【イノベーションセンター特集】

エネルギー自立型サスティナブル研究施設
～新素材・新材料を用いた施工の合理化～

湯浅憲・鈴木崇浩・千葉俊
平原美博・清水昭浩・柴田克彦
羽鳥大輔[*1]・武藤由香[*1]

Construction Rationalization with New Materials in the Energy Self-Sufficient and Sustainable Innovation Center

Ken Yuasa・Takahiro Suzuki・Suguru Chiba
Yoshihiro Hirahara・Akihiro Shimizu・Katsuhiko Shibata
Daisuke Hatori・Yuka Mutoh

我々は現場施工業務の効率化を目的とし新しい工法の開発、新材料の探索や検証、業務効率化ツール等を開発してきた。今回、高砂熱学イノベーションセンターの建設にあたり、配管設備においては、アルミ複合ポリエチレン管（以降、アルミ三層管）を、ダクト設備においては、内貼断熱ダクトを採用した。実現場での採用にあたり、施工の際に課題となるポイントの抽出とその解決方法を確立するとともに、新素材・新材料の持つ性能の検証を実施した。最終的に、実現した施工の合理化を定量的に検証した。

1. はじめに

建設業就業者は、55歳以上が34%、29歳以下が約11%と高齢化が進んでおり[1)]、将来の大量離職に伴う作業員の減少が大きな問題となっている。なかでも、配管工や保温工のような専門技術を必要とする作業員の不足は顕著であり、早急な対策が求められている。

施工の現場では、上記問題の解決を目的とし、管理方法、施工方法、新しい材料、等に対して様々な検討・提案を行っている。今回、高砂熱学イノベーションセンターの建設において施工の合理化を実現するために、新素材・新材料として、アルミ三層管と内貼断熱ダクトを用いた省力化工法を採用した。本報では、その効果について報告する。

2. アルミ三層管

2.1 アルミ三層管の特徴

2.1.1 構造と仕様

採用したアルミ三層管は、図1に示す構造であり、耐圧性能、防食性能に優れている。重量は、従来使われる

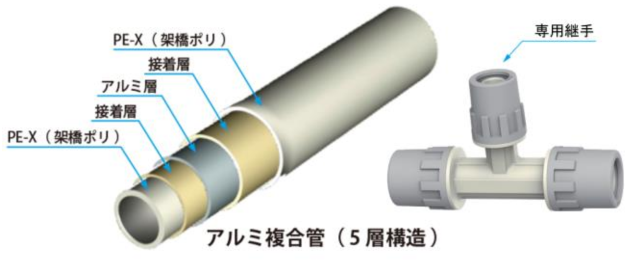


図1 アルミ三層管部材（配管径 13A～65A）[2)]

※1 株式会社三菱地所設計

配管用炭素鋼鋼管（以下、SGP 配管）の 1/5 と軽量なため、搬入や組付け作業等において扱いやすく、安全性の向上も期待できる。また、配管の組付けは袋ナットを締切るだけの専用継手が用意されており、作業者の技能に依らず接合部の漏れを防止できる構造である（図 2）。

2.1.2 技能習得のしやすさ

SGP 配管では、ねじ切り作業に熟練度を要するが、本部材は、ねじ切り作業が不要である。誰でも同じ品質の作業が行えるよう専用工具で作業が標準化されている（図 3）ため、技能習得しやすい。数時間の技能認定研修で作業を習得可能で、研修修了者には技術認定書が発行される。作業工数は配管切断、拡管、組付けと SGP 配管に比べて少なく、作業時間も短縮できる（図 4）。本部材の特徴を活かし、専門技術を有さない多能工でも配管工事を行えないか検討を進めた。

2.2 作業工程の見直しと現場作業の改善

2.2.1 技能習得への課題

継手接続部の直管端部を拡管するため、拡管前後で直管の長さが変化する（表 1）。接合部は、継手部材に直管が呑込まれる仕様となっている（表 2）。継手部材は、継手同士の接続が可能なものも含め、多種多様なものが用意されている（図 5）。

知見の少ない未熟練者では、配管サイズごとに異なる拡管時の短縮寸法や、継手の種類ごとに異なる配管呑込み寸法を考慮して、施工図通りに直管を加工し、組付けることには課題がある。

そこで、現場作業を組付けのみとし、工場でプレハブ加工をする分業化を進めた。

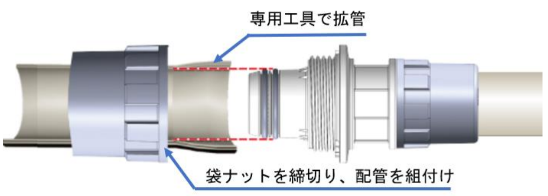


図 2 接合部の構造 [2)]

