

環境負荷低減を課題とした極めて短期間の使用となる建物の構造概要

STRUCTURE OF SHORT-TERM BUILDING BASED ON THE THEME OF REDUCTION OF ENVIRONMENTAL IMPACT

鈴木光雄 — * 1 森廣和幸 — * 2
三塩達也 — * 3 阿部信行 — * 4

Mitsuo SUZUKI — * 1 Kazuyuki MORIHIRO — * 2
Tatsuya MISHIO — * 3 Nobuyuki ABE — * 4

キーワード：
環境負荷低減, リデュース, リユース, リサイクル

Keywords:
Reduction of environmental impact, Reduce, Reuse, Recycle

The Hokkaido Toyako Summit was held in July 2008, and the international media center (IMC) was constructed. IMC was used in a short term for the Summit and dismantled afterwards. For reduction of environmental impact, non-waste of structural materials of IMC was aimed, and reuse and recycle were executed completely as a result. This paper describes a series of structural approach in designing, constructing, and dismantling of IMC.

1. はじめに

2008年7月に北海道洞爺湖で主要国首脳会議（サミット）が開催され、これに伴い、急遽北海道洞爺湖サミット国際メディアセンター（以下IMC）が建設された（写真1）。IMCはサミット期間中、約4,000人の報道関係者による世界各国への情報発信、および議長国、各国首脳の記者会見場として使用され、また、現在の環境負荷低減技術を組み入れたパビリオン（展示施設）の機能が備えられた。極めて短期間の使用を前提とし、更にサミット終了後には解体撤去が必要となったため、建設に際しては、サミットの主要テーマの一つである環境・気候変動問題を鑑み、環境負荷低減を最大限に推し進めた施設として建設することを基本方針とした。

建築に関連する環境問題について、これまでに、環境負荷低減のための試算や、工法の提案、材料のリサイクルへの取り組み等、様々な報告がされている²⁾。これらの報告にみられるような取り組みを、効率的に実践するには、これを受け入れる社会のシステムの構築が不可欠となるが、現状は途上にある。このため、本計画では、既存のシステムを活用して、最大限に環境負荷低減の実践を試みることとした。

一般建物においては、環境負荷低減の有効手段として、建設資材の有効活用とともに、建物の長寿命化が挙げられる。本建物は、極めて短期間の使用を前提とした建物であるため長寿命化とは相容れない。一方、建設資材の有効活用に関し、IMCに使用した材料の廃棄物を可能な限り少なくすると同時に、構造材料については廃棄物0を目標に掲げ、リユース、リサイクルを完全実施した。

本論では、IMCの、設計から施工、解体までの一連の構造の取り組みを報告する。

2. 建物および事業の概要

IMCは2つの棟からなり、報道関係者の情報発信の場であるプレスセンター棟は鉄骨造2階建、会見場棟は2層吹き抜けの鉄骨造平屋建で（図1、図2）、延べ面積は合計約10,700㎡である。建物の使用期間は、サミット開催期間の3日間および開催前後の機器の設置・撤去期間を含めた2ヶ月弱の短期間で、かつ一般事務所および、首脳会見のテレビ放映に耐えうる比較的高度な仕様が設定された。

本事業の経緯は以下の通りである。2007年4月に、2008年の日本でのサミットが、北海道洞爺湖で開催することが決定し、その後、IMCの新設が決定された。これを受け、同年11月に受注者（設計施工グループ）が特定され、その6ヶ月後の翌年5月末には施設が完成し、外務省に引き渡し、7月にサミットが開催された。開催地の決定からわずか1年余りで施設の企画から建設までを行い、さらに会期終了後には施設を解体し、敷地を整備前の状態に復旧するという、建物の誕生から終焉までの一連を、約1年で成し遂げたプロジェクトである。



写真1 外観

¹⁾ 山下設計構造設計部
(〒103-8542 東京都中央区日本橋小網町6番1号)

²⁾ 国土交通省北海道開発局営繕部

³⁾ 日本設計建築設計群

⁴⁾ 竹中工務店北海道支店

¹⁾ Structural Design Dept., Yamashita Sekkei Inc.

