

論文 環境性能を考慮した総合評価落札方式のコンクリート構造物への適用に関する研究

土井 雄生^{*1}・堺 孝司^{*2}

要旨：本研究では、まず、国土交通省における総合評価落札方式の現状調査を行い、その問題点について検討した。また、価格評価と技術評価の割合を明確にする基本コンセプトによる総合評価手法を開発した。さらに、現行方式の評価項目を見直し、その階層構造を含めた体系化を図り、これらの評価項目について2つのコンクリート構造物を対象にして AHP 法を用いた評価点の重み付けを行った。さらに、開発した手法を実際のコンクリート構造物の建設プロジェクトに適用し、ケーススタディを行った。その結果、価格評価と技術評価の割合によって落札結果が大きく異なることを示した。

キーワード：総合評価落札方式、コンクリート構造物、環境性能、AHP 法

1. はじめに

現在、国土交通省の直轄工事においてはほとんどの工事発注に総合評価方式が適用されている。総合評価方式は、2005 年の 4 月に施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律」により本格的に導入されているが、各整備局が統一的な考え方で合理的に行われていない現状がある。

また、環境問題として資源の枯渇や地球温暖化が深刻になっており、温室効果ガス削減については、各国が中・長期目標を設定している段階である。建設分野においても多くの資源・エネルギーを使用しており、日本においては CO₂ 排出量全体の 20% 超(ビル等の運用を除く)が建設分野から排出されている。このような現状に対して、建設分野においても CO₂ をはじめとする環境負荷低減に向けた取り組みが必要である。環境負荷低減を考える上で総合評価方式は非常に有効であるが、現状では「地球温暖化」に関する項目等、環境項目は重要な項目として扱われていない。本研究では、国土交通省における総合評価方式による発注の現状を把握し、評価項目の妥当性について広く検討するとともに、従来の総合評価とは異なる評価値算定方式を導入してコンクリート構造物を対象にした場合の適用性について検討した。

2. 総合評価落札方式の現況と問題点

総合評価方式は、従来の価格のみによる落札方式とは異なり、「価格」と「価格以外の要素」を総合的に評価する落札方式である。総合評価方式には、簡易型、標準型、高度技術提案型があり、評価値の算定は除算方式においては式(1)、加算方式においては式(2)により行われる。

$$\text{評価値} = \frac{\text{技術評価点}}{\text{入札価格}} = \frac{(\text{標準点} + \text{加算点})}{\text{入札価格}} \quad (1)$$

$$\text{評価値} = \left[100 \times \left(1 - \frac{\text{入札価格}}{\text{予定価格}} \right) \right] + \text{技術評価点} \quad (2)$$

現在は除算方式が多く用いられているが、除算方式では、評価値が入札価格によってほとんど決まってしまう、加算方式では、技術評価点の評価値に大きく影響し、どちらも合理的とはいえない。

評価項目に関して、標準型及び高度技術提案型の例を表-1 に示す¹⁾。現行の方式では、「企業の技術力」として施工計画、施工体制、企業の施工実績や配置予定技術者の能力に加算点を配分しているが、要求されたものが適切な施工によってつくられることは当然であり、これらの項目について特別な要求をすることによって加算点に差をつけることは合理的でない。企業の施工実績や配置予定技術者の能力に関しては、参加資格としてどれだけの施工実績・資格等があればいいかを求めればよく、加算点による差異付けは合理的とは言えない。また、「企業の高度な技術力」として性能・強度に関する項目を設

表-1 標準型及び高度技術提案型の評価項目例

企業への期待	評価の視点
企業の技術力	施工計画
	施工体制
	企業の施工実績
	配置予定技術者の能力
企業の高度な技術力	総合的なコスト
	性能・強度等
	環境の維持等

*1 香川大学大学院 工学研究科安全システム建設工学専攻 (正会員)

*2 香川大学 工学部安全システム建設工学科教授 工博 (正会員)

定しているが、これらの要求は本来基本的に確保されているべきものである。さらに環境の項目に関しては、「地球温暖化」に関する項目をはじめ環境項目は重要な項目として扱われていない現状がある。

