

---

千葉ポートスクエア

Chiba Port Square

工藤 秀次(Shuji Kudoh) 濱口 孝志(Takashi Hamaguchi) 岩崎 隆(Takashi Iwasaki)

---

要旨：

エンジニアリング事業部は、千葉ポートスクエア（千葉ポートアリーナ、事務所、ホテル、商業施設、駐車場などからなる大規模複合施設）の建設事業に参画し、開発、設計、施工に取り組んできた。千葉ポートアリーナは、当社と清水建設が共同開発したスーパーウィング構法を使った 90m の大スパンキールトラスが採用され、1990 年末に竣工した。21 階建のホテル棟の構造設計では複雑な平面形状と高さ方向に不均一な形状のため揺れを考慮した地震応答解析を行った。全体は 1993 年 8 月に竣工した。

---

Synopsis：

The authors have been taking part in developing "Chiba Port Square" consisting of a large complex of Chiba Port Arena, an office tower, a city hotel, a shopping, building, parking lots and so on. The construction of Chiba Port Arena was completed in 1990, and the Super-Wing System (pre-stressed steel truss developed in cooperation with Shimiz Corp.) was applied to 90-meter-span keel roof trusses. In the structural design of the hotel tower, an earthquake-response analysis considering the effect of torsional motion was made. Whole construction was completed in August 1993.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

## Chiba Port Square



上藤 秀次  
Shuji Kudoh  
エンジニアリング事業  
部 建築技術部建築技  
術室 主査(課長)



濱口 孝志  
Takashi Hamaguchi  
エンジニアリング事業  
部 鉄構技術部鉄構技  
術室 主査(課長補)



岩崎 隆  
Takashi Iwasaki  
エンジニアリング事業  
部 建築技術部建築技  
術室 主査(掛長)

### 要旨

エンジニアリング事業部は、千葉ポートスクエア(千葉ポートアリーナ、事務所、ホテル、商業施設、駐車場などからなる大規模複合施設)の建設事業に参画し、開発、設計、施工に取り組んできた。千葉ポートアリーナは、当社と清水建設が共同開発したスーパーウイング構法を使った90mの大スパンキールトラスが採用され、1990年末に竣工した。21階建のホテル棟の構造設計では複雑な平面形状と高さ方向に不均一な形状のため振れを考慮した地震応答解析を行った。全体は1993年8月に竣工した。

### Synopsis:

The authors have been taking part in developing "Chiba Port Square" consisting of a large complex of Chiba Port Arena, an office tower, a city hotel, a shopping building, parking lots and so on. The construction of Chiba Port Arena was completed in 1990, and the Super-Wing System (pre-stressed steel truss developed in cooperation with Shimizu Corp.) was applied to 90-meter-span keel roof trusses. In the structural design of the hotel tower, an earthquake-response analysis considering the effect of torsional motion was made. Whole construction was completed in August 1993.

### 1 緒言

千葉ポートスクエア建設事業は、千葉市に首都機能の一翼を担う新しい業務地域を開発しようとする業務核都市構想の環として計画されたプロジェクトである。

1991年に新たに政令指定都市となるのを控えた千葉市では、市役所を中心とする臨海部に業務核都市としてふさわしい新業務地区を開発すべく、その端緒として、千葉市の旧中央卸売市場跡地を民間活力を導入して再開発する計画が持上がった。1988年6月に千葉市によって事業コンペが行われ、それに当選した川崎製鉄・株式会社間組・三菱商事株式会社等のグループが事業主体として選ばれた。

プロジェクトは、千葉市問屋町の旧卸売市場跡地に延186,000m<sup>2</sup>の市総合体育館、事務所、ホテル、商業施設などを含む大規模複合施設を開発する千葉市でも屈指の大規模開発である。

プロジェクトの推進は、民間活力を活用しての事業推進を図ることに眼目が置かれ、建物全体の発注、設計、施工とも民間の手によって行われた。市は民間に底地を貸し、民間で建てた体育館部分の買取りを行い、民間は市の土地に複合施設を建設、運営するという分担で事業が計画された。

事業主体となる開発の事業会社として、千葉新都心開発株式会社が当社、ゼネコン、生保、銀行など20社の出資によって1989年1

月に設立され、全体の開発を担当した。

1期工事として千葉市総合体育館「千葉ポートアリーナ」の建設が1989年6月に開始された。その後、1990年末には竣工、1991年4月にオープンし、供用が開始された。2期工事の民間施設増築工事は1991年3月に着工し、1993年8月末竣工予定である。

