

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.27 (1995) No.4

川崎製鉄の鋼構造技術の特徴

Technical Features of Steel Structure Construction by Kawasaki Steel

金子 忠男(Tadao Kaneko) 浦田 勲(Isao Urata) 大方 茂(Shigeru Ohkata)

要旨：

川崎製鉄における鋼構造技術の特徴は、素材供給者として社会ニーズに対応するものを開発あるいは改良しながら、これらに溶接などの接合技術を付加して、部材製作や一体構造物として構築する施工技術、さらには構造物の機能や用途に適合する構造解析、耐震、疲労、防食などの力学性状や耐久性に関する設計技術を総合してエンジニアリング展開していることである。本論文では各構造ジャンルごとに、すなわち建築、土木両分野における鋼構造としての建築鉄骨、非住宅建築、橋梁、港湾構造物などについて概説のうえ、特徴をのべるとともに、今後の課題や展望にも触れた。

Synopsis：

Steel structure construction by Kawasaki Steel consists of the following three basic techniques which are combined into total engineering: Advanced metallurgical techniques for production of steel construction materials; welding and joint techniques for the construction of steel structure; and structural planning and designing techniques based on structural analysis, dynamic analysis for earthquakes, fatigue analysis and corrosion prediction. Kawasaki Steel is developing these combined techniques as its own steel structure construction techniques. In this paper, technical features in the field of frame work for building, bridge, harbour structure, revetments, and so forth, are presented.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Technical Features of Steel Structure Construction by Kawasaki Steel



金子 忠男
Tadao Kaneko
エンジニアリング事業
本部 鋼構造研究所長
・工博



浦田 勲
Isao Urata
エンジニアリング事業
本部 鉄構事業部鉄構
技術部長



大方 茂
Shigeru Ohkata
橋梁・鋼構造事業部
技術部長

要旨

川崎製鉄における鋼構造技術の特徴は、素材供給者として社会ニーズに対応するものを開発あるいは改良しながら、これらに溶接などの接合技術を付加して、部材製作や一体構造物として構築する施工技術、さらには構造物の機能や用途に適合する構造解析、耐震、疲労、防食などの力学性状や耐久性に関する設計技術を総合してエンジニアリング展開していることである。本論文では各構造ジャンルごとに、すなわち建築、土木両分野における鋼構造としての建築鉄骨、非住宅建築、橋梁、港湾構造物などについて概説のうえ、特徴をのべるとともに、今後の課題や展望にも触れた。

Synopsis:

Steel structure construction by Kawasaki Steel consists of the following three basic techniques which are combined into total engineering: Advanced metallurgical techniques for production of steel construction materials; welding and joint techniques for the construction of steel structure; and structural planning and designing techniques based on structural analysis, dynamic analysis for earthquakes, fatigue analysis and corrosion prediction. Kawasaki Steel is developing these combined techniques as its own steel structure construction techniques. In this paper, technical features in the field of frame work for building, bridge, harbour structure, revetments, and so forth, are presented.

1 はじめに

本論文は鋼構造特集号の基調として当社鋼構造技術の特色について概説するものであるが、その背景は以下に示す二つの重大なインパクトに端を発している。その一つは1995年1月に発生した未曾有の阪神大震災であり、住宅、工場、オフィスビル、高架高速道路などの建造物が大打撃を受け、また、多くの尊い人命が失われたことで、目下構造物の信頼性が根底から問い直され、設計施工体系の再構築が求められていることである。二つ目は1994年4月に鋼構造事業を拡充発展させるため、当社グループの総合力を結集する形で橋梁・鋼構造事業部を発足させたが、現時点は、業界での地位確保と競争力向上のための事業基盤強化の重要時期にあることである。以上のことから、これを契機に当社における鋼構造技術の流れを振り返り、保有技術の特色について考察することは、今後の斯界技術の方向性を見定めるうえでも意義あるものと確信する。

当社における鋼構造技術の特色は、一言でいえば、建設用鋼材のメーカーとして市場ニーズに適合できるものを提供するとともに、これに溶接やハイテンボルトなどの接合技術を加え、建設用部材またはそれらの集大成体である鋼構造物にする施工技術および構造物の用途に応じて、力学的解析、疲労解析、防食などの設計技術を総合して保持し、各要素技術を組み合わせてエンジニアリング展開し