3. 総合評価落札方式による実施プロジェクトの調査

3.1 調査概要

総合評価方式による発注の現状を把握するために2008年度の国土交通省発注工事について調査を行った²⁾。今回は、地方整備局ごとに環境項目を設定している工事を抽出し、それらについて分析を行った。

3.2 調査結果

各整備局の環境項目設定工事件数と地球温暖化（CO₂削減）対策設定工事件数を表-2に示す。整備局ごとにそれぞれの件数は異なるが、地球温暖化（CO₂削減）対策設定工事件数を見ると、設定していない整備局の方が多く、設定しているところでも北海道開発局を除くと件数は非常に少ない。北海道開発局は、地球温暖化（CO₂削減）対策を設定している工事は多かったが、この項目の配点はほとんどの工事で1点に設定されており、重要な項目としては扱われていなかった。図-1は、ある整備局の環境項目設定工事における評価項目と工事件数を示している。環境項目の他に本来基本的に確保されるべき品質に関する項目を設定しているものが多いことがわかる。今回、環境項目設定工事に限定して調査しているため、その他の工事を含めるとさらに多くの工事で品質に関する項目を設定していると考えられる。

図-2は、全整備局のデータについて、項目別に加算点に占める割合の幅を示したものである。どの項目にも幅があるのは当然だが、「企業の技術力」や「企業の高度な技術力」の項目は約10～100%まで差があり、同じ項目でここまで差があると、その項目に持たせている意味が明確でない。

図-3は、全整備局のデータについて、加算点のヒス

表-2 各整備局の環境項目設定工事件数と地球温暖化（CO₂削減）対策設定工事件数

	全工事件数(件)	環境項目設定工事件数(件)	地球温暖化（CO ₂ 削減）対策設定工事件数(件)
北海道開発局	2137	1042	558
東北地方整備局	1550	77	0
北陸地方整備局	1036	84	0
関東地方整備局	2471	17	0
中部地方整備局	1459	102	1
近畿地方整備局	1591	129	36
中国地方整備局	1168	185	9
四国地方整備局	679	49	0
九州地方整備局	2074	49	0
沖縄総合事務局	332	0	0

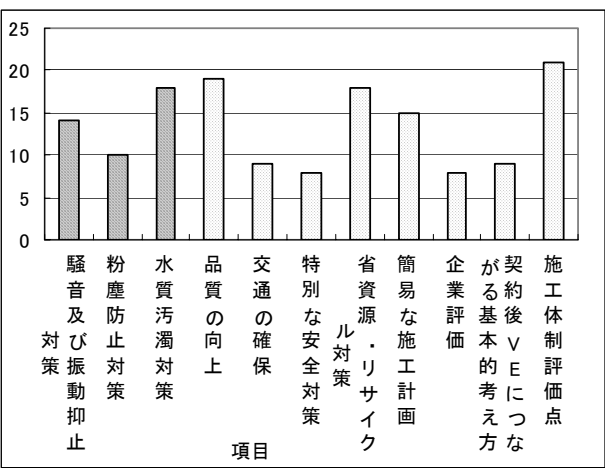


図-1 ある整備局の環境項目設定工事における各項目と工事件数（一般土木 全21件）

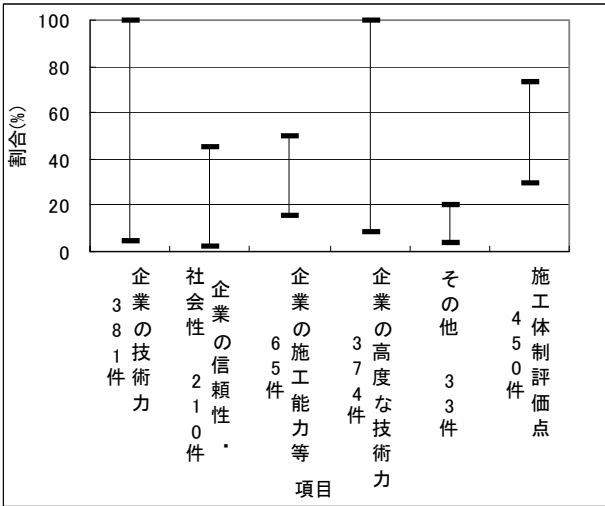


図-2 加算点に占める各項目の割合の幅（全整備局）

トグラムを示したものである。加算点の最大値の設定に大きな違いがあることがわかる。また、加算点が30点以下の実質的に評価値にほとんど影響しないような点数に設定されているものも350件近くあることがわかる。

