

建設施工技術総合評価手法に関する研究

Study on The Comprehensive Evaluation Method for Construction Technology

建設省 土木研究所 光家 康夫*

○新田 恭士**

By Yasuo MITSUIE, Yasushi NITTA

建設施工技術の高度化、建設市場の国際化等近年の公共工事をめぐる様々な動きの中、競争性を確保しながら公共工事の質を高めるためには、民間の技術開発の成果を積極的に活用していくことが必要である。建設省では現在、平成5年の中央建設業審議会の建議を受けて、公共工事入札において、従来の価格のみによる競争から応札者からの技術提案を加え、総合的な評価によって最も優れた落札者を決定する、技術提案総合評価方式の導入について検討している。

本稿では、昨年に引続き建設施工技術の総合評価手法について、既往の研究成果等を参考としながら、評価項目の選定、項目間の重み付け手法、評点方法等について実際の公共工事入札における適用性を念頭に置いて考察したものである。

【キーワード】技術提案、総合評価、入札制度、AHP

1.はじめに

現在の公共工事においては、現在価格競争によって落札者の決定がなされている。現行入札制度では、工事に伴う騒音の低減等、周辺環境に配慮した技術など法規制の範囲さえクリアしていれば、それ以上の技術は評価されないが、より望まれる技術についてはその評価手法を確立し、競争に反映させることが重要である。

本論文は、建設施工技術について入札時に価格以外の要素についても評価を行い反映させることを目的とした考察であり、実用性に重点をおいている。

2.総合評価の方法

価格及び施工技術の総合評価は、入札者の提案技術に対する評価得点の合計を当該入札者の入札価格で除して得た数値をもって行う。提案技術の評価得点の算出にあたっては、工事の目的・内容に応じた必要性の観点から評価項目を決め、各評価項目の重

み付けを行う。

(総合評価算定式)

$$S = \frac{Q}{P_p} \quad Q = \sum P_i W_i$$

Q ; 施工技術の評価点

P_p ; 入札金額

p_i ; 各評価項目の評価点

w_i ; 各評価項目の重み係数

3.評価の対象項目の選定

建設工事では、現場条件や工事目的が多種多様であることから施工技術の評価にあたっては工事ごとに評価の視点を変えることが必要である。例えば維持管理や更新費用の低減が重視される場合は、機能供用性、維持管理性、労働力が評価項目になり、交通混雑の激しい路線での工事においては、工期、交通への影響、安全性が評価項目になる。

評価の対象とする項目については施工技術に求められると思われる特性について抽出母体を作成し、実際の工事にあたってはその都度その中から評価項目を選択することとする。抽出母体は例えば下表のように作成する。

* 積算技術研究官 0298-64-2486

** 積算技術研究センター システム課

評価項目の選定は以下に示すものから、大小各分類につき概ね3項目以内が目安と考えられる。これは重み付けの作業の精度を考慮するため（後述）であり、必要な場合は追加して良いと考える。

	大分類	小分類
施工技術	信頼性 工期 品質	信頼性 工期 機能・供用性 維持管理性（耐久性） 景観性
周辺地域	周辺環境への影響	騒音 振動 粉塵 悪臭 水質汚濁 地盤沈下 土壌汚染 景観 交通への影響
社会的意義	作業性 労働力 省エネルギー	安全性（通常作業下） 安全性（危険区域内） 作業環境 労働力（省熟練作業） リサイクル 資材・燃料

I) 信頼性

ここでの信頼性とは、工事の目的構造物の品質に対するものではなく、提案技術で確実に施工出来るかどうかに対する信頼性を指す。この項目は提案企業の工事实績（提案技術、類似工事实績）、責任技術者の技術力（工事实績、資格等）、及び過去に受注した工事の工事成績（疑問を感じた場合は過去の工事現場の調査も行う。）を見て評価する。

