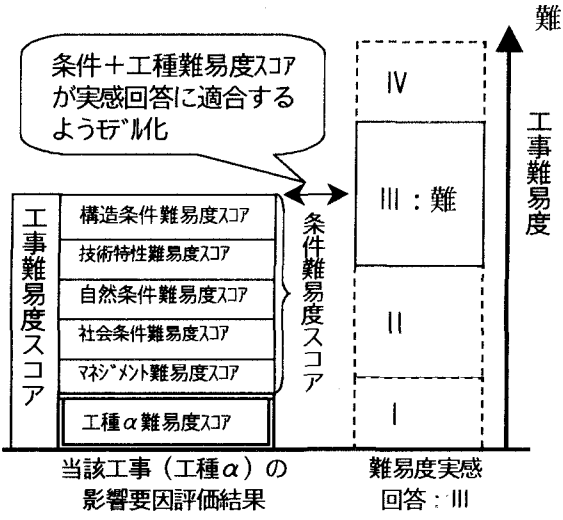


図-11 工事難易度を表現するモデル（案）

6. 工事難易度の分析・評価

(1) 分析・評価に用いるデータ

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-7）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。

(2) 分析・評価方法

工事難易度の分析・評価は、工種による影響の取り扱いに着目し、以下の2つの方法により実施した。

- Case.A：工種による影響を他の影響要因（19項目）と同一の枠組みで捉える方法。
- Case.B：工種による影響を他の影響要因がない場合を想定して先行評価し、難易度実感に適合するよう他の影響要因（19項目）の難易度スコアを評価する方法。

(3) Case.A による分析・評価

発注者を対象としたアンケート回答「B. 影響要因評価」にもとづき、アンケート対象工事の工事難

易度スコアを分析・評価した。分析手法としては数量化理論第Ⅱ類²⁾を用い、説明アイテムを影響要因(19項目)と工種とし、各説明アイテムのカテゴリーは、影響要因については影響度評価の3分類(◎、○、△)、工種については16の工種とした。また、外的基準は難易度実感Ⅰ～Ⅳの4分類とした。

代表的な5工種の工事難易度スコアの分析・評価結果を整理して図-12に示す。分析結果の相関比は0.56、説明アイテム間の相関係数は最大0.35となる。図は各工種の工事難易度スコアの分布形状を表す。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工事難易度スコアの平均値(以下、工事難易度平均スコア)を図中●で示している。

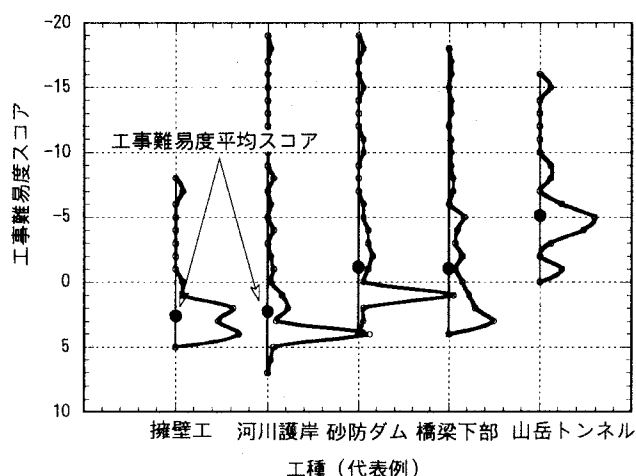


図-12 工事難易度スコア分析結果(Case.A)

分布形状から、各工種とも条件難易度スコアの変動により、頻度は少ないものの高い工事難易度スコアが発生することがわかる。

代表的な5工種の工種難易度スコアを工事難易度平均スコアと併せて図-13に示す。数量化理論Ⅱ類によるCase.Aの分析結果は、ゼロ点を基準とした工種難易度スコアと条件難易度スコアの和により工事難易度スコアを表現する。言い換えると、工事難易度平均スコア(図中●)と工種難易度スコア(図中◆)の差が他の影響要因(19項目)に応じた難易度スコアの和(平均的な条件難易度スコア)となる。山岳トンネルと擁壁工の工事難易度平均スコアの差に対し、両工種の工種難易度スコアの差が占め