²⁾ Government Buildings Dept., Hokkaido DB, MLIT
Architectural Design Div., Nihon Sekkei Inc.

⁴⁾ Takenaka Corporation, Hokkaido Office

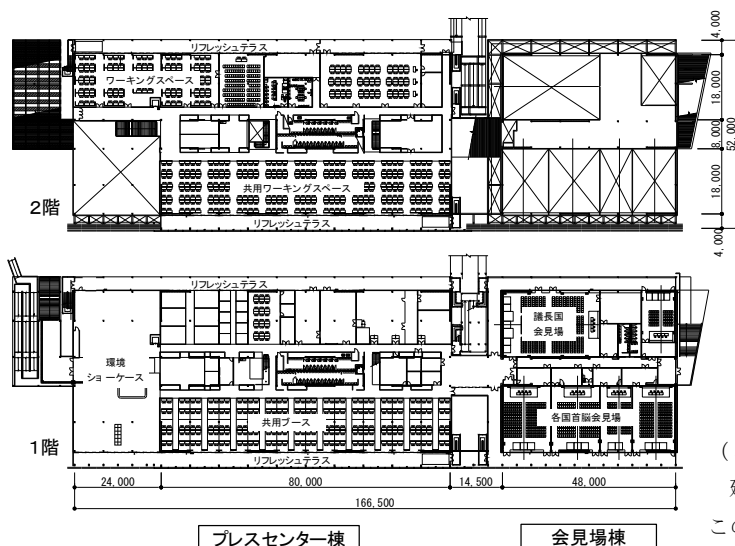


图 1 平面图

3. 構造概要

構造計画に際しては、事業の基本方針、建物の要求性能、敷地および周辺環境の条件、施工条件について内容を精査し、各部の構造種別、構造形式の選定を行い、全体構造の計画を練り上げた。

3.1 設計条件

以下に、構造計画にあたり重要な要因となった事業の基本方針、建物の要求性能、敷地および周辺環境の条件、施工条件の概要を示す。

(1) 事業の基本方針

洞爺湖サミットでは、地球環境問題が主要テーマとなっており、本プロジェクトにおいても、環境配慮建築の実現を主要な条件と課した。具体的には、環境負荷低減を目的とし、Reduce（リデュース、廃棄物の発生の抑制）、Reuse（リユース、資材の再使用）、Recycle（リサイクル、資材の再資源化）の3Rを課題として計画が進められた。なお、資源の有効利用の効果を高めるために、優先順位をリデュース、リユース、リサイクルの順位とした。

(2) 要求性能

建物の使用期間、使用計画を考慮して、必要かつ十分な合理的な性能の設定を行った。

• 使用性

フレキシビリティを高めるために、スパンの大きい平面計画とする。床振動については、一般事務所程度とする他、放送施設および会見場については、放送カメラの性能に応じ通常のテレビ放映に耐え得る仕様とする。

- ・長期荷重に対する性能

長期荷重に対して、長期許容応力度以下、部材のたわみを 1/300 以下とし、通常の一般建築物と同性能とした。

·耐震性能

短期間の荷重の低減係数として、地震荷重の再現期間を 10 年として算出する。「建築物荷重指針・同解説 (1993)」(日本建築学会)を参照して求めた荷重低減係数を 0.5 と設定した。

・耐風性能

地震荷重と同様に、再現期間を 10 年として算出し、荷重低減係

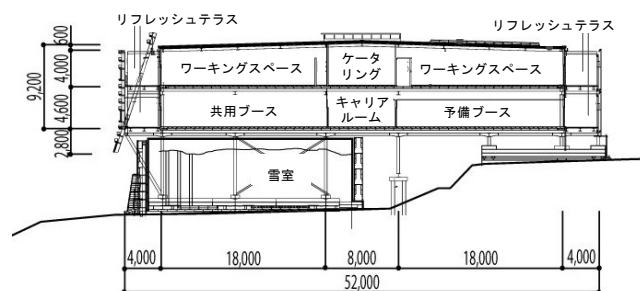


图2 断面图

数を 0.7 と設定した。

(3) 敷地および周辺環境の条件

建設地は、山の中腹にある傾斜地で、籬垣上の敷地となっている。この敷地は、既存施設（ホテルおよび遊戯施設）に隣接する駐車場であるため、既存施設の営業への影響を低減することが求められた。また、サミットの開催のための借地であることから、建物の建設、使用、解体後、現状復旧の上、元の駐車場として返却することが条件であった。

