

(I-11)

地球環境対応設計システムの構築について

Study on the Design System Development for the Global Environment

㈱熊谷組 ○羽 深 久 夫*
伊 土 晋 平*
藤 原 健*

By Hisao HABUKA, Shimpei IDO, Takeshi FUJIWARA

建設業における地球環境問題は、広義には製造業者が主体である建設資材の製造段階から建設業者が主体である企画、計画、設計、施工、維持管理、その他事業者が関連する運用、修繕、解体までの建設行為に全般に関わっている。

建設業との関係において主要問題である地球温暖化の対策である二酸化炭素削減をはじめ地球環境問題の9課題に対して、建設対象のライフサイクルでの発生エネルギーの低減、エネルギー効率の向上等をめざす建設技術の開発、設計システムが求められている。

本研究は、地球環境問題に有効な設計システムの構築をめざし、建設資材の製造から運用、解体までの建設物のライフサイクルスパンを対象として発生エネルギーの低減とエネルギーの効率利用に効果があり、人間、自然（地球）、建築物（都市）と共生可能な設計手法を確立するための基礎段階として、品質保証に基づいた設計段階での作業実施事項に項における留意点を明確にした設計ガイドラインの製作プロセスとその課題を明らかにするものである。

【キーワード】地球環境問題、ライフサイクル、品質保証、設計ガイドライン

1. はじめに

現在の地球環境問題は、国連環境開発会議が挙げた、①地球温暖化、②オゾン層破壊、③酸性雨、④砂漠化、⑤熱帯雨林の減少、⑥海洋汚染、⑦有害廃棄物の越境移動、⑧野生生物種の減少、⑨開発途上国の公害問題、の9つの問題点に基づいて論じられている。建設活動においては、広義には製造業者が主体である建設資材の製造から、建設業者が主体である企画、計画、設計、施工、維持管理、その他事業者が関連する運用、修繕、解体までの建設行為全般に関わっている。その主要な問題は、

①地球温暖化

建設資材・部位・設備の生産から施工の段階のCO₂の発生量の削減、建設後の運用段階でのエネルギー消費量の削減を検討

②オゾン層破壊

冷暖房用熱源の熱媒や断熱材の発泡剤のフロン、消化剤のハロン等のオゾン層破壊物質の発生量の削減を検討

③熱帯雨林の減少

コンクリート型枠材としての南洋材の消費量の削減を検討

④途上国の公害問題

海外工事における低環境基準での環境負荷発生量の削減、野生生物生活圏への影響の配慮を検討

⑤産業廃棄物問題

建設廃棄物の自然破壊、河川・海洋汚染への影響の低減、廃棄物の処理・処分方法と再資源化方法を検討

⑥酸性雨

窒素酸化物、硫黄酸化物による建設物への被害の低減、耐久年限の向上を検討

*設計本部設計技術部技術課

03-3235-8620

⑦砂漠化

開発・造成による森林伐採の防止と緑化促進を検討

であり、それぞれの問題に対して建設業としての対応策が求められている（注1）。

本稿では、建設行為の企画、計画を含めた設計段階における品質保証体系に基づく作業実施事項に即した、地球環境問題に対応可能な検討項目を内容とするガイドラインの作成を行う。

2. 作業実施事項の整理と地球環境対応設計ガイドラインの作成

意匠設計・設備設計・構造設計および土木設計の各設計部門で行われる設計作業において、地球環境に配慮した設計を方向づけるために、設計作業の洗い出しを目的とする作業実施事項の整理とガイドラインの作成の概要を述べる。

設計作業実施事項については、まず各設計部門ごとの品質保証体系に基づく作業実施事項を検討して、各部門ごとの関連事項の調整は次のステップの課題とした。地球環境対応設計ガイドラインについても同様に考え、各設計部門ごとに作成した。このガイドラインは、品質保証体系におけるデザインレビューの品質項目として加えられるものである。

