

ワールド・トレード・センターの建築設計と施工

中 島 一

Architectural design and execution of works of the World Trade Center

Hazimu NAKAZIMA

筆者は去る1970年8月アメリカ合衆国・カナダの都市および建築について調査研究のため出張した。この報告は、そのときニューヨークに立ち寄り、目下建築中の世界最高の超高層ビルとなるワールド・トレード・センターの建設事務所および工事現場において設計・施工について調査・研究した結果に考察を加えたものである。

はじめに

ヨーロッパの諸都市を回ると、いたるところで古い遺跡や城郭にあうし、またそれを見出すのには、さほど苦労はない。薄よごれ、くすんでしまった野面石を無造作に積み上げた城壁を仰ぎ見るとき、所せましと押し寄せた市民等の歓迎の打振る旗波と歓呼のどよめきのなかで、威風堂々敵をせん滅した誇らしげな騎馬姿の指揮官を先頭に四列縦隊の戦士等が馬のひずめの音とともに行進したであろうことを想起させてくれるものである。あるいは敗戦の憂き目を刀折れ矢尽きた戦士の力なげに進んだであろうことを思い出させ、この石積みは静かに私共に話しかけてくれるようにすら感じられるのである。しかし、ニューヨークでは、こんな風景はもちろん求める術は何一つない。それに替るものは、むしろアメリカの富の偉大さを誇る摩天楼である超高層ビルなのである。

見上げていると、襟首が痛くなる位いで、ここでは40階建も60階建もさほど高さに差を感じさせないし、むしろ、マンハッタンのセントラル・パークの南部地区では、この程度の階数では超高層という感じを与えないのである。しかしさすがに102階建のエンパイア・ステイト・ビルは、その高さはずば抜けているし、実際3層に大別された急行エレベーターを乗り次ぎ最上階の展望室からの俯瞰は圧巻である。イースト・リバーがキラキラと太陽の光に輝き、ハドソン・リバーの埠頭は櫛の歯のようにどす黒くよどんだ中に突き出ているのが望まれる。足元には、スモッグのただよった底からニョッキリと天に向かって突き抜けた、くすんだ白、黒色の墓石を思い起こさせるように超高層ビルが迫ってくるのが無

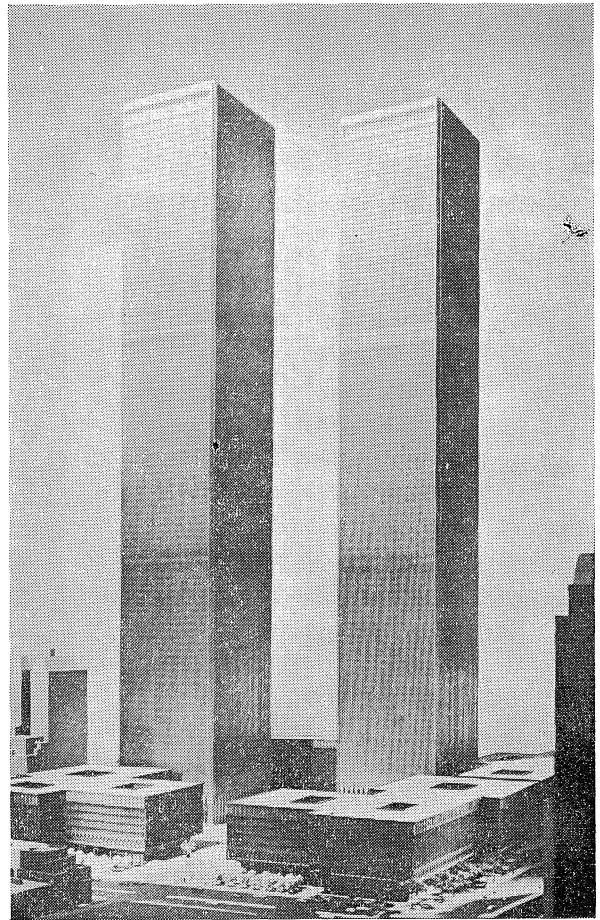


写真1 ワールド・トレード・センター

気味な感じを与えるのである。

この中で、更にこれよりもはるかに高い、超超高層ビ

ルの出現が間近かに控えている。これがワールド・トレード・センター (The World Trade Center)である。

ワールド・トレード・センターの概要

所在地 ニューヨーク・マンハッタンウォール街に近い地点 (写真2)

