

ドバイインターチェンジ No.8 建設プロジェクト

—全長 4 km に及ぶ広幅員曲線桁の建設—

岩田 隆*1・菊地 弘*2

一時は、世界のタワークレーンの3割が集まっているといわれ、驚異的な速さ、集中度で建設投資がなされ、世界的话题をさらったドバイも、昨年来の経済危機により多くのプロジェクトが休止、中止に追い込まれている。しかし、いまだ日本などとは比較にならない数の工事現場が完成を見るべく稼働中で、開発の基盤となるインフラストラクチャーの整備も各所で引き続き行われている。本報告は、ドバイからアブダビに向かう幹線道路 Sheikh-Zayed 道路にあるインターチェンジ No.8 の立体化工事について述べるものである。インターチェンジの橋梁部は全長 4 km におよび、最大幅員 28.8 m、最小曲線半径 128.9 m の広幅員で曲線のプレストレストコンクリート箱桁で構成される。以下、橋梁構造および工事の特徴について説明する。

キーワード：海外工事、インターチェンジ、広幅員、曲線橋

1. はじめに

アラブ首長国連邦は7つの首長国から構成されている連邦国家であり、最大の首長国の首都であるアブダビが、連邦全体の首都として機能している一方、近年の急速な発展により第2の首長国の首都ドバイが経済の中心地として、

また最大の都市として機能している。

これら2つの大都市を結ぶ唯一の幹線道路が Sheikh-Zayed 道路で、その名前は前アブダビ首長（アラブ首長国連邦の大統領）に由来している。ドバイ首長国内の Sheikh-Zayed 道路のインターチェンジは、ドバイの中心地からアブダビ方面に向けて順番に番号が付けられており、本工事



