

(65) 断熱養生による東北新幹線軌道スラブの製造技術

オリエンタル建設（株）	八戸工場	正会員	○ 岸本 正憲
同 上	本社技術研究所	正会員	呉 承寧
同 上	東北支店工務部長	正会員	森下 昭吾
日本鉄道建設公団盛岡支社	二戸鉄道軌道建設所		兼平 豊治

1. はじめに

通常コンクリート部材の工場製作は、早期脱型による生産向上のために、蒸気養生を行いコンクリートの強度発現の促進を図っている。しかし、蒸気養生にはボイラー設備や専門管理者、及び大量のエネルギーが必要となる。また、コンクリート1m<sup>3</sup>を蒸気養生するために平均23リットルの重油が燃焼され、82kgの二酸化炭素を排出することになり、少なからず地球の温暖化に影響を与えている。さらに、蒸気養生を行う場合、温度管理が非常に重要になる。温度制御を適切に行わないと、コンクリートにひび割れが発生したり、コンクリートがポーラス構造となる恐れがあり、コンクリートの耐久性に問題を残すことになり兼ねない為、慎重に行うことが重要である。

断熱養生によるコンクリート部材の製造技術は、養生において特殊シートで外気を遮断し、コンクリート自体の水和熱を有効に利用して、さらに高性能減水剤の優れた減水効果を利用することにより、コンクリートの早期強度発現を得る技術である。

本報告は、寒冷地での東北新幹線軌道スラブの製造において、工場内温度が10℃以下になる1月～2月における断熱養生について報告するものである。

2. 製造の概要

2.1 コンクリートの仕様

軌道スラブに用いるコンクリートの仕様は、日本鉄道建設公団「軌道工事標準示方書」に従い、その標準配合を表-1示す。

表-1 コンクリートの標準配合

設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	脱型時強度 (N/mm <sup>2</sup> )	セメントの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	最大水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )
40	32	早強ポルトランドセメント	25	6±1.5	4±1	45	400

注) 脱型時強度はプレストレス導入時強度によるものである。

2.2 コンクリートの使用材料および配合

コンクリートの使用材料および配合は、それぞれを表-2と表-3に示す。

表-2 コンクリートの使用材料

材料名	種類	比重	材料名	種類	比重
セメント	早強ポルトランドセメント (C)	3.14	粗骨材	八戸松館産砕石 (G)	2.69
	南郷村島守産砕砂 (S1)	2.68		高性能減水剤 (AD)	1.05
細骨材	八戸松館産砕砂 (S2)	2.88	混和剤	AE剤	1.06

表-3 コンクリートの示方配合

Gmax (mm)	SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					
					W	C	S1	S2	G	AD
20	6±1.5	4±1	37.0	43.0	148	400	593	236	1050	3.6

2.3 軌道スラブの形状および寸法

断熱養生による効果を調査する為に使用した軌道スラブの形状寸法及び完成品を図-1及び写真-1に示す。

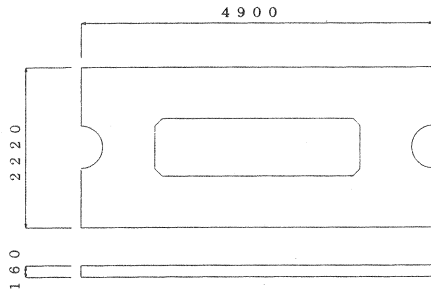


図-1 軌道スラブの形状と寸法

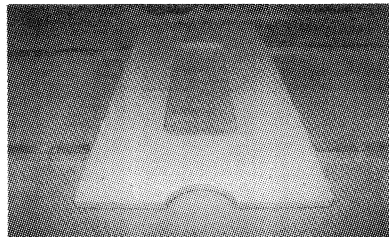


写真-1 軌道スラブ完成品

2.4 コンクリートの養生方法及び養生設備

軌道スラブ製作において、生産サイクルの維持及び省力化の面から、当工場では断熱養生シートを使用している。しかしながら、真冬の外気温度が低い時期においては、脱型強度を確実に確保するために、高温促進養生として補助的に蒸気養生も併用している。蒸気養生を実施するにあたっては、コンクリート打設後3時間以上経過してから加熱し、温度上昇、下降速度は15℃/H以下、最高温度は50℃以下とし、最高温度持続時間は6時間以内とすることを基本としている。