土木設計部門は、建築設計部門と比較して設備設計、構造設計という区分では十分でないため、今回は意匠設計部門の項目に含め、検討の試みを行っている。

2-1. 意匠設計

意匠設計は、品質保証体系において設計作業を総括する機能があり、設備設計・構造設計を含んで示される場合が多い。そのため、作業実施事項の項目には設備設計・構造設計・土木設計の内容を含めて整理し、その項目ごとに地球環境対応設計の留意点の抽出を行った。また、設計後の施工関連作業も一連の設計作業項目と考え、作業実施事項の項目に含めて検討を行った。

作業実施事項は基本計画・基本設計・実施設計という作業フローでは対象建設物の使用用途による影響は少ないが、その項目は使用用途により差異があるので、できるだけその影響を少なくするように基

本事項の整理を行ったものが図1である。図1に示されている作業実施事項は、基本計画・基本設計・実施設計の作業フローに従い項目ごとの検討内容が細分化され、詳細となる。

この項目ごとに地球環境対応設計に対する留意点の整理を行うが、はじめに主要な地球環境問題に対する対応策を念頭に置かなければならない。主要な対応策は既に多く指摘されているが（注2）、地球環境問題に密接な関係があるものを重要と考え整理を進め、派生する対応策は順次加えることとした。その主な対応策は、以下が考えられる。

①省エネルギー設計

（自然エネルギー、代替エネルギーを含む）

②省資源設計

（型枠材としての南洋材利用の見直し、コンクリート・鉄材の使用の見直しを含む）

③リサイクル設計

（副産物・廃棄物の再資源化を含む）

④緑化設計

（外構の植栽、屋上緑化を含む）

この4つの対応設計を踏まえ、各作業実施事項の項目ごとに、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、砂漠化、熱帯雨林の減少、海洋汚染等の地球環境問題との関係を明示しながら留意点の整理を行った。具体的には、基本計画における施設計画の項目では、省エネルギー設計として、

- ・方位・風向・日照を検討した建物配置と、通風・日照を検討した緑化による配置計画
- ・採光・換気・断熱を検討した諸室配置（コア配置等）による平面計画
- ・採光・換気・断熱を検討した開口部意匠（出入口、窓等）と、断熱を検討した外壁意匠（庇、バルコニー等）による立面計画
- ・断熱を検討した2重スラブ・2重壁、屋上庭園による断面計画

等が挙げられる。省エネルギー設計以外の省資源設計、リサイクル設計、緑化設計についても留意する点の整理を行う。留意点の内容は、基本計画の後工程にある基本設計・実施設計の段階では設計条件上での制約が考えられるが、順次その内容が詳細となり、仕様や部材性能のレベルまで言及する必要が生じ、ここで標準設計仕様との関係づけが行われる。