写真-1 プロジェクト全体写真



*1 Takashi IWATA

清水建設(株) 国際支店
ドバイインターチェンジ建設所
所長



*2 Hiroshi KIKUCHI

清水建設(株) 国際支店
ドバイインターチェンジ建設所
工事長

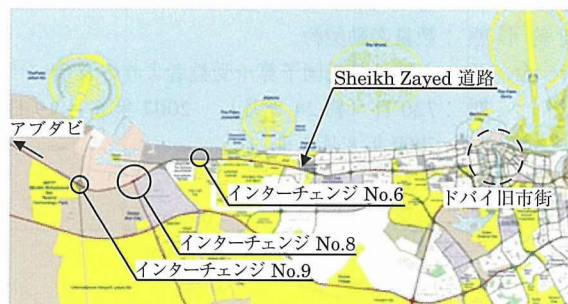


図-1 プロジェクト位置図

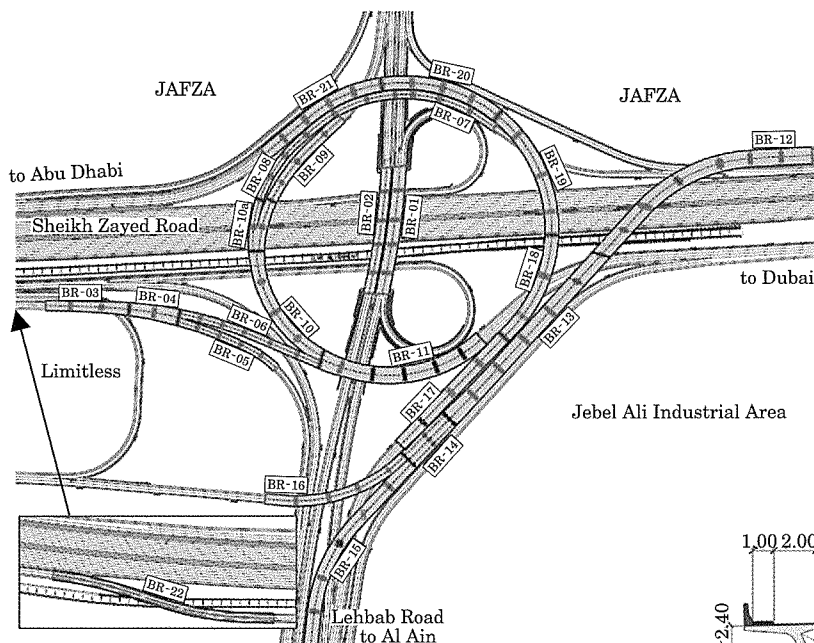


図-2 橋梁平面図

は8番目のインターチェンジNo.8の立体化工事とインターチェンジNo.6からNo.9にかけての片側4車線から6車線への拡幅工事からなる(図-1, 写真-1)。

改良されるインターチェンジの構造は、図-2に示すように、内陸の都市アルアイン方面に向かうLehabab道路との立体交差化と隣接し、本プロジェクトに対する出資者でもあるJAFZA (Jebel Ali Free Zone Authority) が管轄する自由貿易地域とLimitlessというデベロッパーによる開発地域に対する利便性の向上を目的に設計されている。

以下、本工事の概要について述べる。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工 事 名 : R709/3 : Rehabilitation of Jebel Ali Lehabab Road
- Phase III Interchange No.8 on Sheikh Zayed Road

企 業 者 : Roads & Transport Authority (RTA : ドバイ道路交通局)

コンサルタント : Consult-Manselle / AECOM

施 工 者 : 清水建設株式会社

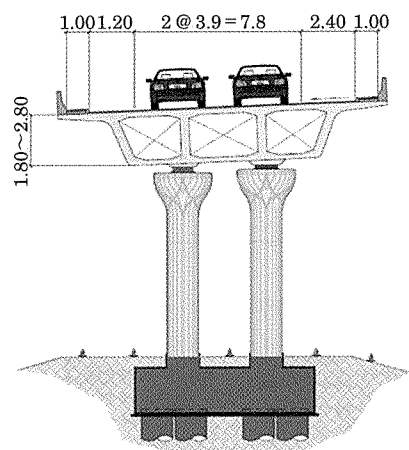
契 約 形 態 : 数量変動契約

資 金 源 : ドバイ首長国予算+受益者よりの資金

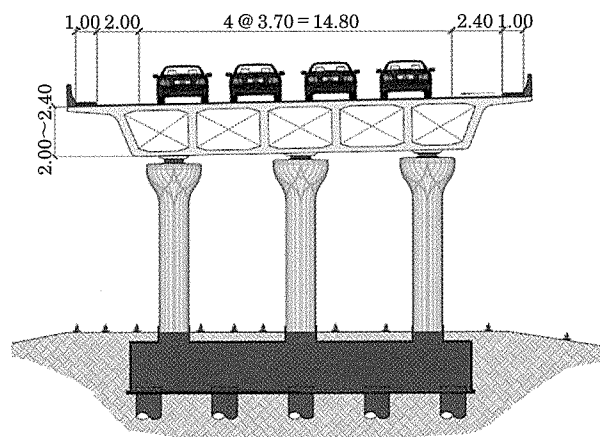
工 期 : 720日(約24ヵ月) 2007年8月19日~
2009年8月7日

2.2 工事内容

橋 梁 工 事 : 橋梁全長	4 095 m
橋梁面積	70 800 m ²
橋脚基数	97 基
橋台基数	16 基
場所打杭本数	813 本
道 路 工 事 : 幹線道路6車線化	約 10 km



