

シンガポールにおける建設産業の設計・施工性 評価制度に関する調査

鈴木 宏幸¹・市村 靖光²・関 健太郎¹

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）

E-mail: suzuki-h92de@mlit.go.jp

E-mail: seki-k263@mlit.go.jp

²非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）

E-mail: ichimura-y92pi@mlit.go.jp

日本における生産年齢人口の減少は続いており、建設業界においても技能労働者、国、地方公共団体の技術系職員もまた減少している。国土交通省は働き方改革に取り組むと共に、i-Constructionを推進することで、建設現場における施工の労働生産性向上や品質管理の高度化等を進めている。

それらの新技術を現場に導入していくためには、現場における監督・検査時においても、導入される技術に応じて、技術基準や制度面も対応していくことが求められる。

海外においてもBIM（Building Information Modeling）等を活用した先進的な取り組みが進められており、本研究では建設現場の生産性向上に資する情報を得るために、諸外国の建設産業関連の制度に関する調査を実施している。本報ではBIM等の活用を積極的に導入しているシンガポールにおいて、生産性向上を目的とした建築物等の設計、施工性を数値化し、定量的に評価する制度について調査した結果を報告する。

Key Words : SINGAPORE, Buildable Design Score, Constructability Score, i-Construction,

1. はじめに

日本における生産年齢人口の減少は続いており¹⁾、建設業界においても技能労働者、国、地方公共団体の技術系職員もまた減少している。国土交通省は中長期的な担い手を確保するために、長時間労働の是正や週休2日の推進等、働き方改革に取り組むと共に、i-Constructionを推進²⁾することで、新たな技術を活用した、建設現場における施工の労働生産性向上や品質管理の高度化等を進めている。

また、それらの新技術を現場に導入していくためには、現場における監督・検査時においても、導入される技術に応じて、技術基準や制度面も対応していくことが求められる。

海外の建設産業に目を向けると、既に新技術等の導入による生産性向上、現場の省力化に取り組んでいる事例があり、中でもシンガポールは政府主導でBIM（Building Information Modeling）や新技術の導入に積極的に取り組んでいる。また特徴的な制度として、建設産業における設計や施工時の取り組みを数値（スコア）化し、定量的な評価を実施している。本報ではその評価制度について調査した結果を報告する。

2. シンガポールの建設産業と制度

シンガポールがBIMや省力化技術等を推進する背景に、外国人労働者への依存からの脱却がある。シンガポールは建国以降、高度人材、非高度人材の受け入れ制度の違いはあれど、積極的に外国人労働者を受け入れることで発展してきた。しかし2000年代後半になると、経済的な成熟期に入ったことによる経済成長率の鈍化や、国内人材の雇用確保等を背景として、外国人労働者の受け入れを抑制する方向へ舵を切った³⁾。その取り組みとして、外国人労働者を雇用する企業へ課せられる外国人雇用税（Foreign Worker Levy）の増税や、雇用者数の総量規制等雇用面での取り組みのほか、BIMの導入や新技術を活用し、建設現場における工事を簡便化・省力化することによる、生産性向上を推進する施策が上げられる。

シンガポールの建設行政を担当するBCA（Building and Construction Authority：建築建設庁）は、BIMを推進するために様々な施策を実施している。シンガポールでは2009年頃から建築申請時にBIMによる電子申請を導入しており、2015年には5,000㎡以上の建築申請において、意匠・構造・設備のBIMデータの提出が義務づけられている⁴⁾。またBIMの導入にあたっては資金面の支援も実施

表-1 Buildability を伴う設計の基本原則

①標準化 (Standardization)	グリッド、部品・部材、接続詳細部位の反復性
②単純化 (Simplicity)	複雑性を排除した建物等の建設システム及び設置
③単一的統合性 (Single integrated elements)	別工場等にて事前組立て (プレハブ) される関連部品・部材をひとつのエレメントにまとめ、現場でその設置作業を遂行する

されており、BIM ソフトウェア、ハードウェアの購入費のほか、BIMのスペシャリストを教育するための費用の補助も実施している⁹⁾。またBCAが実施している施策の一つに建築物の各種表彰制度があり、環境への配慮を取り入れた建築物や、ユニバーサルデザインにて設計された建築物、高度な技術を要する施工条件時において安全に配慮して設計した設計者、また最新技術の導入や、CONQUAS (Construction Quality Assessment System) と呼ばれる工物品質評価システムで高得点を獲得したプロジェクト等が表彰の対象となっている⁹⁾。

