

地中熱 ヒートポンプ システム

施工管理マニュアル


特定非営利活動法人
地中熱利用促進協会 編

技術者資格制度

「地中熱施工管理技術者」

試験テキスト

- 本書の内容に関する質問は、オーム社出版局「(書名を明記)」係宛に、書状または FAX (03-3293-2824), E-mail (syuppan@ohmsha.co.jp) にてお願いします。お受けできる質問は本書で紹介した内容に限らせていただきます。なお、電話での質問にはお答えできませんので、あらかじめご了承ください。
- 万一、落丁・乱丁の場合は、送料当社負担でお取替えいたします。当社販売課宛にお送りください。
- 本書の一部の複写複製を希望される場合は、本書裏表を参照してください。

 <(社) 出版者著作権管理機構 委託出版物>

地中熱ヒートポンプシステム 施工管理マニュアル

平成 26 年 12 月 20 日 第 1 版第 1 刷発行

編 者 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会

発 行 者 村 上 和 夫

発 行 所 株式会社 オ ー ム 社

郵便番号 101-8460

東京都千代田区神田錦町 3-1

電 話 03(3233)0641(代表)

URL <http://www.ohmsha.co.jp/>

© 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 2014

組版 ベガプレス 印刷・製本 壮光舎印刷
ISBN978-4-274-21682-4 Printed in Japan

目 次

第1章

序 論

1.1 施工における品質の確保	2
1.2 本書の対象範囲	3
1.2.1 一次側システム	4
1.2.2 熱源機器	5
1.2.3 二次側システム	5
1.3 想定読者	5
1.3.1 システムの設計者およびコンサルタント	6
1.3.2 地中熱交換器などの設備（一次側）の施工に携わる技術者	6
1.3.3 ヒートポンプ（熱源機）と周辺機器（熱源補機）の技術者	6
1.3.4 冷暖房、給湯、融雪設備などの熱利用設備（二次側）の技術者	6
1.3.5 システムの維持管理技術者	6
1.3.6 地方自治体等の建築設備・環境関連分野の担当者	7
1.3.7 大学など研究機関の研究者	7
参考文献	7

第2章

計画提案と設計

2.1 地中熱ヒートポンプシステムの用途と分類	10
2.1.1 用途	10
2.1.2 地中熱利用形態の検討	10
2.1.3 導入検討時の比較検討	11
2.1.4 ヒートポンプによる分類	11
2.1.5 熱交換器による分類	11
2.2 提案のポイント	12
2.3 計画上の留意点	12
2.4 設計フロー	13
2.5 企画	13
2.5.1 事業主の意向・目的確認	13
2.5.2 地中熱ヒートポンプシステムの最大導入可能量の算出	14
2.5.3 冷暖房負荷の概算	14
2.5.4 空調ゾーンの検討	14
2.5.5 コストの検討	14
2.6 基本設計	16
2.6.1 事前調査	16

2.6.2 基本計画	18
2.7 実施設計	22
2.7.1 熱応答試験（サーマルレスポンステスト／TRT 試験）	22
2.7.2 予測シミュレーション	33
2.7.3 実施設計図の作製	35
参考文献	37
演習問題	38

第3章

地中熱交換井

3.1 熱交換方式	42
3.2 地中熱交換器（Uチューブ）	43
3.3 掘削方法	46
3.3.1 掘削工法概要	46
3.3.2 掘削前の留意点	48
3.3.3 掘削工法と掘削機	48
3.3.4 掘削流体	63
3.4 地中熱交換器（Uチューブ）挿入と、充填材および遮水	65
3.5 品質管理	67
演習問題	69

第4章

配 管

4.1 配管方式	72
4.1.1 配管方式の選定	72
4.1.2 その他のチェックポイント	73
4.2 主管（メイン配管）の計画	75
4.3 循環流体の特性と選択	77
4.3.1 循環流体とは	77
4.3.2 不凍液の種類	77
4.3.3 不凍液の条件	77
4.3.4 主成分（基材）の安全性	78
4.3.5 Uチューブ等の配管素材との適合性	80
4.3.6 不凍液と接触する材料選定，特に継手等の注意点	81
4.3.7 不凍液の設計時の注意点	81
4.3.8 不凍液の施工時の注意点	82
4.3.9 不凍液と循環ポンプ	82
4.4 配管工事	83
4.4.1 接合・融着方法	83
4.4.2 埋設配管	89

表 2.5.1 冷暖房熱負荷概算値
(SHASE-S112 2009 冷暖房熱負荷簡易計算法, 建築設備手帳より引用)

