

台湾新幹線軌道スラブの製作工事におけるコンクリートに関する検討

オリエンタル建設(株)	正会員	○ 竹崎 孝敏
同上	正会員 博士(工学)	呉 承寧
同上		山川 卓也
同上	正会員	牟田 定明

1. はじめに

「台湾高速鉄道」は、政治・経済の中心都市<台北>と、工業都市<高雄>間の新たな交通手段として超高速鉄路(台湾版新幹線)が採用され、日本の新幹線技術が初めて海外に輸出されることになった。

建設計画は、台北～高雄間 345km・8 駅(将来 3 駅追加)を 90 分(最高時速;毎時 300km)で結ぶ。開業予定は、2005 年 10 月である。

Taiwan Shinkansen Trackwork Joint Venture (以下、TSTJV) 一三菱重工主体の日本連合は、図-1 に示すように台湾高速鉄道公司より第 2 工区～第 5 工区までの軌道工事を受注し、当社は、その中の軌道スラブの製作工事を担当した。

本工事の工事スペックは、日本の規格に準じたものであり、軌道スラブ仕様書を基にし、作成されたものであるが、現地で供給されるセメント、骨材および混和剤などのコンクリートの使用材料が日本で使用されているものと品質が異なるため、これらの材料を用い、日本の規格を満足する軌道スラブの製作には、慎重に検討することが必要であった。本工事は、高品質の軌道スラブを製造するために、現地の材料を調査し、日本での材料試験により最適な材料を選び、さらに、コンクリートの配合設計および養生方法を検討した。本文はこれらの試験および検討の結果を述べる。

2. 工事概要

当社は TSTJV より第 4 工区に相当する軌道スラブの製作を 40,000 枚受注した。工事の概要は下記の通りである。

工 事 名: 台湾新幹線軌道スラブ製作工事

工 期: 2003 年 1 月～2004 年 10 月

構造形式: RC 構造・軌道スラブ AF-55 (A, B)

(図-2, 写真-1 参照)

製作枚数: 40,000 枚

工場設備: 第 1 工場 型枠 56 基

第 2 工場 型枠 40 基

1 日当り最大生産枚数 96 枚

生コンプラント(直轄) 180m³/h

貯蔵場: 第 1 ストックヤード 9,000 枚

第 2 ストックヤード 6,000 枚



図-1 軌道工事の各工区の位置

決められた工期に上記設備で軌道スラブの製作を完了するために、型枠準備、鉄筋配置、コンクリート打設および蒸気養生、脱枠までの 1 サイクルを 24 時間のペースで実施する必要があった。特に、コンクリート打設後から脱枠までの時間は最短で 15 時間であり、その間に脱枠・吊上げに必要な圧縮強度 30N/mm²を確保することが求められた。