このようにBCAでは様々な施策を実施しているが、特徴的な評価制度として、建築物の設計時における建設の容易さ等を数値化して評価するBuildable Design Score (B-Score) と、建設時の施工性を数値化して評価するConstructability Score (C-Score) という制度がある。

B-Scoreは、開発者、建築士、技師および建設会社の責任においてこれを算出し、BCAの定めた必要最低限のスコアが獲得されない場合、建築許可申請が認可に至らない仕組みとなっている。C-Scoreもまた同様に、BCAの定める必要最低限のスコアを獲得できないと工事の着工申請が認可されない。この制度によって、シンガポールでは簡便性・省力性に優れた設計や、高い労働効率性を伴う技術・手法の導入等が推進されている。

3. B-ScoreとC-Scoreによる評価

(1) B-Scoreによる評価

シンガポールでは建設事業の生産性を高める取り組みで、2001年にCode of Practice on Buildability (現行は2017 Edition)⁹⁾を作成し、建設規制関連の法・規則として「Buildability」の義務を課した。Buildabilityの概念は以来、シンガポール国内における建設プロジェクトの推進に関わる重要キーワードの一つとして定着してきた。

BCAによると、Buildabilityは「その設計が建設の容易さを促進する程度、及びその建設技術とプロセスの導入が建築工事の生産性レベルに影響を与える程度」と定義されている。具体にはBCAが定めている基本3原則(表-1)に則り、設計段階で想定可能な範囲で、省力化に関わる技術・手法を導入している程度であり、この程度を数値化し、定量化したものがB-Scoreである。

B-Scoreは建築面積2,000㎡以上の建築物を対象として、表-2に示す式にもとづき点数化される。上部構造設計時

表-2 B-Scoreの評価項目 (合計 110 スコア)

a) 構造システム関連スコア	45
b) 壁 (wall) システム関連スコア	45
c) その他属性スコア	20

表-3 C-Scoreの評価項目 (合計 120 スコア)

a) 構造に関わるシステム	60
b) 建設/建築、機械、電機及び配管システム	50
c) 効率的な施工技術の導入・実施	10

におけるB-Scoreの必要最低限のスコアは、施工する建物、工事によって設定されており⁷⁾、例えば敷地面積が2,000㎡~5,000㎡の学校であれば77点以上といった、施設の規模や用途に応じて設定(73~90点)される。また基礎工事に関しては、規模や用途を問わず68点以上が必要とされている。

このB-Scoreが高いほど、実際の現場での労働効率性ならびに労働生産性が向上するものとみなされることから、B-Scoreの設置以降、設定された下限値はこれまで段階的に引き上げられてきている。

(2) C-Scoreによる評価

建設現場での施工時においても、省力的な建設技術・手法を導入することが建設事業者に求められている。

一般に実際の建設現場において省力性や効率性を目指す技術・手法をどの程度取り入れているかを示す用語として、「施工性」が用いられる。シンガポールでもCode of Practice on Buildabilityにおいて、「施工性評価制度 (CAS) に準拠して算出される、施工性に関わるスコア」と定義され、これを数値化したものがC-Scoreである。

シンガポールでは2011年以降、建築面積5,000㎡以上のプロジェクトに関わる建設事業者は、建設技術・手法、工程等についてC-Scoreの算出と提出がBCAによって義務付けられている。C-Scoreは、システム型枠の使用や安全性と効率性に配慮した足場の使用といった、労働効率の高い技術や工期短縮に資する取り組み等に対して配点が付与され、その総計が点数化される(表-3)。

このC-Scoreが高いほど、実際の現場における省力化、工期短縮等に繋がりと解釈される。C-Scoreにも最低限必要なスコアが定められており(延床面積25,000㎡までは50点、それ以上は60点)、その点数もまたB-Scoreと同様に、導入以来引き上げ傾向にある。