図-4は、全整備局のデータについて、落札率（落札者の入札価格/予定価格）と落札者の加算点の関係を施工体制評価点の有無により示したものである。落札率が低く加算点も低くても落札しているものから、落札率が高く加算点も高い点数を取り落札しているものまで様々であるが、落札率が0.8～0.9で、加算点が40～70点で落札しているものが多いことがわかる。また、施工体制評価点の有無によっておおそ二分されていることがわかる。これは、全ての工事で施工体制評価点が30点に設定されており、この項目が設定されれば加算点の最大値も大きくなり、無ければ、加算点の最大値は小さくなるためである。この項目が落札に大きく影響するわけではないが、加算点の最大値に大きく影響していること

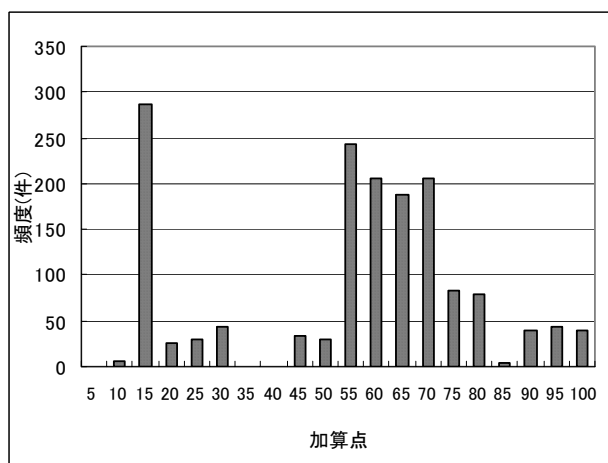


図-3 加算点のヒストグラム (全 1588 件)

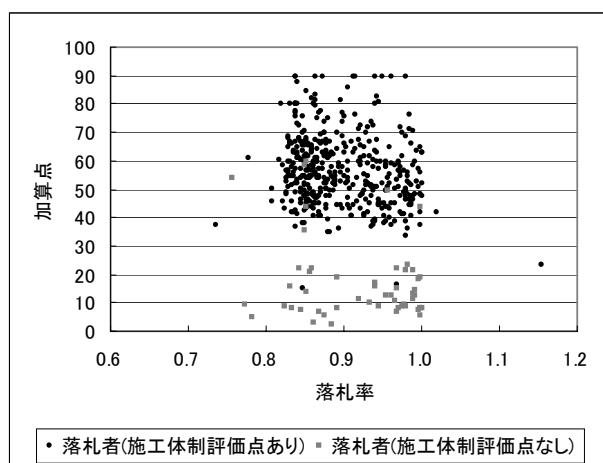


図-4 落札率と落札者の加算点の関係 (全 434 件)

がわかる。施工体制評価点が全ての工事で 30 点に設定されているのは合理的でなく、さらに多くの工事でほとんどの社に満点を与えており、実質的に意味は無いように思われる。

3.3 調査のまとめ

今回の調査から、整備局ごとに統一性がなく、加算点の最大値の設定や項目の重みの設定にかなり差があることが明らかになった。評価項目に関しては地球温暖化対策をはじめ環境項目が現時点で重要な項目として考えられていないことや本来基本的に確保されるべき品質に関する項目が重要視されていることがわかった。このため、現行の方式の評価項目を見直し、必要な項目を選定し、項目の枠組みを再構築する必要がある。

4. 新たな総合評価方式の検討

4.1 評価コンセプト

本研究では、総合評価システムのコンセプトとして「評価値のうち価格点と価格以外の加算点の割合を明確にすること」を考慮した。このコンセプトに基づいた式(3)により評価値を決定することとする。

$$\begin{aligned} \text{評価値} &= E_p + \beta \cdot E_t \\ &= \left[100 \times \left(1 - \frac{\text{入札価格}}{\text{予定価格}} \right) \right] + \beta \cdot E_t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{E_{p\max} \cdot B}{E_{t\max} \cdot A} \quad E_p: \text{価格評価点} \quad E_t: \text{技術評価点}$$