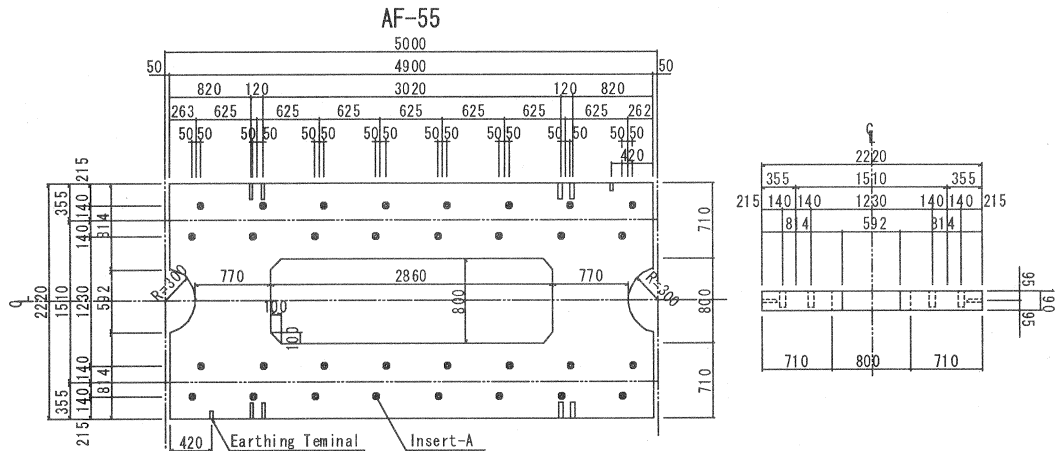


図-2 スラブ平面図・断面図

3. 軌道スラブの製造

3.1 コンクリートの仕様

軌道スラブの製造に用いるコンクリートの仕様は下記の通りである。

設計基準強：	40N/mm ² （材齢 28 日）
脱枠・吊上げ強度：	30N/mm ² （材齢 15 時間）
スランプ：	8±2.5cm
空気量：	3±1%

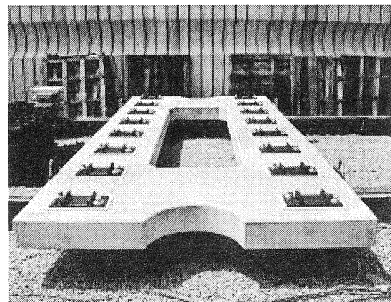


写真-1 軌道スラブ

3.2 コンクリートの使用材料

(1) セメント

通常、コンクリート部材の工場製作には、早期脱型により生産性の向上を図るために、初期強度発現の早い早強ポルトランドセメントを使用している。しかし、台湾で早強ポルトランドセメントは特注品であり、入手困難であった。本工事においては、台湾で生産されるポルトランドⅠセメント（低アルカリ形）を採用した。このセメントは日本の普通ポルトランドセメント（低アルカリ形）に似ているが、表-1に示すように、品質および成分の規格値において、日本工業規格（JIS）と台湾の国家標準規格（CNS）は若干異なる点がある。

表-1 使用セメントの品質および規格との比較

試験項目	ポルトランドⅠセメントCNS規格値	普通ポルトランドセメントJIS規格値	測定値
比表面積 (cm ² /g)	2800以上	2500以上	—
凝結	始発 (min)	60以上	185
	終結 (h)	10以下	4.33
圧縮強さ (N/mm ²)	3d	12.4以上	25.8
	7d	19.3以上	37.2
	28d	27.6以上	58.8
酸化マグネシウム (%)	6.0以下	5.0以下	4.15
三酸化硫黄 (%)	3.0以下	3.0以下	1.85
強熱減量 (%)	3.0以下	3.0以下	0.86
全アルカリ (%)	0.6以下	0.6以下	0.58
塩化物イオン (%)	0.1以下	0.02以下	0.003

本工事に採用したセメントに対して、日本で JIS の試験方法に準拠し、その化学成分および圧縮強さ等の物理性能を測定した。試験の結果により、採用した台湾産ポルトランドⅠセメント（低アルカリ形）は JIS の普通ポルトランドセメント（低アルカリ形）の規格値を満足していることが分かった。

(2) 骨材

良質な骨材を選定するために、現地で製造された 14 種類の細骨材および 20 種類の粗骨材を収集し、日本で骨材のアルカリ反応性に重点を置いて品質試験を行った。

骨材のアルカリ反応性試験には、まず、JIS A 1804-2001「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（迅速法）」に準拠し、全ての骨材に対して試験を行った。その結果を表-2に示す。同表により、採取した骨材の約4割はアルカリシリカ反応性に対して、無害ではないと判定された。また、同じ産地においても、試料の採取位置（例えば、川の上流と下流）によって、試料が無害と無害ではないと判定されることもあった。

これらの試験の結果から、膨張率の低い、無害と判定されたE産地（E1, E2）の骨材に対して、土木学会基準 JSCE-C 511-2001「コンクリート用骨材のアルカリシリカ反応性評価試験方法（改良化学法）（案）」に準拠し、試験を行った。その結果、E産地の骨材を用いた場合、有害な膨張を生じない限界アルカリ量は 3.0kg/m^3 以下であることが判った。その後、さらに、数回に分けてE産地の骨材試料を採取し、改良化学法によって試験を行い、同じ結果が得られた。これらの試験結果から、E産地の骨材を本工事に使用するコンクリートの骨材とすることにした。

表-2 台湾産骨材のアルカリシリカ反応性試験（迅速法）の結果

番号	骨材の種類	産地	膨張率 (%)	判定	番号	骨材の種類	産地	膨張率 (%)	判定
1	川砂利碎石	A	0.086	無害	18	川砂利碎石(六分石)	F	0.057	無害
2	川砂利砕砂	A	0.101	無害ではない	19	川砂	F	0.034	無害
3	川砂利砕砂	B	0.123	無害ではない	20	川砂利碎石(三分石)	G1	0.082	無害
4	混合砕砂	A,B	0.111	無害ではない	21	川砂利碎石(六分石)	G1	0.137	無害ではない
5	川砂利砕砂	C	0.073	無害	22	川砂	G1	0.144	無害ではない
6	川砂利碎石	C	0.053	無害	23	川砂利碎石(三分石)	G2	0.084	無害
7	川砂利砕砂	D1	0.090	無害	24	川砂利碎石(六分石)	G2	0.079	無害
8	川砂利碎石	D1	0.097	無害	25	川砂	G2	0.100	無害ではない
9	川砂利碎石	E1	0.043	無害	26	川砂利碎石(三分石)	E2	0.046	無害
10	川砂利砕砂	E1	0.064	無害	27	川砂利碎石(六分石)	E2	0.045	無害
11	川砂利碎石(三分石)	D2	0.122	無害ではない	28	川砂	E2	0.030	無害
12	川砂利碎石(六分石)	D2	0.143	無害ではない	29	川砂利碎石(三分石)	H1	0.040	無害
13	川砂	D2	0.117	無害ではない	30	川砂利碎石(六分石)	H1	0.058	無害
14	川砂利碎石(三分石)	D3	0.105	無害ではない	31	川砂	H1	0.037	無害
15	川砂利碎石(六分石)	D3	0.105	無害ではない	32	川砂利碎石(三分石)	H2	0.105	無害ではない
16	川砂	D3	0.123	無害ではない	33	川砂利碎石(六分石)	H2	0.094	無害
17	川砂利碎石(三分石)	F	0.041	無害	34	川砂	H2	0.050	無害

