

直結系軌道用コンクリート道床の設計に用いる温度変化の影響の特性値に関する検討

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○ 瀧上 翔太
正会員 高橋 貴蔵
正会員 桃谷 尚嗣

1. はじめに

スラブ軌道をはじめとする直結系軌道は、コンクリートを主材料とする軌道部材により構成され、バラスト軌道における保守作業の低減を目的として開発された省力化軌道である。直結系軌道の設計においては、性能照査型設計法が取り入れられ、設計作用から算出される設計応答値と設計材料強度から算出される設計限界値とを対比し、定められた要求性能および性能項目に対して照査式を満足するものとしている¹⁾。本検討で対象とするまくらぎ直結軌道用コンクリート道床においては、高架橋等のコンクリート構造物との接続部材として「ずれ止め」が配置されており、設計応答値の算定には設計作用の一つとしてコンクリートにおける温度変化の影響の特性値が用いられている。ここでは、同作用に関してコンクリート道床の断面形状に応じた温度差を考慮した算定法の検討を行った。

2. コンクリート道床の性能照査に用いる設計作用

表1にコンクリート道床の要求性能と性能項目・照査指標の例を示す。ずれ止めの照査については、設計作用として死荷重、車両走行、レール伸縮およびコンクリートにおける温度変化の影響を考慮し、それらの作用の組合せにより、せん断力による破壊に関する安全性の照査を行う。温度変化の影響の特性値 F_p の算定式を式(1)に示す。

$$F_p = E_c \cdot A_{cb} \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdots \cdots (1)$$

なお、 E_c :コンクリートのヤング係数(N/mm²)、 A_{cb} :コンクリート道床のレール直角方向における断面積(mm²)、 α :コンクリートの線膨張係数(1.0×10⁻⁵/°C)、 ΔT :コンクリート道床と構造物との温度差(°C)である。ここで、 ΔT についてはコンクリート道床の断面形状によらず 10°Cとして算出してよいとされているが、道床厚が厚い場合には温度差が 10°Cよりも小さくなることが予想され、設計作用を低減できる可能性がある。そこで、道床厚をパラメータとしたコンクリート道床と構造物(以下、コンクリートスラブと称す)の非定常熱伝導解析を行い、 ΔT を精査した。

3. コンクリート道床の非定常熱伝導解析

3.1 実測温度との比較

道床厚をパラメータとした解析の事前検討として、試験軌道(D型弾性まくらぎ直結軌道)におけるコンクリート道床の実測温度と解析結果とを比較した。図1に対象とした試験軌

表1 コンクリート道床の要求性能¹⁾

要求性能	性能項目	照査指標
安全性	破壊	曲げモーメント、せん断力
	疲労破壊	応力度
使用性	外観※	ひび割れ幅
	損傷※	曲げモーメント

※一般に省略してよい。

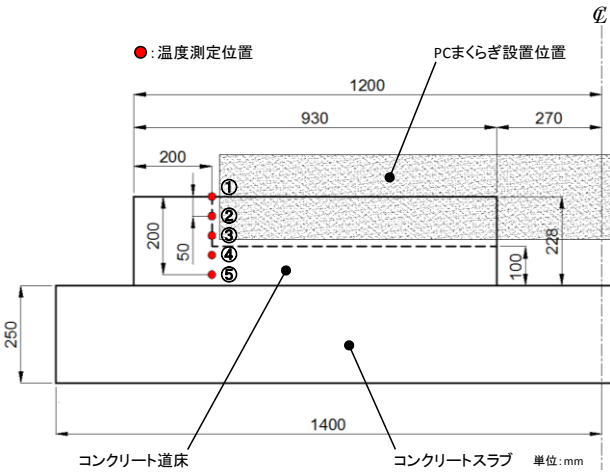


図1 試験軌道の断面および温度測定位置



図2 測定状況

キーワード 直結系軌道、コンクリート道床、性能照査、設計作用、熱伝導解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 TEL 042-573-7276

道の断面および温度測定位置、図2に測定状況を示す。測定方法としては、図1に示す温度測定位置①～⑤において熱電対をコンクリート道床内に埋め込み(50mm 間隔で 200mm の深さまで)、夏季における1日の温度変化を測定した。数値解析には汎用解析ソフトウェア ASTEA MACS Ver.8を用いた。表2に解析に用いたコンクリートの熱特性値を示す。コンクリート道床上面・側面およびコンクリートスラブ上面を熱伝達面とし、温度測定位置①(コンクリート表面)における実測値を温度データとして入力する非定常熱伝導解析を行った。図3に各温度測定位置における実測値と解析値の比較を示す。両者を比較すると、最高温度に達する時間は測定位置が深くなるほど乖離する傾向にあるが、最高温度の差は最大で 1.3℃(温度測定位置③)であった。この温度差は、実測値の最大値に対する割合として3%以下であり、本解析により現象を概ね再現できたと考えられる。

