

「台湾新幹線」を訪ねて、 メカライフ初の台湾取材！

～台湾高速鐵路編～

とうとうここまでやってきました。メカライフが始まって以来、初の海外取材である。ここでは、台湾、台北。かつてポルトガル人がその美しさに「麗しの島」と叫んだ台湾本島に、日本の新幹線が2005年10月31日に縦断することになる（2004年3月現在）。今回は、0系新幹線を手がけた島隆氏と、現在日本最速の新幹線「500系」の開発に携われた仲津英治氏の両氏にインタビューをすると共に、来年新幹線が快走する駅、高架橋、トンネルなど建設現場を訪問してきた。残念ながら話題の台湾新幹線車両にはお目にかかることができなかったが、その台湾新幹線より一足お先に現地を訪れてきたのだ。

1 はじめに

台湾本島の中央部には4 000m級の山々が南北に貫いている。これが中央山脈である。山脈の東側には山地が太平洋まで広がっているが、西部は海岸線に向かって肥沃な平野が広がっている。ここは「西部回廊」と呼ばれ、全人口2 200万人の7割が集中し、年間延べ1億7千万人が利用する鉄道も西部回廊を中心に整備されてきた。し

かし、台湾の輸送能力は1990年代に近づくにつれ限界に向かい、特に沿線に台北、台中、高雄といった大都市を持つ西部回廊の鉄道輸送能力は飽和状態であった。

そこで開業以来無事故を誇る日本の新幹線の信頼と最先端技術が買われ、輸送能力の増強として新幹線は初めて海を渡ることになったのだ。

2 台湾新幹線概要

台湾新幹線は、台北（在来線の台北車站）～高雄（左營車站）間（345km）を最高速度300km/hで運転、（ただし、土木の設計速度は350km/h）、台湾の南北を80分で結ぶことになる。現在、台北と高雄を結ぶ列車のうち最も早いのは特急「自強号」だが、所要時間は4時間半ほどもかかる。このため台湾の人々は、台北から高雄や台南などへ行く場合1時間足らずで着く飛行機を使うという。利用者が多いので、朝夕はラッシュで常に満員の状態。その点、新幹線は一度に運べる旅客数は飛行機よりも多く、1日の往復の輸送容量は、170 000人である（開業当初、最終的には300 000人を予定）。気になる車両はというと、1編成12

両（定員は989人）で、白の側面に黒とオレンジの線が入った流線形をしている。これは、日本の新幹線「500系」の台車と、「700系」の基本設計を台湾向けに改良した車両「700T」（図1、2参照）である。長さは300m、重さ600t強（空車では500 t強）である。開業当初は日本から30編成を納入後、2008年8編成、2010年8編成、2018年5編成を増備して、最終的に51編成までの保有が決まっている。

台湾新幹線は民間経営のノウハウを生かして建設や運営を行うBOT（Build Operate Transfer）方式をとっており、民間資本の台湾高速鐵路股份有限公司（以下、台湾高鐵と略）がBOT契約期間である。1998年から35年間の建設（B）・運営（O）し、最終的に政府に無償譲渡（T）する。一定期間のうちに収支を安定させるBOT方式だが、民間経営のため、開業後は、特急「自強号」などの在来線とはライバル関係になるのだ。