$E_{p\max}$: 価格評価点の限界値 $E_{t\max}$: 技術評価点の最大値

A : 価格評価点で考慮する割合

B : 技術評価点で考慮する割合

この式は、現行の加算方式をベースにして、技術評価点の係数として β を導入した。評価方法は、まず、価格評価点と技術評価点の割合を設定し、 β を算出する。なお、価格評価点の限界値は、現行の方式の調査基準価格

を参考にし、20 点とする。この β を用いてそれぞれの入札価格と技術評価点により評価値を算定する。

4.2 評価値の領域

本研究で開発した評価手法に関して入札率と技術評価点率（技術評価点/最大技術評価点）を変えて評価値の領域を検討した。その結果を図-5 に示す。当然ながら入札率を下げる、また、技術評価点率を大きくすると評価値も大きくなるのがわかる。また、発注者はあらかじめどれくらいの逆転を許すのかをこの図から設定して入札を行うことが可能である。例えば、8 割入札、技術評価点なしで入札した場合、価格評価と技術評価の割合(B/A)を 5:5 に設定すると、予定価格で入札しても技術評価点で満点をとれば、同じ評価値を得ることがわかる。

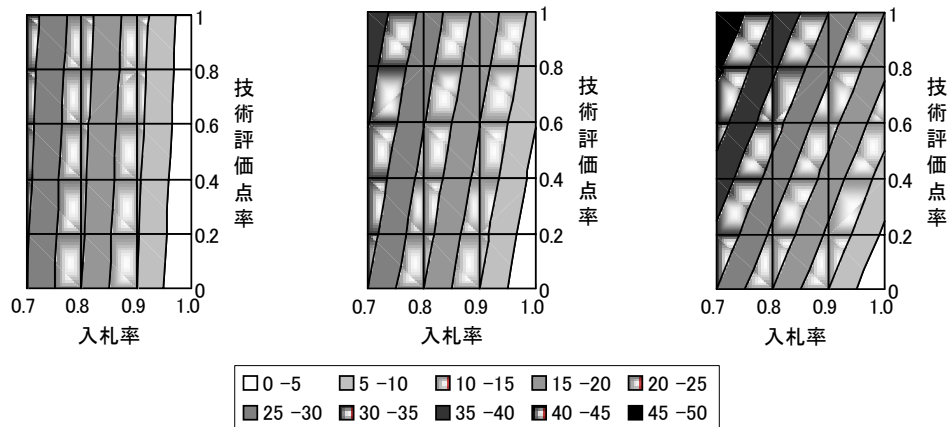
4.3 評価項目の体系化と重み付け

(1) 評価項目の体系化

前述したように、現行の方式において用いられている評価項目に関する問題点として、「環境」に関する項目が重要な項目として扱われていないこと、また、項目「工事目的物の性能および機能」は本来、工事の要求条件として示されるべきであり、要求以上の提案を要求するこ

表-3 評価項目の階層構造

大項目名	中項目名	評価方法・指標例
環境	地球温暖化	CO ₂ 排出量
	環境の維持	騒音・振動(dB)、粉塵(濃度)、水質汚濁(pH, SS値)、大気汚染(SO _x , NO _x)等
	省資源・リサイクル	資源消費量、リサイクル材の使用量等
特別な性能	耐久性等	ひび割れや環境作用に対する劣化抑制等
維持管理	維持管理費	維持管理費
社会的影響	交通の確保等	道路迂回や交通規制等



(a) $E_p: \beta E_t=9:1$

(b) $E_p: \beta E_t=7:3$

(c) $E_p: \beta E_t=5:5$

図-5 評価値の領域

とは合理的とはいえないことが挙げられる。これらの問題点を考慮し、表-3に示すような新たな枠組みを構築した。本研究では新たな枠組みとして、大項目に「環境」、「特別な性能」、「維持管理」、「社会的影響」の4項目を考慮した。なお、ここに示す「特別な性能」とは、一般的な技術で得られるものより高い性能を実現する技術提案に関する項目を意味する。さらに各大項目に対する中項目も設定した。なお、表-3には評価方法および指標例を示す。