ていることである。具体的には、橋梁や建築鉄骨向けに高張力鋼、低YR鋼、耐火鋼、耐候性鋼、非磁性鋼、極軟鋼などを、また、コンクリート用合成鋼材として太径異形鉄筋、突起付鋼板、高強度せん断補強筋などを提供のうえ、これらの利用分野においては継手施工技術としてエレクトロスラグ溶接、サブマージ溶接、MIG、TIGなどの各種溶接技術を応用・拡張して高品質化、高能率化、省力化を目指してきた。また、設計面ではFEMによる数値解析や大型構造物実験による構造解析などの設計資料の提供、疲労、脆性破壊、防食などの耐久性向上技術を研究のうえ、機能性、経済性に優れた鋼構造物の創出に寄与してきたわけである。

以下に、構造物のジャンルごとに上記要素技術の組み合わせによる固有の鋼構造技術について述べる。

2 建築構造

2.1 建築鉄骨構造

2.1.1 構造用柱材

建築鉄骨構造に関する技術はまず柱材の製品化に集約されているといっても過言ではなく、四面組立てボックスコラム¹⁾(リバーボックス)、極厚H型鋼柱²⁾、冷間圧延ボックス柱(リバーコラムP、R)³⁾、コンクリート合成鋼管柱(CFT)⁴⁾などが挙げられる。

四面ボックス柱は溶接組立てであるため、高能率サブマージ溶接(KX法)を適用のうえ、継手の品質とコストダウンのための技術

* 平成7年12月22日原稿受付

開発を確立して、市場に送り出したものである。圧延によるボックス柱よりも断面寸法の選択自由度が高いためユーザーの好評を博し、新宿ワシントンホテルビル新築工事を皮切りに大型鉄骨工事に採用され今日に至っている。

極厚H形鋼柱に関しては、最大フランジ厚80mmであるため、特に柱・梁接合部の溶接施工や板厚直角方向の力学的性状が問題であるが、これらに関しても実大実験による研究を重ね、地震エネルギーの吸収能に優れた商品開発が達成でき、直近では関西新空港関連の開発事業である「りんくうタワー」建設工事にも採用された。さらに最近では本商品に関しては、当社の先端圧延技術TMCP (thermo-mechanical control process) を応用したより高品質の製品が開発されており、上記と同様の構造性能調査を展開中であり、ほどなく市中に供することができる運びとなっている。

冷間圧延ボックス、コンクリート合成鋼管柱にしても、技術的には梁との接合部構造性能の解決が重要課題であり、リング式補強、増厚式補強、また省力化コストダウンをねらった簡易継手などの技術開発を加速しているところである。これら接合部の設計技術では当該部の力学的性状を高精度に予測できる降伏線理論⁹⁾を適用のうえ、固有の合理的設計体系を確立している。

また、柱・梁接合部の継手施工は設計と裏腹の関係にあるが、今次阪神大震災の被害も当該部位に集中して発生したようである。当社では、これに先立って梁スカラップ近傍の力学性状調査やノンスカラップ工法¹⁰⁾の開発を実施済みであり、時代の要求に応え得る体制にある。今後は裏当金レス工法や品質向上と省力化のための溶接施工法など鋭意進める必要があると考えている。

2.1.2 耐震ブレース、耐震壁

鉄骨構造により耐震性能を持たせるには、上述部位の耐震設計技術の再整備および高品質の施工履行が求められるが、その他に新しい制振技術の導入も是非必要である。

当社では、耐震ブレースや耐震壁¹¹⁾に着目のうえ、低強度(200~300 N/mm²)かつ高伸び性能(50%以上)を有する極軟鋼の特性を利用して、地震エネルギー吸収能力の高い制震ブレース、制震壁を開発して鉄骨構造の新しい制震技術を確立したばかりである(Photo 1)。

本技術に関しても近々実プロジェクトに採用されることが決定しているが、今後本技術の普及が達成できれば、鋼材の持つ優位性を存分に発揮させた合理設計が認知されることになり、鉄骨構造の競争力向上に大きく貢献するものと確信する。



Photo 1 Anti-earthquake wall panel for steel frame work

2.1.3 鉄骨製造の効率化

他方、鉄骨製造分野における固有技術としては、鉄骨仕口部溶接の自動化、無人化技術がある。建築鉄骨は通常シャフトと称する柱材に4本の梁端部材が直交して取りつくのが基本型であるが、当該交差部の溶接施工の効率化が即コストダウンにつながり、競争力向上の要である。当社では、当該部溶接に多関節溶接ロボットを導入¹²⁾のうえ、下向き溶接はもちろん、たて向き、横向き溶接の自動化を確立しており、鉄骨加工の生産性向上を指向している。現在、工場ラインに導入して好成果をおさめている。本技術の延長線上には、完全無人化による昼夜連続操業実現があり、そのためには、稼働中の欠陥検出技術や溶接のインプロセス制御などの重要技術の確立が不可欠であるが、現在鋭意技術達成に向けて注力しているところである。これらの技術が体系化されれば、鉄骨製造のみならず他の鋼構造製造にも応用され得るものとなり、今後の国際比価を念頭においた競争力維持にも大いに貢献するものと考えられる。