3 建設現場を見学！

台湾新幹線の建設のうち土木・駅部の多くは、高鐵による発注（ただし、

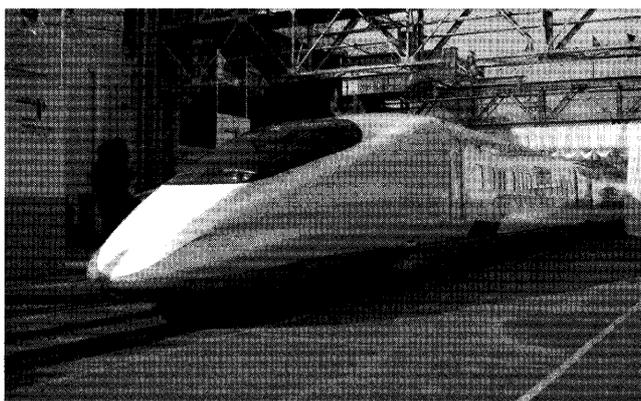


図1 台湾新幹線電車外観

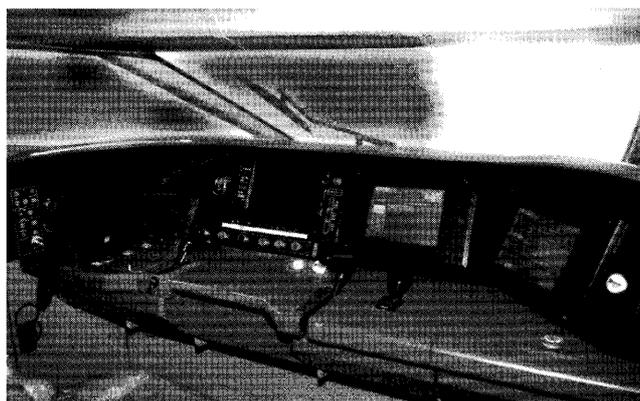


図2 車内の様子

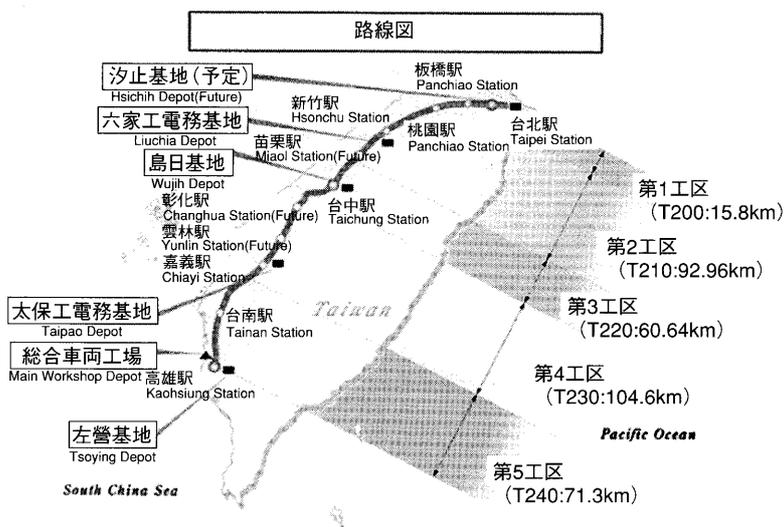


図3 台湾新幹線の工事区間

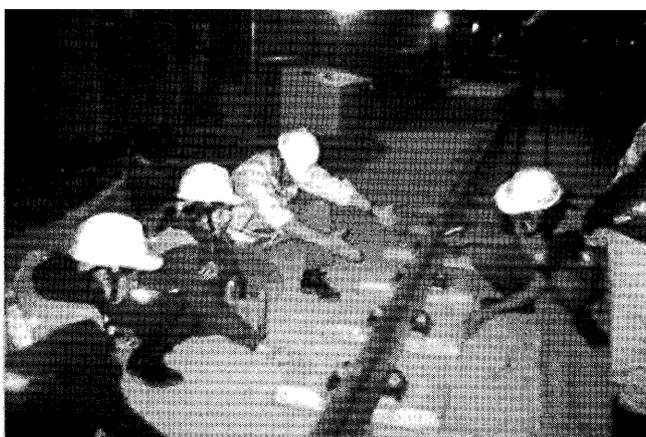


図4 LVTを説明するMr.Yeh (中央)