(3) C-Scoreによる施工現場の省力化や新技術の導入による加点

本報では比較的土木分野と関わりの深いC-Scoreの評価項目のうち、省力化や新技術の導入による加点箇所について示す。

C-Scoreは表-3に示す通り120点が最高点となるが、項目によって付与される配点に上限が設けられていないものがあり、省力化や新技術の導入によってより加点されやすい仕組みとなっている。この仕組みによって各項目で省力化、新技術の導入をより大きく評価することが可能となるため、生産性向上につながる新技術の積極的な導入が図られていると考えられる。

a) 構造に係るシステム

構造に係るシステムの配点は60点となっており、その内訳は表4のとおりである。①の外部足場については、外部足場を組まない、あるいはBCAによる規定技術⁹⁾である自動昇降式足場やクレーン式足場等を採用すると14～15点の配点が与えられることに対し、従来型の足場を組む手法を使用した場合の配点は1点となる(図-1)。

②の型枠についても考え方は同様で、壁部、床部にそれぞれ15点が配点されているが、BCAによる規定技術のプレキャストによる型枠の不使用、システム型枠を使用する場合は8～15点が加点され、従来式の型枠を使用する場合は配点が低い(1点)ものとなっている。

シンガポールの生コンクリート事情に関しては、骨材は全て輸入に頼る⁹⁾という状況であるものの、国土の小ささがプレキャスト工場から現場への運搬距離が短くて済むという利点となって作用し、プレキャストを使用しやすい環境にあると推測される。

外部足場と型枠の点数計算においては、使用する割合によって配点が変わる仕組みとなっている。例えば外部足場において、従来式の足場(1点)を4割、自動昇降式足場(15点)を6割の比率で採用した場合、 $(1 \times 0.4) + (15 \times 0.6) = 9.4$ 点が加点されることになる。

③の構造に革新性を伴う手法、システム、プロセス、設備及び機器においては、BCAによる規定技術である高流動コンクリートの使用(構造物コンクリート中の5%以上採用で2点)や、タワークレーンの採用(1回の利用で3点)等で加点されるが、BCAで「規定されていない」革新性を伴う手法、システム、プロセス、設備及び機器を使用し、かつ労働効率の改善等に影響が大きいと評価された場合、最大点の規定無く加点される。

b) 建設/建築、機械、電機及び配管システム造に係るシステム

建物内部の設備に関する配点50点のうち、内装仕上げや配管設備において、仕上げを考慮した上で、より簡略化、省力化された工法を採用することで最大25点が与えられる。残りの25点は革新性を伴う手法、システム、プ

表-4 構造に係るシステムの配点内訳 (60点中)

構造に係るシステム	配点
①外部足場等に係るシステム	15
②型枠に係るシステム	30
③構造に革新性を伴う手法、システム、プロセス、設備及び機器	15



図-1 自動昇降式足場(左)と従来型の外部足場(右)⁹⁾

ロセス、設備及び機材を採用した際に加点され、BCAによる規定技術のほか、規定されていない技術についても効果が認められれば加点される仕組みとなっている。

c) 効率的な施工技術の導入・実施

本項目の配点10点については、適切な労働者管理、作業マニュアルの整備等の取り組みを実施することで加点され、特にBIMを活用(設備、構造及び建築部材の不一致の確認や設備関連、建築施工図及び構造図の作成)することによって5点が配点される仕組みとなっている。

(4) B-ScoreとC-Scoreによる評価と活用

B-ScoreとC-Scoreは、そのプロジェクトの設計を担当した事務所や施工を担当した建設会社の評価軸としても用いられている。

表-5にB-ScoreとC-Scoreによる評価概要を改めて示す。表中、指標欄のBS Index (Buildable-Design Score Index)¹⁰⁾とは、各設計事務所等が保有するB-Scoreのうち、直近5件、過去3年以内のB-Scoreをもとに算出されるもので、これが設計事務所等の評価点となる。

CS Index (Constructability Score Index)¹⁰⁾は過去3年間、直近5件のC-Scoreから算出されるもので、施工を担当した建設会社等の評価点となる。これらの結果はBCA主導の制度取り組み推進活動の一環として公表されており、リストには日本の企業も名を連ねている¹¹⁾。

4. おわりに

日本においてはB-ScoreとC-Scoreほどの詳細なスコア化までは無いが、土木構造物設計ガイドラインの改訂¹²⁾や、BIM/CIMポータルサイト【試行版】¹³⁾を開設することで、部材のプレキャスト化や新技術/工法の活用等、i-Constructionの推進を図っている。