2.2 非住宅建築

2.2.1 立体倉庫、駐車場

当社が長年手がけてきた事業に物流倉庫があるが、本件に関しては自動倉庫の建設技術がまず挙げられる。手始めには、自動倉庫用に開発した骨組の力学性能の研究¹³⁾を実施し、耐震設計技術を確立した。ついで、倉庫物流の要であるスタッカークレーンを応用した物流システムを開発して、ソフト、ハード両面からの一貫した建設技術を保有し、営業展開している。最近の建設事例としては大日本印刷(株)岡山工場の自動倉庫、当社千葉製鉄所第3熱延工場のコイル自動倉庫などがあり、実績が着々と伸びているところである。

本技術は立体駐車場にも応用でき、当社では道路下の地下空間に構築する地下立体駐車場に空間創設技術と組合せて総合化した商品「カーネスト」¹⁴⁾を完成させ、受注活動を展開中である。物流の効率化、ハイテク化は、利便性の要求とあいまって今後ますます進むものと推察されるが、当社においても適用範囲を広げつつ、技術をさらに磨き上げて社会ニーズに応えるよう研鑽を重ねているところである。

2.2.2 クリーンルーム

上述のように物流の自動化という技術を核に建屋建設技術と融合して構造物としての自動倉庫を商品化したのと同様に、クリーンルームを核にした工場建設技術がある。これは気流解析技術¹⁵⁾をベースにクリーンルームの設計技術を確立のうえ商品化したもので、富士通(株)信越工場、シチズン(株)八戸工場などが最近の代表的建設事例である。

2.2.3 大スパン屋根構造

大空間を必要とする工場やスポーツ施設などを対象にした大スパン屋根構築工法である「スーパーウイング工法」¹⁶⁾を開発しているが、本工法は、大型屋根トラスの下弦材にケーブルを挿入し、プレストレスを導入することによりトラス断面を小型化できる合理的工法である(Photo 2)。本工法を適用した構造物として日本発条(株)横浜工場、米国ユタ州ソルトレイクシティデルタセンターなどがある。本工法の他にも立体屋根トラスとして「KTトラス」¹⁷⁾による屋根構築技術も保有しており、大型屋根の設計施工技術を体系化している。

2.2.4 都市型システムビル

鉄骨造建築物の応用商品として都市型システムビル「エクセルコア」¹⁸⁾を発売しているが、これは都市内狭隘地にある店舗、オフィスビルの建て替え需要をねらったものである。鉄骨を始めとして建設用部材の標準化、システム化を完遂するとともに、鋼製基礎梁工



Photo 2 Large spanned truss roof "Super Wing"

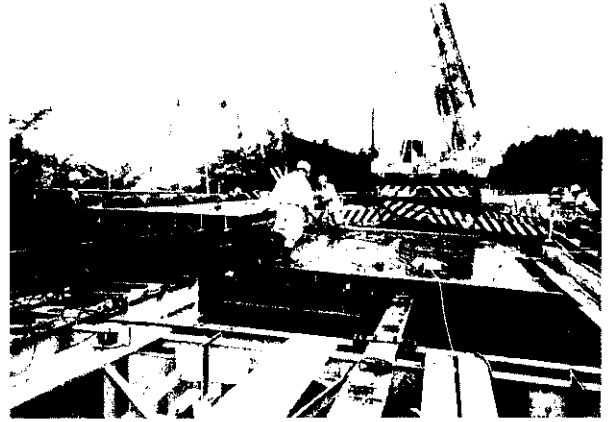


Photo 3 Renewing works of damaged bridge deck by steel deck

法、ボックス柱の片締ボルト継手工法、カーテンウォール無足場工法などの付帯技術を完成させた。当社のグループ会社である川鉄建材(株)亀戸ビルなどに適用済みであるが、震災で被災した当社神戸本社ビル新築にも採用された。