(4) 工程条件および施工条件

実施設計、施工期間含め6ヵ月という短期間であることから、構造計画に以下の制約が与えられた。

一つ目は、特殊な鋼材等のロール発注期間の確保が困難であり、構造材料は、現状流通されているリース品、リサイクル品、市中材料等の短期間で入手できる材料で計画することが求められた。

二つ目は、短工期であるために、寒冷地での冬季施工（1 月からの施工）とならざるを得なかった。構造計画上の課題として、寒冷期での施工、および凍結地盤が上げられ、コンクリートの凍結防止、地盤の凍結による隆起と融解による沈下への対応が課題となった。

以上より、①３Ｒ、②使用性、③長期荷重に対する性能、④耐震性能、⑤耐風性能、⑥既存施設への影響低減、⑦借地の現状復旧、⑧流通材の使用、⑨寒冷期施工を、構造計画における主な設計条件項目とした。

これらの条件を元に、以下に示す構造種別および構造材料の選定と構造計画を行った。

3.2 構造種別

寒冷期の施工では、コンクリートを施工する場合、品質確保のために採暖養生等の施工上の十分な配慮が必要となる。また、解体時には、コンクリート研り作業による騒音や粉塵で、既存施設の営業への影響が懸念された。このため、構造種別は全てを鉄骨とし、コンクリートを全く使わない構造で計画した。さらに、鉄骨は仮設資材におけるリユース、リサイクルのシステムが十分に確立していることも、選定の主要な要因となった。

3.3 構造架構の部材

床の構造は、使用性の要求から比較的重量が重い覆工板（約2000N/m²）を選定することとし、施設にはフレキシビリティ向上のため10m程度のスパンが求められた。このため、架構形式は仮設リース材対応のH型鋼によるフレーム形式を採用した。18mの大スパンとなる会見場の屋根は、軽量化を計ることを目的に折板屋根仕上げとして、リース用の立体トラスで計画した。