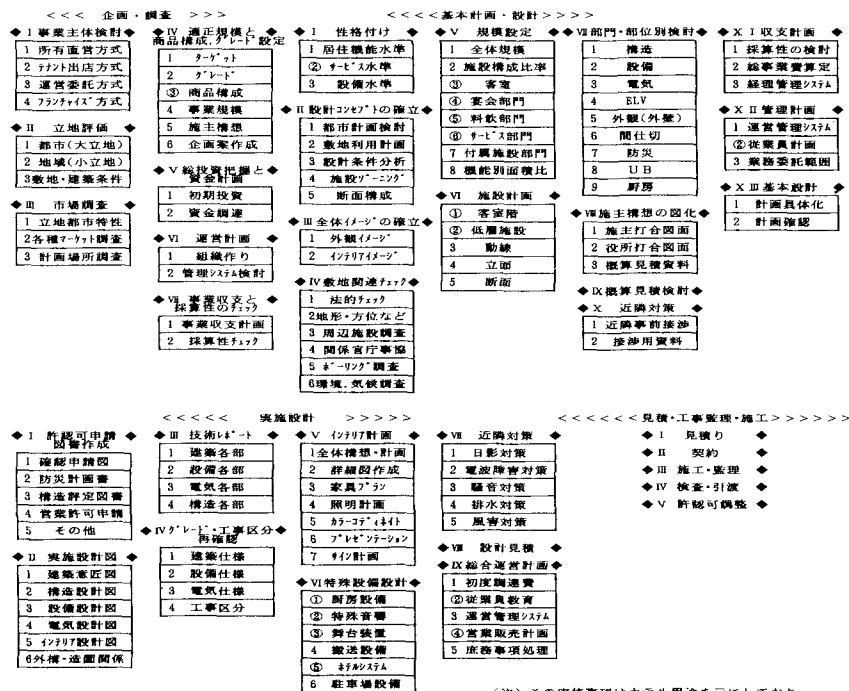


図 1 意匠設計作業実施事項

2-2. 設備設計

建築物にかかわる炭素排出量は構築時が31%であるのに対し、運用段階での比率が65%と倍以上となっている(注2)。したがって地球環境対応設計における設備設計の比重は大きいと考えられる。設備設計の実施作業項目をおおまかに整理したものが図2で、この中で地球環境を考慮すべき項目を探していくことになる。基本計画・設計では熱源システムの組み方・制御方法等のソフト的な項目、実施設計ではそれに加えて材質等のハード的な項目の考察も多くなると思われる。

基本計画・設計の段階において、衛生設備では給湯システム、空調設備ではシステム構成・操作性といった検討項目に地球環境対応設計が大きく関わってくる。一例として空調設備検討の中のシステム構成の一部を示す(表1)。ここでいう熱源機のエネルギー効率を表す成績係数(COP)は、機器単体でのものではなく、一次エネルギーに対するものでなければならない。つまり、常に地球環境レベルの視野に立った考察が必要である。また防災設備については、建築基準法・消防法により規定され、安全性を最優先しなければならない設備なので地球環境

対応を考慮する余地は少なくなってくる。ただしハロン消火設備はフロン規制により使用はできない。

実施設計の段階においては、衛生設備・空調設備とも機器容量の決定でより無駄のない設計が要求される。特にポンプ・ファンの容量は、搬送動力が全体のエネルギー消費に占める割合が高いため重要である。したがって配管・ダクトのサイズや納まりの検討では、なるべく短く抵抗が少ないようにしなければならない。これにはパイプスペース・天井内スペースといった意匠設計の協力も必要である。簡潔な配管計画、ダクト計画は施工時のエネルギーを低減するという効果も期待できる。また台数制御・インバーター制御などの自動制御による搬送動力の低減も十分に検討されなければならない。

空調機設計では、立ち上がり時の外気カットや外気冷房のようなよく使われる省エネ対策、床吹き出しや輻射冷暖房のような新しい技術の導入、あるいは今までにない最先端の空調システムの提案などが積極的に行われなければならないだろう。その他配管や機器などの材質はライフサイクルの視点から考察を行い、エネルギー消費の最も少ないものを選ぶように努めることが大切である。

<<<< 基本計画 >>>> <<<< 基本設計 >>>> <<<<< 実施設計 >>>>>

◆Ⅰ役所打ち合せ◆	◆Ⅳ衛生設備検討◆	◆Ⅶ衛生ス ^ハ ース検討◆	◆Ⅰ衛生詳細計算◆	◆Ⅳ衛生納り検討◆
1 上水道局	1 給排水量計算	1 各種機械室	1 給湯熱源容量	1 各種機械室
2 行政庁	2 給湯システム	2 PS	2 配管サイズ	2 PS
3 ガス電力会社	3 コスト	3 屋上屋外機器	3 ポンプ揚程	3 屋上屋外機器
4 保健所	4 配管ルート			4 梁貫通スリーブ
5 消防署				
◆Ⅱ施工打ち合せ◆	◆Ⅴ空調設備検討◆	◆Ⅷ空調ス ^ハ ース検討◆	◆Ⅱ空調詳細計算◆	◆Ⅴ空調納り検討◆
1 要求事項	1 概算負荷計算	1 各種機械室	1 負荷・換気量	1 各種機械室
	2 システム構成	2 PS・DS	2 熱源容量	2 PS・DS
	3 操作性	3 ガラリサイズ	3 配管 ^ダ 外サイズ	3 ガラリサイズ
	4 コスト	4 屋上屋外機器	4 ポンプ ^ダ ファン容量	4 各室詳細 ^ダ 外
	5 換気量計算		5 空調機設計	5 屋上屋外機器
	6 配管 ^ダ 外ルート		6 吹出吸込設計	6 梁貫通スリーブ
◆Ⅲ現地調査◆	◆Ⅵ防災設備検討◆	◆Ⅸ防災ス ^ハ ース検討◆	◆Ⅲ防災詳細計算◆	◆Ⅵ防災納り検討◆
1 敷地状況	1 設置義務調査	1 各種機械室	1 配管 ^ダ 外サイズ	1 各種機械室
2 隣地状況	2 消火容量計算	2 PS・DS	2 ポンプ ^ダ ファン容量	2 PS・DS
	3 排煙量計算	3 ガラリサイズ		3 屋上屋外機器
	4 配管 ^ダ 外ルート	4 屋上屋外機器		4 各室詳細 ^ダ 外
				5 梁貫通スリーブ