また、コンクリートの養生管理設備は次のとおりである。

- ① 小型貫流式ボイラー（2 t/h）2基
- ② 自動温度制御装置1式
- ③ 断熱養生シート（ポリエチレン製気泡断熱材2層を高強度ブルーシートでサンドイッチ状に縫製加工した物）

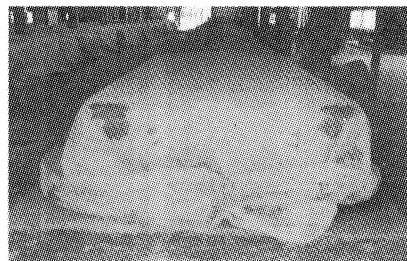
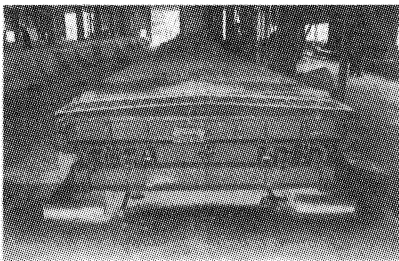


写真-2 断熱養生シートによる養生

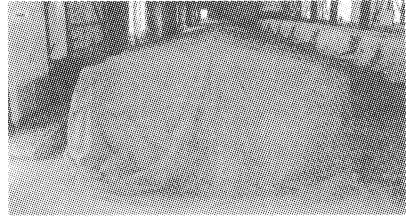
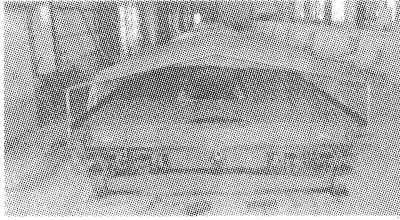


写真-3 従来の養生シートによる養生

### 2.5 圧縮試験用供試体の養生およびその温度測定

圧縮強度及びコンクリート温度管理用供試体はスラブの内型枠部に配置し、スラブ温度は写真-4に示すように、供試体内部に設置した温度センサーにより測定した。

### 3. 断熱養生シートの効果

写真-2に示すように、コンクリート上面の空間を極力少なくして断熱養生シートで全体を被い、脱型強度を確保できるための最小の蒸気促進養生を実施した。寒冷期における八戸工場の平均的な蒸気促進養生パターンを図-4に示す。

この養生パターンは、コンクリート打設後3時間は養生シートのみで保温養生（前養生）し、その後3時間だけ蒸気促進養生を行い、養生シート内温度を35℃まで上昇させるものである。その後は、養生シートの保温性及びコンクリートの硬化熱を利用して脱型時まで放置している。

断熱養生シートの効果を確認するために、断熱養生シート内と同一の蒸気総量を従来養生シート内に供給することにより、各々のシート内温度及びスラブ温度の推移を調査し、その結果を図-5に示す。

図-5により、各々のシート内に同量の蒸気量を供給した場合に、断熱養生シート内温度は蒸気促進養生パターンとほぼ同様に推移しているが、従来シート内温度は15℃程度までしか上昇していないことがわかる。

また、補助蒸気の停止後も双方ともスラブ温度が上昇していくことがわかるが、最高温度に10℃程度、また、その持続時間にも差がみられる。このことから、断熱養生シートが断熱性能（保温性能）に優れており、コンクリートの水和熱が放出されないだけでなく、さらに、高温でセメントの水和を促進しているものと思われる。