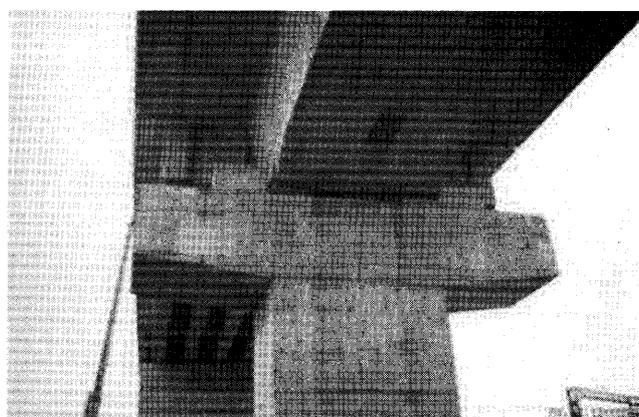


図5 高架橋の形状の違い (支柱の手前は大林・互助JVが手がける高架橋)

台北付近のみ政府発注)で、土木は12工区に分かれ、このうち5工区が日本のゼネコンと地元企業のJVが受注し建設に携わった。そのうち大林組・互助營造JVが手がけるC210工区でトンネルと高架橋を見学した。駅部は6工区で、すべて日本のゼネコンと地元企業のJVが受注した。コア契約(車両/電気/運行管理が一体)は、日本の企業連合が受注、このコア契約とは別発注の軌道工事は、全線で5つの区間に分かれている(図3 台湾新幹線の工事区間)。軌道工事の第1工区以外は、すべて日本の企業連合体が受注した。われわれは、最も台北側に位置し豪独連合が受注した軌道の第1工区の板橋駅でトンネル区間の非日本式スラブ軌道を見学した。またコア契約の第2工区では変電設備を見学した。

◎板橋駅

みんなで11ある駅(将来駅3駅)

のうち台北駅と板橋駅そして桃園駅の3駅が地下にある。地下軌道は全建設キロ345kmのうち、16kmである。板橋駅にはすでに、在来線であるTRA (Taiwan Railway Administration)と地下鉄が、新幹線と壁を隔てて横並びをしている。実はこの地下路は、台湾新幹線の構想ができる前からできていたという。われわれは、板橋駅近くにある台湾新幹線用に作られた非常口から、地下へともぐりこんだ。

地下の構造は、3階建てである。地下1階を公共通路として利用し、地下2階には新幹線の台北方面から高雄方面へと南下する線路のホームがあり、地下3階には北上する線路のホームがある。それぞれ一つのホームには二つの線路が敷かれており、板橋駅に停車する線路と通過する線路で分けている。理想のプラットフォームは直線形状であるが、ここ板橋駅は湾曲状にな

っている。使用できる土地の問題上、これを余儀なくされているという。

ここ板橋駅で採用されている軌道はLVT (Low Vibration Track)であった(図4参照)。ちなみに、日本の新幹線の軌道構造は、従来のバラスト軌道とスラブ軌道の2種類がある。バラスト軌道は道床バラスト、まくらぎ、まくらぎとレールをつなぐ締結装置、レールから構成され、鉄道発祥から続いてきた軌道構造である。一方、スラブ軌道は締結装置を介してレールに直接工場製作のコンクリートブロック(スラブ)に締結し、スラブの下に注入するセメントアスファルトモルタル(CAモルタル)と、レールの軌道パットで軌道の弾性を確保する方法である。LVTは、以上の二つに大別するとスラブ軌道に属する。構造はというと、締結装置を介してレールを直接スラブに締結し、そのスラブは振動を低減さ

せるためのゴム材上に設置されている。イギリスが発祥であるというこのLVTシステムは、イギリスとフランスを結ぶユーロトンネルなどの海峡トンネルに用いられている技術であるが、日本とは別な思想での開発である。

◎高架橋・変電所建設

高架橋の建設にもお国柄が出ていた。図5は高架橋を下から撮影した写真である。中央にある柱の前後でわずかながら高架橋の外観が違うのが分かる。大林組・互助營造JVが手がけるのは手前の高架橋であり奥の他工区の高架橋と比べると表面に錆や凸凹もなく綺麗に仕上がっていた。実は橋の形状は、強度には問題なく、美観の問題であるという。見た目をたいせつにするというプロ意識を持った土木技術者の腕の見せ所である。ただ、海外ではどうせ汚くなるものだから強度さえ保てれば良いという考えから仕上がりが違うようだ。また建設しているのはほとんど日本人ではないので監督官が注意を怠ると、同様の仕上がりにになってしまうそうだ。