(a) 2車線



(b) 4車線

図-3 橋梁断面図

拡幅, 新設舗装 370 000 m²

橋面舗装 64 200 m²

盛土 100 000 m³

埋設管工事: 水道, 電気, ガス, 通信, 排水撤去・防護(延)
69 km, 新設(延) 276 km

2.3 橋梁工事主要工事数量

下部工(杭含): コンクリート 34 900 m³

鉄筋 5 200 t

型枠 22 000 m²

上部工: コンクリート 50 500 m³

鉄筋 11 000 t

PC鋼材 1 700 t

型枠 205 000 m²

支保工 400 000 空 m³

3. 橋梁構造の特徴

3.1 橋梁諸元

構造形式: PC 2~7 径間連続箱桁橋

支間長: 23.270 m~61.500 m

全幅員: 10.900 m~28.836 m

縦断勾配: - 5.5% ~ + 5.5%

横断勾配: - 3.8.5% ~ + 4.0%

表 - 1 各橋梁の諸元

桁名	桁長	支間数	支間長		曲線半径		全幅員		桁高	箱桁室数
			最小	最大	最小	最大	最小	最大		
BR-01	169 150	5	28 000	38 812	1 009 350	1 009 350	17 500	17,969	1,800	4
BR-02	167 158	5	28 000	38 142	992 500	992 500	13 800	13,800	1,800	3
BR-03	108 500	3	30 000	40 000	494 557	straight	13 800	17,613	2,000	3
BR-04	65 000	2	32 000	32 000	494 557	494 557	17 620	22,129	2,000	5
BR-05	143 000	5	26 000	30 000	137 150	492 150	10 900	11,127	2,000	2
BR-06	193 013	6	26 568	38 000	496 900	straight	11 400	11,626	2,000	2
BR-07	139 270	4	23 270	42 500	175 400	175 400	11 700	11,700	2,000	2
BR-08	232 900	6	32 900	46 000	175 400	558 581	10 900	11,700	2,000	2
BR-09	141 900	4	26 900	50 500	170 200	straight	14 600	14,600	2,400	3
BR-10	168 000	4	39 000	45 000	148 762	172 050	15 280	20,548	2,000	4
BR-10a	67 989	2	30 646	36 588	128 900	175 750	10 900	14,600	2,000	5
BR-11	223 000	6	27 000	42 000	158 138	straight	22 000	25,611	2,000	5
BR-12	317 735	5	40 000	58 000	207 600	straight	22 000	22,000	2,400	5
BR-13	290 548	4	43 068	52 200	1 081 305	straight	22 000	24,926	2,400	5
BR-14	75 000	2	37 000	37 000	straight	straight	24 984	28,836	2,400	6
BR-15	281 780	4	41 900	50 300	205 750	straight	15 673	18,300	2,400	4
BR-16	196 500	5	31 042	46 510	195 700	straight	13 136	13,800	2,400	3
BR-17	195 000	4	42 000	53 000	straight	straight	18 300	18,300	2,600	4
BR-18	151 000	3	36 000	60 000	190 500	straight	18 300	18,300	2,600	4
BR-19	176 000	4	30 000	60 500	190 500	190 500	18 300	18,300	2,600	4
BR-20	160 000	4	39 000	40 000	190 500	190 500	18 300	18,300	2,600	4
BR-21	178 450	5	31 000	37 600	190 500	straight	18 300	18,300	1,900	4
BR-22	292 500	7	38 000	61 500	404 300	straight	13 000	13,000	2,800	3
合計	4 133 393	99								

平面線形：128.900 m～∞

施工方法：全支保工法

基礎形式：場所打ち RC 杭（杭径 1.0 m - 2.0 m）

橋脚形式：充実円形 RC 短柱

各桁の諸元を表 - 1 に示す。

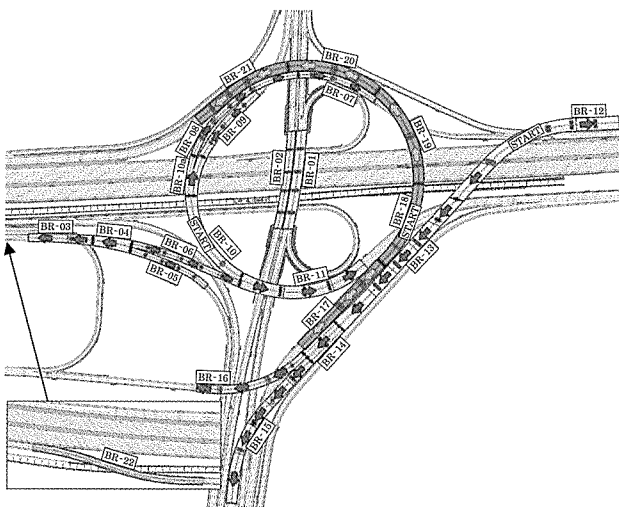
3.2 橋梁構造の特徴

インターチェンジ内の橋梁は図 - 2 に示すように、BR - 01 ~ BR - 22, BR - 10a の計 23 の橋桁から構成される 3 つの高架橋と 3 つの単独橋（BR - 01, BR - 02, BR - 22）からなる。橋梁の特徴としては、下記があげられる。