室の種類			最大熱負荷 (W/m ²)		室内熱負荷条件				備 考					
			冷 房	暖 房	照 明 (OA 含む) (W/m ²)	在室者 (人/m ²)	外気量 (m ³ / (m ² ・h))	すきま風 (回/h)						
事務所	事務室 最上階	南向き	112	117	25	0.2	4	0.083 (ペリメー タゾーン のみ 0.2)	室奥行き: 12 m 窓面積率: 45% ひさし: なし 外皮断熱: 中					
		西向き	121	128										
		北向き	98	127										
		東向き	111	120										
	事務室 中間階	南向き	112	101						25	0.2	4	0.083 (ペリメー タゾーン のみ 0.2)	室奥行き: 12 m 窓面積率: 45% ひさし: なし 外皮断熱: 中
		西向き	121	110										
		北向き	98	111										
		東向き	111	105										
銀 行	営業客室だまり		215	215	40	0.3	6	1.5	営業室, 窓面積率 70%					
	応接室		127	138	30	0.2	4	0						
	女子ロッカー室		132	127	15	0.4	8	0						
デパート	1 階売場		324	205	100	0.7	7	2.0	暖房: 20℃, 50% 1 階売場, 窓面積率 60%					
	特売場		272	86	70	1.0	10	0						
	売 場		174	54	70	0.35	7	0						
スーパー マーケット	食料品		198	143	45	0.4	8	0.5	暖房: 20℃, 50% 窓面積率: 70%					
	衣料品		194	127	60	0.3	6							
ホテル	宴会場		435	218	100	1.0	20	0	冷房: 25℃, 50% 暖房: 23℃, 50% 終日空調					
	客室 (ツイン)	南向き	89	125	10	0.1	5	0						
		西向き	93	127										
		北向き	86	128										
		東向き	88	125										
飲食店	客 席		244	157	40	0.6	12	0.5						
公民館	研修室		202	171	20	0.5	10							
図書館	閲覧室		137	154	30	0.2	4							
病 院	病室 6 床	南向き	97	85	10	0.2	5	0	終日空調					
		西向き	101	97										
		北向き	94	97										
		東向き	105	86										
劇 場	客 室		336	270	25	1.2	25	0						
	ロビー		249	184	40	0.4	10	0.5						
集合住宅	居間 (中間 階)	南向き	104	155	-	冷房時 2 人 暖房時 0 人	0	0.5	室大きさ: 8 畳 (13 m ²) 窓面積: 中 (3.2 m ²) バルコニー: なし					
		西向き	144	161										
		北向き	79	163										
		東向き	101	158										
戸建住宅	居間 (上が屋 根の場 合)	南向き	156	213	-	冷房時 2 人 暖房時 0 人	0	0.5	室大きさ: 8 畳 (13 m ²) 窓面積: 大 (3.2 m ²) ひさし: 50 cm					
		西向き	234											
		北向き	148											
		東向き	156											

注 1) 事務所, 住宅は, 標準的な室を想定し, 計算したものである。

2) 温湿度条件は, 住宅以外は, 冷房 26℃, 50%, 暖房 22℃, 50%, 住宅は, 冷房 26℃, 60%, 暖房 20℃, 40%, また, 予冷・予熱時間は 1 時間とする。

3) 本表は東京地区の場合であり, 他地区の場合は地域補正係数を乗ずる。他に, 建物条件, 室内条件等による補正が可能である。

地域補正係数

地名	冷房用	暖房用	地名	冷房用	暖房用	地名	冷房用	暖房用	地名	冷房用	暖房用	地名	冷房用	暖房用	地名	冷房用	暖房用
旭川	0.58	1.61	青森	0.76	1.33	新潟	0.89	1.09	大阪	1.05	0.92	高知	1.01	0.93	鹿児島	1.12	0.77
札幌	0.54	1.45	仙台	0.84	1.12	名古屋	1.00	1.00	広島	1.05	0.94	福岡	1.04	0.91	那覇	1.34	0.23

2) 地中熱交換器の長さの算定

わが国のこれまでの実績から、ダブルUチューブ型の場合、40 W/m 前後を地中から連続して採熱できることが経験的にわかっている。この経験値に基づく算定法により、冷房・暖房に必要な地中熱交換器の長さが求められる。また、地層の有効熱伝導率と地中熱交換器の熱抵抗値がわかっていると、別の算定法で、地中熱交換器の長さが求められる。ここでは、この二つの簡便な算定法を紹介するが、これらの簡便な方法は、戸建住宅等の小規模施設に適用されることが多い。

一方、地中熱ヒートポンプシステムを導入する施設が大規模である場合は、地中熱交換器の総延長が長くなり、地中熱交換器の本数が多数となるので、地中熱ヒートポンプシステムの設計ツールを用い、熱応答試験(2.7.1項)の測定結果を組み入れ、長さ・本数・間隔を求める方法がとられている。