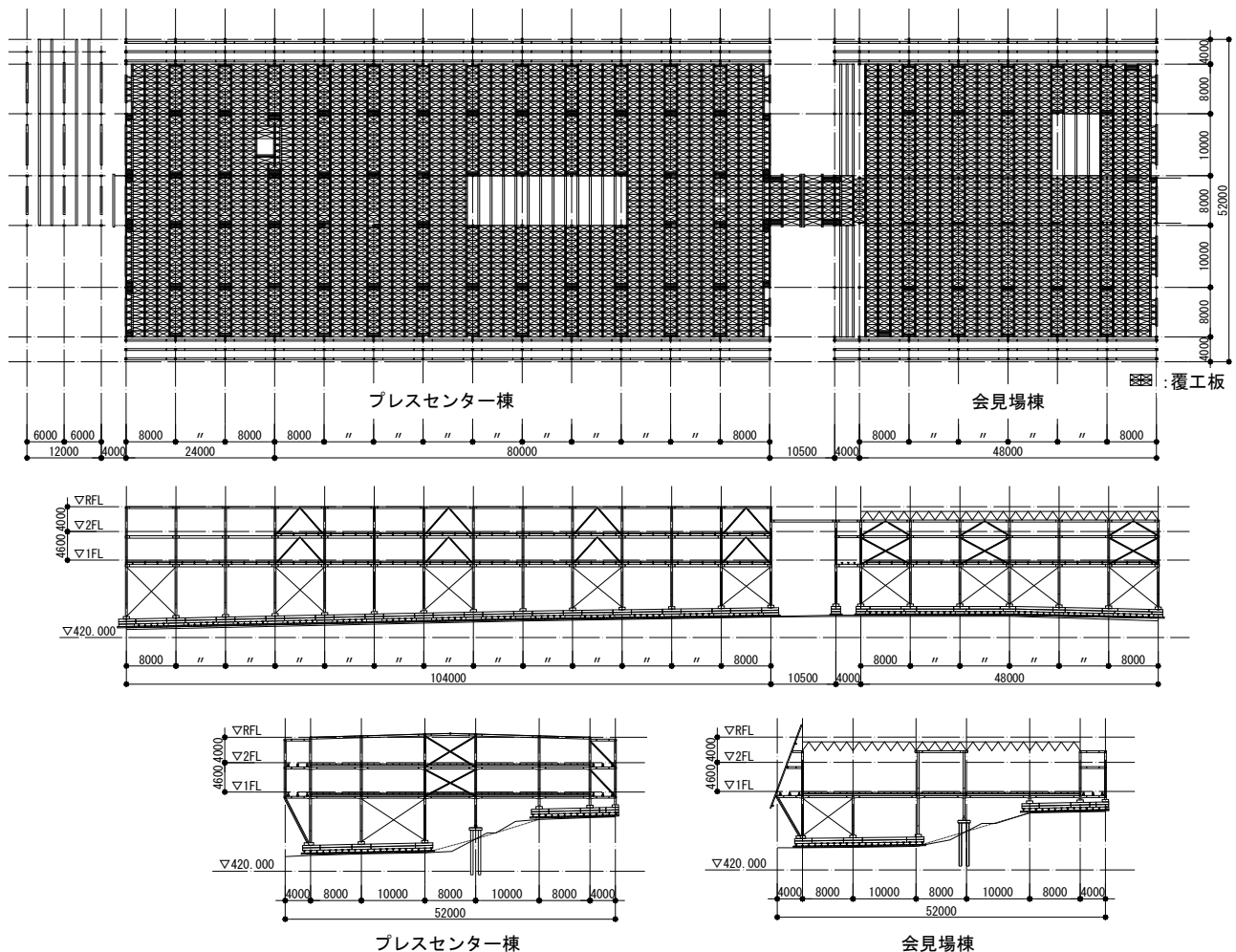


図3 構造伏図（2階）および軸組図

覆工板の規格サイズは、1m×2m、1m×3mの2種類であり、床の覆工板サイズを1m×2mとし、全面に敷き詰める計画とし、妻側の長スパンは8mおよび10m、桁行きのスパンは8mとした（図3）。

部材断面は、リース材として再利用可能なH鋼とし、柱と小梁、妻側の長スパン方向の大梁をH-300×300×10×15とし、桁行きの大梁をH-400×400×13×21とした。ボルト孔等の削孔やスプライスプレートの仕様は、山留め材の基準に従って行い、仕上げ材や設備機器の取り付け時は柱や梁に溶接せず、ボルト締めやクランプ止めとして鋼材を確実に転用（リユース）出来るようにした（図4）。

覆工板の支持は、2mピッチで妻側の長スパン方向に長さ8mおよび10mの小梁を配置し、この小梁を桁行きスパン8mの大梁で受ける構造とした。また、図5に示すように、小梁は大梁の上に乗せる納まりとし、大梁の高力ボルトのジョイントと覆工板が干渉しない計画とした。この結果、妻側の長スパン方向の大梁は、覆工板を受けることなく、柱の曲げ戻しのみに抵抗する部材として配置した。

