

# 埋設型パイプヒーティング工法による寒中コンクリートの給熱養生に関する基礎的研究

北見工業大学大学院 学生会員 ○小原 総基  
 北見工業大学 正会員 井上 真澄 崔 希燮  
 エクセン(株) 正会員 斉藤 能雄 井上 和

## 1. はじめに

寒中施工における新規の給熱養生方法として温水循環式給熱養生方法がある<sup>1)2)</sup>。図-1に示すように、温水ホースをコンクリート躯体内部に埋設して給熱養生する場合、現場施工性や経済性の観点から軽量かつ柔軟性と切断性を兼ね備える樹脂系のものが埋設材料として適していると考えられる。

そこで本研究では、温水ホースを躯体内部に埋設してコンクリートを給熱した場合の温度挙動を把握する目的として、熱伝導率の異なる樹脂系ホースやその設置間隔をパラメータとした解析的検討を行った。

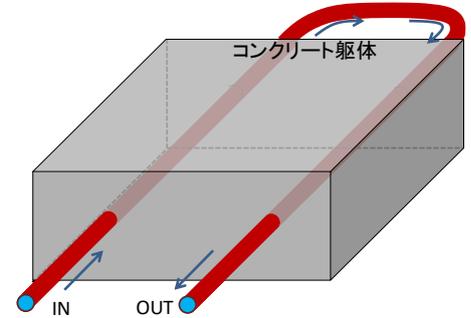


図-1 埋設型パイプヒーティング工法概念図

## 2. 解析概要

表-1 解析因子

表-1 に解析因子を、表-2

に解析に使用する材料の物性値を示す。解析 1 では温度

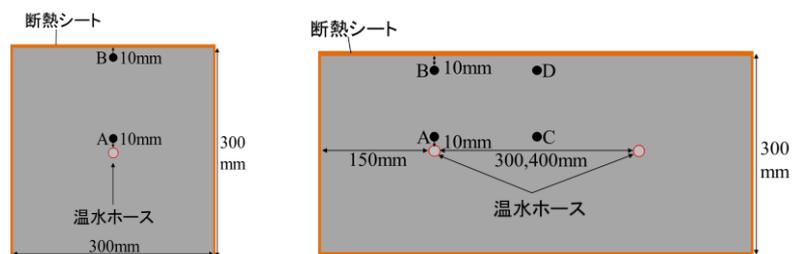
管理が容易かつ熱効率性の良い埋設材料を選定するため、コンクリートへの埋設実績のある樹脂系材料の中からポリエチレン(高密度)、ナイロン 6、ポリ塩化ビニル(軟質)、ポリプロピレンの 4 種類を選定し解析を行った。解析 2 では解析 1 の結果に基づいて埋設材料を 1 種類選定し、熱効率性を考慮

表-2 材料物性値<sup>4),5),6)</sup>

材料	熱伝導率 (λ) (W/mk)	熱容量 (C) (J/m <sup>3</sup> k)	比熱 (c) (J/kgk)	密度 (ρ) (kg/m <sup>3</sup> )
ポリエチレン(高密度)	0.49	1.796E+06	1.88E+03	953
ナイロン 6	0.21	2.176E+06	1.93E+03	1130
ポリ塩化ビニル(軟質)	0.15	2.077E+06	1.67E+03	1240
ポリプロピレン	0.10	1.745E+06	1.93E+03	906
コンクリート	2.6	2.520	1.05E+03	2400
空気	0.0241	1.301E+03	1.01E+03	1
断熱シート	0.01623	1.820E+04	7.60E+02	24

して最適なホースの設置間隔を検討するため、ホースの設置間隔を既往文献<sup>3)</sup>から 300mm, 400mm, とし解析した。図-2 に解析モデル概要を示す。解析 1 では 300×300mm 寸法のコンクリート躯体中央部に埋設材料を設置し、その温度分布について検討・考察した。解析 2 では埋設材料と躯体短辺までの距離(かぶり厚)を 150mm に固定しホースの間隔を変更した。埋設材料の寸法は、内径 25.0mm, 外径 34.0mm とし、外気温は寒中施工を想定し 0°C 一定とした。躯体の初期温度は「日本建築学会 JASS5」を参考<sup>3)</sup>に 10°C とした。埋設型パイプヒーティング工法の熱効率性を向上させるため、躯体表面に断熱シートを単層で被覆した。躯体内部の温度測点は図-2 に示すように解析 1

で A 点, B 点, 解析 2 で A 点, B 点, C 点, D 点とした。なお, A, B, D 点についてはコンクリート表面もしくは埋設材料表面から 10mm 離れた位置とし, C 点は埋設材料 2 本の中央から D 点側へ 10mm 移動した点とした。コンクリートの目標養生温度は、「日本建築学会 JASS5」を参考<sup>3)</sup>に A 点で 20±1°C, 既往文献<sup>2)</sup>を参考に B 点, C 点, D 点で 20°C



(a) 解析 1

(b) 解析 2

図-2 解析モデル概要

キーワード 温水循環ヒーター, 給熱養生, 寒中施工, 温度分布

連絡先 〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学工学部地域未来デザイン工学科 TEL : 0157-26-9513