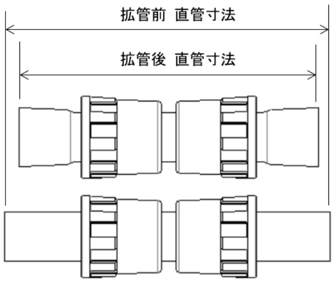
図 3 作業フロー [2)]

〔SGP〕 直管切断 ➡ ねじ切り ➡ 洗浄 ➡ シール ➡ 組付 ➡ 錆止め塗装

〔アルミ三層管〕 直管切断 ➡ 拡管 ➡ 組付

図 4 作業工数比較

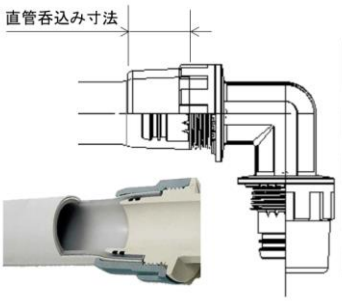
表 1 直管拡管時の短縮長さ [2)]



配管外径	拡管後短縮寸法 (mm)
13A	-1.0 ～ -2.0
15A	-1.0 ～ -2.0
20A	-1.0 ～ -2.0
25A	-1.5 ～ -2.5
32A	-2.0 ～ -3.0
40A	-3.0 ～ -4.0
50A	-4.0 ～ -5.0
65A	-4.0 ～ -5.5

図 5 継手部材（一部を記載）[1)]

表 2 継手部材の直管呑込み長さ [2)]



配管外径	直管呑込み寸法 (mm)
13A	21.0
15A	22.0
20A	26.5
25A	29.0
32A	33.0
40A	42.0
50A	54.0
65A	66.0

2.3 工場作業の改善

2.3.1 プレハブ工法の課題

工場でプレハブ加工を行うことで、現場内の工数削減と安定した品質の確保を図れる。その反面、プレハブ工法では、現場加工で不要な加工図や部材表等（以下、工場製作図）の作成や組付け品の管理や現場搬入が必要になり（図 6)、作業が増える課題がある。そこで、工場作業を改善すべくプロセスの見直しを図った。

2.3.2 プレハブ工法のプロセス見直し

従来、工場製作図は施工図とは別に作成しており、作図と調整に時間と手間を要する。施工図データに、加工管製作に必要な情報を追加できれば、施工図から製作図の自動作成が可能になりデータを一元化できる。そこで、施工図作成時の部材データに､プレハブ加工に関する情報を持たせた BIM パーツを整備することにした。

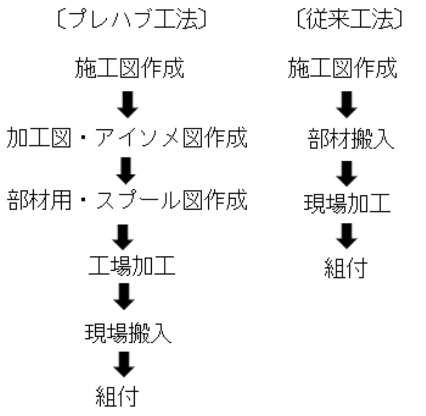


図 6 プレハブ工法のプロセス

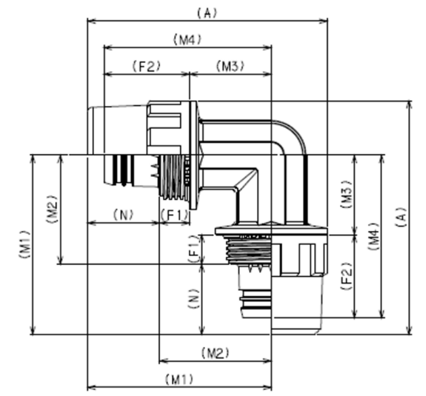
2.4 BIM データ整備

2.4.1 BIM パーツの整備

直管部材は、組付け後の配管長さだけではなく、配管サイズごとの拡管時の短縮寸法を持つ BIM パーツにすることで、直管切断長さを施工図作成時、自動的に算出できる。継手部材は、外形寸法や継手の構成部品の寸法、直管の呑込み長さ、継手芯の寸法、それ以外に継手同士を接続した際の寸法情報を、継手種類、サイズ、組み合わせごとに持つ BIM パーツにすることで、選択した継手に合わせて直管長さを自動更新できるようになる。施工図上の寸法、加工用の寸法、加工時の確認用の寸法と各工程で必要な寸法を算出できるように、メーカーに値を確認し、複数の寸法情報を持つ BIM パーツを作成した（表 3)。

表 3 継手部材の設計情報 [2)]