II) 工期

工期短縮に対する評価を行う。復旧工事等で工期短縮が強く要求される場合に評価を行う。

III) 品質

設計仕様の確保を前提に提案技術により更に向上する部分の品質を指す。

IV) 周辺環境への影響

環境への影響とは、その工事により生じる環境負荷ではなく、提案施工技術が一般的な技術に比べて低減する環境負荷の程度に対する評価を指す。

V) 作業性

ここでの作業性とは、現場の安全性や作業環境について従来技術に比べ改善された分に対する評価を指す。

VI) 労働力

一般的技術に比べ省力化された熟練作業に対する評価を行う。必要熟練作業度、必要熟練作業員の数等で評価を行う。

VII) 省エネルギー

提案技術での省エネルギーへの配慮を評価する。評価は各資材ごとに作成された資料をもとに行う。

4. 評点化

施工技術の評価は、入札制度の客観性、透明性、公平性の確保を考えると、定性的・主観的評価ではなく、客観的かつ定量的な評価が望ましい。

本論文では、各評価項目においてできるだけ定量的な指標に基づいて得点化をおこなう事とする。定量的な評価指標としては、工期について言えば日数があり、騒音ならば振動数d B（デシベル）などが挙げられる。しかし定量的な評価の難しい項目もある。例えば、安全性（通常作業下）などの場合、安全性を代表する唯一の定量的な尺度や評価手法は存在しない。安全性評価要素の一つ、墜落の防止を例にとっても高所作業の省人化や安全器具の開発等いろいろな角度からの総合的な評価が必要となる。

従って、本論文では定量的な評価が可能な項目（工期、労働力等）と、定量的な評価が難しい項目（景観性、安全性等）に分けて評価を行う。（以下、前者を定量評価項目、後者を比較評価項目と呼ぶ。）また、定量的な評価が難しい項目においてもできるだけ客観的且つ定量的な表現となるよう努力することが必要である。

(1) 定量評価項目の評点化

定量評価は、各項目ごとに設定される尺度により行われる。具体的な評価方法を以下に例示する。その際、技術提案書に記載される評価対象データが同じ条件下で設定されるよう配慮し、技術募集にあたってはその条件の明示が必要となる。

定量的な評価にあたっては、各項目間で得点配分、ばらつき等が同じになるように配慮する必要から、各項目の基準点が1.0となるよう基準技術の設定を行う。尚、今後各要素の特性を考慮した評点の補正方法の検討が必要と考えられる。

評点方法（例）

a) 信頼性（大分類・信頼性）

$$p / (\sum p / n) = P_r \text{ (評点)}$$

P_r : 信頼性評価表より得られた評点

$\Sigma p/n$: (信頼性平均点、ただし当該工事における提案技術の平均でなく予め設定された点である。)

b) 工期 (大分類・工期)

$$T_0/T = P_t$$

T_0 : (標準工期)

T : (提案工期)

P_t : (工期の評点)

c) 騒音 (大分類・環境性)

$$N_0/N = P_n$$

N_0 : (騒音の法規制値)

N : (提案工法の騒音予測値)

P_n : (騒音の評点)

d) 振動 (大分類・環境性)

$$V_0/V = P_v$$

V_0 : (振動の法規制値)

V : (提案工法の振動予想値)

P_v : (振動の評点)

e) 粉塵 (大分類・環境性)

$$D_0/D = P_d$$

D_0 : (粉塵発生量標準値)

D : (提案工法の予想発生量)

P_d : (粉塵の評点)

f) 労働力 (大分類・労働力)

$$L_0/L = P_l$$

L_0 : (標準熟練作業量)

L : (提案技術での熟練作業量)

P_l : (労働力の評点)

g) 資材燃料 (大分類・省エネルギー)

$$M_0/M = P_m$$

M_0 : (主な材料の標準使用量)

M : (提案技術の材料使用量)

P_m : (評点)

(2) 比較評価項目の評点化

評価項目のうち、絶対評価 (定量評価) が難しく相対評価によらざるを得ないものについては、例えばAHP法 (Analytic Hierarchy Process 階層構造に基づく分析法) で用いられる一対比較法による評価等が考えられる。これは、評価技術者の技術的判断で、各評価項目における各社の提案技術を総当たりで一

対比較して行くことで各提案技術に評点を与えるものである。

この方法による場合の評点付けに用いる一対比較法について述べる。比較評価は、ある評価項目の定量評価が難しい場合に用いるが、例えば(i)、(j)、(k)、3つの提案技術がある場合を想定し、各技術の価値を w_i 、 w_j 、 w_k 、とした時、提案技術(i)と(j)の価値の一対比較値 a_{ij} は