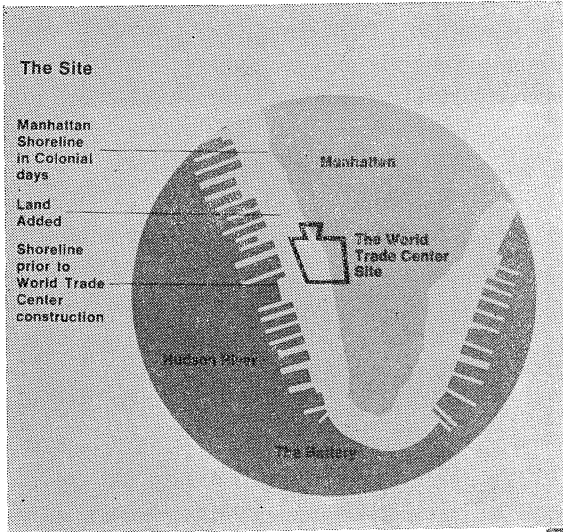


写真2 ワールド・トレード・センターの位置

敷地面積 64,000㎡

建築 超高層2塔, 高層8階建3棟, 22階建1棟

超高層2塔 高さ 410m以上 (参考, エンパイヤ・ステート・ビル380m)

階数 地上 110階

地下 6階

エレベーター 198基 (1つの塔に99基あて)

貸事務所等有効床面積 930,000㎡

工事着工 1966年 8月

工事竣工 1973年 (予定) 工期 7ケ年

工事進歩 高層 8階建 2棟ほぼ鉄骨組立完了, 超高層北塔は, 鉄骨組立100%, 下部外装コンクリート作業中, 超高層南塔は, 鉄骨組立70% (1970年12月1日現在)

総工費 6億5,000万ドル (約 2,500億円)

建築関係者 建築設計

Minoru Yamasaki and Association

構造設計

Skilling Helle, Christiansen,
Robertson

基礎設計

The Port of New York Authority
Engineering Department

工事請負

Tissueman Reality and Construction

ワールド・トレード・センターの企画

現在ニューヨークを経由する国内, 国外の船荷の流通は, この市の都心部の経済維持に非常に重要な意義をもつもので, このことはニュージャージー州, ニューヨーク市住民のため, 繁栄する港湾地域の物質的利益ばかりでなく, このことにより他の種々の利益をもたらし, 経済発展に寄与するものである。このような背景のもとにワールド・トレード・センターの必要性が強く認められた。

ワールド・トレード・センターは, ニューヨーク, マンハッタンに所在するとともに, 重要な経済, 産業の中心部にも位置していることにより国外貿易に関連するマーケティングや, サービスのすべてをひと構えの建築の中で整理統合することにより, 所期の成果を期待しようとするもので, このことは, 国際的ビジネスマンに, 完全な世界貿易サービスと国際ビジネスの集中化による大きな利点を与えようとしたものである。