1期工事、2期工事とも、設計は川崎製鉄を含む5社の企業連合により、施工は当社が元請けとして全体の管理を行い、ゼネコン6社の建設共同企業体で建設を行った。

この論文では、本プロジェクトの設計・施工の概要を紹介するとともに、高層鉄骨造ホテルの構造設計において工夫した点を紹介する。

### 2 施設計画の概要

敷地は千葉駅から南約1.5kmに位置し、国道16号線とJR千葉線にはさまれた、一辺約200mの正方形に近い約3.7haの敷地である。

周辺は将来新業務地区として開発される計画で、このプロジェクトはその先導となり、全体のランドマークとなるプロジェクトである。

ポートスクエアの計画コンセプトは

- (1) URBANITY～都市性の発露
  - (2) ACTIVITY～活発な流動の現実
  - (3) COMFORT～さまざまなシーンでの快適性の追求
- である。

\* 平成5年5月7日原稿受付

Table 1 Outline of buildings

Project	Chiba Port Square Project
Location	Tonya-cho 113, Chiba City
Client	New Chiba Development Company
Architects & Engineers	Design Consortium of Kawasaki Steel Corp., Hazama Corp., Shimizu Corp., Obayashi Corp. and Kawatetsu Engineering Ltd.
Contractor	Kawasaki Steel Corp.
Sub-contractor	Hazama Corp., Shimizu Corp., Obayashi Corp., Nippon Steel Corp., Toda Corp. and Toa Corp.
Site space	37 062 m <sup>2</sup>
Building space	32 201 m <sup>2</sup>
Total floor space	186 865 m <sup>2</sup>
Chiba Port Arena	
Floor space	35 571 m <sup>2</sup> (including parking space)
Number of stories	B 2 F/3 F/PH 1 F
Maximum height	26.13 m
Structural system	Steel reinforced concrete structure/reinforced concrete structure/steel structure (partially)
Office Tower	
Floor space	51 344 m <sup>2</sup>
Number of stories	B 3 F/29 F/PH 1 F
Maximum height	122.4 m
Structural system	Steel structure/steel reinforced concrete structure
Hotel Tower	
Floor space	35 671 m <sup>2</sup>
Number of stories	B 3 F/21 F/PH 2 F
Maximum height	88.2 m
Structural system	Steel structure/steel reinforced concrete structure/reinforced concrete structure
Commercial Building	
Floor space	24 849 m <sup>2</sup>
Number of stories	B 2 F/8 F/PH 1 F
Maximum height	42.25 m
Structural system	Steel structure/steel reinforced concrete structure/reinforced concrete structure
Others	
Floor space	33 508 m <sup>2</sup> (including DHC machine room)
Number of stories	B 3 F
Structural system	Steel reinforced concrete structure/reinforced concrete structure
Parking space	1 100 cars (including 330 cars by 3 stairs parking machines)

施設の概要、規模を **Table 1** に示し、配置図を **Fig. 1** に示す。建物は、1期工事の地下2階/地上3階/PH1階の千葉ポートアリーナのほか、地下3階/地上29階/PH1階の事務所棟、地下3階/地上21階/PH2階のホテル棟、地下2階/地上8階/PH1階の商業棟の3棟の建物からなる (**Photo 1**)。

ほぼ敷地面積いっばいに2~3層の地下階をもち、1100台収容の駐車場、機械室、ピットとして利用している。

体育館側と民間施設側とは2階レベルで人工地盤でつながっており、人工地盤広場はオープンスペースとして地域市民に解放され、新歩道プロムナードによって京成千葉中央駅まで遊歩道でつながる計画である。