図 2 設備設計作業実施事項

地球環境対応設計ガイドライン		作成日	平成4年10月9日
STAGE	基本計画 V-2	大項目	空調設備検討 システム構成
設計項目	留 意 点	出 典	
燃料の選択	・CO₂排出量の低いものとする 電気(原子力) --- 0.00 kg/Mcal 電気(水力) --- 0.00 kg/Mcal 電気(石油火力) --- 0.73~0.90 kg/Mcal 電気(ガス火力) --- 0.45~0.76 kg/Mcal 電気(石炭火力) --- 0.94~1.08 kg/Mcal 都市ガス --- 0.22~0.25 kg/Mcal 灯油 --- 0.26~0.28 kg/Mcal A重油 --- 0.27~0.29 kg/Mcal B重油 --- 0.29~0.30 kg/Mcal C重油 --- 0.30~0.31 kg/Mcal ・有害物質量の少ないものとする 都市ガス --- NOx 0.0552 cc/kcal 灯油 --- NOx 0.0946 cc/kcal A重油 --- NOx 0.1262 cc/kcal B重油 --- NOx 0.2523 cc/kcal C重油 --- NOx 0.2839 cc/kcal	食住: 建築設備システムのCO₂放出量に関する検討-その2、日本建築学会学術調査報告集、1991.9 高尾熱工所F.T.ボイラカタログ	
熱源機の選択	・一次エネルギーCOPの高いものを使う 往復式冷凍機 COP=1.12 スクリー式冷凍機 1.16 ターボ式冷凍機 1.26 単相用往復式冷凍機 0.50 二重相用往復式冷凍機 1.11 ガス焚き冷暖水発生機 0.83 往復式ヒートポンプ(冷房) 1.00 (暖房) 2.10 スクリー式ヒートポンプ(冷房) 1.20 (暖房) 1.70 ターボ式ヒートポンプ(冷房) 1.20 (暖房) 2.40	井上: 空調ハンドブック、1982 P231	

表 1 地球環境対応設計ガイドライン(設備編)

2-3. 構造設計

構造設計における実施作業項目および検討事項は、おおむね図3に示す通りである。この実施作業項目より地球環境対応設計上の留意点を抽出していくわけだが、今回は建設省における熱帯雨林資源保全のための合版製型枠の利用合理化の推進(注3)に合わせ、1)ノン型枠化、2)型枠の節減化、3)代替型枠の利用の観点で項目を抜きだした。

まず1)ノン型枠化で抜き出されるのが型枠を使わない構造種の利用で、Ⅰ、Ⅱ構造種別・形式のRC・SRC造を除く各種構造への転換であろう。2)型枠の節減化については、Ⅱ構造形式の混合・合成構造による省資源・省力化またはPCa化、PCa複合化構・工法によるプレファブ化、Ⅶ仮定断面の決定時の柱・梁断面のモジュール化・標準化などがあげられる。3)代替型枠の利用は、主に施工上での経済性に重きをおかれている。

次に表2に一例として混合構造およびPCa複合化構・工法を項目としてあげ留意点を考える。

混合構造（注4）とは、個々の部材の特性に応じた構造形式を使い合理化することによって省資源な構造物を与えるものである。従来でもSRC造では、梁をS造にすることによって大スパン化や軽量化を可能にしてきた。一口に混合構造といっても範囲は広くその分類法も様々である。しかしいずれも異種構造間の力の伝達への配慮が問題であり、ここでは力学的分類に従って項目・留意点をあげてみた。