90° エルボ



品番	配管外径	寸法（mm）							
		A	M1	M2	M3	M4	F1	F2	N
TOYX-20382	13A	68.5	55.0	34.0	24.5	52.5	9.5	28.0	21.
TOYX-20386	15A	74.6	58.3	36.3	26.3	55.5	10.0	29.2	22.
TOYX-20388	20A	88.0	67.5	41.0	30.0	61.5	11.0	31.5	26.
TOYX-20390	25A	101.5	76.5	47.5	35.0	69.0	12.5	34.0	29.
TOYX-20392	32A	118.0	88.0	55.0	40.5	77.5	14.5	37.0	33.
TOYX-20394	40A	140.5	104.0	62.0	46.0	91.0	16.0	45.0	42.
TOYX-20396	50A	178.5	131.0	77.0	57.0	112.0	20.0	55.0	54.
TOYX-20398	65A	212.0	154.5	88.5	68.5	131.5	20.0	63.0	66.

2.4.2 製作図作成作業の削減

BIM パーツを利用して施工図を描けるように、継手部材の組み合わせ、各部材の接続条件、寸法の基準点、作図手順、加工ユニットの割付方法の調整を行った。これにより、施工図データ（図 7）から加工管図（図 8)、部材表、部材集計表（表 4)、を自動生成できるようになった。

加工管図は、平面図に記載のユニット番号ごとにシートが作成される。加工管の平面図、断面図、3D 図と使用部材、加工寸法等の情報を確認できる。部材表は、ユニット番号ごとに使用している部材情報の一覧で、直管部材は組付け後の長さと切断寸法の記載がある。部材集計表は、部材の品番ごとに必要数を集計したものであり、直管部材は定尺長さの必要数に計算されているため、本数量をそのまま発注に利用できる。

製作図が自動生成できるようになったことで、施工図を確認し、サイズ、継手種類、組み合わせごとに直管切断の寸法計算や、従来別様となっていた工場製作図の作成が不要になった。

図面に記載する情報は、配管施工者及び工場加工担当者と相談して詳細を詰めた。加工管は、現場への搬入や現場内の組付け作業のしやすさを考え、シンプルな形状とした。加工管図は、切断寸法、拡管後の寸法、組付け後の確認に必要な寸法と、各工程の作業者が必要な情報を見やすく記載した。寸法の基準点は、関係者と意見交換し、継手ごとに確認しやすいポイントとした。

従来は、施工図と工場製作図が別管理となり整合が取れていないなどの問題が発生することがあったが、施工図データで情報を一元管理できるようになり、施工図と工場製作図の整合も取れ、現場と工場の調整がしやすくなった。

2.5 工場加工の検証

検証用図面から作成した加工管図を元に、工場加工が可能か、作成した加工管で施工図通りに施工ができるか検証した。加工管図は、図面の見やすさや、工場加工に必要な情報が整理されているため工場加工担当者から高評価であったが、組付けした配管長さと図面上の長さに一部差異が生じた。

継手部材にレジューサー部材を接続する場合（図 9）は、継手についていた袋ナットを取り外し、レジューサー部材を接続するが、その情報が BIM パーツにないことが原因であった。全ての部材の組み合わせを検証し、図面と製作物の寸法が一致することを確認した。

2.6 実物件での導入効果

2.6.1 工場製作

今回の取り組みにて、プレハブ加工で従来別途行っていた工場製作図の作成が施工図作成と同時にできるようになり、製作図作成の手間を削減できた。

部材の手配は、施工図から生成した部材集計表で行ない、誤発注を防ぎ不要材を削減できた。アルミ三層管の工場加工は、切断、拡管、継手部材の組付けであり、加工に必要な情報は、加工管図に

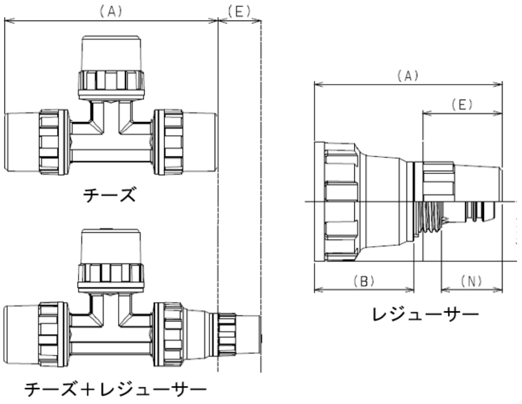


図 9 部材とレジューサー部材の接続 2)