軌道スラブの脱型時、すなわち、コンクリートの打設後16時間、コンクリートの圧縮強度は、図-6に示すように、養生シートの種類によって異なる。

断熱養生シートを用いる場合、コンクリートの圧縮強度は

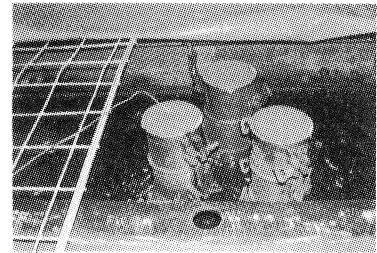


写真-4 温度センサーの設置

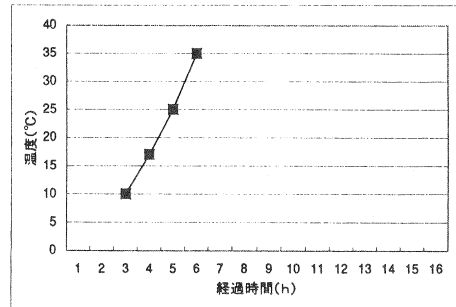


図-4 蒸気養生の温度制御パターン

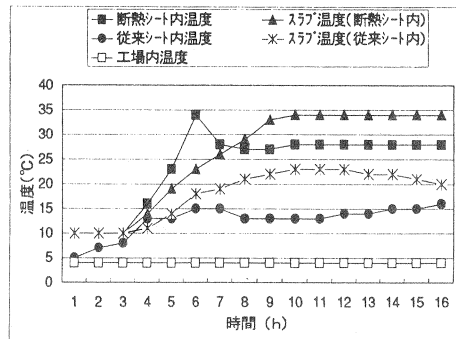


図-5 各養生シート内の温度及びスラブの温度

脱型時の目標強度を上回って、 $36\text{N/mm}^2$ であった。

しかしながら、通常の養生シートを用いる場合、コンクリートの圧縮強度は、断熱養生シートを用いる場合より、 $15\text{N/mm}^2$ 低く、脱型時の目標強度に達しなかった。

一方、断熱養生シートを用いる軌道スラブの養生に消費される重油量は、打設時のコンクリート温度によって異なる。

図-7は12月から5月にかけて、打設時のコンクリートの温度と重油消費量との関係を示す。

この図より、打設時のコンクリート温度の低い寒冷期において、軌道スラブを養生するための重油消費量は、 $1\text{m}^3$ コンクリートあたり約4リットルであることが分かる。また、この重油消費量は、打設時のコンクリートの温度の上昇とともに減少し打設時のコンクリート温度が $22^\circ\text{C}$ 以上になるとゼロとなった。

このことから、断熱養生シートを使用する場合には、打設時のコンクリート温度が重油消費量に大きく影響していると思われる。

ちなみに、5月中旬から、断熱養生シートだけで養生しているが、脱型時の目標強度を満足している状況である。

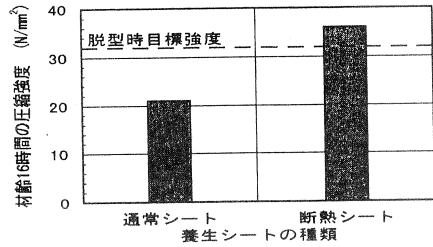


図-6 脱型時のコンクリートの圧縮強度

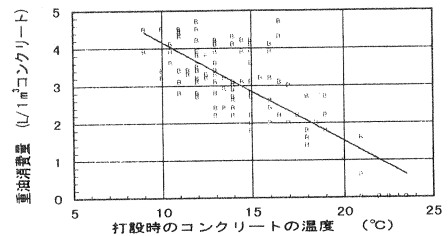


図-7 重油消費量と打設時のコンクリートの温度との関係

#### 4. おわりに

本技術は、断熱養生シートを用いることにより、寒冷期でありながら、補助的に3時間だけ蒸気を加えることにより、コンクリート打設後16時間で所定の $32\text{N/mm}^2$ の脱型強度を確保することができた。

コンクリート製品を養生するには、断熱養生シートを用いることにより、セメント水和熱が有効に利用され、必要な蒸気量が減り、よって、重油消費量を削減することができる。本軌道スラブの製造において、コンクリートを養生するために、 $1\text{m}^3$ 当たり4リットルの重油が使用され、二酸化炭素排出量は $14\text{kg}$ となった。弊社コンクリート製品製造実績と比較すると、重油使用量及び二酸化炭素排出量ともに約83%削減されたことになった。

したがって、断熱養生シートを用いることにより、コンクリート製品の製造コストの縮減や、二酸化炭素の排出量の低減による地球環境の改善およびコンクリート製品の品質向上につながると思われる。

#### 参考文献

- 1) 呉 承寧・今井昌文：高性能コンクリート及び断熱養生によるPC部材の製造工法に関する研究，第7回PCシンポジウム論文集，pp.833～pp.838，1997
- 2) 呉 承寧：コンクリートの断熱養生について，ORIKEN 技報第8号，pp.63～pp.71，1998
- 3) 呉 承寧・小林俊秋：断熱養生による軌道スラブの製造工法に関する研究，ORIKEN 技報第10号，pp.27～pp.33，1999