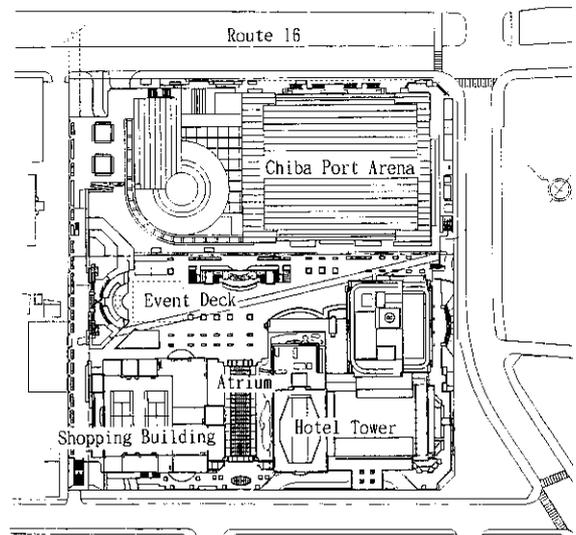


Fig. 1 Site plan



Photo 1 Model of finished view

### 3 建築・設備計画の概要

#### 3.1 建築計画の概要

千葉ポートアリーナは、国際級の競技会も開催できるイベント対応型の体育館である。5000席の観覧席をもつ2730m<sup>2</sup>のメインアリーナは映像音響装置も充実している。

事務所棟は、基準階面積1906m<sup>2</sup>のセンターコアプランの貸事務所ビルで天井高2700mmを確保し、重荷重ゾーンの設定、フリーアクセスフロア対応、ロングレア照明対応などテナントの要求にフレキシブルに対応できるようにしている。また、働く人のアメニティ向上を図るため海への眺望を活かしたリフレッシュスペースを各階に設けている。

ホテル棟は、千葉市でも最高グレードのシティホテルで客室270室のほか、1000m<sup>2</sup>の大宴会場と中宴会場、小宴会場をもつ宴会主体のホテルで、テナントとしてホテルパシフィック千葉が運営を行う。

商業棟は、専門店、アスレチック、アミューズメント、グルメ等

を複合化した店舗構成で、イベントスペース、アトリウムと一体感をもたせた動線としている。

アトリウムは、5層吹抜けのガラスカーテンウォール空間で、ファサードとしてホテル棟と商業棟の間で軸線を生み出している。

### 3.2 設備計画の特徴

民間施設は、テナントとして入る千葉熱供給株式会社地域冷暖房プラントから冷温水、蒸気の供給を受けて冷暖房・給湯に利用する集中熱源方式を採用している。

給排水設備では、排水を処理した中水や屋根面に降った雨水の再利用を行い、資源の有効利用をしている。

### 3.3 構造計画

#### 3.3.1 構造計画の概要

地下構造部は工事時期がずれるため、体育館側と民間施設側で完全に分離されている。

体育館は、2階床以下の部分は一体で2階床より上でメインアリーナ側とサブアリーナ側にエキスパンションジョイントによって分れている。体育館の構造は、地下鉄筋コンクリート造、地上鉄骨鉄筋コンクリート造、屋根鉄骨造である。

メインアリーナには当社と清水建設が共同開発したスーパーウィングシステムが採用され、長辺方向中央部の2本のキールトラスの下弦材に張力を導入することによってキールトラスを軽量化している。

民間施設側では地下構造は一体とし、人工地盤部は、アトリウムと商業棟の間でエキスパンションジョイントを設け1階柱から上部を構造的に分離している。ホテル棟と事務所棟の間は2階床から上をエキスパンションジョイントで分割した。<sup>1)</sup>

構造種別は、事務所棟・ホテル棟高層部が地下3階から地上2階床までが鉄骨鉄筋コンクリート造、2階柱から上が鉄骨造、ホテル棟低層部・商業棟は、地下が鉄筋コンクリート造、1階が鉄骨鉄筋コンクリート造、2階柱から上が鉄骨造で、その他の人工地盤部は、鉄筋コンクリート造である。

敷地は、設計地下水位がGL-1.7mと高く、上部に建物のない人工地盤部、ホテル棟低層部では水圧による浮力が大きくなる。そこで、地下から2階床までの鉄筋コンクリート、鉄骨鉄筋コンクリート造部分のスラブは厚さを増してカウンターウェイトとしているほか、永久地盤アンカーによって浮力を抑えている。

事務所棟は、短辺・長辺ともほぼ対称な平面形であるが、1階東側のエントランスホール上部吹抜けは、2階梁が抜けるため2階にはブレースを、1階は耐震壁を設けることによって剛性をあげた。鉄骨柱の最大板厚は65mmで、SM520Bの建築構造用TMCP鋼を採用している。また、柱梁仕口部のボックス角溶接は部分溶け込み溶接を採用している。