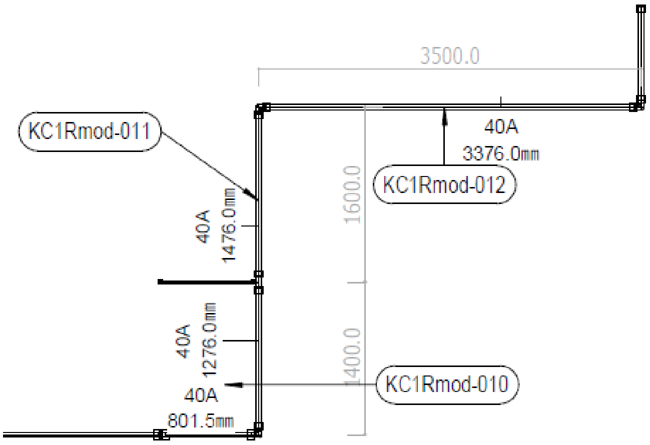


図 7 施工図

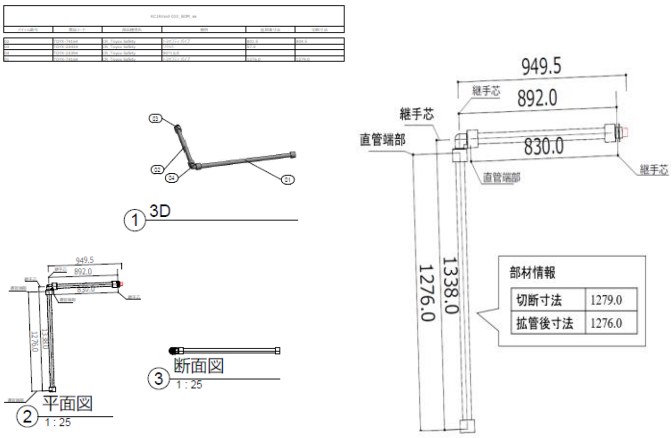


図 8 加工管図

表 4 部材表、部材集計表 2)

部材表

加工図番号	部材	品番	サイズ	長さ（mm）	切断寸法
KC1Rmod-008	ニップルレジューサー	TOYX-20156	40-25A	2.5	
KC1Rmod-008	直管	TOYX-74160	25A	3998.0	4000.0
KC1Rmod-009	直管	TOYX-74164	40A	3997.0	4000.0
KC1Rmod-009	ソケット	TOYX-20454	40A	57.0	
KC1Rmod-010	配管	TOYX-74164	40A	801.5	804.5
KC1Rmod-010	ソケット	TOYX-20454	40A	57.0	
KC1Rmod-010	90°エルボ	TOYX-20394	40A		
KC1Rmod-010	直管	TOYX-74164	40A	1276.0	1279.0
KC1Rmod-011	レジューサーチーズ	TOYX-20756	40-20A	92.0	
KC1Rmod-011	配管	TOYX-74164	40A	1476.0	1479.0
KC1Rmod-012	配管	TOYX-74164	40A	3376.0	3379.0
KC1Rmod-012	90°エルボ	TOYX-20394	40A		

部材集計表

部材	品番	サイズ	必要数	規格
直管	TOYX-74160	25A	1	L＝4000
直管	TOYX-74164	40A	3	L＝4000
90°エルボ	TOYX-20394	40A	2	
ソケット	TOYX-20454	40A	2	
ニップルレジューサー	TOYX-20156	40-25A	1	
レジューサーチーズ	TOYX-20756	40-20A	1	

全て記載しているので、工場加工担当者の技能習得もしやすくなった。

2.6.2 現場施工

施工範囲の一部を配管工事の経験のない多能工にて組付けを行った（写真 1)。短時間の研修を受けたのち、配管工事業者と共に、指導を受けながら施工したが、しばらくすると指導なしに施工が行えるようになった。

SGP 配管で必要な錆止め塗装が不要になり、アルミ三層管は、軽量で袋ナットを締切るだけの作業のため、SGP 配管に比べ施工人工数を 6 割程度削減できた。更に、多能工にて墨出し作業や壁貫通部の開口作業、防火区画の耐火処理など、配管工事の前後作業に対応できるため一貫した作業が可能になった。

2.6.3 施工管理

加工図データに組付け後の加工管寸法が記載されているので受入検査記録のシートとして活用できる。納品管理は、加工管ごとに付与したユニット番号で行うことで工場と調整しやすくなった。平面図に現地の取付状況を記録し、データを共有することで工場担当者は、現場施工の進捗状況を把握しやすくなった（図 10)。

写真 1 施工写真

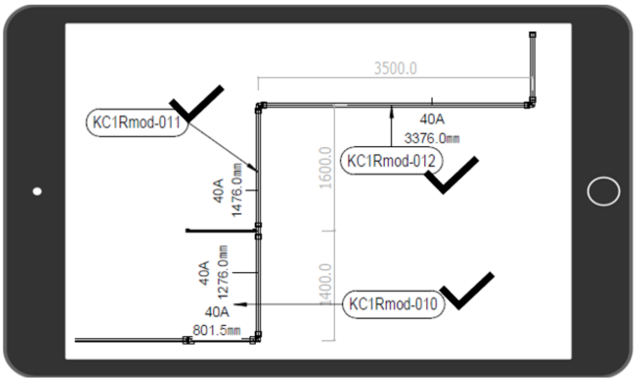


図 10 部材とレジューサー部材の接続 2)