このような観点から, このセンターには, ニューヨーク港における貿易業務に必要と考えられるアメリカ合衆

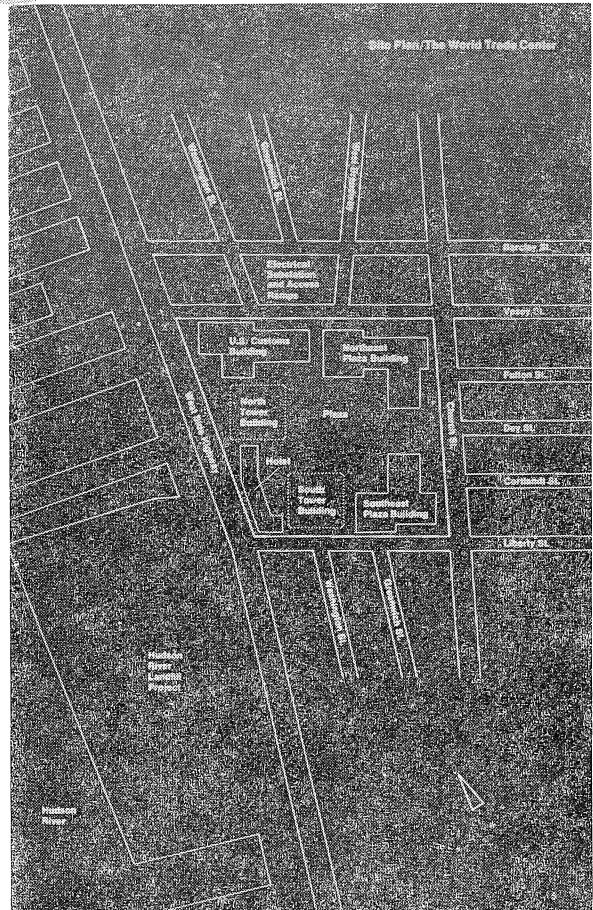


写真3 ワールド・トレード・センターの配置図

国税関，外国政府機関の貿易センター，一般商社，輸出入業者，輸送業者，税関に対する代理業者，国際銀行，海上保険会社および船舶，鉄道，航空機および自動車などの国際貿易についてのコントロールをはかり，その発展と拡大のための関係推進機関が入居されることになっている．そこで1962年，ニューヨーク市およびニュージャージー州議会は，ポート・オブ・ニューヨーク・オーソリティ（The Port of New York Authority）に対し，ワールド・トレード・センターの建設を指示した．

ワールド・トレード・センターの建築計画

ワールド・トレード・センターの敷地は，マンハッタンの西南端に近く，ハドソン・リバーに沿ったマンハッタン低地帯を占めており，敷地の西にウェスト・ストリート，東には，チャーチ・ストリート，南にリバナー・ストリートに接した街区を形成している．この敷地は，ジョージ・ワシントンの時代には，グリーンウィッチ・ストリートは海岸線であったし，ウェスト・ストリートは海面下にあったもので，これらを含め埋立てられたものである．

この敷地に建つビル群は，2ヘクタールのオープン・プラザの周囲に，それぞれ4つのプラザをもつ高層ビル群と2棟の超高層塔部が配置されている．このビル群には，前記のような貿易業務の遂行に必要なオフィス，展示スペースさらにはホテル等が考えられている．