耐震要素は、主にコア周りに配置したブレースとし、溝型鋼の[-150×75×6.5×10（ダブル）]を使用した。

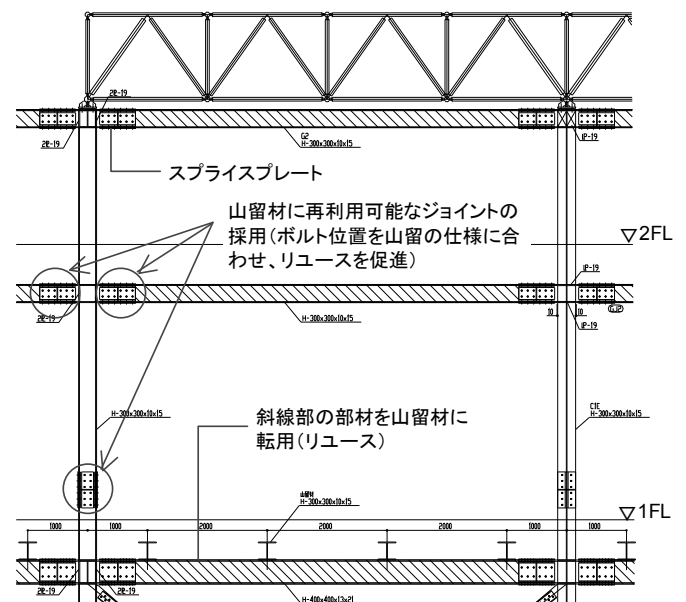


図4 軸組図詳細図

3.4 床の構造

プレスセンター棟は2階建てで、放送施設が設置され、上下階の遮音および振動防止が求められた。この他、リサイクルの可否、工期、

解体手間を考慮して選定を行った。この結果、比較的重量が重く剛性の高い覆工板の床を採用した。主な床構造の比較表を表1に示す。

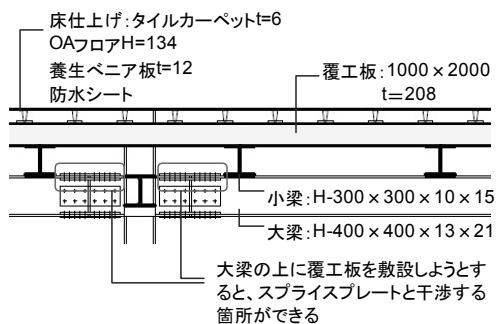
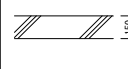
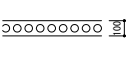
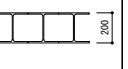
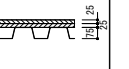


図5 床の断面詳細図

表1 床の比較表

	現場打ちコンクリートスラブ	穴明きPC版	覆工板	デッキプレートベニア板
概要				
	鉄筋コンクリートスラブ t=150	穴明きPC版 t=100	覆工板 t=200	ベニア板 t=25+25 デッキプレート t=12, h=50
単位重量 (仕上除く)	380kg/m ²	180kg/m ²	215kg/m ²	40kg/m ²
透音性	TLD-48* ¹	○	TLD-47* ²	○
リサイクル の可否	コンクリート再生砕石等 鉄筋一鉄材	○	コンクリート再生砕石等	○
リユースの 可否	×	×	×	○
工期	他の工法に比べて長い	×	○	○
判定	×	△	○	△

注：透音性(音響透過損失)の項で、*1は類似構造の実験測定値、*2は単位質量より求めた計算値を示す。

3.5 基礎形式

基礎形式の検討では、現状復旧を容易にするための方式として、寒冷期の施工性を考慮し、回転圧入工法などの無排土工法による杭基礎を検討した。しかし、杭の製作日数が可成り必要であり工事工期の遵守が困難であった。また、杭の撤去に際しては、アスファルト舗装の地盤を荒らすことになり、整地のために大規模な土工の必要性が危惧された。このため、全面的な杭基礎の計画を回避し、平坦部では直接基礎を選択した。斜面については、山留材(H型鋼)による杭とし、重機が杭設置位置から離れていても施工可能なパイプロハンマ工法とした。

直接基礎として採用した工法は、ホテルに隣接しているため、解体工事の騒音を避けることと、リユースの実現を重視し、鉄骨のみによる置き基礎構造とした。部材構成は、覆工板を敷き並べ、二段に重ねた鉄骨(H-400×400×13×21)の桁梁で柱間を結び、鉄骨による布基礎構造を構築した(図6)。覆工板のサイズは、二層のプレスセンター棟は1m×3m、一層の会見場は1m×2mとした。敷地は多少の勾配を有しており、覆工板下の砂、砕石でレベルの調整を行った。設計用の地反力は40kN/m²程度であり、施工時には予め平板載荷試験を行い、地盤の支持力の確認を行った。なお、この形式を採用したことにより、施工期間(1～3月)における支持地盤の凍上対策が課題となった。

4. 施工時の概要

4.1 施工概況

構造体の現場施工は、長辺方向に並行に、擁壇上の上面と下面にクローラークレーンを配置した。鉄骨の接合は、杭の上部のレベル調整のトッププレートの接合で溶接作業を行ったのみで、その他は