$$a_{ij} = w_i/w_j$$

と表現される。同様に、

$$a_{jk} = w_j/w_k$$

$$a_{ik} = w_i/w_k$$

このとき項目(i)の価値は、次のように表せる。

$$w_i = w_i \cdot 3\sqrt{(w_i/w_i \cdot w_j/w_j \cdot w_k/w_k)}$$

$$= c \cdot 3\sqrt{(w_i/w_i \cdot w_i/w_j \cdot w_i/w_k)}$$

$$= c \cdot 3\sqrt{(a_{ii} \cdot a_{ij} \cdot a_{ik})}$$

$$(\text{但し、} c = 3\sqrt{(w_i \cdot w_j \cdot w_k)})$$

同様に項目(j)、(k)についても以下のとおりである。

$$w_j = c \cdot 3\sqrt{(a_{ji} \cdot a_{jj} \cdot a_{jk})}$$

$$w_k = c \cdot 3\sqrt{(a_{ki} \cdot a_{kj} \cdot a_{kk})}$$

つまり一対比較値を用いて各項目の価値は以下のように表すことができる。

$$3\sqrt{(a_{ii} \cdot a_{ij} \cdot a_{ik})} = \text{Const} \cdot w_i$$

$$3\sqrt{(a_{ji} \cdot a_{jj} \cdot a_{jk})} = \text{Const} \cdot w_j$$

$$3\sqrt{(a_{ki} \cdot a_{kj} \cdot a_{kk})} = \text{Const} \cdot w_k$$

以上のようにして一対比較値を用い各技術の評価を数値化することが可能である。提案技術の数が3個以上ある場合も同様の方法で表現できる。

評価を行う際には (表1) に示す一対比較表に適切な数値を記入して行う。この数値は一対比較値で表の縦の技術に対する横の技術の評価の比を表すが (表2) を参考に記入することとする。比較評価における一対比較値のスケールについては、重み付けの場合と異なる。そもそも比較値のもつ意味が比較対象間の真の価値の比であるから、技術評価を行う場合、重み付けの場合 (後述) と異なり1~8のような大きなスケールは適当ではない。ここでは1.0~1.4 (及びその逆数) の範囲で比較値をとして例設定している。

	A社	B社	C社	幾何平均	評点
A社	1	1.2	1.4	1.189	1.217
B社	0.77	1	1.2	0.924	0.946
C社	0.71	0.77	1	0.818	0.837
縦平均				0.977	

(表1)

一対比較値	意 味
1.0	両方の項目が同じ位有利
1.1	前の項目の方が後の方より若干有利
1.2	前の項目の方が後の方より有利
1.3	前の項目の方が後の方よりかなり有利
1.4	前の項目の方が後の方より絶対的に有利
0.91	後の項目の方が前の方より若干有利
0.83	後の項目の方が前の方より有利
0.77	後の項目の方が前の方よりかなり有利
0.71	後の項目の方が前の方より絶対的に有利

(表2)

以下に比較評価にあたり収集すべき資料を評価項目ごとに挙げる。尚、工事の性質上比較の基準として必要なものがあればつけ加えて行く。

また、不明な点については発注者は十分なヒアリングを行い提案技術について明確にすることが必要である。この項目の評価も基準点が1.0となるように評点付けを行う。

a) 機能・供用性 (大分類・品質)

施工法によって品質が変わるような部分についての品質管理データ、施工法の説明

b) 維持管理性 (大分類・品質)

使用材料・部材の耐久性データ、交換資材の規格性に関する資料、補修必要頻度のデータ、補修時必要な人数、更新時維持管理の簡素化のための工夫に関する資料

c) 景観性 (大分類・品質)

構造物のデザイン資料 (パース等)、仕上がり状態の実績資料 (写真等)、景観シュミレーション資料

d) 悪臭 (大分類・環境性)

悪臭対策技術の概要、効果の実績資料

e) 水質汚濁 (大分類・環境性)

水質汚濁防止技術の概要、効果の実績資料

f) 地盤沈下 (大分類・環境性)

地盤沈下防止技術の概要、効果の実績資料

g) 土壌汚染 (大分類・環境性)

汚染物質の種類・量、土壌汚染防止技術の概

要、効果の実績資料

h) 景観 (大分類・環境性)

工事現場周辺の景観に対する配慮の概要、実施例等の実績資料

i) 交通への影響 (大分類・環境性)

交通対策の概要 (交通阻害範囲、交通阻害時間等)、交通安全対策の概要、実績資料

j) 安全性 (通常作業下) (大分類・作業性)

墜落に対する安全対策の内容、高所作業人数、高所作業量、重機との接触に対する安全対策の内容、路上作業安全対策の内容、路上作業人数、路上作業量、作業員の安全教育の内容

k) 安全性 (危険地帯作業) (大分類・作業性)