2.6.4 従来の方法とのコスト比較

空調配管へのアルミ三層管の採用事例はまだ少なく、海外製の部材であるため、材料費が高くなる。今回の取り組みにて、現場作業の工数削減、作業の効率向上を行ったことで、施工人工数を削減できたが、材料費・工費を合わせたコストを SGP 配管と比較すると 3 割増であった。コスト面の課題が残るが、多能工にて配管工事の前後作業も含めて一貫した作業が行えるため、将来的なコスト削減が期待できる。

3. 内貼断熱ダクト

3.1 新材料の提案

建築設備工事において、ダクト設備関連の工事は「施工図面に準じてダクトを工場製作し現場にて組付けする」作業が行われており、プレファブ化が進んでいる施工業種である。今回、共板フランジ工法を用いたダクト設備施工において、さらなる現場作業の省力化を目的とし、新材料の開発を行った。

開発した新材料による工法では、工場において内面に断熱材を貼付けたダクトを製作し現場へ納入することで、現場におけるダクト保温作業の削減（現場作業人工数の低減）や品質の均一化を実現する。

3.1.1. 内貼断熱ダクトの特長

表面をポリクロスアルミ箔で覆った独立気泡断熱シートを、カットした亜鉛鉄板に貼り付け、そのまま折り返しダクトとして成形した。内貼断熱材の貼付け範

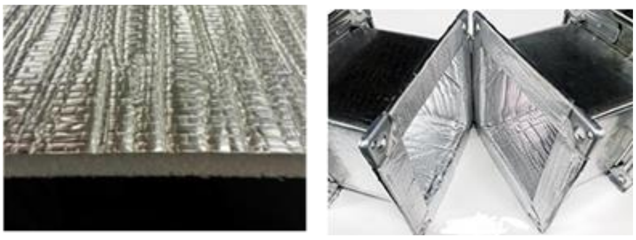


写真 2 内貼り断熱材表面、ガスケットとの一体化

囲をフランジ部まで広げることで、断熱材とガスケットを一体化した（写真 2）。この形状によって、内貼断熱材をフランジで挟み込むことになり、内貼断熱材の脱落が防止できると同時に、現場におけるダクト組付時にフランジ部へのガスケット取り付けが不要となり作業工数が低減できる。また、内貼断熱材とガスケットの一体化により、フランジ部からの漏気を減少させる効果が期待できる。

3.1.2. 検証項目

内貼断熱ダクトは従来のダクトと比較し、断熱材厚さ分の断面欠損が生じる。同風量においては、風速が増大するため通風抵抗が増加し、送風機に求められる能力（静圧）が増大する。通風抵抗の増大を考慮した場合、内貼断熱材の厚さは極力薄くする必要があるが、断熱材の薄肉化によってダクトの熱貫流率が大きくなり、放熱ロスの発生や外面結露の発生が懸念された。

一方で、フランジ部のガスケット機能を内貼断熱材と一体化することで、より高いシール性能を得ることができ漏気量が低減されることが期待できた。

施工導入前の性能検証として「漏気量の減少効果」「断熱性能の確認」「通風抵抗（圧力損失）の確認」を実施した。

3.2 性能検証試験

3.2.1 漏気量減少効果に関する検証

（1）試験方法

ブロアファンと、測定レンジが異なる 4 台の流量計を組み込んだ気密性能測定装置（図 11）を用いて漏気量の検証を行った。測定装置の流量計で試験ダクトへの送風量を計測し、ダクト内外圧力差が定常状態と判断された時の送風量をそのダクト内外圧力差におけるダクトからの漏気量として検証を行った。

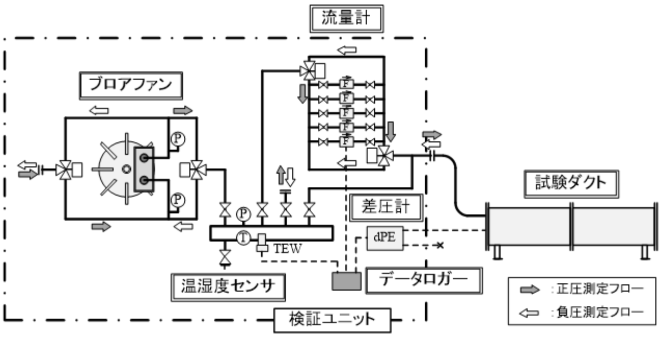


図 11 気密性能測定装置

試験サンプルは板厚 0.5mm、継目にボタンパンチはぜ、のダクトを用い、下記①～④に示す断熱を施した。400W×400H×1,740L のダクトを 2 本接続し、その両端は封止した。また、その支持ピッチは 3,000mm とし、SHASE での確認試験同様に中心に 80kg の載荷を行った。