(2) 評価項目の重み付け

本研究では、各項目間の重み付けは階層構造分析法(AHP法)を用いて行った^{3),4)}。本手法は、評価項目を階層構造として分類して定量的に評価する意志決定問題において利用されている手法である。本手法における各項目の重みの算出は、アンケートの実施結果より行う。

(3) 実構造物を対象とした重み付けの実施

(1)で設定した評価項目に対して実構造物を対象にAHP法による重み付けを行うためのアンケートを実施した。アンケートは環境関連委員会20人、発注者25人、大学院生18人を対象として行った。また、重み付けには2つの実構造物を用いた。これらの実構造物の概要を表-4に示す。これらの構造物をアンケートの対象として選定した理由は、case-1、case-2ともにコンクリート構造

表-4 重み付けに用いる実構造物の概要

case番号	構造物所在地、構造形式
case-1	徳島県海部郡山間部 5径間連続PCラーメン箱桁橋
case-2	香川県高松市 RC地下道

物の環境性能照査指針(試案)⁵⁾を参考とした既往の研究^{6),7)}による環境負荷量の算定データが存在するためである。アンケートは一対比較形式により行い、回答結果をアンケート対象の属性ごとに分類・整理した上で、回答者の属性およびケース毎の考察を行う。アンケートにより得られた重みの算出結果を表-5に示す。以下に、これらの重みに及ぼす属性および各ケースの影響について分析結果を述べる。

属性の違いを見ると、発注者の維持管理の重みはcase-1では0.439、case-2では0.321と大きく、維持管理を重視する傾向が見られ、環境関連委員会の維持管理の重みはcase-1では0.357、case-2では0.254、また、特別な性能の重みがcase-1では0.351、case-2では0.216と大きく、維持管理と同様に特別な性能も重視していることがわかる。また、発注者と大学院生は、case-2の環境項

表-5 重みの算出結果

大項目	中項目	case-1			case-2		
		環境関連委員会	発注者	大学院生	環境関連委員会	発注者	大学院生
環境	地球温暖化	0.041	0.031	0.047	0.047	0.029	0.034
	環境の維持	0.060	0.055	0.098	0.071	0.057	0.051
	省資源・リサイクル	0.046	0.052	0.061	0.058	0.043	0.053
	小計	0.148	0.139	0.206	0.176	0.130	0.138
特別な性能	耐久性等	0.351	0.238	0.215	0.216	0.190	0.192
維持管理	維持管理費	0.357	0.439	0.389	0.254	0.321	0.267
社会的影響	交通の確保	0.144	0.184	0.189	0.354	0.360	0.403

目の重みがそれぞれ 0.130, 0.138 で, case-1 の環境項目の重みはそれぞれ 0.139, 0.206 となっており, 都市部よりも山間部で環境が重要と考えている。ケースごとに違いを見ると, case-1 では, 維持管理の重みが環境関連委員会で 0.357, 発注者で 0.439, 大学院生で 0.389 と最も大きくなっており, どの属性も維持管理を重視していることがわかる。case-2 では, 社会的影響の重みが環境関連委員会で 0.354, 発注者で 0.360, 大学院生で 0.403 と最も大きくなっており, 都市部ということでもどの属性も交通の確保等の社会的影響を重視していることがわかる。また, 環境項目の重みはどちらのケース, どの属性においても最小となっている。環境の中項目については, ほとんどのケースで環境の維持, 省資源・リサイクル, 地球温暖化の順で重みが大きくなっている。地球温暖化の項目に関して言えば, 環境の項目自体の重みが小さく, さらに, 中項目の中でも重みが小さいため, 評価値にはほとんど影響してこないと言える。今回のアンケート調査の結果から, 環境関連委員会でも環境に対する影響を重要と考えていないことが明らかになった。アンケート調査に関して, 今回, それぞれのケースの CO₂ 排出量のデータを載せていなかったが, その情報を示せば, 結果も異なる可能性もあるため, 今後どのような情報が項目間の重みに影響を与えるかの検討が必要である。

5. 適用性の検証

5.1 概要

本研究において開発した手法の妥当性および重み付けの適用性を検証するために, 実際のコンクリート構造物のデータを使用してケーススタディを行った。具体的に述べると, 実構造物の発注に対する実入札価格と算定 CO₂ を除いた各項目についての仮想入札案を設定し, 開発した手法による入札について検討を行った。