PCa複合化構・工法（注5）とは、木7版に代表されるハーフPCa化部材の使用により在来工法との組み合わせを可能にし、施工時の納まりの調整の容易さやコンクリートの打継ぎ面での向上を達成する工法である。工業化PCa化に対しオープンな設計・施工が可能であるが、早い段階での設計者と施工者のコミュニケーションが必要であり設計段階においては図3のような留意点が考えられる。

表2の留意点についてはさらに細かく設計より考える必要があるが、設計の流れの中での作業の位置づけを明確にすることはあらゆる省資源・省力化への可能性への第一ステップとなるであろう。

地球環境対応設計資料		特記事項	作成日
STAGE	基本計画 II. Ⅱ	大項目	平成 4年10月13日
構造補綴・形式の選定 混合構造 PCa複合化構・工法			
設計項目	留意点	出典 / 事例	
（混合構造） 柱・梁仕口での力の伝達	1)SRC柱+S梁（広義のSRC造） ・柱梁仕口の接合部分の剛性/耐力分担率 2)RC柱+S梁 ・近年研究・開発が活発な混合構造である。 ・住居用途方式と商業用途方式 ・剛性/耐力/変位/シフト/スパン/ブレイクなどによる応力の伝達法がある。 3)CFT柱+S梁/RC梁 SRC梁（広義のSRC造） ・4)77以下部におけるコネクタの充填性への配慮 ・5)77以下形式の選定/流動性コネクタの採用	清水建設：RCSS構造 東谷組：RC梁+SRC柱 #1 Concrete-filled steel tube 鋼管の77以下/耐力/変位によって耐力/剛性/変位能力を向上させた構造。 大坂建設：C・S2・A・L・L構造	
継手での力の伝達	1)RC柱+RC梁/RC中央S梁 ・曲げモーメントは鉄骨/77以下/コネクタの圧力、せん断力はせん断補強筋の引張力により応力伝達を考える。 2)SRC柱+RC梁/RC中央S梁 3)CFT柱+RC梁/RC中央S梁 4)CFT柱+RC梁/RC中央S梁		
部材の補強補綴	在来構造部材の全体あるいは一部を補強した混合構造部材と在来構造部材を組合せた混合構造 1)鋼管補強RC柱+S梁 ・300×300以下柱は主に鉛直重荷を負担するものとして水平荷重は耐震壁などで負担させる。 2)S梁と77以下/ブレイクの混合構造	清水建設：λ=λ+コネクタ #2 屋根防止のため鋼管コネクタで補強された77以下	
構造物内の役割分担	平面的に異種構造を混合して用いる構造。しかし日本や米国の高地震帯などでは、まだ耐震設計法が確立しておらず、今後の研究・開発に期待される方法である。 1)外部系骨組+内部RC7 2)外部系骨組+内部RC7 3)S骨組とRC耐震壁 など		
（PCa複合化構・工法）	・工法の選択 ・工期/敷地条件/労務量/コストによる ・設計および現場施工が併行しているPCa複合化工法の留意点、把握 ・プレファブ工場での生産能力の把握 ・時期/供給能力/積荷など ・工法の施工性の検討 （各77以下/ブレイクの77以下/ブレイクの混合部材など）	東谷組：KHRC-PC構造 ・300×300/RC中央部C梁 ・77以下/工法 ・北与野駅南口再開発	