×(-30%)に設定した。

### 3. 実験結果および考察

図-3(a)~(d)に埋設材料を1本埋設したホース内部溶液温度とコンクリートの温度の関係を示す、図中にコンクリートの目標温度範囲をグレー色で示す。解析結果から、埋設材料の熱伝導率をはじめとする物性値の違いによりコンクリートの温度履歴に明確な差異が確認され、ポリエチレン(高密度)が約30°C、ナイロン6が約40°C、ポリ塩化ビニル(軟質)が約50°C、ポリプロピレンが約60°Cとなり、解析結果からみるとホース溶液温度が最も低く設定できるポリエチレン(高密度)が埋設材料として最も優れていると考えられる。

表-3に温水ホースの設置間隔ごとに、コンクリート温度の解析値を整理した。温水ホースの設置間隔に関わらず、いずれのケースにおいても溶液温度を30°Cに設定するとコンクリート表面温度(A点)において20°Cを超えており、コンクリート表面部で満足していない、またホース溶液温度を25°Cに設定すると400mmのケースにおいてコンクリートの下端部で温度目標を満足していないことが確認できた。そのため寒中コンクリートの品質管理においては本解析で設定している「A点: 20±1°C, B, C, D点: 20°C×(-30%)以上」の条件を鑑みると、本解析条件の範囲内においてホース溶液温度約27°Cが良いと考えられ、加えて温水ホースの設置間隔を300mm~400mmとすることが熱効率性や経済性の側面で適切であると考えられる。

### 4. まとめ

- 1) 埋設材料野熱伝導率をはじめとした物性値の違いによりコンクリートの温度履歴に明確な差異がみられ、ポリエチレン(高密度)が埋設材料として最も優位であると考えられる。
- 2) ホース内溶液温度を約27°Cとすることで、コンクリートの目標温度を満足することに加えて、温水ホースの設置間隔を300mm~400mmの範囲で設定することが熱効率性や経済性の側面で適切であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 小原総基ほか: 温水循環式給熱養生方法を用いたコンクリートの強度発現特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1265-1270, 2019.6
- 2) 小原総基, 崔希燮, 井上真澄, 斎藤能雄, 井上和, 中村雅樹: コンクリート床版を対象とした温水循環式給熱養生方法における最適温度設定方法の提案, 土木学会北海道支部論文報告集, E-19, 2019.1
- 3) 日本建築学会: 建築標準仕様書・同解説(JASS5)鉄筋コンクリート工事, 2018
- 4) 高分子学会: 高分子データハンドブック(応用編), 培風館, 1986.1
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書(設計編), 2018
- 6) 菊池シート工業株式会社 HP, [www.kikuchi-sheet.co.jp](http://www.kikuchi-sheet.co.jp)

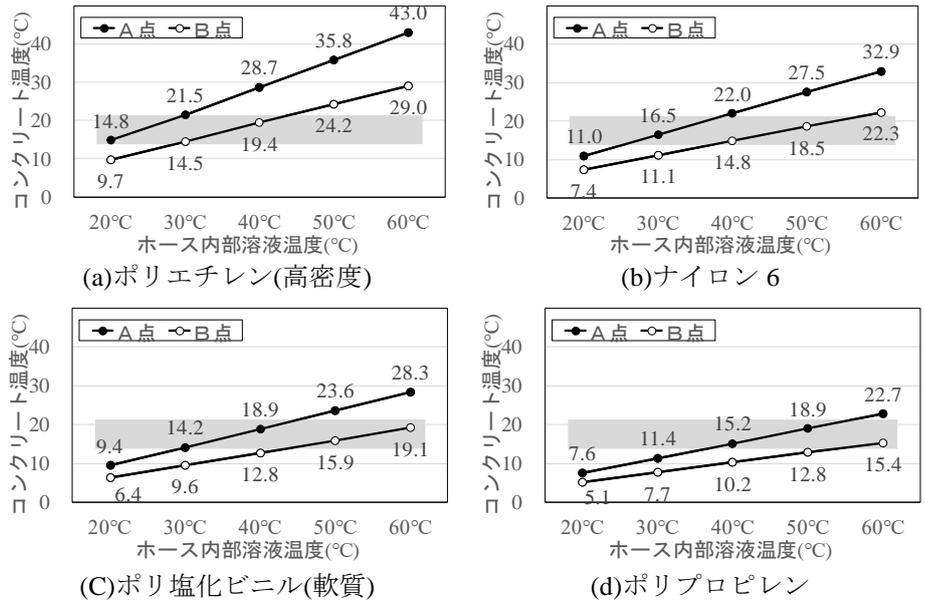


図-3 ホース内部溶液温度とコンクリートの温度の関係

表-3 温水ホースの設置間隔の解析結果

設置間隔	300mm			400mm			
	溶液温度	25°C	27°C	30°C	25°C	27°C	30°C
温度測点	A点(°C)	19.2	20.7	23.0	19.0	20.6	22.8
	B点(°C)	13.8	14.9	16.6	13.5	14.6	16.2
	C点(°C)	15.9	17.2	19.1	14.4	15.5	17.3
	D点(°C)	14.0	15.1	16.8	12.8	13.8	15.4