今後は実際にシンガポールで工事等を受注している企業へヒアリング等を含めた実事例の調査によって、B-Score

表-5 B-ScoreとC-Scoreによる評価概要

区分	対象領域	対象物件		関係者 *アゲラインが主体	評価項目	指標	目的
		用途	規模				
ビルダビリティ	設計	建築全般 (駅舎、 変電所等 も含む)	2,000㎡ 以上	開発者、建築士、技 師および建設会社	①構造、②壁 ③その他設備等	B-Score BSIndex	・建設許可 ・設計事務所評価
施工性	実際の現場		5,000㎡ 以上	建設会社、 開発者	①構造、②建築、 機械、電気、配管 ③優れた業界慣行	C-Score CSIndex	・工事着工許可 ・建設会社評価

oreとC-Score, BS指数やCS指数の取得状況や受注契約形態等の情報の充足を図る。また施工性と価格の関係としてPQM (Price Quality Method) 制度や、職業訓練制度 (Skill Future) 等についても調査を進め、日本のi-Constructionの推進による生産性向上に資する知見の取得が望まれる。

参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計），http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp
- 2) 国土交通省：i-Construction，<http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>
- 3) 独立行政法人労働政策研究・研修機構：諸外国における外国人受け入れ制度-非高度人材の位置づけ—イギリス、ドイツ、フランス、アメリカ、韓国、台湾、シンガポール-、JILPT資料シリーズNo.207, 2018.9
- 4) 平尾卓也, 荒川延夫：シンガポールにおけるBIMの現状と将来展望, NTTファシリティーズ総研レポート, pp.100-103, No.26, 2015.6
- 5) 小泉博義：シンガポールの戦略的建設行政, OKAJI, pp25-28, 2010.6&7
- 6) BCA : Code of Practice on Buildability, <https://www.bca.gov.sg/BuildableDesign/cop2011.html>
- 7) BCA : AMENDMENTS TO BUILDING CONTROL (BUILDABILITY) REGULATIONS TO FURTHER RAISE CONSTRUCTION PRODUCTIVITY, <https://www.corenet.gov.sg/einfo/Uploads/Circular/CESS141031.pdf>
- 8) BCA : Buildable Design, <https://www.bca.gov.sg/BuildableDesign/briefing2011.html>
- 9) 魚本健人, 信田佳延, 山田一夫：世界で使用されているコンクリート材料と技術の現状-コンクリート材料並びに関連規格の国際調査研究委員会報告から-：コンクリート工学, pp54-62, 49巻2号, 2011
- 10) BCA : https://www.bca.gov.sg/procurement/productivity_BSIndex.html 及び https://www.bca.gov.sg/procurement/productivity_CSIndex.html
- 11) BCA : LIST OF BUILDERS AND THEIR CONSTRUCTION ABILITY SCORE INDEX FOR THE MONTH OF JAN 2019, https://www.bca.gov.sg/BuildableDesign/others/BuilderCSIndex_Jan2019.pdf
- 12) 国土交通省：土木構造物設計ガイドライン, <http://www.mlit.go.jp/common/001285058.pdf>
- 13) 国土交通省：BIM/CIMポータルサイト, <http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimindex.html>

(2019.10.21 受付)

Investigation of the design and workability evaluation system for the construction industry in Singapore

Hiroyuki SUZUKI, Yasumitsu ICHIMURA and Kentaro SEKI

The working age population in Japan continues to decline. In the construction industry, the number of skilled workers, national and local government technical staff is also decreasing.

MLIT is working to improve working conditions. In addition, by promoting i-Construction, we are improving labor productivity and improving quality control in construction sites using advanced technology.

In addition, in order to introduce these new technologies on site, it is necessary to correspond to the technical standards and systems at the time of on-site supervision.

Advanced measures such as the use of BIM (Building Information Modeling) are also being promoted overseas. Therefore also implementing investigations of the systems related to the construction industry in each country, in order to obtain information that will contribute to the improvement of productivity in construction sites. This document reports the results of an investigation conducted of the system used to quantify and quantitatively evaluate the design and workability of civil engineering and constructions in Singapore, where there has been an active introduction of the utilization of BIM and other techniques.