注：①同じ産地に異なる数字は試料の採取位置が違うことを意味する、②膨張率が0.1%以上の場合、無害ではないと判定する。

(3) 混和剤

本工事に採用した混和剤は現地で製造されているスルホン酸系高性能A E減水剤である。この混和剤は高いセメントの分散性に加えて、凝結遅延性がなく、コンクリートの初期強度発現が高いという特長がある。このような混和剤を用いることにより、普通ポルトランドセメントを用いても、軌道スラブの脱枠強度を確保することができた要因である。

3.2 コンクリートの配合

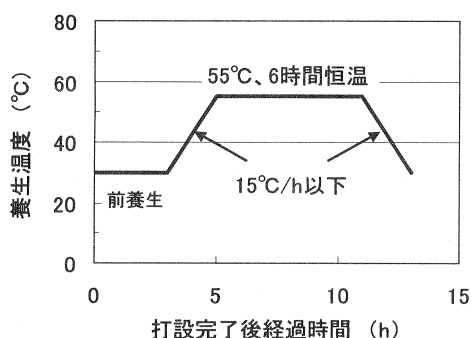
本工事に使用するコンクリートの配合設計に際しては、設計基準強度および脱枠・吊上げ強度などの強度を満足させることだけではなく、将来、軌道スラブにアルカリ骨材反応による劣化、初期塩化物による塩害が発生しないように、コンクリート中のアルカリ量および塩化物イオン量を限界値以下にすることも厳守した。このように設計されたコンクリートの示方配合を表－3に示す。このコンクリートのアルカリ総量は 2.50kg/m^3 以下、塩化物イオン量は 0.014kg/m^3 以下であり、限界値よりはるかに少なかった。

表－3 コンクリートの示方配合

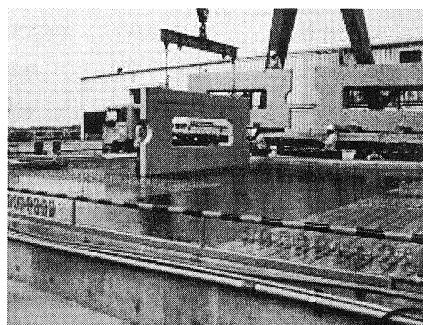
粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 SP
20	8±2.5	3±1	37	41	155	419	722	1047	5.9

3.3 軌道スラブの養生

本工事の軌道スラブ製作において、脱枠・吊上げ強度を確実に確保するために、給熱促進養生として蒸気養生を行った。蒸気養生のパターンを図－3に示す。また、軌道スラブの耐久性を向上させるために、蒸気養生後、写真－2に示す水槽の中でさらに二次養生を3日間行った。図－4に各養生後のコンクリートの圧縮強度を示す。この結果から、これらの養生により必要なコンクリート強度を確保することができたことが分かる。



図－3 蒸気養生のパターン

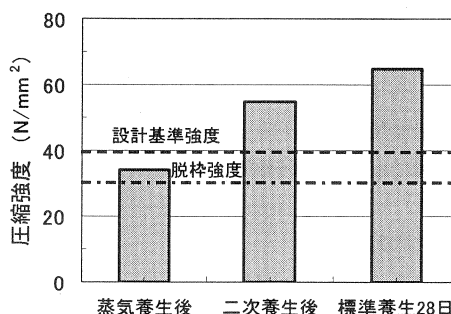


写真－2 水槽中での二次養生

4. おわりに

本工事に5月末日までの生産枚数は32,188枚（進捗率＝80.5%）に達し、そのうち21,613枚（同54.0%）を出荷した。このまま順調に作業が進めば、2004年9月上旬に全ての製作を終了する予定となっている。

他国で、材料事情の違いがあったものの本工事の施工に際し、関係各位のご指導ご協力を頂き、工事が順調に進むことができ、ここで関係各位に深く感謝の意を表します。



図－4 各養生後の圧縮強度