る割合は大きい。工種難易度スコアが各工種の工事難易度平均スコアに大きく影響することが判断できる。

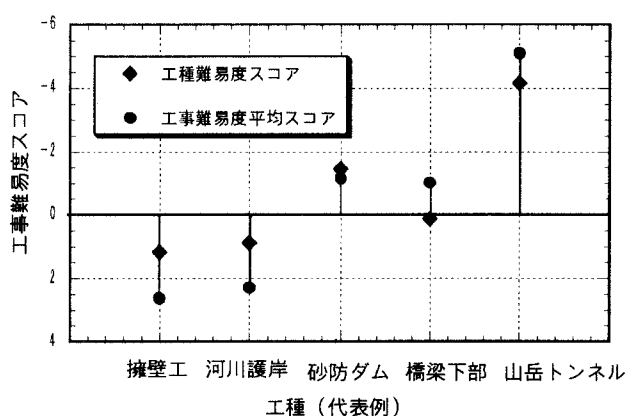


図-13 工種難易度スコア (Case.A)

(4) Case.Bによる分析・評価

a) 分析・評価手法

工種により工事難易度に大きな影響が生じることに着目して、各工種の工種難易度スコアを先行評価により設定し、難易度実感に適合するよう他の影響要因の難易度スコアを評価したものがCase.Bである。ここでは、工種難易度スコアを工種に応じた工事難易度スコアの基礎点(他の影響要因がない場合のスコア)として表現する。

各工種の工種難易度スコアの評価に先立ち、工種分類と難易度実感回答に関する分析を行った。分析は工種分類に対する難易度実感(Ⅰ～Ⅳ)の定量化(スコア化)を目的とし、分析手法として数量化理論第Ⅱ類²⁾を用いた。説明アイテムを工種、外的基準を難易度実感回答のⅠ～Ⅳの分類とした。分析結果を図-14に示す。

図中●は外的基準となる難易度実感(Ⅰ～Ⅳ)のグループスコア(Gs)に対する代表工種の工事難易度平均スコア(以下、工種難易度初期スコア)を示している。グループスコアは各難易度実感の平均的な難しさを示す判別値となる。なお、外的基準を4分類とした分析結果では、難易度実感Ⅲ、Ⅳのグループスコアがほぼ等しくなったことから、図はⅢ、Ⅳを同じ分類で再分析した結果を示している。

代表工種の工種難易度初期スコア(Ec)は、難易度実感(Ⅰ～Ⅳ)のグループスコア(Gs)から、次式により算出した。

$$Ec(x) = \frac{Gs1 \cdot n1 + Gs2 \cdot n2 + Gs3 \cdot n3 + Gs4 \cdot n4}{n1 + n2 + n3 + n4}$$

ここで、 Gsi は難易度実感 $i = 1 \sim 4$ (I～IV) のグループスコア
 ni は対象工種の全サンプルにおける難易度実感 $i = 1 \sim 4$ (I～IV) の回答総数である。

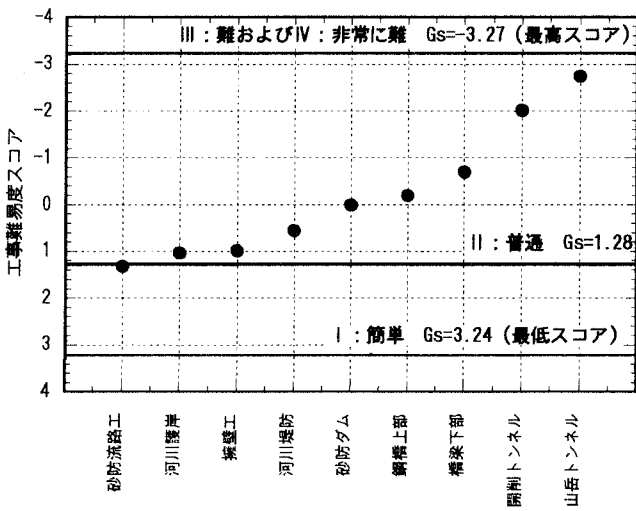


図-14 代表工種の工事難易度初期スコア分析結果

工事難易度スコアの評価は、工事難易度初期スコアを初期条件とした繰り返し分析により実施した。繰り返し分析の流れを図-15 に示す。繰り返し分析では、各分析ステップの工事難易度スコアから、各工種の平均的な条件難易度スコアを減じた値として取り扱う。このとき、条件難易度スコアの評価は、数量化理論Ⅰ類を用いて実施した。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)、カテゴリー分類は評価の3分類である。外的基準は、難易度実感回答 (I～IV) にもとづくグループスコア (G_s) から、各分析ステップの工事難易度スコアを減じたものとした。

繰り返し分析の終了は、前分析ステップと新たな分析ステップとの工事難易度スコアの残差平均値、数量化理論Ⅰ類における実測値 (アンケート結果)と予測値の重相関係数の変化傾向から判定した。