3 土木構造

3.1 橋梁および道路構造物

3.1.1 橋梁用建材

橋梁における固有構造技術として挙げられるのはまず第1に既設道路橋 RC 床版の架け替え技術である。本技術は苛酷な度合を増す交通量により損傷した橋梁の RC 床版を交通流をストップさせることなく、短工期で架け替え可能な画期的な工法である。本工法には架け替え用鋼床版「バトルデッキ」¹⁹⁾を開発のうえ適用している。特徴は多少厚目のデッキプレート(16~22mm)を用い、補剛材として橋軸方向に CT 型钢を溶接した簡単な構造形式となっていることで、耐疲労構造であり、軽量化も図られている。

当該鋼床版は工場で1次舗装を施した状態で出荷し、現場で本舗装を実施して路面形成するよう現場工事の軽減にも配慮している。本工法は架け替え対象橋梁に予め適当量の横桁を増設する工事を先行させ、これが完了した時点で路面半分をカット撤去するが、未撤

去部分は依然通行可能な状況である。撤去部分は鋼床版設置可能な状態に仕上げ、既存主桁と鋼床版をボルトにて接合のうえ、架け替えを完了させる。当該部分の路面を仕上げたうえで交通流を通しながら、残り半分の同様の方法にて施工することになる。したがって、本工法は、我国の道路事情に良く適合する商品と言え、当社社内工事を経て東名高速山田橋(Photo 3)に採用された。

本工法は鉄のもつ軽量、プレファブ性などの優位性とシステムチックな施工技術の構築により可能となったもので、復旧橋梁は従前のものに比して軽くなった分だけ応力的にも余裕が出ることになり、また横桁の増加により荷重配分が良くなったり、耐荷力も向上するので、耐久性がすこぶる向上することになる。

3.1.2 無補剛形式吊り管橋

特記すべき二つ目の構造技術として無補剛吊り形式ガス管橋¹⁷⁾があげられる。本構造はガスパイプラインルートにおいて、山間部谷あいや渡河地点に構築するものであるが、補剛トラス、補剛桁などを用いず、管本体をそのまま構造部材とし、これを吊りケーブルと耐風ケーブルとで固定する大胆な発想によるものである。当然のことながら本構造は数値解析や構造実験また風洞実験により耐風安定性などを折り込んだ設計技術に加えて、施工安定性をベースにした施工技術も確立している。実績1号として新潟～仙台ガスパイプライン兎捨川橋(Photo 4)に採用されている。



Photo 4 Newly developed suspension type pipeline bridge



Photo 5 Suspension type monorail structure

3.1.3 懸垂型モノレール軌道

本軌道構造¹⁹⁾は開断面の軌道桁と鋼管支柱とで構成されており、都市における中量輸送システムとして千葉市に国内で初めて建設されているものである(Photo 5)。車両が軌道桁に懸垂走行するため、力学的には不利な開断面を余儀なく採用せねばならず、複雑な曲げねじれ理論を適用した設計がなされる。さらに都市内道路に併設されることから垂直、水平両方向に曲線形状をもつ極めて複雑な設計技術が必要となる。これらに加えて繰り返し走行荷重による疲労設計が極めて重要であり、模型および実大桁での強度証左のための実験を実施して対処してきた。また建設コストを下げたため桁構造は外リブ補強形式となった。軌道桁製造においても上述のように3次元曲線をもつ開断面桁であるので溶接ひずみの高度制御技術が必要となったり、疲労強度確保のための溶接施工管理を厳格に実施した。鋼管支柱の方は、都市内構造物のため、外径が1200mmと制限されることから、極厚鋼管(50~90mm)となる。このため、冷間曲げ加工時の材質保証問題があったが、鉄鋼メーカーならではの鋼材技術を駆使して難題をクリアした。これらの高難度設計技術ならびに製造技術は当社橋梁技術の飛躍に大いに役立ち、今日に至っている。

3.1.4 合成床版橋

つづく代表技術として鋼とコンクリートとを力学的に合成させ、コンパクト化をはかった合成床版橋「KCSB」¹⁹⁾があげられる。本構造は主として都市河川に架けられる橋梁で、洪水に対する改修工事などに適用されるため、河川の流下断面に支障をきたさないよう、床版厚をできるだけ薄くしたことに特徴がある。本要件を達成するためには、従来のRC床版橋の設計技術では必ずしも対処できず、鋼材を有効利用のうえ、当社製品である突起付CT型鋼のもつ優れた対コンクリート付着性能を活用した固有の設計技術が必要であった。本構造は、床版底部の鋼板に上記CT型鋼を溶接した鋼床版様の箱をプレファブして現場に持込み、現場ではこれにコンクリートを打設して完成させるものである。鋼床版そのものをコンクリート型枠として利用でき、クリーンな現場施工と工期の短縮化がはかれることから、各都道府県などから数多く受注しており、十分な実績を重ねている。