新幹線の変電所は40～60kmに1箇所設置してある。ここでは、新幹線の動力源である電気の変換だけではなく、信号や通信のケーブルも接続することになるので、それらのコントロールルームも併設している。われわれが訪れたときには、まだ変圧器がなく、これから搬送されるようであった。建屋は、変圧器が入れられるように壁面が一面なく、機材が運ばれてきてから壁を埋めるという。万が一、変圧器が壊れた場合には、壁を壊して交換する

とのことである。

◎高架橋に上がると・・・

工事現場でよく目にするガタガタ揺れる仮設の階段を上り、新幹線よりも一足お先に高架橋を歩いた。

ここの高架橋はすでに完成しているが、軌道および架線の敷設はこれからのもので、高架橋上は平らな路が長く続いていた。高架橋をさえぎるものは何もなく、以前高架を横断していたであろう高圧電線は高架橋上部でプッチンと途切れて、高架橋を挟みこむように鉄塔が並んでいた(図6参照)。新幹線頭上を通過してしまうので、一部だけ地下に埋め込んでいたようだ。

高架橋の壁面には均等間隔で六つの穴が施されていた。これは、防音壁を立てるためのボルトをつける穴がすでに用意されてあるとのことであった。開業時には、一部区間敷設され、将来騒音で苦情を受けた際に対応できるように、当初よりこの穴を設けたとのことだ。

橋の両側は、ディレールメントウォールと呼ばれる脱線防止壁がある(図7参照)。新幹線が万が一脱線しても、車輪がここに当たり車体が高架橋から転落しないようになっている。このディレールメントウォールの外側は、新幹線が故障した際などに使用する避難通路としても用いられる。避難階段は3kmに1箇所あり、乗客はそこまで避難することになる。避難通路には「手懸り」という、蓋を取り外すときに手をかける穴が空いている。避難時に、「ハイヒールを履いている人はどうするんだ？」という意見もあったよ

うだ。この蓋を空けると手前と奥にケーブルを収納できるスペースがある。一つは、鉄道用のケーブルトラフで、電力、信号、通信用ケーブルが入っている。もう一方には、台湾政府が将来の通信事業のためにとっているスペースである。台北から高雄まで光ファイバを敷設する計画があるという。本来なら人が避難するためのスペースであったら、こんなに幅は必要ないのであるが、このような思惑があるために、現在の広さになっているようだ。

高架橋といっても、形状がすべて同じではない。建設する場所によって使用する形状を変えてあるのだ。通常は単純桁^{けた}といって、図8のような地面に対して平行な橋を設計する。例外として、高架橋が道路などを挟む場合や、川を挟む場合などは、柱と柱のスパンが長くなり、単純桁だと強度が持たないために、図9のようなカンチレバー型の設計にするという。単純桁の場合の1工程は40mで、2週間で施工できるが、カンチレバー型は長さ方向に対して断面形状が変化し、道路・川などで地表面からの仮設備を使えないので、1工程、4mを施工するのに1週間もかかる。1つのカンチレバー橋を作るのには、合計で14週間かかるという。もちろん、カンチレバー橋は単純桁橋に比べ柱のスパンが長いので、柱の数が少なくなるのだが、その分、柱の基礎が大きくなってしまふ。施工量やスピードを考えるとカンチレバー型は不経済だが、スパンによって単純桁長に限界があり、致し方ないようだ。