このような広大なプラザの下に巨大なコンコースと，

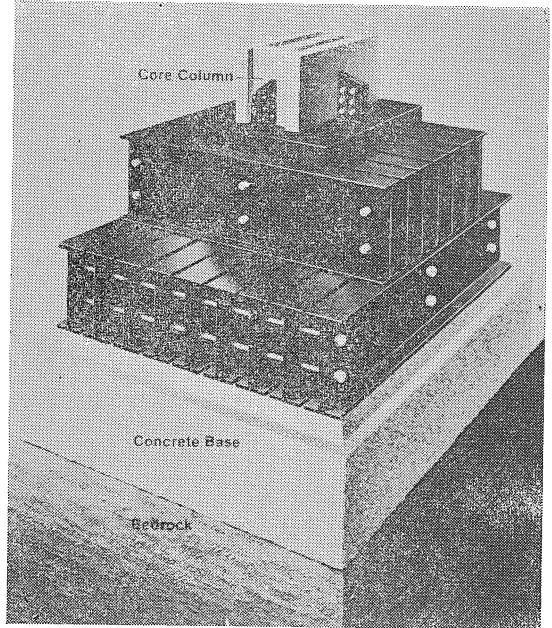


写真5 ワールド・トレード・センターの基礎

さらにこの下に既設の PATH 鉄道駅を収容し，また2,000台収容の地下駐車場も計画されている．

ワールド・トレード・センターの基礎

この建築物は，総重量が125万トンにも達する巨大なため，基礎は地盤面下20mの硬岩盤床にて支える計画となっている．

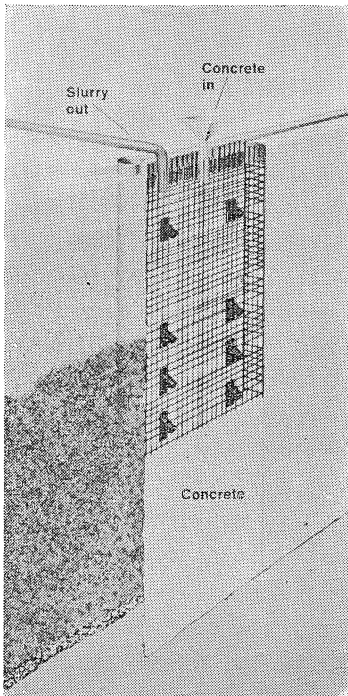


写真4 スラリー・トレンチ工法

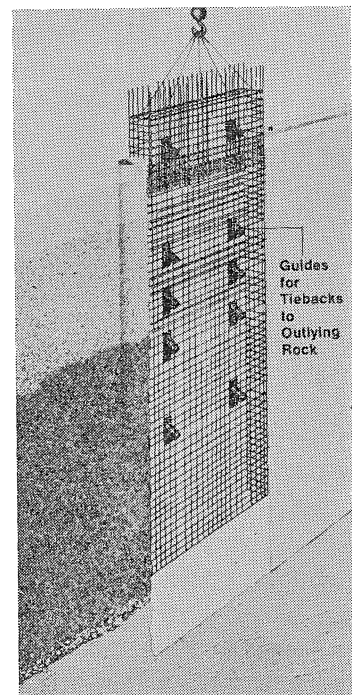


写真6 ワールド・トレード・センターの基礎

基礎山止め工法は、スラリー・トレンチ工法（Slurry Trench工法）を採用することになっているが、この工法はわが国では既に現在採用されているものの、アメリカにおいては新しい工法の一つとなっている。これは、初めに掘削機械により、3フィートの幅で、敷地全体の周囲を硬岩盤に達するまで掘るが、掘削しながら溝にどろどろしたスラリーを注ぎ込んで地下水の侵入を防ぐのである。その後基礎底部にコンクリートをコンクリート・パイプにより打ち込むと、スラリーは押し出されるという方法である。

このようにして、周囲に巨大な鉄筋コンクリート壁ができ、これが地表に向かって順次建ち上っていく工法がとられている。

超高層塔部の設計

超高層塔部の構造は、他の高層部と完全に分離独立したシステムとしている。

従来までの超高層、すなわち19世紀以後のこの種スカイスクレーパーは、一般には相当複雑な柱によって支持されていた。一方この鉄骨のフレームが採光や換気を妨げていたのである。

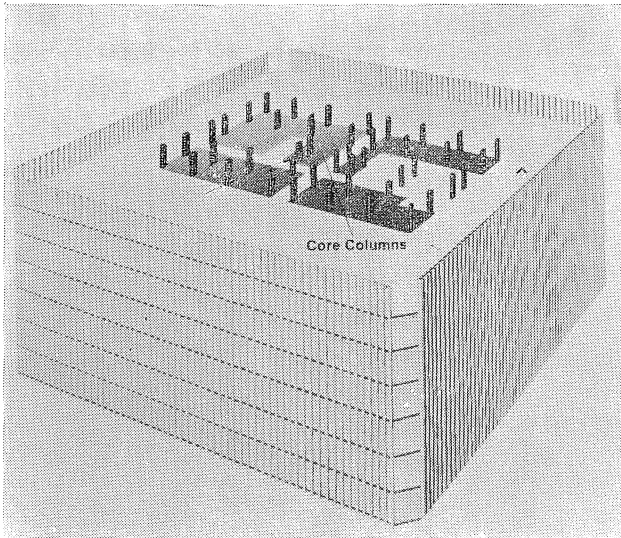


写真7 ワールド・トレード・センター
塔部ロード・ベアリング・ウォール

このセンターの超高層の塔は、構造計画として、ロード・ベアリング・ウォールを採用して外壁を構成している。従って高さ410mの高さまで連続した縦に立った線をもっているのである。すなわち鉄骨柱の多くは従来の構造とは異なり、内部に多く配置する代りに外部に位置し、内部におかなければならない鉄骨柱は、エレベーター・コア内におさめるよう計画されたため、内部空間が最大限に広げられるよう配慮されている。

外壁は、当然建築物の垂直荷重を負担することは言う

までもないことであるが、さらには風圧に対しても対応しなければならない。ニューヨークはわが国の大都市のように台風来襲の経験はないが、410mという上空においては常にある程度の風が吹いてすさんでいるのである。そこでこの外壁は、垂直柱から構成され、各階毎に塔を帯状に包む水平スパンドレル・ビームによって垂直柱をつないでいる。また相当大きな力に抵抗するため、四面ラチスを建てている。丁度これは正方形断面のボックス・ビームといえるものである。

超高層塔部エレベーター・システム

超高層塔は各々3つの層に大別されている。すなわち地下1階から地上44階までをゾーン1、44階から78階までをゾーン2、78階より110階までをゾーン3と分けられ、各ゾーンにはロビーを設けている。

55人乗り急行エレベーターはプラザ下の、すなわち地下1階のコンコースから出発し、各ゾーンのスカイ・ロビー行きとなっている。この停止階以外の階の乗客は、すべてこのロビーで乗り替え、ローカル・エレベーターで目的の階へと目指すシステムである。丁度東海道本線を走る列車の急行と各駅停車を思い出しただきたい。これを立てた場合のような方式のものである。