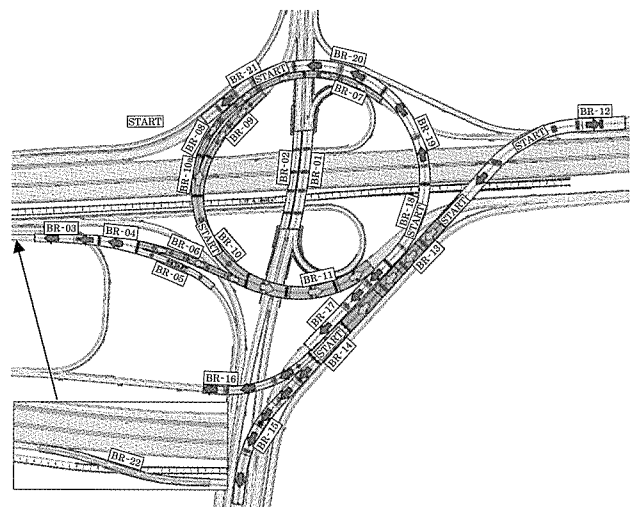
(1) 広幅員の曲線橋

橋梁の構造を図 - 3 に示す。形式としては一般的なプレストレストコンクリート連続箱桁橋であるが、特徴としては、広幅員の曲線橋ということがあげられる。最大で全幅員 28.8 m の 6 室箱桁、最小の曲線半径は構造中心線で 129 m である。

各橋梁は幅員、桁高が異なり、しかも各所で変化するため、施工も工業化することが難しく、施工図の枚数も上部工の躯体のみで、2 600 枚に達した。



(a) 当初設計



(b) 変更設計

図 - 4 施工順序

(2) 片押し施工

各高架橋は、カップラーとデッドアンカーを用いた片押し施工で、施工順序はあらかじめ設計で決まっていた。当

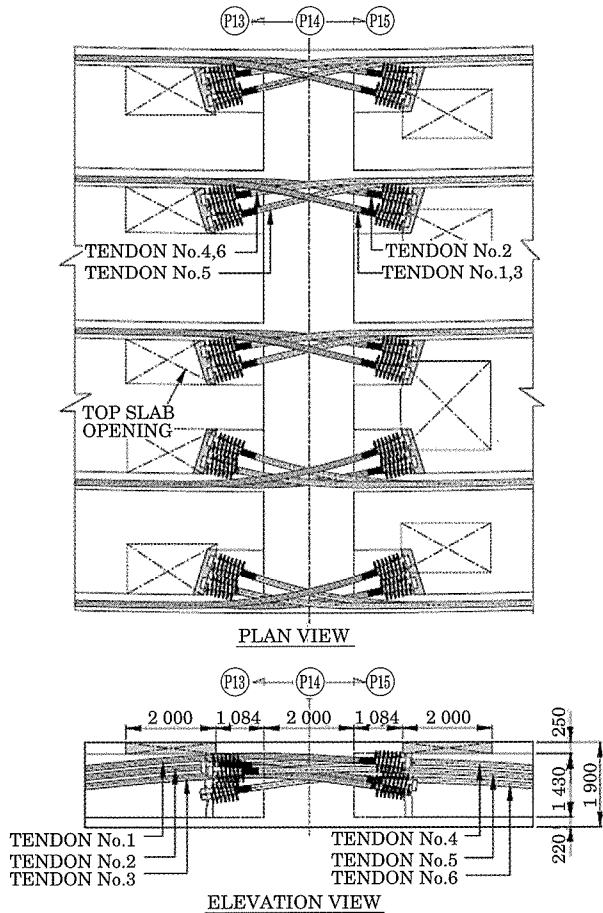


図 - 5 たすきがけ定着

初設計では、図 - 4 (a) に示すとおり、3つの高架橋はおのおのが図中に"START"と示した内側の橋桁から順次両側に片押し施工するようになっていた。

用地問題やライフラインの移設問題の解決の遅れを解消すべく、たすき掛けの定着方式 (図 - 5) を中途に導入することによって、図 - 4 (b) のように7施工ブロックに設計変更するようコンサルタントに提案し、採用された。これにより、同時施工が可能な橋桁が増え、工程の短縮が図られた。

(3) 大容量のテンドン

PC鋼材は大容量 27-15.2 mm のテンドンが用いられた (写真 - 2)。1ウェブに対して2から4本配置されたが、桁高、ウェブ厚に比べてダクトや定着具が大きく、コンクリートの打設スペースが小さいため、打設は慎重に行う必要があった。緊張作業に関しては、本数が少ないため、短時間で完了することができた。