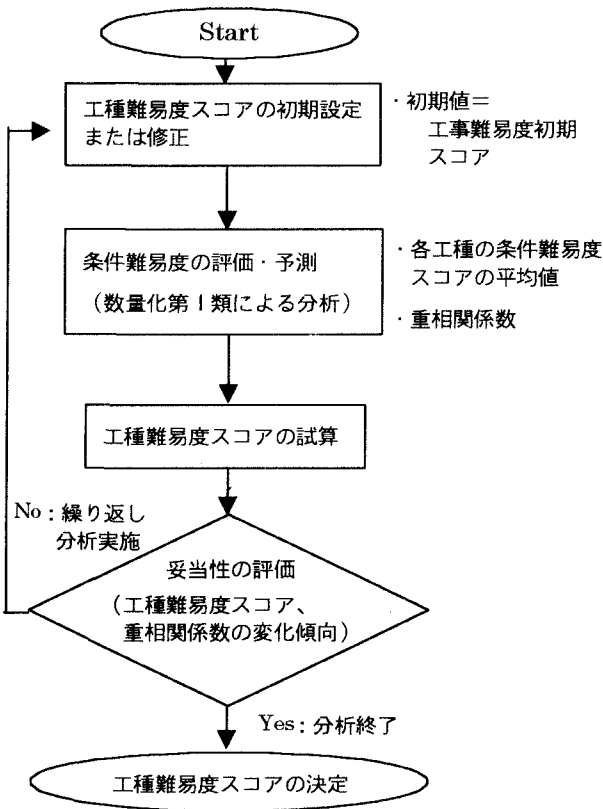


図-15 繰り返し分析の流れ

b) 分析・評価結果

工事難易度スコア繰り返し分析の重相関係数の変化傾向、および工事難易度スコア (16 工種) の前分析ステップと新たな分析ステップの残差平均値の変化傾向を図-16 に示す。重相関係数は増加しつつ収束に、残差平均値は減少しつつ収束に至ることがわかる。両項目の変化傾向より、繰り返し分析は5回で終了し、工事難易度スコアを決定した。

Case.B による工事難易度スコアの分析・評価結果を図-17 に示す。図は Case.A と同じく、代表的な5工種の工事難易度スコアの分布形状を表し、Case.A と同様に各工種の工事難易度平均スコア (図中●) を併せて示している。工事難易度スコア (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。工事難易度スコアを先行評価する繰り返し分析により、工事難易度スコアの基礎点として、工事難易度スコアを設定している。工事難易度平均スコアと工事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を示している。分析結

果の重相関係数は 0.65、説明アイテム間の相関係数は最大 0.34 となる。

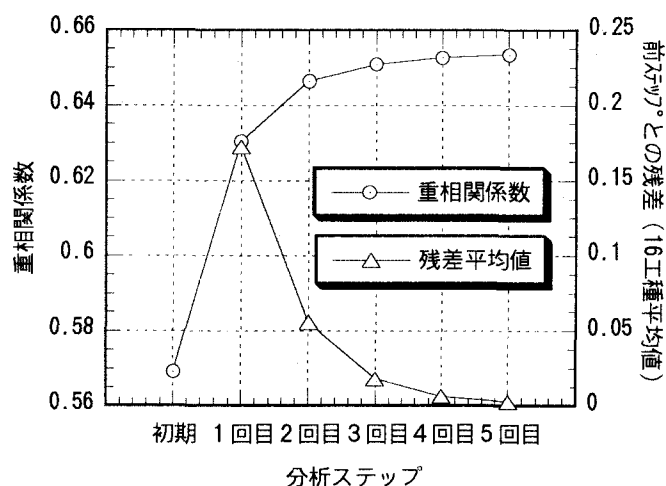


図-16 繰り返し分析の収束状況

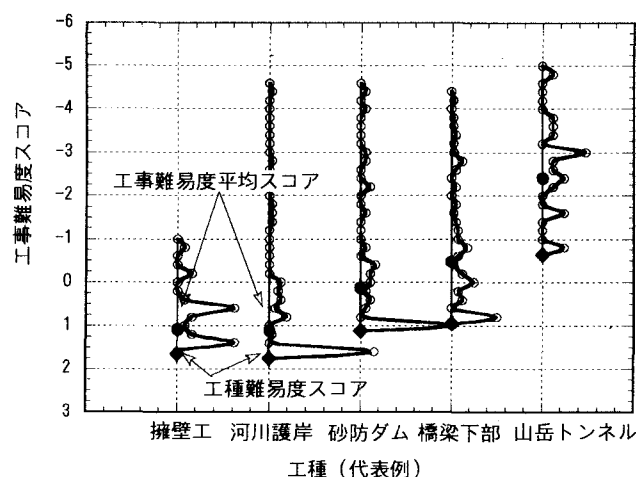


図-17 工事難易度スコア分布分析結果 (Case.B)