民家に挟まれた非常に狭い16m幅

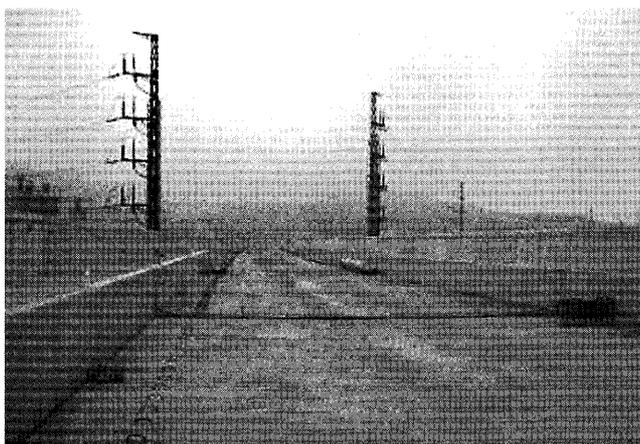


図6 高圧電線を切断する高架橋

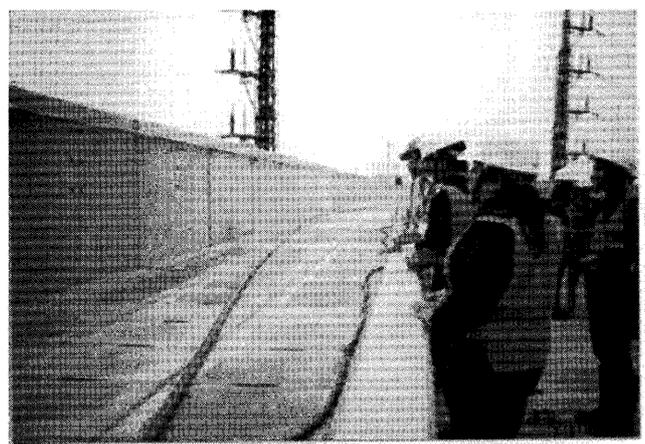


図7 ディレールメントウォールの説明を受ける

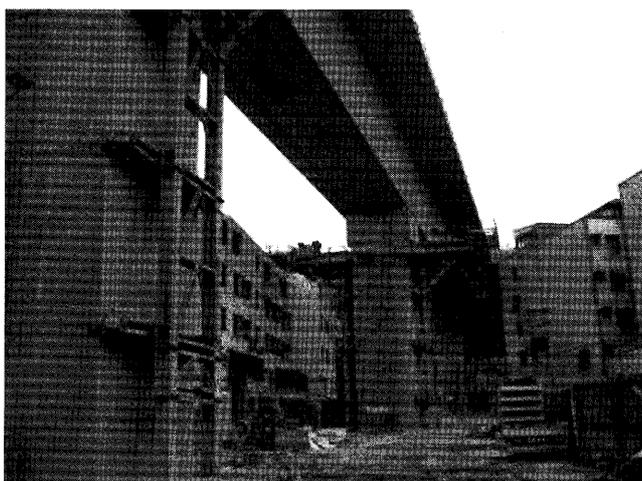


図8 非常に狭い場所での高架橋建設(単純桁型)

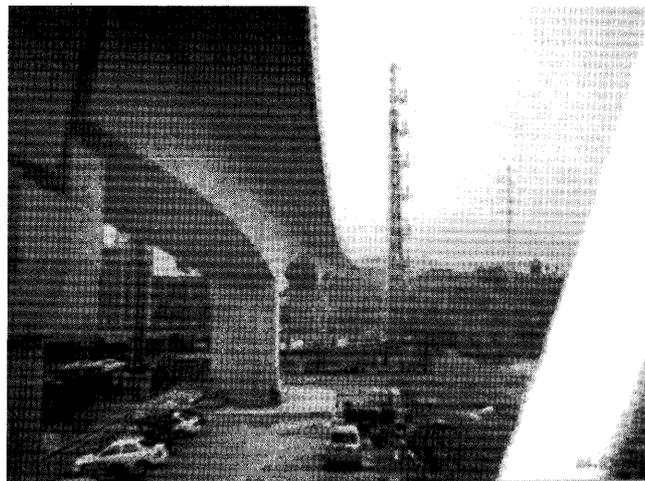


図9 高架橋の形状の違い(カンチレバー型)