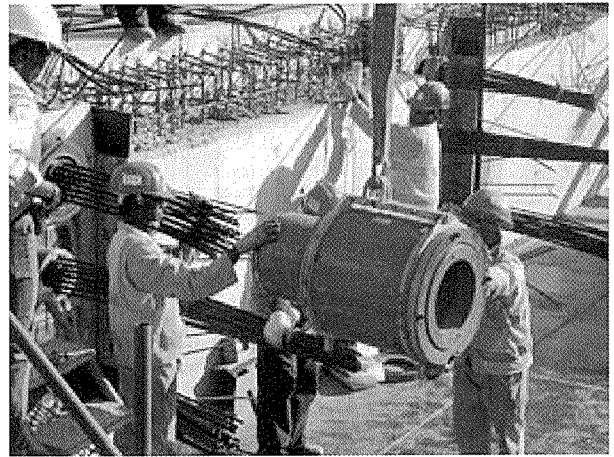


写真 - 2 27-15.2 緊張作業

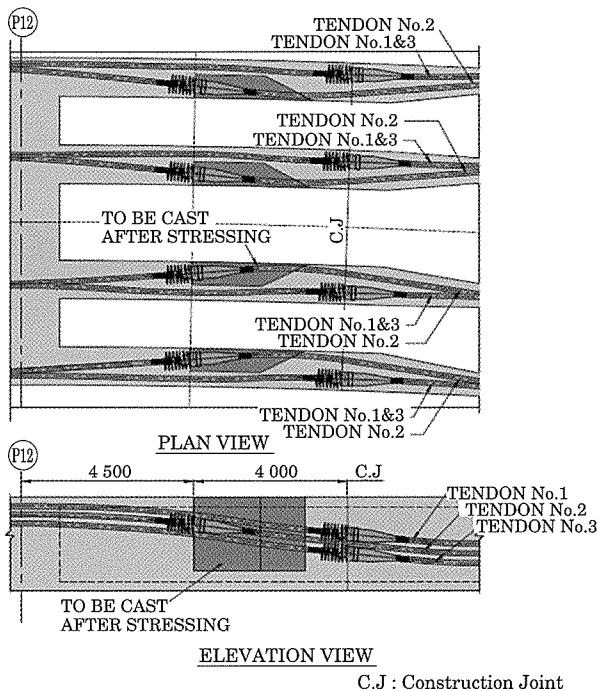


図 - 6 千鳥配置カップラー

(4) 千鳥配置のカップラー

PCテンドンのカップラーは、日本でも通常行われるイモ継ぎ配置で当初設計されていたが、図 - 6 のように設計変更された。これは、改訂された AASHTO の基準に満足すべく、継手が一断面に集中しないようにしたもので、非常に複雑な躯体形状、鉄筋配置となった。

3.3 橋梁仕様の特徴

(1) 防食対策

1) 表面塗装

ドバイに降り立ってすぐ気づくのは、ほとんどの橋梁がコンクリート系だが、すべて塗装を施していることである。ドバイは白色、アブダビは黄色系の塗料材が用いられることが多いが、当現場でも白色系の塗料材が用いられた (写真 - 3)。

塗料材の仕様は、表 - 2 に示すとおりである。驚くのは、外面のみならず、ボックス桁の内面もすべて塗装が施されることである。脱型後、塗装が無い状態での表面仕上げの仕様は、スペック上では内側と外側とで異なり、内側は外側に比べてラフな仕上げが許されるが、塗装を施すために表面のケレン、段差直し、ピンホール埋め等の前処理を行

うため、結局、内側も外側と同程度の表面仕上げが必要となった。

表 - 2 塗装材の仕様

項目	仕様
耐炭酸化 / 炭酸ガス拡散係数	$8 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 以下
塩化物浸透 / 塩化物イオン拡散係数	$5 \times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}$ 以下
ひび割れ追従性	1 mm 以上
通気性 / 水蒸気拡散係数	$3.5 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{s}$ 以上
乾燥塗膜厚	最低 250 から 300 μ
接着力	最低 1.0 MPa