基礎は、800mmφの鋼管杭(中掘り先端根固め工法)を使用し、GL-33m～-47m以深のN値50以上の洪積砂層まで打込んでいる。

地盤は、戦後直後からの埋立て地で基礎底面直下の砂層が地震時に液状化する恐れのある部分があった。そこで液状化対策として地盤改良を行って水平抵抗を上げた。

#### 3.3.2 耐震設計の方針

事務所棟とホテル棟は、60m以上の高さになるため日本建築センターの高層評定を通し、建設大臣の特認を取得している。

地震応答解析ではEl Centro NS, Taft EW, HACHINOHE NS, TOKYO 101 NSの観測地震波4波に対しレベル1(地震波最

大速度25cm/s)とレベル2(50cm/s)の入力レベルで振動応答解析を行った。それぞれ2階床レベルを固定とした28質点と21質点の等価せん断型モデルを用いた。復元力は事務所棟・ホテル棟とも増分解析結果を劣化のないトリリニア型に近似している。

2階床以下の人工地盤部・地下構造部に対しては、レベル2地震波入力時にも5%程度の剛性劣化に抑え、十分剛強な構造となるようにした。また、1階レベル固定で事務所棟・ホテル棟連成振動解析を行い、連成の影響が小さく2階床位置固定の棟別の振動応答解析と比較しても設計上妥当な結果となることを確認している。

### 3.4 ホテル棟の構造設計

#### 3.4.1 ホテル棟上部構造の設計上の課題

一般に高層建物は揺れ振動を避けて整形な形に計画されることが多い。しかし、今回のホテル棟では、屋根、厨房などの防水処理や計画上の利点を考えて、エキスパンションはとらない計画で設計している。そのため、高層棟に大宴会場・中宴会場などの低層部がL字型に接続した形状となり、揺れ振動の心配があった。

また、高層建築は長周期にして応答せん断力を減らす柔構造とするのが経済的な設計になる。しかし、ホテル棟の場合21階建ての高層部に6階建ての大宴会場・中宴会場の二つの低層部が付属する墓石型の構造断面になっているので、固有周期が短くなり、同時に高さ方向に剛性・質量分布が不均一になる。そのため、設計せん断力の分布形状を決定するために試行錯誤が必要であった。<sup>2)</sup>

#### 3.4.2 設計地震力の決定

予備応答解析では、揺れを無視しているため、解析に用いた剛性は、3次元の応力解析から各部材のD値を層ごとに集計した等価D値を各層の剛性とした。予備解析の結果、長周期の設計では高層部に鞭振り現象が生じて変形が大きくなるが、1次固有周期を1.5秒まで剛性を上げればせん断力の分布形状もAi分布に近づき、その時のベースシア係数は0.21で納ることがわかった。設計では、ロビー、宴会場など大空間の配置や層の上下でホテル、東電ショールーム、地域冷暖房機械室などが錯綜する複合施設という意匠計画上の制約から低層部にはブレースや壁面を設けることを極力避け、影響の少ないコア廻りにブレースを集中配置した。スパン方向には高層部のコアに連層のブレースを3構面配置し、桁行方向も2階から6階までの高層コア部にブレースをいれている。ブレースは溶接H形鋼を面外強軸に使い、降伏後の耐力劣化の少ないようにしている。

柱は最大径650mm角の溶接組立箱型断面柱を用いているが、ブレース付柱は高軸力となるので、TMCP(thermo-mechanical control process)鋼の極厚(最大75mm)溶接ボックス柱(600mm角)を採用し、軸力に抵抗させている。

#### 3.4.3 揺れ振動応答解析

ホテル棟は、低層部がL字型に接続しているため、ねじれ振動を免れない。そこで、疑似立体の弾塑性応答解析を行い、最大応答値が設計基準を満足することを確認した。

解析に用いた振動モデルはFig. 2の(2)と(3)である。モデルは各階剛床を仮定し、(2)は高層部に二つの低層部が接続した3棟接続モデルで、(3)は各通り上のフレームを弾塑性せん断バネに置換えたフレーム連成モデルである。各モデルは重心位置に質量・慣性モーメントを与え、各棟、各通りごとの増分解析結果から弾塑性せん断バネを設定し、各通り上に配置している。

応答結果の一例をFig. 3に示す。高層部から低層部に切り替る6階では階高が大きいため剛性が不足する。そのため、Y11通りにブレースを追加して、剛性を調節している。<sup>3)</sup>