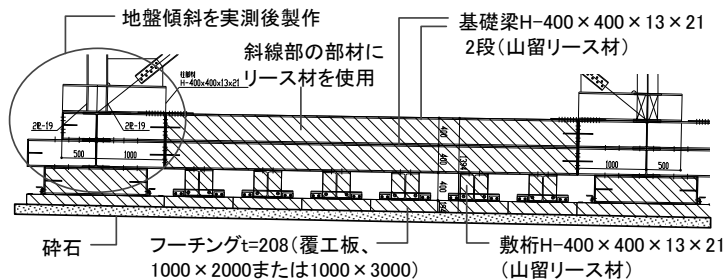


図6 直接基礎詳細図



写真2 直接基礎(置き基礎)の設置状況

全てボルト接合とした。

凍結した地盤の融解による沈下に対して、直接基礎部分との不同沈下が予想された杭基礎部分では杭頭上部に5mmのレベル調整プレートを設置した。施工期間中は、沈下計測とともに上部構造への影響について慎重に検討を重ねた。最終的には、杭頭上部の調整プレートを撤去するとともに、会見場の立体トラスの強制変形を緩和するために、直接基礎部分の3箇所の柱で5mm程度のジャッキアップを行った。

上部建物においては、使用性の確認のために、施工時に床の振動測定を行った。以下に概要を示す。

4.2 床振動の実測

覆工板を建築物の床に使用した実績が少ないため、予めモックアップで26m(=8m+10m+8m)×6mのフレームを製作して、性能試験を行い、性能を確認した。モックアップの試験で振動対策として小梁の溶接やSPLの溶接等の対策も比較検討し、結果、小梁に1本の振動制御支柱(支保工)を設けることが最も効果的であることがわかった。この結果をもとに、実建物に振動制御支柱の対策を施し、最終的な性能の確認を行うこととした。

モックアップおよび実建物で行った試験内容は、ヒールインパクトおよび歩行振動試験とした。性能は「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説2004」(日本建築学会)に規定される1/3オクターブ周波数分析を用い、指標V曲線により評価することとした。

(1) ヒールインパクト

モックアップと実建物のヒールインパクトの結果を図7に示す。モックアップでは覆工板上で直に試験を行い、実建物ではOAフロア(H=100)の上での試験である。実建物の初期の0.0～0.1sの高振動数の振動は、OAフロア自体の振動と考えられる。

高次モードが減衰したと考えられる時間帯(モックアップ:0.91～2.0s、実建物:0.23～2.0s)において、インパルス応答の理論解で最小二乗法によりフィッティングして求めた固有周期と減衰定数を、表2に示す。実建物で減衰が大きく増えているのは、OAフロア

の仕上げの影響が大きいものと考えられる。

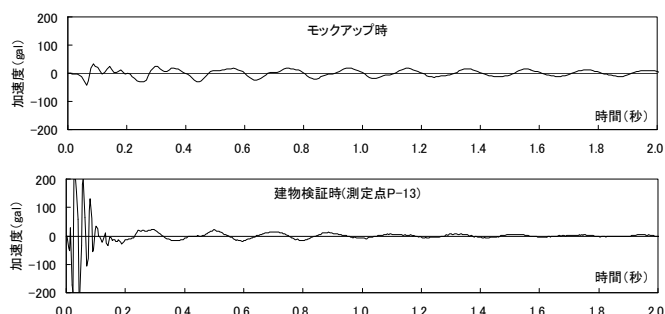


図7 ヒールインパクト試験時刻歴

表2 ヒールインパクト試験結果

	固有周期(s)	減衰定数(%)
モックアップ	0.203	1.4
実建物	0.208	3.9

(2) 歩行振動試験

モックアップでの試験ではV-32を示していたが、実建物では減衰が大きくなりV-5程度となった。また、振動制御支柱(写真3)を設置した付近の測定箇所(図8のP-11)ではV-3程度(図9)であり、十分に居住性能が確保されていることを確認した。