① ブランクダクト（断熱を貼り付けない）
② 外貼断熱ダクト（フランジカバー（FC）無）
③ 外貼断熱ダクト（フランジカバー（FC）有）
④ 内貼断熱ダクト

（2）試験結果

漏気量測定試験結果を表 5 と図 12 に示す。

ブランクダクトと比較し、外貼断熱ダクトでは漏気量を 48.7%低減し、フランジカバーを取り付けることでさらに 8.6%低減した。また断熱材を内貼りとすることで、ブランクダクトと比較して漏気量を 88.7%低減した。

外貼断熱ダクト、内貼断熱ダクトともに、ブランクダクトと比較して継手、継目を断熱材でふさぐため、漏気量の低減効果がみられた。特に、内貼断熱ダクトでは断熱材を、はぜ部からフランジ部に対して継ぎ目なく貼り付けることができ、漏気量を大幅に低減できた。外貼断熱ダクトでは、凹凸が大きいフランジ部を密閉する

表 5 各ダクトの仕様における気密係数（K 値）

試験体	ブランクダクト	断熱ダクト		
		外貼 10mm		内貼 4mm
		FC 無	FC 有	
気密係数 K 値	1.91	0.98	0.82	**0.22**
指数表示	100	51.3	42.7	**11.4**

SHASE 制限空気漏量　　低圧：1.5，高圧１：0.75

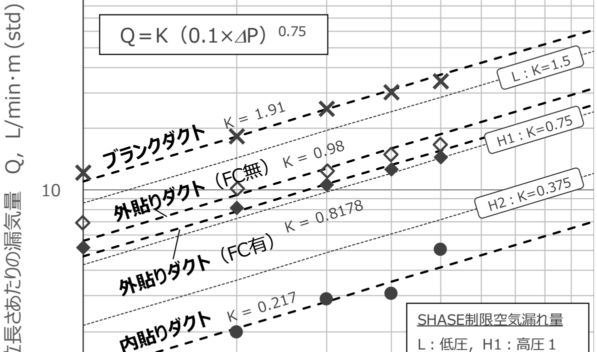


図 12 各条件における漏気量

ことが難しいためフランジ部からの漏気量を十分防止することができず、漏気量低減効果は内貼断熱ダクトと比較して小さくなったと推察される。

内貼断熱ダクト（共板フランジダクト）は、高圧 2 仕様のダクト以上の気密性能を有していることが分かった。漏気量の低減は、送風機の搬送動力の削減に寄与する。

3.2.2 断熱性能に関する検証

内貼断熱で使用した断熱材（独立気泡断熱材：0.041W/mK）は、従来工法でダクトに使用する断熱材（グラスウール保温板 40kg/m3）：0.052W/mK）と比較すると素材単体の断熱性能は優れているが、実際に使用する際の断熱材厚さが、4mm（もしくは 10mm）となり、従来工法（厚さ 25mm：天井内隠ぺい仕様 3)）より熱貫流率が大きくなることが懸念されるため、断熱性能に関する検証を実施した。

（1）試験方法

夏期冷房時を想定し、ダクト内送風空気の条件を、風速 2.5m/s、乾球温度 12°CDB とし、外周囲温度を 25～35°CDB に変化させてダクトの外表面温度を計測し、結露発生の周囲温湿度条件をまとめるとともに、目視による結露発生の状況を確認した（図 13）。

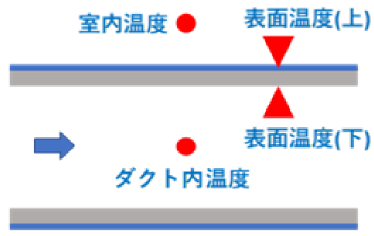


図 13 ダクト内外の温度測定箇所

（2）試験結果

測定したダクト外表面温度を図 14 に示す。測定結果は、30°CDB 条件下でダクト表面温度は 20.5°Cを示した。これは、ダクト周囲環境が 30°CDB、57%RH で結露が発生することを示す。

送風温度＝12°CDB の条件で、ダクト外表面へ結露が発生する条件を空気線図上に示す（図 15）。RA 天井チャンバ方式を採用している場合、天井内（SA ダクト周囲）の温湿度は部屋と同程度と考えられるため、内貼断熱ダクト外面への結露の発生は少ないと考えられる。

従来ダクトと比較し、SA ダクトから周囲への冷熱のロスは大きくなるが、RA 天井チャンバ方式の場合、漏洩した冷熱は RA の冷却に使用されることで回収され、その影響は小さいといえる。