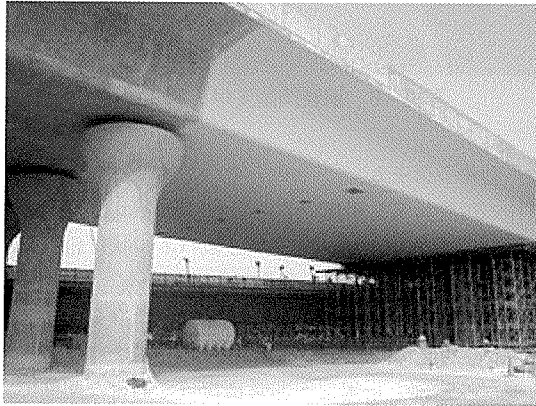


写真 - 3 橋桁外面塗装

2) フーチングの防水処理

フーチングは、地下水位以下に位置するものもあるが、ほとんどは地下水位より上に位置する。しかし、すべてのフーチングは写真 - 4 に示すような底面、側面、上面を防水シートで完全に覆った処理を施した。杭との取合い部については、図 - 7 のように杭頭部を成型した後、防水シートを立ち上げ、頭部をエポキシグラウトで覆うような仕様となっており、複雑な施工手順を要した。

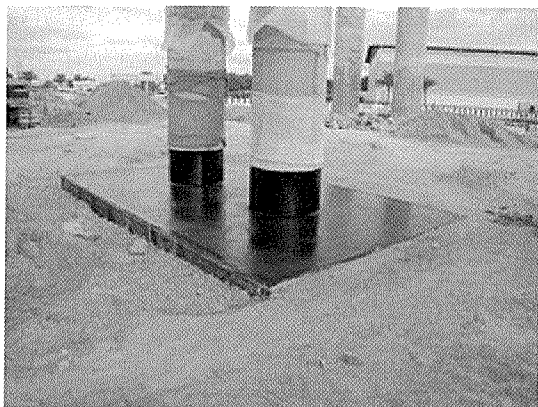


写真 - 4 フーチングシート防水処理

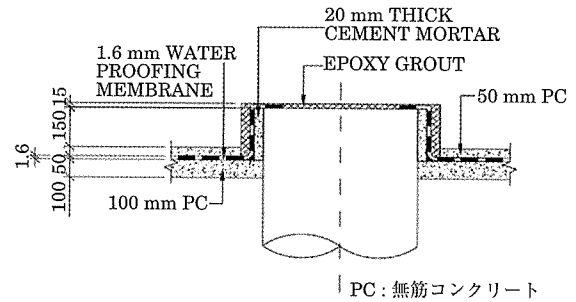


図 - 7 杭頭の防水処理

表 - 4 コンクリートの耐久性試験

項目	基準	仕様
吸水試験	BS1881	2.0 % 以下
透水試験	BS EN 12390	10 mm 以下
初期表面吸水試験 (ISAT)	BS1811	0.20 ml/m ² /s 以下
促進塩化物浸透試験 (RC)	ASTM C1202	2 000 coulombs 以下

当該地域は、土中および地下水中の硫酸塩、塩化物の濃度が高く、これに対応するため、上記のような設計になっているものとする。

3) ステンレス鉄筋

杭は場所打ちの鉄筋コンクリート杭であるが、防食対策として当初は杭上部 3 m に鋼製ケーシングを用いることが規定されていた。工事開始後に仕様変更され、一部は杭径を大きくして鉄筋のかぶりを厚くする方法が採られたが、大部分の杭は上部の鉄筋にステンレス鉄筋を使用する方法が採られた。

(2) コンクリートの配合

上部工のコンクリートは矩形供試体強度で 50 N/mm²であった。表 - 3 に配合表を示す。配合の特徴はマイクロシリカを混入させていることである。目的は化学的侵食に対する耐久性向上にあり、この地域のコンクリートには通常添加されている。スペックでは、表 - 4 のような耐久性試験が規定されている。

(3) 排水装置

橋梁部分には排水装置は無く、降雨は高架橋部分にわずかにつけられた縦断勾配によって橋面上を排水し、アプローチの土工部に設けられた排水柵に排水されることになる。

統計的には、ドバイでは 12 月から 3 月にかけて 15~25 mm/月の少量の降雨があるものの、その他の月はほとんど降雨が無い。このため、このような仕様になっているものと考えられる。