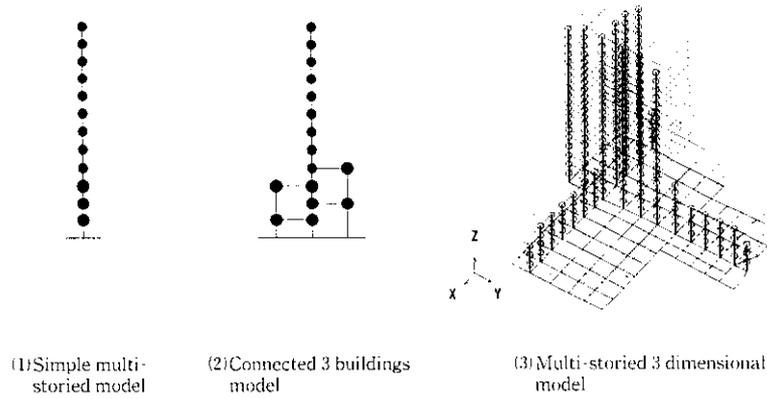


Fig. 2 Models used in seismic response analysis

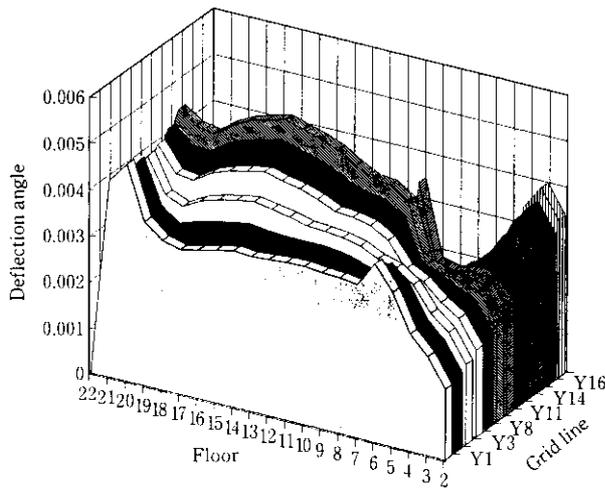


Fig. 3 Maximum floor deflection angle in torsional response analysis

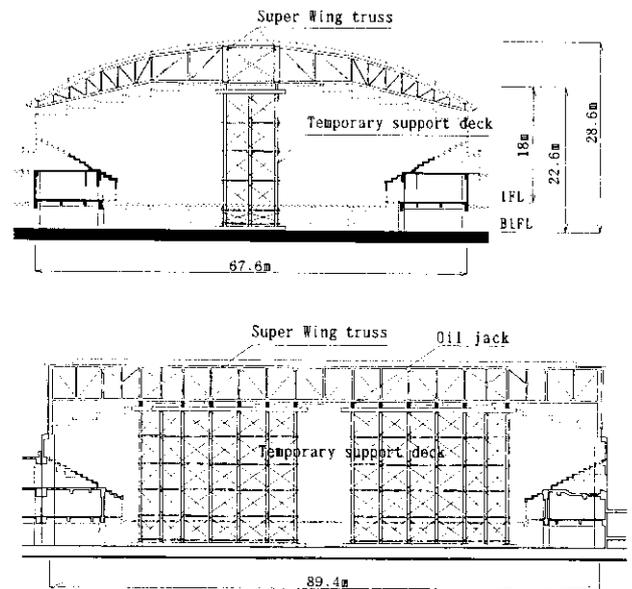


Fig. 4 Erection of "Super Wing" truss

立体で解析しているため、各フレーム間の力の流れは明確になる。そのため、一部大きな床せん断力が働く所ではスラブ厚をあげるにより剛性・耐力を確保している。

## 4 工事概要

### 4.1 工事の全体概要

主な施工数量は、1期2期合わせて根伐り土量約260,000 m<sup>3</sup>、鋼管杭約15,000 t (2,600 set) コンクリート約103,000 m<sup>3</sup>、鉄筋約14,000 t、鉄骨約26,000 tという膨大なものである。

今回の工事の特色は地下部の工事数量が多いこと、敷地が広く数棟の工事が同時進行し、そのなかに2棟の高層ビルを含むこととである。

### 4.2 スーパーウィングの建方

スーパーウィング (SW) の建方は、Fig. 4に示すように仮設構台上に合計24台の油圧ジャッキを設置し、その上に下部で地組みしたSWを組立て、直交するサブトラスをSWのキールに乗せる順序で建方を行った。その後、屋根工事等を行い、ある程度の荷重が載った段階でジャッキダウンした後、下弦材に添寄せたPC鋼線