無人化省人化等の危険地帯安全技術の概要、危険警報の方法、避難時間、危険地帯作業人数

l) 作業環境 (大分類・作業環境)

作業環境改善技術の概要、騒音予測値、振動予測値、温度予測値、作業高度、作業継続性 (きつさ) のデータ、粉塵量予測値、

m) リサイクル (大分類・省資源)

リサイクルの範囲 (品目・量)、リサイクル技術の概要

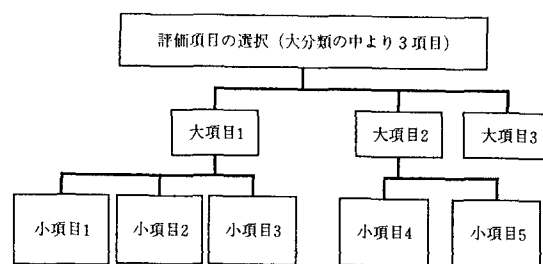
5. 重み付け

建設工事では、各工事で目的、性質、周辺の様子がそれぞれ異なるため、評価要素の重要度 (重み係数) を状況に応じ決定する必要がある。重み付けは、選択した各評価項目について行い、各階層間 (大項目間、小項目間) ごとに行う。 (図1)

重み係数の設定は、設定の如何によっては技術評価の順位が逆転することも想定されるため、係数決定に至るプロセスは明確且つ客観的な方法で行われる必要がある。

(階層構造図)

(図1)



重み係数の決定には、以下の方法等が考えられる。

- 1) 有識者等にアンケートを行い決定する方法
- 2) AHP 法で用いられる一対比較を行い決定する方法。

1) の方法は、アンケートを学識経験者や住民に対して実施するもので、アンケート回答者の判断で重要度に応じ各項目に点を配分してもらう方法である。この方法は、比較的工事までに緊急を要さず十分な工事資料をアンケート回答者に提供できる場合に可能である。広く関係者の意見を反映させる場合に有効な方法である。

2) の方法はAHP 法(Analytic Hierarchy Process 階層構造に基づく分析法)で用いられる一対比較法を用いる方法で、主に発注側技術者が周辺環境や工事の性質を判断しながら重み付けを行う。各評価項目の重要度を総当たりで一対比較することで全体項目間の重み付けを行う方法である。この方法は各2項目間の重要度比較の根拠を明確にすることができる。

以下に一対比較を用いた 2) の方法について述べる。いま評価項目(i)、(j)、(k)、について各評価項目の真の重要度を w_i 、 w_j 、 w_k 、とした場合、項目(i)と(j)の重要度の比を表す一対比較値 a_{ij} は

$$a_{ij} = w_i / w_j$$

と表現される。同様に、

$$a_{jk} = w_j / w_k$$

$$a_{ik} = w_i / w_k$$

と表現できる。比較評価の場合と同様に考えて各項目の重要度は以下のように表せる。

$$\sqrt[3]{(a_{ii} \cdot a_{ij} \cdot a_{ik})} = \text{Const} \cdot w_i$$

$$\sqrt[3]{(a_{ji} \cdot a_{jj} \cdot a_{jk})} = \text{Const} \cdot w_j$$

$$\sqrt[3]{(a_{ki} \cdot a_{kj} \cdot a_{kk})} = \text{Const} \cdot w_k$$

以上のようにして一対比較を行うことで重み付けすることが可能である。評価項目の数が3個以上ある場合も同様の方法で表現できる。

実際の評価は(表3)に示す一対比較表に適切な数値を記入して行う。記入する一対比較値は(表4)を参考に記入することとする。評価者にとってこの方法は比較の際、幅のある言葉を選択すれば良く評価者の負担が軽減される。また一対比較値のスケールについては、この場合、1～8(及びその逆数)を比較値としている。一対比較値自体は本来2項目間の

重要度の比を表すが、感覚的表現の「若干重要」「重要」等の言葉にどのような数値(一対比較値)を対応させるかが係数決定に大きな影響を及ぼす。同じ人間が感覚的に重要度の比を数値化した場合と、「若干重要」「重要」と言った言葉で比較した場合の関係について更なる検討が必要であるが、ここでは3項目以内の範囲で選択した評価項目に対し重み付けを行う場合を想定し一対比較値を設定した。その評価項目は少なくとも1割の重み付けはなされることとし、評価項目間の重要度の比が最大になる0.1:0.1:0.8の場合を想定し一対比較値の最大値を8としている。