工事難易度スコアの分析形状は、Case.A と概ね一致しており、条件難易度スコアの変動により頻度は低いものの高い工事難易度スコアが発生することがわかる。また、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ことがわかる。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。Case.A と同様に、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。

(5) 分析・評価結果の比較

Case.A、B の両分析結果から、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。

- ①工種難易度スコアが各工種の工事難易度平均スコアに与える影響は大きい。
- ②工事難易度が高い工種ほど、平均的な条件難易度スコアが大きい。

7. 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、設定したモデルを用いた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、当該工事の技術的難易度の評価システムについて、図-18 に示す概念を構築した。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-8 に示す。表は工種難易度スコアの算出結果から、工種の難易度への影響を 4つのランクに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-7 (再構築後の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。

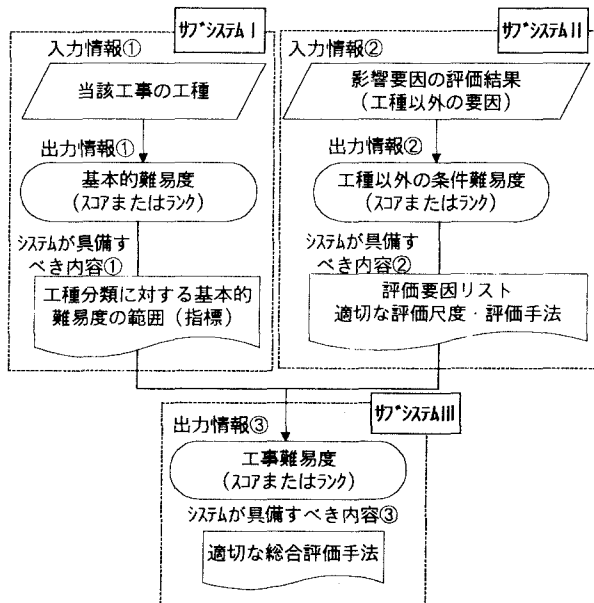


図-18 難易度評価システム概念

表-8 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 開削トン	重力式ダ ム

8. まとめと今後の課題

本研究により得られた主要な成果をまとめて以下に示す。

- ①工事難易度は工種により大きな偏りが生じており、「工種」および「工種以外の条件に関する要因」により評価が可能となる。
- ②上記の「工種以外の条件に関する要因」は、構造物条件、技術特性、自然条件、社会条件、マネジメント特性に関する、合計 24 項目で表現可能となる。
- ③設定したモデルによる分析・評価結果から、全

体的な傾向としては、工事難易度に対する「工種」の影響は大きく、「工種」による基本的難易度（工種難易度）の設定が可能となる。また、個々の工事に関しては、「工種以外の条件に関する要因」が工事難易度へ与える影響が大きいケースがあり、全体的には難易度が高い工種ほど、「工種以外の条件に関する要因」による難易度の上昇が見られる。

本研究の課題として、以下の 2 点が挙げられる。

- ①個別の評価要因の難易度への影響度合いの評価・判定方法に対する検討
- ②条件難易度の評価手法、および工種難易度と条件難易度を総合的に評価し、工事難易度へ反映する総合的な評価手法の検討

課題①は、評価者個人による評価誤差をなくする一方策である。アンケート調査により収集した具体的な工事難易度への影響の内容から、各評価要因の定量的な分類を行うなど、さらに具体的な尺度について検討する予定である。また、課題②については、継続的なデータの蓄積により、今回設定したモデルによる工事難易度スコア分布の妥当性の確認を行うとともに、異なるモデルによる分析を継続し、総合的な難易度の評価モデルの確立、構築した評価システム概念の具現化を目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力を賜りました数多くの方々に厚く御礼申し上げます。

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
- 2) 例えば、駒澤勉：数量化理論、日本放送出版協会

A Study on Appraisal of Construction Works based on Technical Difficulty

Kenji KINOSHITA, Masahiro TAKANO, Kazumasa OZAWA, Hirotsugu YAMAKAWA and Tatsuya TANAKA

It is important in tendering to select a contractor having the required ability in construction works from the view point of quality construction. The ability of contractor and the required quality of each construction works depend on the technical difficulty. The objective of this study is to built an appraisal system of construction works based on technical difficulty. In this paper some results are described to select major factors affecting technical difficulty and to develop analytical methods for technical difficulty by means of questionnaire survey on experienced engineers.

Keywords : tendering system, evaluation of engineering ability, business evaluation