5.2 評価値の算定

対象コンクリート構造物は, case-1 とする。case-1 の工事の入札価格と CO₂ 排出量のデータを基に価格評価点と技術評価点の割合を変えて検討を行った。なお, CO₂ 排出量に関しては, 前述した既往の研究により算定された値を使用した。表-6 に, case-1 の予定価格と調査基準価格を8割とした入札条件を示す。これらの条件のうち, 予定価格に関しては実際に case-1 の入札に用いられた予定価格^{8),9),10),11),12)}を足し合わせた価格を用いた。また, 最大加算点は50点と設定した。

入札には6社が参加するとし, 評価項目は, 今回, 体

表-6 入札条件

予定価格	1,252,440,000円
調査基準価格	1,001,952,000円
最大加算点	50点

系化を行ったものとした。なお, 環境の項目は, 地球温暖化に関する項目のみとした。加算点の設定に関して, A社は価格だけを下げ, 技術評価点が低い場合, C社, D社, F社は技術提案を積極的に行った社を想定している。環境項目の加算点は, まず, 実際に算定された CO₂ 排出量をE社に与え, その他を適当に設定した。さらに, 最も排出量の少ない社に加算点の満点を与え, 最も多い社に0点を与えた, その他については比例配分した。これらの加算点に前述した重みを項目ごとに乗じ, 最終的な加算点を算出した。入札価格は, case-1 の建設工事の実際の入札価格を用いた。実際に評価値の算定に使用した入札価格と CO₂ 排出量を表-7 に, 加算点を表-8 に示す。これらのデータから評価値を算定した。評価値算定結果を表-9, 表-10, 表-11 に示す。表中の下線付き数値は最大評価値を示している。

算定結果から分かるように, 価格評価と技術評価の割合を 9:1 にすると, 落札者は価格の最も低い A 社となっているが, 割合を 7:3, 5:5 と変えていくと, 価格が高くても技術評価点の影響で逆転するケースが出ている。価格評価と技術評価の割合が 5:5 の場合, 価格の最も高い F 社の評価値は価格が最も安い A 社の評価値よりも高くなっていることがわかる。このように, CO₂ 排出量が 3000t 程度のコンクリート構造物を対象にしたケーススタディを行った結果, 価格評価点と技術評価点の割合を変えていくと落札結果も大きく異なることが示された。提案式(3)では, 価格評価と技術評価の割合によって落札結果が異なるため, 発注側が工事の規模や技術提案の余地を考慮して適切な割合を設定し, 受注者や周辺住民等全ての人に納得してもらえるようにすることが重要である。

表-12 は, 今回行ったそれぞれのケーススタディで最終的な評価値のうち, 環境項目の技術評価点による点数の割合を示している。その割合は, 最大で 17.1% となっ

表-8 各社の加算点

大項目	中項目	A社	B社	C社	D社	E社	F社
環境	地球温暖化	8.3	0	41.7	50	18.3	50
特別な性能		0	25	40	50	30	50
維持管理		5	20	50	50	30	50
社会的影響		5	25	45	50	40	50

表-7 各社の入札価格と CO₂ 排出量

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
入札価格(円)	1,060,000,000	1,110,000,000	1,148,600,000	1,175,000,000	1,191,000,000	1,200,000,000
CO ₂ 排出量(t)	2900	3000	2500	2400	<u>2780.7</u>	2400

表－9 評価値算定結果 ($E_p: \beta E_t=9:1$)

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
環境関連委員会	<u>15.531</u>	12.241	10.271	8.405	6.226	6.409
発注者	<u>15.555</u>	12.233	10.315	8.405	6.249	6.409
大学院生	<u>15.570</u>	12.168	10.299	8.405	6.215	6.409

表－11 評価値算定結果 ($E_p: \beta E_t=5:5$)

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
環境関連委員会	16.861	19.183	26.108	<u>26.183</u>	16.791	24.187
発注者	17.073	19.109	<u>26.507</u>	26.183	16.993	24.187
大学院生	17.209	18.531	<u>26.364</u>	26.183	16.694	24.187