表 - 3 コンクリートの配合

クラス	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 W/C (%)	最骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
					水	セメント	マイクロシリカ	粗骨材		混和剤		
								Dune Sand	Coarse Sand		10 mm	20 mm
C 50/20	20	120 ± 25	36	46	152	425	15	222	629	379	619	8.3

4. 橋梁工事の特徴

4.1 埋設管の移設

当該地域は、写真 - 1 でも明らかなように元は砂漠である。しかし、地下には電気、水道、ガス、電話等の埋設物がまさに網の目のように入っており、橋脚の施工に際しては、まず試掘を行い、埋設物の有無を確認し、存在する場合はその移設作業を行わなければならない。移設作業は、各埋設物の管理者から許認可（NOC：No Objection Certificate）を取得したうえで行う。

これら埋設管の移設をいかにスムーズに行えるかが、プロジェクトを進めるうえでのキーポイントであり、とくに前述のように上部工の施工順序が決まっているため、これを考慮したうえでの移設計画が必要であった。

4.2 下部工の施工

杭はアースドリル工法によって打設した。孔壁安定策としては、上部に仮ケーシングを用いるとともに、ポリマーを用いた安定液を使用した。最盛期は、3台の杭打ち機を用いておのおの4本の杭を打設した。

脚柱については、表面に溝による模様を形成する必要があり、また転用回数も考え、GRP（Glass Reinforced Plastic）製の型枠を用いた。

4.3 上部工の施工

(1) 固定支保工

橋桁の構築は固定式支保工を用いて行った。一般部分は枠組形式（PERI システム、写真 - 5）を用いた。基本的に砂地盤で、支持力に関しては問題なく、支柱ごとにコンクリート板を置いて基礎とした。また、Sheikh-Zayed 道路や建設中のドバイメトロ横断部は、写真 - 6 のような鋼製門型支保工を用いた。当該工事区間の Sheikh-Zayed 道路は片側4車線で、当初は当地で一般的に行われている中央に支柱を設けた2車線ごとを跨ぐ形式で計画を進めたが、安全性等を考慮して、4車線を一気に跨ぐ構造とした。桁下空間の余裕が無く、また、材料を軽減するため、ラーメン形式とした。



写真 - 5 枠組支保工施工区間



写真 - 6 鋼製門型支保工施工区間

(2) 型枠システム

型枠の設置状況を写真 - 7 に示す。型枠は、木製の合板、型枠ビームを用いたが、あらかじめパネル状に組み立てたものを建て込む方式とし、効率化を図った。

(3) 鉄筋のプレファブ化

配筋は、3.2 (4) で述べた千鳥配置された PC テンドンのカップラー部と桁端部が非常に複雑で過密な配筋で、通常の施工手順では工程に大きな影響を与えるため、プレファブ化することにより工程短縮を図った（写真 - 8）。

(4) コンクリート打設

コンクリートの打設は、通常行われているように下床版・ウェブと上床版の2回に分けて行った。1施工箇所が200~650 m³であり、2~4台のポンプ車を配置して行った。最盛期の打設量は7200 m³/月に達した。

(5) PC 定着工法

PCの定着工法は、日本では使用例のないMK4工法を使用した。図 - 8 に定着システムを示す。ストランドのジャッキへの挿入作業に関しては、特殊な冶具とジャッキ内部が回転する機能によって、大容量にかかわらず容易に完了することができた。緊張作業に関しては、内蔵チャック、ウェッジ定着機能により、伸びが大きく継足し緊張が必要な場合も、短時間で着実に完了できた。緊張作業について