住宅など負荷パターンが単純な場合、次に示すような簡略方法によって算定することができる。負荷量や地盤条件などにより異なるものの、実際の設計においては、単位長さ当たりの熱交換量として、一般事務庁舎の場合には50～70 W/m、その他の場合には30～40 W/m程度の概算値が便法として用いられている。熱応答試験を実施している場合には、試験結果で得られた単位長さ当たりの熱交換量を採用する。

地中熱交換器総延長は、冷房時の地中熱交換器総延長(L_c)と暖房時の地中熱交換器総延長(L_h)の最大値として算出する。なお、地中熱交換器の総延長には、横引き配管は含まれない。

<冷房時>

$$\begin{aligned} Q_c &= q_c + Q_p \\ &= q_c + \frac{q_c}{\text{COP}} = q_c \cdot \frac{\text{COP} + 1}{\text{COP}} \end{aligned}$$

また、 $Q_c = L_c \cdot q$ であるから

$$L_c = \frac{q_c \cdot \frac{\text{COP} + 1}{\text{COP}}}{q} \quad (2.6.2)$$

ここに、 Q_c : 地中への放熱量 [W]

q_c : 必要熱負荷 [W]

Q_p : ヒートポンプの電力 [W]

COP: ヒートポンプの成績係数 (=4～6 (冷房), 5 (標準))

q : 単位長さ当たり熱交換量 [W/m]

実績値(一般事務庁舎の場合(平日8時間, 冷房時3か月, 暖房時4か月))=50～70, 上記以外の場合=30～40)あるいはTRTにて算出

<暖房時>

$$Q_h = q_h \times Q_p$$

$$= q_h - \frac{q_h}{\text{COP}} = q_h \cdot \frac{\text{COP} - 1}{\text{COP}}$$

また、 $Q_h = L_h \cdot q$ であるから

$$L_h = \frac{q_h \cdot \frac{\text{COP} - 1}{\text{COP}}}{q}$$

ここに、 Q_h : 地中からの採熱量 [W]

q_h : 必要熱負荷 [W]

Q_p : ヒートポンプの電力 [W]

COP: ヒートポンプの成績係数 (=3~4 (暖房), 3.5 (標準))

q : 単位長さ当たり熱交換量 [W/m]

実績値 (一般事務庁舎の場合 (平日8時間, 冷房時3か月, 暖房時4か月) = 50~70, 上記以外の場合 = 30~40) あるいは TRT にて算出

3) 地中熱交換井本数の算出

必要となる地中熱交換井の本数 (N) は、以下の式によって求める。

$$N = L / D \quad (2.6.4)$$

ここに、 D : 地中熱交換器 1 本当たりの長さ [m/本] (=50~150, 100^{*1, *2} (標準))

*1 地中熱交換器 1 本当たりの長さは、地中熱交換井 1 本の掘削に要する施工日数、掘削機のロッドの引き抜き作業 (時間が経過すると土圧 (動圧)) によりロッドが引き抜けなくなる)、経済性を考慮して決定する。

*2 N の小数点以下の処理は、安全性を考慮し、切り上げとする。

(2) 地中熱ヒートポンプの選定

2.1 節で示したとおり、地中熱ヒートポンプは二次側循環流体の種類により、下記の 3 種類に分類される。

- ・水-水 (チラー型)
- ・水-空気 (セパレート型)
- ・水-空気 (一体型)

まず、必要熱負荷をもとに、ヒートポンプの容量を決定する。基本的にはメーカー仕様を参考にして選定することとなるが、二次側循環流体の種類によって配管方法やコストが異なるため、選定の際には留意する。

地中熱ヒートポンプの選定については、第 5 章「ヒートポンプ (熱源機) と熱源補機」で詳細を解説しているので、参照されたい。

(3) コストスタディ

前述したように、地中熱ヒートポンプも、二次側の違いにより 3 種類に分類できる。空気熱源のヒートポンプ (EHP, GHP) においても、通常この 3 種類に分類できる。これらについては、二次側の空調設備 (室内機, FCU 等) を検討する担当者と密接な検討を行い、システムをまとめる。

本項では、システム導入時のイニシャルコストについて述べ、システム導入後のコストについては 2.7 節「実施設計」で触れる。

$$\begin{aligned} q_h &= Q_p + Q_h \\ Q_h &= q_h - Q_p \\ &= q_h - \frac{q_h}{\text{COP}} \\ &= q_h \cdot \frac{\text{COP} - 1}{\text{COP}} \\ L_h \cdot q &= q_h \cdot \frac{\text{COP} - 1}{\text{COP}} \\ L_h &= \frac{q_h \cdot \frac{\text{COP} - 1}{\text{COP}}}{q} \end{aligned}$$