(表3)

	信頼性	工期	作業性	幾何平均	重み係数
信頼性	1	0.5	0.25	$\sqrt[3]{0.5 \times 0.25} = 0.5$	0.142
工期	2.0	1	0.5	$\sqrt[3]{2.0 \times 0.5} = 1.0$	0.286
作業性	4.0	2.0	1	$\sqrt[3]{4.0 \times 2.0} = 2.0$	0.571
	縦合計			3.5	

(表4)

一対比較値	意 味
1.0	両方の項目が同じくらい重要
2.0	前の項目の方が後の方より若干重要
4.0	前の項目の方が後の方より重要
8.0	前の項目の方が後の方より絶対的重要
0.5	後の項目の方が前の方より若干重要
0.25	後の項目の方が前の方より重要
0.125	後の項目の方が前の方より絶対的重要

6. 評価の実施

(1) 評価点の算出

建設技術は、一般に多くの評価要素から構成されており、これまで述べた着目した評価項目について出した評価のみで全体の評価とすることはできない。施工技術の評価点Qの算出は、評価項目と非評価項目に分け、評価項目と非評価項目の評点の合計で行い、両者の重み付けを $a:(1-a)$ として算出する。以下に算出方法を示すが、Aは非評価項目でBは評価項目である。3.と4.の項で述べたとおり各提案技術の評価の基準点は1.0点であるから非評価項目には各技術で差がないとして1点を与える。

$$A = 1 \quad B = \sum_{i=1}^n P_i \times W_i \quad \dots (式1)$$

$$Q = aA + (1-a)B = a \times 1 + (1-a) \sum_{i=1}^n P_i \times W_i$$

・・・ (式2)

A ; 非評価項目評点 (1点)

B ; 評価項目評点

P_i ; 各項目評点 (項目 i の評点)

W_i ; 各項目重み係数 (項目 i の重み係数)

Q ; 施工技術総合評点

P ; 入札価格

(2) 総合評価

施工技術の総合評価は、施工技術の評価点Qをその技術を提案した者の入札価格Pで除した値で表し最も高い点の者を落札者とする。以下に式を示す。

$$S = \frac{Q}{P} = \frac{a + (1-a) \sum_{i=1}^n P_i \times W_i}{P}$$

・・・ (式3)

S ; 総合評価

7.おわりに

公共工事を国民の目から見る時、コストを最少限におさえることが必ずしも望ましいわけではない。

工期、安全性、環境性等これまでの価格だけでは評価できない項目が重視されることが十分あり得る。

本研究では、建設施工技術をいくつかの評価要素から捉え、各々の項目に評価指標、評価方法を示すことで建設施工技術に定量的評価を与える方式を検討した。建設施工技術の評価を客観的数値的に捉え、入札に反映させる試みは世界でも類を見ない。平成5年12月の中央建設業審議会の建議を受け、本研究ではこの技術提案総合評価方式入札制度の導入に向け、総合評価のフレームの検討を行ったにすぎず、比較評価の絶対性や本方式の実用性について課題は山積しているが、引き続き建設施工技術の各評価項目の評価尺度、比較評価項目の比較基準について、また本制度の運用に向けて更に研究を続ける予定である。

【参考文献】

- 1) 建設省土木研究所：建設施工技術総合評価手法の一考察, 社団法人土木学会建設マネジメント委員会講演集, 1994年12月.
- 2) 社団法人土木学会：建設技術の評価手法研究業務報告書, 社団法人土木学会, 1994年3月.
- 3) 刀根 薫：「ゲーム感覚意志決定法-AHP法入門」, 日科技連出版社, 1986年.

Study on The Comprehensive Evaluation Method for Construction Technology

These days the conditions surrounding public works have changed remarkably through internationalization of the construction market and progressing of construction technology. To encourage the construction industry to purpose technological improvement and increase competition between private companies, it is necessary to adopt new construction technology positively. In 1993, Central Council on Construction Contracting Business proposed the introduction of the Technical Evaluation into bidding of public works in response. Ministry of Construction has been studying into the Comprehensive Evaluation Method for Construction Technology which determin the successful bidder by not only bid price but also technical proposal.

In this paper, we have studied about weighting factors and setting evaluation items with considering the applicability of those methods to bidding for public works project, and taking account of various factors including findings from a past study.