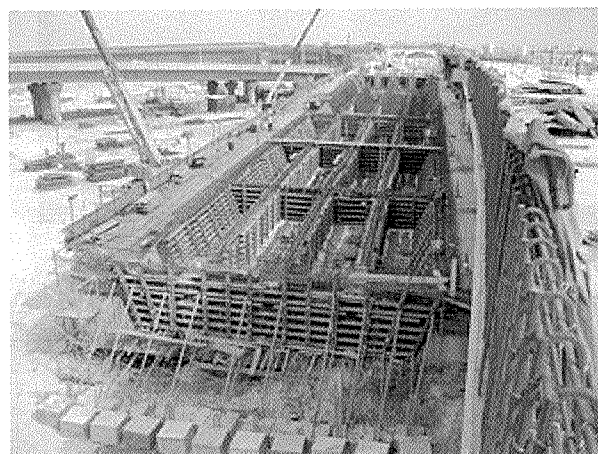


写真 - 7 型枠システム



写真-8 プレファブ鉄筋の吊込み



写真-9 鉄筋のサンドブラस्टング

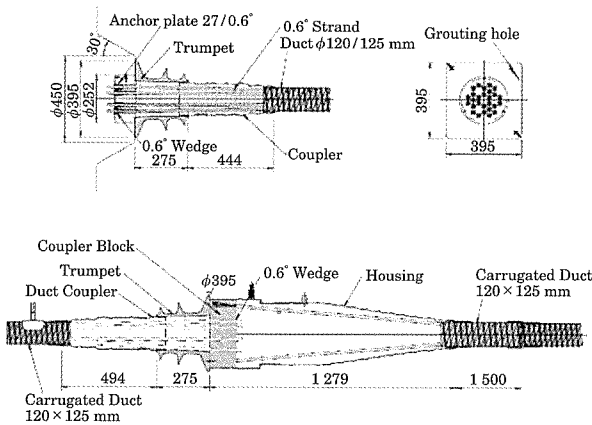


図-8 定着システム (MK4)

は、大きなトラブルも無く作業を行うことができた。

4.4 猛暑対策

6～9月にかけての夏季。コンサルタント事務所の入口に掛けてある寒暖計は、時には50度近くに達する。

この時期は、日中の1～3時の間は、炎天下での労働は禁止され、必然的に夜間作業が中心となる。当現場では、昼夜の2シフトを組んだが、夜間のシフトをメインシフトとした。

コンクリートについては、気温40度以上では打設できないため、夜間打設が基本となる。コンクリートはプラントからのレディーミクストコンクリートであるが、通常のプラントはどこでも冷却設備を完備しており、32℃以下に冷却された状態で現着された。

グラウトは、氷水を用いた冷却水を循環してダクト内を冷却した後、冷却水を用いたグラウトを注入した。

4.5 鉄筋のさび処理

鉄筋のさびについては、多くの場合、コンクリート打設前にサンドブラストによる除去が指示された(写真-9)。サンドブラストを行った場合、そのものの作業に加え、砂を掃除するのに多くの時間を要し、また、品質上も砂を完全に除去するのが不可能なため、良い方法とは考えられなかった。

どの程度のさびに対してその除去が必要か、明確な基準

が存在しないため、検査官は安易にサンドブラストによる除去を指示するものと考えられたため、簡易な要否判定方法を提案するとともに、除去についてはハイウォッシャーを用いる方法等を提案した。また、当該プロジェクトの参照基準であるBS(British Standard)のSteel部門の専門家を招聘し、さび除去の必要性、判断基準、除去方法等について発注者、コンサルタントを含めて議論を行った。

しかしながら、結局は多くの場合はサンドブラストを強いられ、工事に多くの影響を与えた。

5. おわりに

当プロジェクト開始時は、ドバイ経済の絶頂期にあり、いたる所で想像を絶するような規模の開発プロジェクトが立ち上がり、資機材、人件費は高騰、道は渋滞だらけで、どんちゃん騒ぎのような状態であった。それが、昨年来の経済危機以降、状況は一変し、現在では交通渋滞も少なく、ある意味落ち着いた雰囲気となっている。これら、激動する周辺環境のなか、プロジェクトを遂行することは非常に困難を強いられた。しかしながら、多くの人々の努力、協力のもと、ほぼ完成に近いところまでこぎつけることができた。

ドバイは、良く知られるように、人口の90%が外国人でそのうちの60%がインドを中心とした南アジア人が占めるといわれる。当現場も最盛期は2600人を超えるスタッフを要したが、バングラデッシュ、インド、パキスタンの南アジア人に加え、フィリピン、タイ、マレーシア、シンガポール、インドネシア等の東南アジア人、スーダン等のアフリカ人、イギリスやドイツ等のヨーロッパ人、それに地元の中東諸国からの人々と、まさに国際的な環境のもと、一つの目標に向けてプロジェクトは進められた。当プロジェクトに関わったすべての人々に、感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, SI Units 4th Edition, 2007", P.5-126

【2009年9月14日受付】