の緊張を行い、屋根全体を構台から浮き上がらせて自立させた。その後荷重の全て載った段階でキールトラス、サブトラス端部の固定を行い、屋根鉄骨の工事を完了した。

### 4.3 民間施設の施工

民間施設の工事時期は全国的に建設ラッシュのピークの時期にあたり、技能工と資機材の確保に困難をきたした時もあったが、関係各社の懸命の努力によって大幅な遅れもなく進捗してきた。

#### 4.3.1 揚重計画

事務所棟は揚重設備として、タワークレーン2基、高速リフト1基、人荷用エレベータ2基を使用している。2基のタワークレーンは工区を平面的に分けて分担している。それぞれが鉄骨建方および外壁PC取付けを行い、クライミングを含めて約3週間サイクルで施工を行った。一方でタワークレーンの負担を軽減し高層棟に専念させるために、荷捌き用のクローラークレーンを用いて低層部の鉄骨建方、外壁PC取付けなどの施工を行った。

高速リフトは30分刻みの予約制で運転しており、予定が一部変更となった際には随時予定の繰り上げ調整を行った。建設業界でも

週休2日制に取り組みつつあり当現場でも実施している。しかし仕上げの追い込みと共に第2、第4上曜日は工事は休むが揚重は行っている。それでも揚重作業は朝6時～夜8時、ピーク時は夜10時まで及ぶこともあった。

#### 4.3.2 地下工事

地下の施工にあたっての問題は260 000 m<sup>3</sup>と掘削量が多いということと、埋め立て地であることから地下水の常水面がGL-1.7 mと高いという点であった。

そのため掘削にあたっての山留めは止水性の高いソイル式連続柱列壁 (SMW) を採用している。SMWは1期工事施工時に2期工事部分も含めた範囲で施工した。これは地下がつながるため、2期工事の時に1期工事側の止水が困難と予測されたためである。

SMWを不透水層 (GL-10~30 m) まで施工し、地下水をディープウエルで汲み出しながら掘削及び地下躯体工事を行った。

#### 4.4 鉄骨工事

2期工事の鉄骨工事は、当社が幹事会社となり川崎製鉄・新日本製鉄鉄骨工事共同企業体で受注し、1991年12月3日に建方開始した。1年後の上棟を目指し、事務所棟やホテル棟・商業棟の3棟合計20 000 t超をバブル景気の真っ直中で施工するため、鋼材、製作会社や現場職人をいかに確保するかが本工事の鍵であった。

工事では直営工場を含め製作13社、工作図作成8社、ボックス・コラム製作、階段、現場鍛冶・溶接、スタッド等の総数40社余

りの工事体制を組織化し対応した。

本格的な超高層鉄骨として全体の一括受注は初めての挑戦であったが、設計連合・建設JVとの綿密な製作、施工計画が功を奏し、予定どおり完工した。

実際の工事では現場溶接の品質の確保・精度の維持が課題であったが、治具の工夫や管理の徹底で工程・品質の確保に貢献した。

#### 5 結び

以上、千葉ポートスクエアプロジェクトの概要を紹介した。本プロジェクトをとおして当社の役割をまとめると以下のようになる。

- (1) 千葉市の新業務地区開発の先駆となる屈指の大規模プロジェクトを官民の協力を得て事業化する推進役となった。
- (2) 設計においては、5社企業連合のチームをまとめ、意匠・構造・設備にわたって大規模複合施設の設計・監理を行った。
- (3) 構造設計では、複雑な平断面をもつホテル棟の構造設計を担当し、短期間で完了できた。
- (4) 施工では、屈指の大規模工事を一括受注し、工期・品質の管理を行った。
- (5) 鉄骨工事では、サブコンとして受注し過熱した鉄骨ブームの中、品質・工期の確保に貢献した。

最後に、多大の協力をいただいた多数のプロジェクト関係各位に深く感謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) 菅野浩二、飯田 剛：「千葉ポートスクエア民間複合施設の構造設計」、鉄構技術, 6 (1993) 3, 72-77
- 2) 日本建築学会：「建築耐震設計における保有耐力と変形性能 (1990)」, (1990), 500, [日本建築学会]
- 3) 石山祐二、西川 忠：「低層建物上の塔状建物に対する地震力の分布」、日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) 昭和63年10月