会見場においては、加速度の測定に加え、テレビカメラを設置して、テレビ画像の確認を行った。結果はV-1以下となり、テレビ画像の確認でも特に問題は生じなかった。これは、テレビカメラ下を中心に1階床下に支保工を効果的に設置した結果と考えられる。

5. 3R

以下に、鋼材について、3Rの観点より言及する。なお、以下に示す%表示は、重量比による評価である。

5.1 建設時の鋼材

本計画で用いた全鋼材のうち、69%にリース材(リユース品)を採用した。また、新規に加工した鋼材(全鋼材の31%の相当)のうち、75%を電炉材(リサイクル材)とした。この結果、全鋼材に占める高炉バージン材の割合を8%に抑制することが可能となった。

リース品は新規製造・加工に伴うCO₂排出量を0とみなせ^{注1)}、リサイクル材もバージン材に比べCO₂排出量が少ないことから、鋼材による大幅なCO₂削減が可能となった。

5.2 解体後の鋼材利用

解体後の鋼材は、計画当初の予定通り、現状の仮設資材のリユース市場および電炉材のリサイクル市場に流通させることにより、リユース率76%を達成し、残りの24%をリサイクルとし、構造部材の廃棄を0とした。

解体に際し、3Rを確実に実行しその効果を正確に把握するために、構造部材を含む全ての材料について以下のような管理を行った。(写真4)

1) 全ての材料をあらかじめ、リユース、リサイクル、産業廃棄物となるものにそれぞれ分類分けした。

2) 解体時に、上記の区分に従い、各材料の重量を計測し、それぞれ専用車両で搬出した。

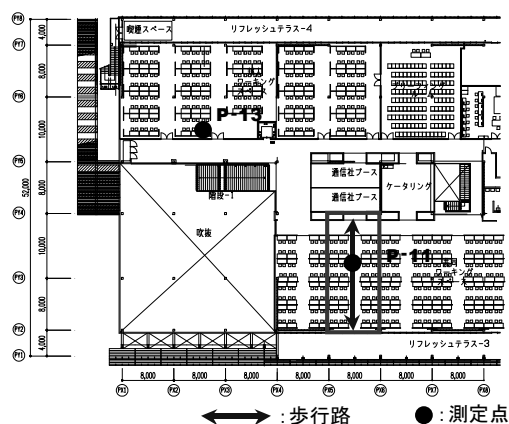


図8 測定点と歩行路(プレスセンター棟2階)

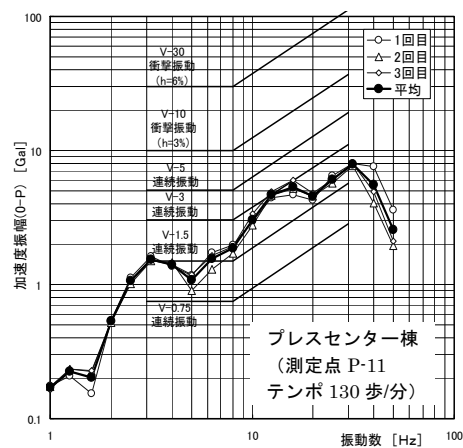


図9 歩行振動結果



写真3 振動抑制支柱(プレスセンター棟)

3) リユースに関しては、有用物の覚書によるトレーサビリティ管理を行い、受け入れ側でも数量と重量を確認し、リユースの状況を正確に把握した。

なお、1)で構造材料は、あらかじめ部位を特定して分類計画されていたが、仕上げ材料や設備機器などは、他物件への転用を推進すべく、解体後のリユース対象資材をリスト化し、広く公開した。その結果、多数のプロジェクトでの再利用を実現した。

5.3 鋼材のCO₂排出量削減効果

単純な比較は難しいが、仮に一般的な鉄骨造^{注2)}で建設した場合を想定すると、上記の取り組みで概算ながら、鋼材に関するCO₂排出量を約4600t(約73%)削減できると試算される(図10)。これは、約13haのスギ人工林が50年生まで吸収するCO₂量に匹敵する^{注3)}。なお、コンクリートを使用していないこと、基礎の掘削排土が発生しないことも、CO₂排出量の削減に貢献している。



解体工事(9/6)



現場からの搬出(9/6)



資材搬出時の計量(9/6)