のスペースでの作業を行っていた場所もある(図9参照)。用地買収を4m拡張しただけで、総事業費に占める割合が10%ぐらい跳ね上がるという。さらに8m, 12mと広げていくと20%, 30%と上がる。つまり土地代の高い市街地では建設するに必要な用地を広げるより、狭い場所でも建設できる最新の建設機械を導入した施工方法を考えたほうが遥かに安く、こういったアイデアは施工者達の知恵の賜物であるようだ。

◎トンネル建設

トンネル掘削にはNATM工法を用いている。NATM工法(New Austrian Tunneling Method)とは、地質の強度に差はあるが進行方向に1~1.5mのトンネル断面を掘削し、ズリ(土砂)を取りだし、その後鉄筋の径の太いロックボルトを壁面に打ち込み、コンクリートを200mm程度吹き付け固定させる(注:吹付けコンクリートは岩などの表面がバラバラ落ちてくるのを防ぐもので、力を受け持つではない)。固定すると、その山が山であろうとする力を利用して、このアーチを保つことができる。(円形に近いのがいちばん安定するが、地質の良し悪しによって形状も変わってくる。)ほんの少しだけ掘って、山の力を緩めないうちに吹付けコンクリートを使って固定して、山が山であろうとする力を使って掘っていく。基本的に地山の力が吹付けコンクリートの内側の覆工コンクリートにはかからないようにできて

いるため、覆工コンクリートは薄いときで200~300mmの厚さの場合もあるという。特に、われわれが見学した区間では、地下水低下の影響を抑えるために非排水方式のトンネルになっており、もろに水圧を被るので鉄筋の量も多く、覆工コンクリートも600mmと厚く設計している。

掘削は油圧ブレイカーとパワーショベルで行い、掘った後のズリはダンプトラックで搬送している。排出にベルトコンベアを使用すると、その設備自身にコストがかかってしまう。このようなトラックが入れるような大きさなら、トラックを使用したほうが、いちばんコストがかからないという。もちろんトラックの排気ガスのためのブローアーを使用して換気をしたとしても、かかるコストは断然に安いそうだ。

掘削をする上で、土質調査は詳細に行っている。他表面からの事前調査のほかに先行ボーリングを行い、進行方向50m先の土質の状況を確認している。また、土に水が含まれている場合などは掘削中に崩れやすくなってしまいうので、先行ボーリングなどで水を抜く作業もしている。最も重要なのは、山を緩ませないで掘ることなので、昼夜作業が止まることがない。「止まる」=「緩める」ことなので、昼夜2交代制や、8時間ずつの3交代制の現場もあるという。休むこともなく常に前方に掘り進み、側面ではコンクリートの吹付け、およびロックボルトの打込みを絶えず行っていく。ただし、お盆

や正月といった休みは、工事の休止もやむを得ないので、その場合には前面をきっちりとコンクリートを吹き付けて土砂の崩れを防いでいる。休み明けには、そのコンクリートを壊す作業からはじめなければいけないので、工事の時間が長くなりコストが上がってしまうという。

すでにこのトンネルの掘削は終了しており、残すのはコンクリート覆工作業である。セントルと呼ばれる半円筒形の型枠を使って、最後のコンクリートの壁をつくる。1回の作業で10m程度なので、2kmのトンネルの作業をするのに200回も繰り返すという。この作業の後で、ケーブルトラフを施工し、換気設備、防災設備などを設置しトンネルが完成する。

◎トンネルドン現象について

新幹線が高速で走ることによって生じる問題の一つとして、騒音が上げられる。トンネル坑口付近では、新幹線が通過するたびにバカーンという音が問題になった。この現象を「トンネルドン現象」というが、これを解決するために車両先端部の鼻の形をカモノハシやカワセミ形状にしている。騒音の原理はコルク栓を用いた空気銃と同様であり、トンネルに高速で進入した際に、空気の逃げ場がないので圧力波が形成され、この圧力波が音速で進行して反対側の出口から圧力波の一部が放出されると同時にバカーンと音がするのである。日本が新幹線を作ったときの当時には、時速210kmであった