同条件で、外貼断熱ダクトの試験も行った。外貼断熱ダクトは、フランジカバーの周囲で結露が発生した。これは漏気がフランジ付近に集中することが原因と考えられる。

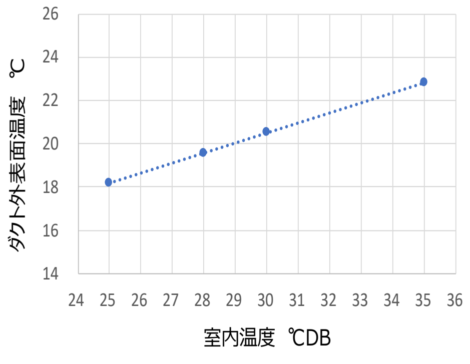


図 14 ダクト外表面温度

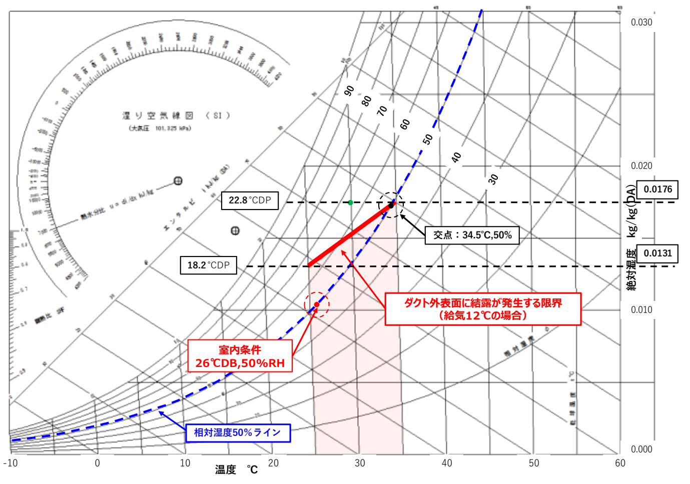


図 15 結露発生条件（送風温度＝12℃DB）

3.2.3 通風抵抗（圧力損失）増大に関する検証

（1）試験方法

本工法は、ダクト内面に断熱材を貼付するため、従来のダクトと比較して、断熱材厚さの分だけ断面欠損が生じる（400W×400H のダクトに厚さ 4mm の内貼断熱を施した場合、有効断面積が約 2%減少）。また、発泡断熱シートは写真 2 に示すように、内表面のアルミシートに凹凸があり、従来の亜鉛メッキ鋼板ダクトと比較して圧力損失が増加することが考えられた。そのため、従来のダクトに対して発泡断熱シートを内貼りすることによってどの程度通風抵抗が増加するかを実測によって検証した。

圧力損失を計測するための送風試験装置を写真 3 に示す。インバータを用いて送風機の回転数を任意に制御した。多点ピトー式風速センサと微差圧計を用いて計測した風速と、ダクト面積より送風量を算出した。供給口以降に設置された試験サンプルの圧力損失を制御盤上の微差圧計を用いて計測した。

試験サンプルには 400W×200H のブランクダクト（一般亜鉛めっき鋼板ダクト）およびそれに厚さの異なる 2 種類の内貼断熱を施したダクト（t=4mm、10mm）で試験を行った。

追加試験として、400×200 のダクトに厚さ 10mm の内貼断熱を施したダクトと、有効断面積を揃えたダクト（380×180）で比較試験を行った。

写真 3　送風試験装置

表 6　断面積、風速、圧力損失の比較

	断面積	風速	圧力損失
	ブランクダクトを 100 とする		
内貼 4㎜	94.1	106	113
内貼 10㎜	85.5	117	137

（2）試験結果

400×200 ブランクダクト、内貼 4mm、内貼 10mm の 3 種類に対して、断面積、風速、風速より算出した圧力損失を、ブランクダクトを 100 とした指数表示にて表 3-2 に示す。内貼断熱材の厚さが 10㎜ では、断面積の減少率が大きく（▲15%）、圧力損失はブランクダクトの 1.4 倍程度になることが予測された。ただし表 6 の数値は、400×200 のサイズのダクトに関しての結果であり、サイズが大きくなるにつれその影響は小さくなる。

圧力損失の実測結果を図 16 に示す。圧力損失は内貼 10㎜＞内貼 4㎜＞ブランクダクトの順で大きかった。圧力損失の増加割合は、表 6 の数値よりやや大きい結果となった。これは写真 2 に示す通り断熱材の表面に凹凸があり、ブランクダクトと比較して内面粗度が大きいためと考えるものの、内面形状の定式化までには至らなかった。

追加試験（断面積を揃えて実測）の結果を図 17 に示す。ほぼ同値の圧力損失を示しているものの、内貼断熱ダクトのほうがわずかに圧力損失が大きいことが分かった。内面粗度の違いが圧力損失に影響したと考えられる。