3.2 道床厚を考慮した設計作用の検討

表3に解析ケース、図4に解析モデルの例を示す。温度データについては、予備解析により、最小道床厚 100mm の場合にコンクリート道床とコンクリートスラブの温度差の最大値が約 10℃となるものをを入力した。なお、本検討ではコンクリート道床およびコンクリートスラブの各々の要素群における温度の平均値を算出し、その差を式(1)の ΔT として定義した。その他の解析条件については、3.1と同様である。図5に各解析ケースにおけるコンクリート道床とコンクリートスラブの温度差と時間の関係を示す。なお、温度差についてはコンクリート道床における平均温度の方が高い場合を正值とし、各解析ケースにおける温度差の最大値を図中に示す。同図より、道床厚の増加に伴い温度差は減少し、最大値に達する時間も遅くなる傾向にあることが分かる。case5(道床厚:500mm)の場合における温度差の最大値は 4.5℃であり、この値を式(1)の ΔT に代入すると、温度変化の影響の特性値 F_p は $\Delta T=10^\circ\text{C}$ の場合と比較して 1/2 倍程度となる。よって、本検討で示した設計作用により性能照査を行う場合、ずれ止めの配置本数を低減できる等、より経済的な設計を行える可能性がある。

4. まとめ

直結系軌道用コンクリート道床のずれ止めの性能照査に用いる設計作用に関して数値解析による詳細な検討を行い、断面形状を考慮した設計作用の算定法によって、より経済的な設計を行える可能性を示した。

参考文献

1)国土交通省鉄道局監修,鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説(軌道構造),丸善,2012

表2 コンクリートの熱特性値

熱伝導率	比熱	密度
2.6(W/m℃)	1.05(kJ/kg℃)	2.4(t/m³)

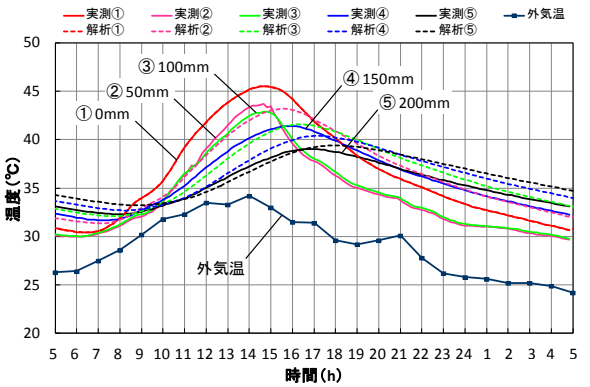


図3 実測値と解析値の比較

表3 解析ケース

解析ケース	1	2	3	4	5
道床厚(mm)	100	200	300	400	500

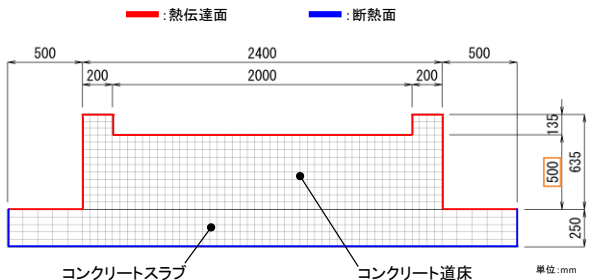


図4 解析モデル(ケース5:道床厚 500mm)

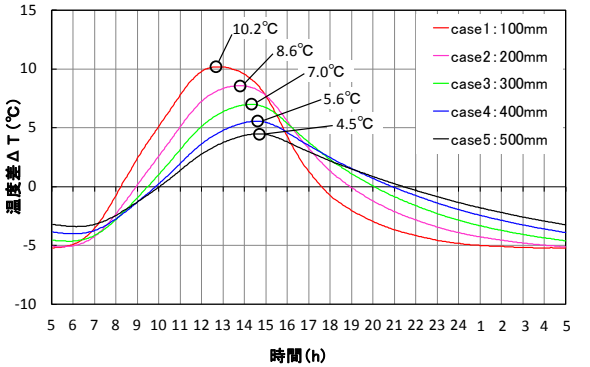


図5 コンクリート道床とコンクリートスラブの温度差—時間の関係