図10 案内をしてくださった大林組加藤さん（左から3番目）と見学者

のに対して、現在は時速300kmになっているので、余計に圧力波をスムーズに逃がしてやるのが重要になる。

台湾新幹線の場合は、まずトンネル断面積を90m²以上と大きくすることにより、このトンネル圧力波の立上りを緩和している。次いでトンネルの入口部分（30～40m付近）を広いフードを設け、坑口端部を45度に傾けて、このトンネルドン現象を解決している。このトンネルフードには圧力波を抜く窓が設けられており、この設計はトンネルドン現象で悩んだ日本の緩衝工の技術を生かしている。また、ベンチホールといって、トンネルの上部に圧力波の抜け穴が施工されているので、列車が進入した際には、上に空気圧力波がスポンと抜ける仕組みになっている。こういったことで、空気の圧力を逃がしてやることにより、問題となる音を減少させている。このように、日本のトンネルと比べ規模の大きな設計になっているため、車両への圧力変動による影響は幾分か負担が減るようだ。

新幹線は、ヨーロッパ方式のTGV（フランス）やICE（ドイツ）に比べると車体断面積はかなり大きい。車両の剛性、空気抵抗、窓の耐圧性など技術に関しても進んでいるため、ここまで大きなトンネルは必要ないという。しかし、なぜこの分野で新幹線の技術が進んでいるかというと、東京オリ

ピック時に開業した新幹線のトンネル断面積が当初時速210km走行するのに必要な大きさになっており、既設トンネルのサイズは変えられないので、車両の設計を工夫することで新幹線の高速化を実現してきた。日本の比較的小さいトンネルでも時速300kmですれ違えるという世界に誇る新幹線の得意技は、このような既存の制約条件が背景の一つとも言える。

実は、台湾新幹線用に建設しているトンネル、高架橋、鉄橋などを、台湾高鐵が入札した時には、走る車体がヨーロッパ方式なのか、日本方式なのかはまだ決定していなかった。従って、ヨーロッパ方式のTGVやICEが通っても大丈夫な対重量の設計にしなければならなかった。ヨーロッパでは、主に機関車方式を採用しているため、先端と最後部に配した電気機関車で列車を牽引するので、先頭車両と最後尾車両は非常に重く、この重量に耐えるだけの土木構造物が求められる。こういった、ヨーロッパ方式でも対応が可能であるので、万が一台湾政府が将来新幹線を手放して、TGVや、ICEを採用した際にも、同じ軌道を使用させて走行させることができるという。



4 おわりに

案内していただいた大林組の加藤浩さんから機械系学生へのメッセージ

をいただいた。

『昨今、土木構造物の建設に使用する大型建設機械の活躍の場がますます広がってきています。今後も土木のセンスを持った数多くの機械技術者が新しい施工機械を開発し、より良い建設現場が創生されることを望んでいます。また、皆さんの中で将来地図に残るような大きな仕事をしたいと考える方がいるならば、ぜひ超大型建設機械の開発・製作に携わって、私たち土木技術者と共にその目的を達成していただきたい』

台湾新幹線を見学するには一日というわずかな時間であったが、非常に充実した時間であった。私たちが訪れたのは、本当にごく一部であり台湾新幹線にはまだまだ世界中の技術が集結しているという。次に台湾を訪れる際は、台湾新幹線に乗り、車内から私たちが歩いた高架橋やトンネルを改めて通ってみたいと胸に誓い、台湾新幹線の成功を祈りながら帰国した。

最後になりましたが、板橋駅を案内していただいたMr. Yeh、高架橋、トンネルを案内していただいた大林組の加藤浩さん、そして見学会をアレンジしていただいた台湾高鐵の翁志貞さん、郭蓉蓉さん、仲津英治さん、島 隆さんに心よりお礼申し上げます。（文責 メカライフ学生編集委員 落合貴志、松原悠子、佐藤和生）