3.1.5 橋梁の設計・施工技術

以上のほかに、橋梁事業をさらに拡大させるためには、製造のコストダウンはもちろん、吊り形式の大型橋梁に対する設計・施工技術を向上させる必要がある。製造に関しては、建築分野でも述べたように、ロボットによるメカトロニクス技術の導入が不可欠で、先

進的にオールポジション溶接が自動化できる技術開発に取り組むとともに、地道ではあるが疲労、防食を中心とする耐久性向上技術、高張力鋼の利用技術や大入熱溶接技術、予熱フリー化などにも積極的に取り組んでいる。設計・施工面ではケーブルの疲労、耐風設計技術、架設シミュレーション技術、景観シミュレーション技術のほかにコンクリートとの共生技術などについても基本技術に改良を加えた努力を展開中である。

3.2 沿岸・港湾構造物

本分野における構造技術は大別して2系統あり、一つは過去に事業の柱として重点展開を図っていた海洋における石油掘削施設建造にかかわる、いわゆる海洋構造系統のものと、他は鋼矢板や鋼管矢板などの建設材料と中詰土砂との相互作用を設計体系にのせた護岸構造系統のものである。

3.2.1 海洋構造物

海洋構造物に関しては石油掘削リグに用いられるジャケット構造の設計製造技術が源流である。波浪や地震などの外力に対する構造設計は設計ソフトである「マリンジャスト」を開発のうえ対応してきた。また、本ジャケット構造は鋼管部材を構成要素とする立体骨組構造物であるので多数部材が交差する格点部構造設計も重要課題である。特にT型、K型格点に関して応力集中に関する構造解析²⁰⁾や構造実験、さらには繰り返し荷重に対する疲労試験²¹⁾などを数多く実施のうえ、耐荷力評価に必要な諸データが蓄積されている。

構造体の製作に関しては格点継手部開先が複雑に形状変化するのに加え、全姿勢溶接となることから溶接欠陥は不可避免的に存在するため応力集中と実継手のCTOD値との対比を行って破壊力学的見地からの許容欠陥評価手法²²⁾を確立した。もちろん、当該格点部の溶接施工、品質検査技術や溶接ひずみ制御にもとづく製作精度向上技術なども重要技術として保有している。これらの諸技術の総合化により、世界最大級のジャケットであるシェールオイルのブルーウィンクルジャケット製作²³⁾が可能となった次第である。

また、新機能鋼材としてのTMCP鋼もこれと期を同じく開発され、優れた溶接性、靱性の向上が、格点構造設計に大貢献をした。

さらに、この種海洋構造物は潮流や波浪によりくり返し変動荷重を受けるが、鋼材の疲労現象は気中のものとは異なり、海水という腐食環境下では疲労限がないと言われている。当時、当社では海水腐食疲労に関して、高張力鋼やTMCP鋼を対象に実管継手を用いた実験的研究²⁴⁾を実施のうえ、TMCP鋼の優位性や防食の有無に関する新知見を蓄積している。これらに加えて、海洋中の構造物に衝撃的に作用する砕波力の影響についても、鋼管を対象に造波水槽を用いて模型実験を行ない、砕波力算定式およびこれによる衝撃応答解析法の提案²⁵⁾を行った。

以上のような先進的諸技術は、事業撤退後の今日でも継承技術として有効活用されており、例えば、建設中の東京湾横断道路の人工島護岸に用いられた「ジャケット式護岸」などに脈々と生かされている。さらに、将来プロジェクトとして期待されている東京湾口、紀淡海峡などを跨ぐ道路計画にも基礎構造の候補として研究が進んでいる。

ジャケット構造と類似した工法で当社が開発した固有技術に「水中格点工法」²⁶⁾がある。本工法は主として栈橋や繫留ドルフィンなどの構築に用いられているが、文字どおり、現場である水中で格点を形成するユニークなものである。すむわち、先行打設された鋼管杭にこれより一回り大きな外径の鋼管を主管とする斜材ブロックを鋼管杭頭部よりジャケットの様に嵌合させ、形成された2重管部の間隙にモルタルを充填させて固着完成させる工法である。本工法の

適用実績としては青森県、千葉県で施工された海釣り桟橋がある。本工法は従来の杭式桟橋に比べて立体骨組を現場で簡便に構築できるため、設計上および経済的にも合理的なものであり、港湾構造物への活用が期待されるものである。