リユース先での受領(9/6)



リユース先での保管(9/29)



リユース先での施工(10/17)

写真4 解体時の施工管理(括弧内は2008年の日付を示す)

6. まとめ

全構造部材を鉄骨とし、コンクリートを使用しない計画とし、現状の仮設資材の流通システムを利用して、全鋼材(全構造材)のうち69%にリース材(リユース品)を採用した。新規加工資材では、電炉材(リサイクル品)を75%採用した。解体後の全鋼材のリユース率は76%で、残りを全てリサイクルとし、構造材料の廃棄物0が可能となった。鋼材のCO₂排出量の試算では、一般鉄骨建物に比べ削減量約4600t、削減割合は約73%に達した(図11)。また、覆工板の床では、振動測定を行い、一般建物と遜色のない使用性能を確保、確認した。

本計画では、仮設資材として需要の高い広幅H型鋼に限定して使用した。このため、基礎梁を二段重ねとし、地上部では振動抑制支柱を設置する等の対応を行った。このように、工夫次第で様々な可能性を有している。一方、極短期間の使用であることから地震・風荷重に低減係数を採用したが、一般建物と同レベルの耐震・耐風性を確保するには更なる工夫が必要と考える。

7. あとがき

設計は与条件が異なればもちろんのこと、同一条件においても様々な選択肢を考え得るものであり、本計画は一つの解に過ぎないといえる。しかしながら、環境負荷低減を最重要課題として、設計、施工、解体後の資材のトレーサビリティ管理までを行った数少ない実例として、本計画は貴重なプロジェクトであったと考える。今後の環境負荷低減の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建物のLCA指針 温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール, 2006.11
- 2) 日本構造技術者協会：主集 環境問題への構造技術者の取り組み, structure NO.97, pp.12~47, 2006.1

注

- 1) すでに流通しているものの使用を前提とし、運搬に関するCO₂排出のみ計上。

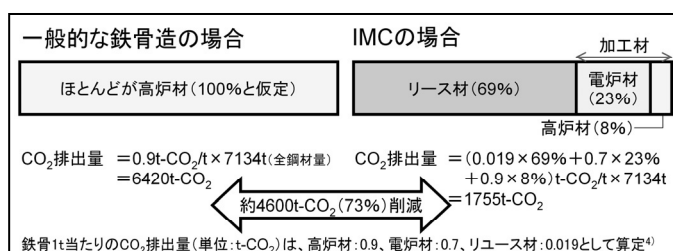


図10 構造材料の3R

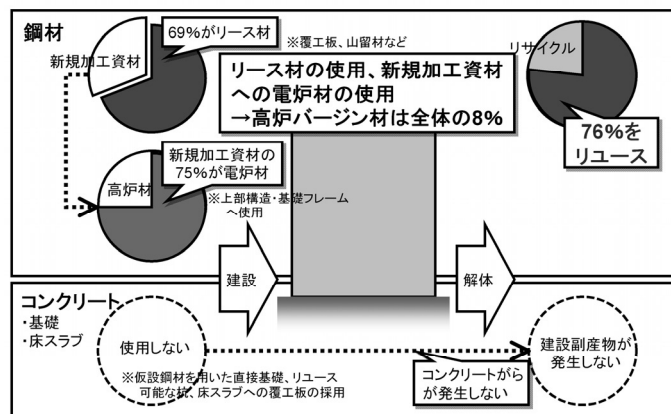


図11 構造材料のCO₂排出量削減効果

- 2) 同じ規模・構造で一般的な設備を備えた建物を、すべてにバーゲン材を用い、通常の施工方法で建設・解体した場合と設定した。
- 3) 算定に当たっては、森林総合研究所HPに記載された原単位を用いた。
- 4) 高炉材および電炉材の原単位は、「建物のLCA指針 第3版(日本建築学会、2006年)」を引用した。リユース材については、現地から札幌市内までの運搬にかかる軽油量をもとに算定した。ちなみに、本資料におけるエネルギー関連の数値は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2.2(環境省・経済産業省、平成20年4月)」に基づいた。

[2009年10月19日原稿受理 2009年12月4日採用決定]