ているがほとんどが 10%以下となっており、最終的な評価値にほとんど影響しない結果となった。

6. 結論

- (1) 総合評価落札方式による国土交通省発注工事の現状を調査した結果、本来確保されるべき品質等の要求が重視されており、地球温暖化をはじめとする環境の項目が現時点で重要な項目として扱われていないことが明らかとなった。また、整備局ごとに統一性がなく、加算点の最大値の設定や加算点に占める各項目の割合にかなりの差があることが明らかとなった。
- (2) 総合評価落札方式の合理的なコンセプトとして、「評価値のうち価格点と価格以外の加算点の割合を明確にすること」を提案し、そのコンセプトに基づく新たな式で評価値を算定すれば、発注者があらかじめどれくらいの逆転を許すかを想定することが可能であることが明らかとなった。
- (3) 総合評価落札方式において用いられる評価項目についての新たな枠組みを構築し、コンクリート構造物を対象に AHP 法により各項目の重み付けを行った結果、発注者は維持管理を、環境関連委員会は維持管理と特別な性能を重要と考えていることが明らかとなった。また、環境項目は、環境関連委員会でもあまり重要と考えていないことも明らかとなった。
- (4) 新たなコンセプトによる評価値算定式を導入して CO₂ 排出量が 3000t 程度のコンクリート構造物を対象にしたケーススタディを行った結果、価格評価点と技術評価点の割合に依存して落札結果が大きく異なることが明らかになった。

参考文献

- 1) 公共工事における総合評価方式活用検討委員会：公共工事における総合評価方式活用検討委員会報

表－10 評価値算定結果 ($E_p: \beta E_t=7:3$)

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
環境関連委員会	<u>16.006</u>	14.720	15.927	14.755	9.999	12.758
発注者	16.097	14.689	<u>16.098</u>	14.755	10.086	12.758
大学院生	<u>16.156</u>	14.441	16.036	14.755	9.958	12.758

表－12 各ケースの評価値に占める
環境項目による点数の割合

		A社	B社	C社	D社	E社	F社
$E_p:\beta E_t=9:1$	環境関連委員会(%)	0.4	0	2.7	3.9	1.9	5.1
	発注者(%)	0.3	0	2.5	3.7	1.8	4.8
	大学院生(%)	0.5	0	3.7	5.5	2.7	7.2
$E_p:\beta E_t=7:3$	環境関連委員会(%)	1.3	0	6.6	8.6	4.6	9.9
	発注者(%)	1.2	0	6.2	8.1	4.3	9.3
	大学院生(%)	1.8	0	9.2	12.0	6.5	13.9
$E_p:\beta E_t=5:5$	環境関連委員会(%)	2.9	0	9.4	11.3	6.4	12.2
	発注者(%)	2.7	0	8.7	10.6	6.0	11.5
	大学院生(%)	4.0	0	13.0	15.8	9.0	17.1

告,

<http://www.nilim.go.jp/lab/peg/siryousougou/iinkai/h18sougou-chuukan01.pdf>

- 2) 国土交通省：入札情報サービス
<http://www.i-ppi.jp/Search/Web/Index.htm>
- 3) 木下栄蔵，大野栄治：AHP 法とコンジョイント分析，現代数学社，2004
- 4) 高萩栄一郎，中島信之：EXCEL で学ぶ AHP 入門，オーム社，2005
- 5) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案），コンクリートライブラリー125，2005
- 6) 土井雄生，堺孝司，草薙悟志，入谷祥王：PC・鋼橋比較設計における環境負荷評価と環境負荷低減の総合評価落札方式への適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.2, pp. 1573-1578，2009
- 7) 小嶋克宏，堺孝司，入谷祥王，草薙悟志：交通渋滞道路における地下道および鉄道高架橋建設による環境便益，コンクリート工学年次論文集，Vol.28, No.2, pp. 1645-1650，2006
- 8) 平成 14 年度木岐高架橋下部(P4-A2)工事に係る入札調書及び契約台帳
- 9) 平成 16 年度木岐高架橋下部工事に係る入札調書及び契約台帳
- 10) 平成 16-17 年度木岐高架橋上部工事に係る入札調書及び契約台帳
- 11) 平成 17-18 年度木岐高架橋・喜多地川橋下部工事に係る入札調書及び契約台帳
- 12) 平成 17-18 年度木岐高架橋上部工事に係る入札調書及び契約