表 2 地球環境対応設計ガイドライン（構造編）

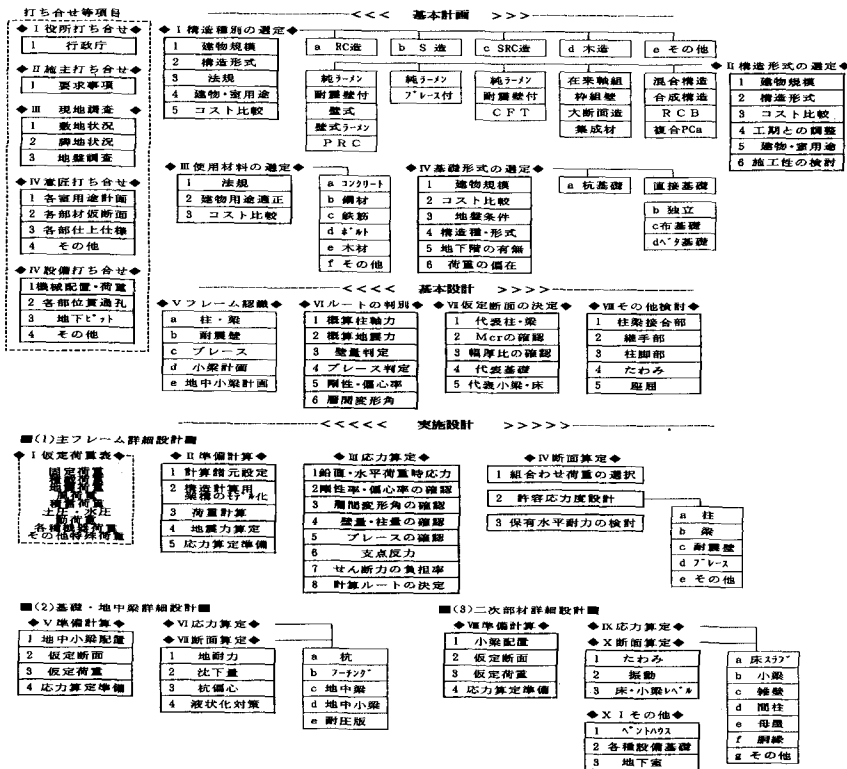


図 3 構造設計作業実施事項

3. おわりに

地球環境問題に有効な設計システムの構築に向けての一手法として、地球環境問題の対応方策に基づいた設計ガイドラインの製作およびそれに至るまでのプロセスを意匠設計・設備設計・構造設計および土木設計それぞれの立場から追ってみた。設計手法、保有技術は各社固有のものであり、その品質保証体系に基づいた設計作業実施事項の洗い出しは、地球環境対応設計システムの構築にむけて必要な作業である。そして、成果物である地球環境対応設計ガイドラインは設計への即時利用を目指すものである。以下に今後の検討課題を列記する。

- 1) 設計部門ごとの連携・整合性の考慮
- 2) 地球環境対応設計ガイドラインの留意点の細分化
- 3) 地球環境対応設計ガイドラインの蓄積
- 4) 導入効果の評価尺度の作成

地球環境対応設計システムの構築は、即時にできるものではなく一つ一つのサブシステム、対応技術の積み重ねの結果であり、もちろんそれは社会の状況や時代の要請に十分対応できるものでなければならない。本稿は、上記の課題を検討しつつまず実施可能な部分からシステムの構築を試みたものである。今後は、地球環境問題において建設業・建設行為に求められていることを明らかにしながら、地球環境に対応した設計システムの構築・展開の充実を図りたい。

参考文献

- 1) 土木学会 環境システム委員会 エコポリス計画策定基礎調査小委員会、エコポリス計画策定基礎調査、昭和63年度環境庁委託研究
日本建築学会 建築と地球環境特別研究委員会エコシティ小委員会、エコシティと環境設計（エコシティシンポジウム資料）、平成3年12月
東京都環境保全局環境管理部環境計画室、東京都地球環境保全行動計画、平成4年5月
近代建築社、地球環境の保全に対する取り組み、近代建築、平成4年9月
石川健治：建設業における地球環境問題への取り組み、建築設備総合協会 建築設備の革新技術テキスト、平成4年7月
- 2) 建設業協会 地球環境問題専門委員会、わが国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態（建設業に係わる地球環境問題の研究）、平成3年6月
建設業協会 地球環境問題専門委員会、わが国の建設分野における活動による環境負荷と関連活動の実態調査結果及び業界としての今後の活動方向について（建設業に係わる地球環境問題の研究その2）、平成4年6月
- 3) 建設省建設技術開発会議：平成4年度 地球環境専門部会答申
- 4) 山内泰之、井崎征夫：混合構造の種類と特徴、建築技術、平成2年8月
- 5) 高田博尾：建築のプレキャスト化と生産性向上、建築技術、平成4年5月