3.2.2 護岸構造物

他方、土木用建設材料の主役としての鋼矢板や鋼管矢板を外殻とし、砂を中詰めした構造物に「二重矢板壁構造」²⁷⁾があり、護岸や水中工事用締切り構造として用いられている。本構造は壁体に作用する水圧や土圧に対し、二列に打設された矢板壁の曲げと中詰め砂のせん断変形により抵抗するものである。構造体の理論解析法を提案し、実験による検証を経て、設計法を確立したものであるが、代表的実績として尼崎開門建設用締切り工に採用されたし、建設中の横浜臨港道路工事も適用が計画されている。目下、本構造に関しては締切り内の工事空間を切り梁などの遮断から開放できるよう、壁体の完全自立化のための改良技術研究が実施されている。具体的には、壁体の曲げ剛性を高める目的から、中詰め砂の代わりに鋼製の隔壁を挿入することを考えており、設計法確立が完了したばかりである²⁸⁾。改良構造体の実現により、上述したように締切り堤内空間のオープン利用が可能となるため、本設工事の工期短縮がはかれ、切り梁やその支柱などの仮設材省略などの工事のコストダウンに寄与できることとなる。さらに本構造は根入れを有する軽量でフレキシブルな壁体であるから上手な設計をやれば、耐震上有利な護岸としての適用も図れるものと思われる。

二重矢板壁構造と同形式壁体構造に「鋼矢板セル構造」²⁹⁾がある。本構造は円形に打設閉合された鋼矢板壁内に土砂による中詰めをほどこして構造体を形成し、これを1列に設置連結して壁体構造とするもので主として護岸に用いられている。工事実績もかなりあり、直近では中部電力(株)碧南火力発電所護岸に採用された。本構造に関しても鋼矢板と中詰め土砂との力学的複合作用を実設計に反映させることが課題であり、模型実験や数値解析による研究成果から合理的設計法が確立され、現在広く認知されるとともに実用に供されている。

以上の港湾構造物の他に静穏水域を創出するための消波技術についても研究しており、消波技術を応用した構造物としてスリット消波堤がある。本構造は鋼管杭列に適当な間隔を設けるシンプルなものであるが、50%程度の消波率は容易に実現できるものである。

4 その他の構造物

土木、建築両分野に共通する構造として、「鋼製人工地盤」がある。当社が実施したものに洪水用調整池上に構築した大宮人工地盤³⁰⁾があるが、本構造物は先行打設された鋼管杭を支柱とし、鋼管杭頭部を鋼製梁にて2方向に連結のうえ、鋼製デッキを載せその上を舗装仕上げたものである。

本構造建設上特記すべきは、杭打ち技術であり、これは桟橋やシーバースの建設に当社が開発した水上杭打ち工法「ステップ工法」である。桟橋やシーバース建設では通常台船に設置された杭打ち機により鋼管杭を打設するが、この方法の難点は台船が波浪の影響で動揺するため、杭の打設精度確保が難しいことや波浪が大きい場合は作業中止が避けられず、工期が遅れやすいことなどである。ステップ工法³⁰⁾はこれらの問題を全て解決する画期的工法で、陸上から打設した杭を順次梁にて結合のうえ、構台設置し、杭打ち機を搭載したワゴンをのせて、前方に杭を打設しながら新たな構台を形成し、この上を連続的にスライドしながら、構造体を伸ばしてゆく方法である。

大宮人工地盤では調整池上であるため、本工法の適用が非常に有効であった。構造的には基礎である鋼管杭と人工地盤主部材である2方向梁格子との接合部の設計技術の確立、あるいは人工地盤の耐震設計、地盤上に構築する建屋基礎とのとり合いの問題など新たな技術課題の解決により成功裡に完工できた。本工法は新宿駅東口再開発事業にも採用され、鉄道交通を阻止することなく好評のもとに建設が進捗している。

本構造は新構造ジャンルの創出という点でも意義深いものであるが、鋼材利用分野の開拓につながるものであるが、今後、本施工例のような調整池上はもとより、河川空間や線路上空間の有効利用に対する応用が増大するものと期待されるものである。

6 おわりに

以上、土木、建築両分野における過去およそ15年間を対象とする当社が保有する鋼構造技術を構造ジャンルごとに分けて内容および特徴を概説したが、冒頭にも述べたように鉄鋼メーカーであることから、建設用材料としては自ら改良および新規開発ができること、また、利用技術としての構造物設計技術および溶接施工技術の研究により、鋼構造物のシェアを維持拡大してきたこと、さらには鋼構造物の製造の立場から溶接とメカトロニクスの融合技術導入による鋼構造物の競争力強化や新しい建設工法の開発によって鋼材利用分野の開拓を指向してきたことなどが本質的な特徴である。これらの努力は今後ますます重要になることはまちがいない、継続し強化せねばならない。