試験結果より、「内貼断熱により圧力損失は僅かに増大するが、内貼断熱厚による断面欠損を考慮したサイズのダクトとして圧力損失の計算が可能」といえる。

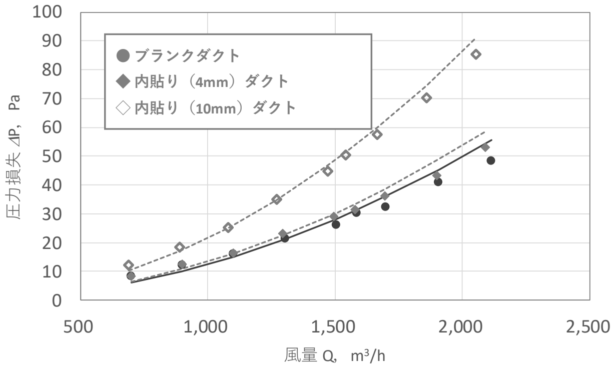


図 16　通風抵抗の実測

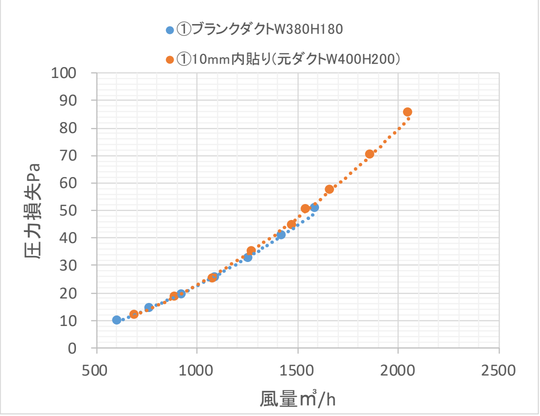


図 17　断面積を揃えて圧力損失を測定した結果

3.3 現場作業員数の低減効果の試算

内貼断熱ダクトを用いた施工は、ダクト断熱の工程をダクト製造工場で行うため、建築現場における作業員数削減が可能となる。ダクト施工に関する現場作業員数の低減効果を試算した。

3.3.1 試算条件

比較のためのモデル現場条件を以下に記す。比較するダクトは、共板フランジ工法、天井内隠ぺい仕様とした。

・想定するダクト面積　　　　　　　　　　：1,000m^2

・ダクト施工歩掛[4)]　　　　　　　　　　：0.22 人/m^2

・ダクト保温施工歩掛[4)]　　　　　　　　：0.15 人/m^2

3.3.2 試算結果

従来工法では、ダクト施工にかかる作業員数は、1,000m^2×0.22 人/m^2＝220 人となり、ダクト保温工事に必要な作業員数は、1,000m^2×0.15 人/m^2＝150 人となる。内貼断熱ダクトを使用した場合は、上記現場作業のうち、ダクト施工のみとなるため、保温施工に要した 150 人が削減されることとなる。その結果ダクト施工にかかる現場作業員数は、40%削減された。

作業員数の削減により、現場安全管理が容易になるとともに、業種が 2 種（ダクト工+保温工）から 1 種（ダクト工のみ）に減ることで、工程の管理の簡略化、工程遅延の防止が図られる。

4.　おわりに

アルミ三層管の採用において、従来専門工の知恵と技術により成り立っていた施工プロセスを見直し、配管工事を経験したことのない多能工でも現場作業を行うことができる新しいプロセスを実現した。現場施工者の確保・育成に有効な手段となる。

また、BIM データの活用により施工図から工場製作図ができ、配管加工の自動化も見込める。今後は、オートメーション化を見据え、まだ手作業で行っている加工管の割り付け作業等の自動化や、施工図データをもとに加工機を自動設定する仕組み等、更なる作業効率の向上を図る。

内貼断熱ダクトの使用に関しては、「高温多湿環境を通過するダクトには使用しない」「送風機必要静圧の計算に留意する」等の注意を要する点があるが、「現場作業員の不足」を解決する手段として有効であることが分かった。また従来工法で、ダクト施工と保温施工で仮設足場の盛替えが必要な場面でも、内貼断熱ダクトを使用することでダクト吊込のみで施工が完了するため、仮設足場にかかる業務が削減できるなど、作業の削減効果は多岐にわたる。

文　献

1）建設工事従事者安全健康確保推進会議, 資料 3：建設業及び建設工事従事者の現状（国土交通省、平成 29 年）

2）株式会社トヨックス：トヨセフティ技術資料,（2019）

3）公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編）（平成 31 年版）

4）公共建築工事積算基準（平成 31 年版）

. ABSTRACT

We have developed new construction methods, new materials, and work efficiency tools to improve the efficiency of on-site construction work.

This time, aluminum composite polyethylene pipes were adopted in the construction of the Takasago Thermal Engineering Innovation Center. In the duct equipment, internal insulation ducts were adopted. By adopting the new construction method at the actual site, we detected the problems and verified the solutions. As the result, the rationalization of construction was quantitatively confirmed.