この方式により各階におけるエレベーター・シャフトの占める床面積をできるだけ節減をはかろうと意図したものである。ちなみにこのセンターにおいては、どの階に達する場合においてもすべて約2分程度を目標として設計されている。

工事施工業者

わが国においては、工事請負業者（General Contractor 以下ゼネコンという）は、設計図書と工事請負約款にもとづき、工事の完成までのすべてを実施することとなっている。すなわち一般的には建築材料の購入から下請業者（Sub Contractor 以下サブコンという）の決定、指揮、監督に至るまでのすべてを一括取扱っているのである。しか

しこのセンターの場合は、前記のとおりゼネコンはテイッシュマン リアルティ アンド コンストラクションとなっているが、この会社はサブコンを持っていない。例えばコンクリート・鉄骨・エレベーターとすべて直営工事で、ゼネコンは、これら業者への、各工事間のアジャスト、工事範囲区分、納まりのチェック等を実施するのが主目的である。従ってゼネコンは、いわゆるすべての各職種の指揮棒を振り、設計図書の意図を忠実に表現するためのコンダクターであるわけである。

この方式は以上のことにより、より密度の高い精度と

経済的作業スピードを期待してはいるが、更に次のような理由からと考えられる。

ニューヨークでは物品の売買には6%程度の物品税がかかることになっている。例えば鉄鋼メーカーからゼネコンへ納める鉄鋼にはすべて税金がかかるのである。と

370 が発表されているが、この当初ではまだ開発されていなかった。))

なお地下階コーナ柱は60トン、地上階の4~9階の外壁柱は52トンという重量で、9階以上の外壁柱・はりは、せいが約11.2m、幅3m、このユニットの重量は約5トン

となっている。ユニットは、6m×18mの大きさに、スラブもはりも含まれているのである。

ジョイント (Joint)

柱、はりのジョイントは原則としてハイテンションボルトであるが一部に溶接も使用している。

突合せ溶接の検査にはすべて超音波探傷となっているが現在ではその不合格率は10%以下となっている。

アメリカではこの検査官は、検査項目別にそれぞれ専門化されており、また彼らは、ゼネコン・サブコンのメンバーとは完全に独立したプロフェッションとなっている。

型わく厚さ15mmまたは18mmの4×8合板で、サポート・バタ角類は、ほとんど木製となっており、壁体はホーム・タイを採用しているが、他は番線締めである。

建方 標準階の建方

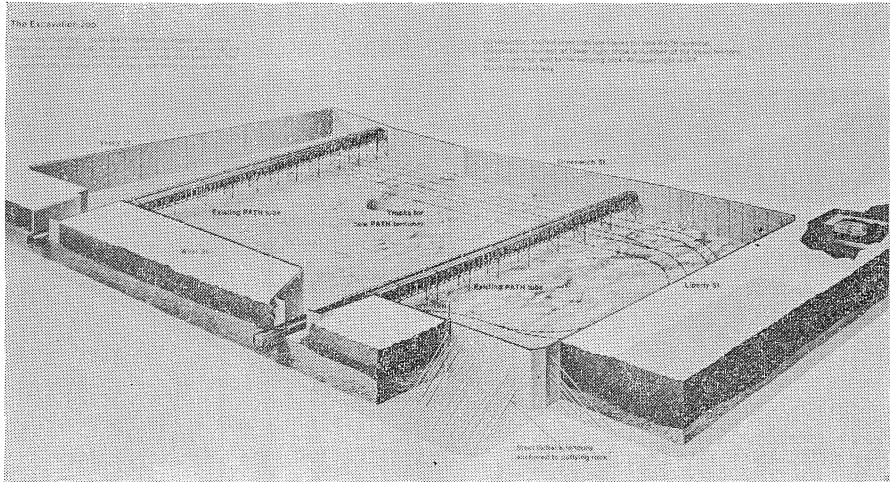


写真8 ワールド・トレード・センターの掘方

ところが、公共団体であるこの建築主、ポート・オブ・ニューヨーク・オーソリシティに直接納める場合は加税対象にはならない。すなわち6%も低廉となることとなることをねらったものと思われる。

施工関係

掘方の総土量は約90万m³にも達し、前述したとおり硬岩盤を掘るのに最盛期において約100台のさく岩機が使用された。またこの地階に既設のPATH鉄道が走っているが、掘り方はこの電車を停車させずに進行させなければならないので、中吊りとして地下工事をやってのけた。