最後に、今後の鋼構造分野の課題、展望を以下に述べる。

建築構造においては、まず、第1に震災後復旧に全智全能を集中させねばならないことである。鉄骨柱梁仕口部の補強法の確立やより耐震に優れた鋼材と継手形状の提案による新しい設計施工法の確立が必要である。例えば、溶接性や靱性に優れたTMCP鋼などを適用したり、スカラップ形状の改良、裏当て金無し溶接法や現場自動溶接導入などによる品質向上技術の開発が急務である。さらに鉄骨構造全体としては、本文でも述べたように鋼鉄鋼を用いた制震やコンクリート注入合成鋼管柱などの新技術を導入のうえ、コスト競争力があり、信頼性の高い設計体系の確立や音、熱、振動などの居住性に配慮した内外装システムの確立、設計や部材の標準化、省力化施工法、物流の効率化などにより、800万トン市場の維持拡大への傾注が不可欠である。最近、鉄鋼メーカーの共同研究による戸建て住宅への薄板材の適用化(スチールハウスプロジェクト)が発足したが、これは市場の新開拓につながる重要案件であり、鋼素材の持つ高強度、軽量、加工性の良さ、安定供給性、耐火性などの優位性のため、大きな市場形成が期待されるものである。本件のように薄板建材製品の新たな商品化に関する努力も先進的に展開せねばならない重要課題である。

土木構造においては、やはり直近の課題としては震災対応であり鋼製橋脚の地震時水平保有力を念頭においた設計体系の再構築が急務である。現在、実験あるいは数値解析を駆使した懸命の努力がなされているところであり、新機能鋼材と設計技術両面からのアプローチによる新構造の提案が求められている。

橋梁分野では、建設コスト削減が最重要課題であり、少補剛厚肉断面の採用や少主桁構造など、構造の簡素化による加工工数削減の方向が主流となりつつある。これに関連して現場サイドでのファブ化や現場溶接の導入などが一部で検討されている。これら動向に対応するため大入熱溶接に耐え得る機能鋼材や予熱フリー鋼材、テーパ鋼板などの鋼材の研究や提案、高品質保証の溶接法、現場にお

ける高効率自動溶接技術の開発が必要となるはずである。疲労や防食などの耐久性向上技術などもさらに有効な技術提案が必要である。さらに本文でも述べたように工場における自動無人化製造技術は国際競争力のためにも生き残りをかけて急速に進展すると推察される。