鉄骨工事は、このセンターの主力をなすものである。これに要する鋼材は約20万トン、これを約20万個の部材として現場へ搬入され、最盛時には14カ所で、材料釣り上げ建方が行われている。

タワークレーンは、最大吊能力は90トン、1台の総重量200トン、ブーム長さは33mの世界最大のもので、オーストラリア製である。迫り上げは、オイル・ジャッキで動力はディーゼルエンジンである。

建方の1日の能力は300トン~600トン、建方許容誤差は、例えば外壁周り建入れにおいては、一節で1/500、二節で1/1000と規定されている。

Call catty社がこの建方のすべてを一手に請負い、1日平均400人程度の鉄骨工(溶接工を含む)が従事している。また各定位置へ順次必要部材の搬入については、コンピューター (IBM 380/4) が使われている。(現在

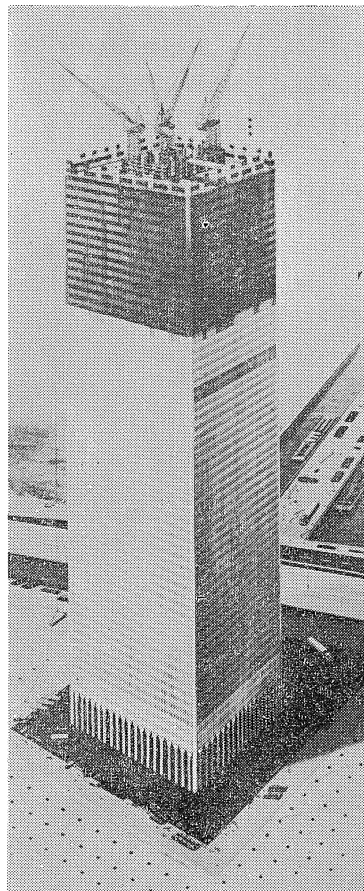


写真9 ワールド・トレード・センターのクレーン

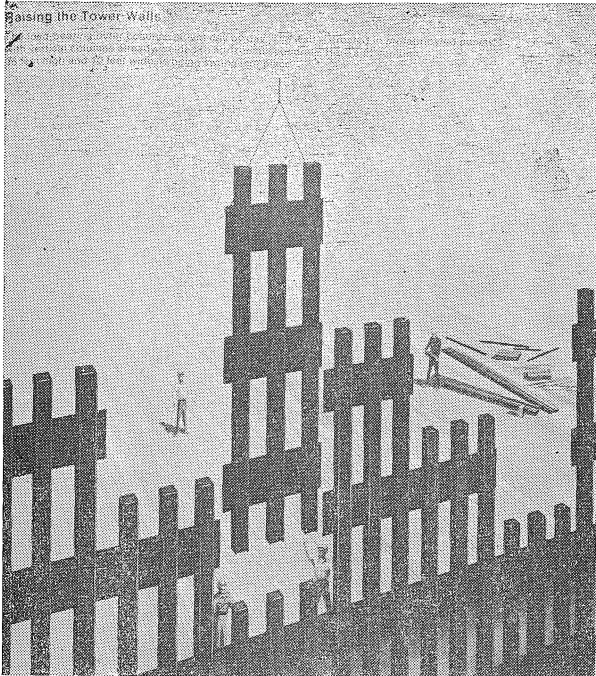


写真10 ワールド・トレード・センターの建方

は、3階分を1節となっているが、これが40階では11日、70階以上となると技能工を増加して10日程度で建ち上がっている。これらは前記のとおり大型計算機を駆使し工程管理に活用していることは、わが国のそれと比較すると工事規模が問題とならないとはいえ、大変うらやましい限りである。

おわりに

ワールド・トレード・センターは、全く新しい概念のものに、規模においても機能性追求においても他に類をみないこの建築計画は、建築の新時代到来を示さすものと考えられる。特に超高層の2塔は、来るべき21世紀の建築として、都市のあり方の考究とともに一つの方向づけをするものと大いに期待されているものである。

(参考引用文献)

The Port of New York Authority
The World Trade Center A building
Project like no other The Port of
New York Authority

中島 一 ワールド・トレード・センター
の設計について 日本建築士会連合会
「建築士」1971.2(Vol. 20 No.220)

工藤恒男 ワールド・トレード・センター
の施工について 日本建築士会連合会
「建築士」1971.3 (Vol.20 No221)