港湾構造においても、鋼材の特性を活かした高耐震護岸構造の提案が求められており、今後の港湾の大水深化計画に適合するコス

ト、施工法、耐久信頼性に優れた新商品、新技術の開発が是非必要である。

さらには、橋梁や港湾構造以外の構造物、例えば本文で述べた人工地盤などの新しい構造物、コンクリートとの共生に関する新しい企画なども継続傾注する必要がある。

当社は鋼材製造部門、エンジニアリング部門およびグループ会社の力を結集して上記課題に挑戦していく所存である。

参 考 文 献

- 山口修一, 赤秀公造, 滝沢章三, 阿草一男, 永易正光, 西村 誠: 「KK 溶接法による角鋼管柱リバーボックス W の開発」, 川崎製鉄技報 8(1976)1, 116
- 山崎徳也, 滝沢章三: 「柱はり接合部の剝離破壊に関する実験的研究」, 建築学会論文集 No.252, (1977), 23-31
- 菊川春三, 岡本晴仁ほか: 「冷間成形角形鋼管の変形能力」, 日本鋼構造協会年次論文報告集, (1993), 593-600
- 稲岡真也, 山本 昇ほか: 「充填型円形鋼管コンクリート柱-梁無補強接合耐力に関する研究」, 構造工学論文集, 41(1995), 427-436
- 村上行夫, 太田克也ほか: 「増厚補強型柱・梁接合部を用いた半剛接架構に関する研究」, 日本建築学会学術講演梗概集, (1994), 1443-1446
- 山本 昇, 藤沢一善ほか: 「ノンスラップ梁端溶接接合部の変形能力に関する研究」, 日本建築学会学術講演梗概集, (1993), 1257-1260
- 清水孝憲, 藤沢一善ほか: 「極軟鋼を用いた制振ブレースの履歴特性について」, 日本建築学会学術講演梗概集, (1995), 399-404
- 中川郷司, 藤沢一善ほか: 「極軟鋼耐震壁の開発」, 日本建築学会学術講演梗概集, (1995), 465-468
- 福原 昇, 志賀 厚, 橋本順次, 安田博和, 中島重松, 則長保甫: 「鉄骨柱大組溶接ロボットシステムの開発」, 川崎製鉄技報, 23(1991)1, 43
- T. Yamasaki, N. Yamamoto, et al.: "Eccentric connection of cold-formed steel rack structure," No.6 Int. Specialty Conf. on Cold-Formed Steel Structures, Washington(USA), (1982)
- 赤城晋允, 松本 剛: 「大規模機械式駐車場システム, CARNEST (カーネスト)」, 基礎工, 22(1994)12, 104-105
- 藤田 勉, 末田 明, 浦 等, 白石 健: 「ライン式クリーンルームにおける気流分布」, 川崎製鉄技報, 25(1993)1, 59
- 小阪 清, 武元広之, 橋本順次, 小泉秀夫, 藤沢一善, 山本 昇: 「大空間構造物スーパーウイング工法の開発」, 川崎製鉄技報, 20(1988)4, 315
- K. Imai et al.: "The KT space truss system," 4th Space Structures, (U. K.), (1993), 1374-1382
- 石嶋正美, 吉尾正彦, 池島正貴: 「川鉄システムビル“エクセルコア”における設計システム」, 川崎製鉄技報, 25(1993)3, 228
- 村越 潤, 川井 豊, 吉岡 弘, 中村聖三: 「RC床版補修用プレファブ鋼床版の実用化実験」, 土木学会第44回年次学術講演会, (1989), 504-505
- 崎長 正, 古田俊宏, 中村聖三, 崎元達郎, 久保喜延, 水田洋司: 「無補剛吊形式管路橋の開発」, 川崎製鉄技報, 27(1995)4, 209-216
- T. Yamasaki, and Y. Kawai: "Fatigue Strength of Stiffening Frame in Guideway Beams for Suspended Monorail System," Trans. of JSCE, 15(1983), 78-81
- K. Hamada, T. Kasuga, M. Sato, and S. Tanaka: "Structural Characteristics and Application of Kawasaki Composite Slab Bridges," Kawasaki Steel Technical Report, 15(1986), 92-99
- Y. Makino, Y. Kurobane, S. Takizawa, and N. Yamamoto: "Behavior of Tubular T- and K-Joints under Combined Loads," Offshore Technol. Conf., Oct.(1986), 429-438
- T. Yamasaki, S. Takizawa, and M. Komatsu: "Static and Fatigue Tests on Large-Size Tubular T-Joints," Offshore Technol. Conf., Oct.(1979), 583-590
- Y. Nakano, M. Nagayasu, K. Ota, S. Takizawa, and H. Nishizaki: "Crack Tip Opening Displacement in Heavy Section Steel Plate and Its Welded Joint," Offshore Technol. Conf., Oct.(1986), 277-286
- T. Hiromoto, S. Ohkata, Y. Nakano, A. Shiga, and S. Takizawa: "Computerized Prefabrication and Materials for the World's Tallest Platform Bullwinkle," Offshore Technol. Conf., Oct.(1989), 459-468
- A. Narumoto, K. Akahide, S. Kikukawa, Y. Kawai, and O. Hasimoto: "Corrosion Fatigue Strength of High-Strength Low Alloy Steels for Offshore Structures," Offshore Technol. Conf., Oct.(1985), 377-384
- K. Tanimoto, S. Takahashi, T. Kaneko, and K. Shiota: "Impact Force of Breaking Waves on an Inclined Pile," 5th Int. Offshore Mech. and Arctic Eng. Symp. ASME, 1(1986), 235-241
- 根井基雄ほか: 「水中格点工法の格点部のせん断耐力に関する実験」, 第37回土木学会年次学術講演会講演梗概集, 48(1982), 95-96
- K. Ohori, K. Takahashi, Y. Kawai, and K. Shiota: "Static Analysis Model for Double Sheet-Pile Wall Structures," J. of Geotech. Eng. ASCE, 114(1988)7, 810-825
- 水谷太作, 芥川博昭, 米澤 洋, 高橋邦夫, 菊池嘉昭: 「隔壁型高剛性二重矢板壁の挙動特性」, 川崎製鉄技報, 27(1995)4, 242-247
- 野田節男, 高橋邦男ほか: 「鋼矢板セル模型の水平載荷実験-その2 動的挙動-」, 港湾技研資料, 639, (1989), 5-78
- 三好弘高, 高部良二, 親宮和周: 「鋼製人工地盤の設計・施工」, 川崎製鉄技報, 27(1995)4, 229-234