

微気流を併用した放射空調を行う都市型環境建築の性能検証
 (第8報) 耐震、耐久及び施工性に配慮した放射パネルおよび接続配管の仕様構造の検証

Validation about the environmental efficiency of the radiative cooling and heating system
 assisted by a slight air flow on urban environmental building
 (Part8) Validation about earthquake resistant, durability and the specification and
 construction of passing water radiative panels and connecting pipes

正会員 ○矢島 大督 (鹿島建設) 技術フェロー 水出 喜太郎 (日建設計)
 正会員 本郷 太郎 (日建設計) 正会員 一ノ瀬 雅之 (首都大学東京)
 正会員 木下 碧子 (元首都大学東京) 正会員 山田 一樹 (東洋熱工業)
 正会員 加藤 直樹 (東洋熱工業)

Daisuke YAJIMA*1 Kitaro MIZUIDE*2 Taro HONGO*2 Masayuki ICHINOSE *3
 Midoriko KINOSHITA*4 Kazuki YAMADA*5 Naoki KATO*5

*1 KAJIMA Corporation *2 Nikken Sekkei Ltd. *3 Tokyo Metropolitan University

*4 Former Graduate Student Tokyo Metropolitan University *5 TONETS Corporation

The specification and construction of this passing water radiative panels is important to the radiative cooling and heating system. We carried out validation about earthquake resistant and durability in order to this office space got a comfortable air conditioning by this passing water radiative ceiling panel could be opened and closed.

1. はじめに

本研究は、都心に立地する事務所ビルにおいて、水式放射空調とデシカント空調による潜熱顕熱分離空調の性能検証を行ってきた。既報¹⁾では、対象物件における微気流併用型放射空調を行うオフィス概要や各環境性能評価について示した。本報では、今回の水媒体における天井放射パネルを開閉型にすることで、メンテナンス性や快適性の向上をねらっている。その耐震性、施工性とその接続される冷温水配管の仕様と接続部の耐久性について検証した。水平展開を見据えてその内容を報告する。

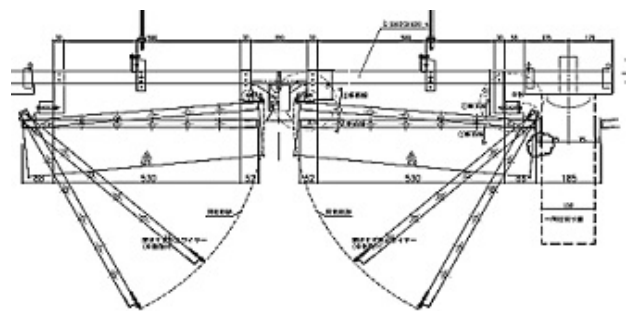


図1. 固定設置とした放射パネル

2. 放射パネルの仕様構造の検討

本計画の放射空調パネルは、自然循環をもたらす目的で斜めに取り付ける必要があること、空調器具の類ではあるが、実質天井パネルの施工に近いことから耐震性を考慮し、初期検討では固定設置として計画していた。

(図1参照)

しかしながら、その天井を見立てた放射天井パネルの裏には、冷温水配管、ダクト、ファン等、点検しなければならぬ設備が多くあるため、点検口が必要である。

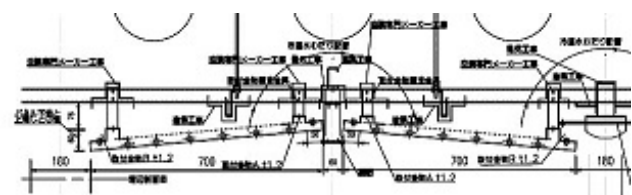


図2. 開閉型とした放射パネル

そのため、一部放射パネルとしてはダミーとして点検口を設置することを計画したが、そのダミーパネルとなる位置はあまりメンテナンス性の良い配置ができず、また平面上に敷き詰められる放射パネルの一部がダミーとなることで居住空間に対して温度ムラとなる懸念があった。

そこで、開閉可能なパネル機構を採用することとし、開閉型放射パネルを製作することとした。(図2参照) この実現には、配管を接続したまま開閉できる機構とする必要があり、接続部の機構とその耐久性・耐震性の検討が必要であった。

3. 放射パネルに接続する配管の仕様

配管を接続したままパネルを開閉できる機構については、スマートフィックス製のアルミ三層管及び回転式継手を採用することとした。このアルミ配管は、施工的に簡易に曲げることができ、形状を維持することができるため、配管は螺旋状にして余長をもたせることができる。また、接続継手部はOリングとグラブリングというもので配管差込口を包み込む構造となっている。それにより回転する構造をもつため、配管を外すことなくパネル開閉できる機構が確立できた。さらにワンタッチ接続継手のため施工コストも抑制できる。その開閉機構の施工性及び信頼性については、モックアップにより問題ないことが確認できた。実施工についても同様である。(図3,4,6参照)



図3. 配管余長設置状況



図4. 回転式継手

試験報告書番号 OKT-13031 作成日: 2013年9月17日 京都研究所

承認 作成

スマートフィックス繰返し回転試験

試験報告書

1.日時: 2013年9月9日~10日
2.場所: 株式会社テクノフレックス 京都研究所
3.試験内容

(1)目的
放射パネルにスマートパイプを使用する際、メンテナンス時の開閉作業でスマートフィックスとパイプ接合部に回転が生じることが確認された。そのため、スマートフィックスの管と継手接合部に繰返し回転を2600回(52週×50年)加え、水密性に問題ないことを確認する。また、試験終了後の継手Oリングの状態を確認する。

(2)試料
・スマートパイプ 13A(16mm)
・スマートフィックス 13A(16mm)×R1/2

(3)方法・条件・手順
①、1000mmの管を標準面に仕上げ、管の両端に継手を接合する。
②、管に90度の曲げを加え、継手接合部に回転が加わるように、回転試験機にセットする。
③、管等の内部に空気が残らないように水を満たし、0.5MPaの水圧を加える。
④、試料の継手接合部に、左右80度の角度で繰返し回転を2600回加える。途中50回・100回・500回・1000回・1500回・2000回・2600回で、1.5MPaの水圧を加え、2分間保持し、漏れ等の異常がないことを確認する。
温度: 常温 試験速度(往復): 3秒/回
⑤、漏れが発生した場合、または規定回数終了後、継手を長手方向に切断し、Oリングの状態を確認する。

(4)結果

試料	試料No.	回転試験(2600回)	1.5MPa耐圧	Oリングの損傷
スマートフィックス 13A(16mm)×R1/2	①	○	○	なし
	②	○	○	なし
	③	○	○	なし

○印: 漏れ等の異常がないことを示す

(5)考察
管と継手接合部に2600回の回転を加えた際の水密性に問題ないことが確認された。パイプ内面のOリング接触部に回転の影響と思われる接触痕が確認されるが、光学顕微鏡によるOリング表面の観察では、Oリングに目立った異常は認められない。また、パイプ内外面、継手本体にグリップリング接触による傷が確認されるが、通水部に影響しない位置であることから、漏水の原因となる傷ではないと考えられる。

(6)試験画像(代表例)

試験装置 試験装置 0.5MPa加圧(試験時)

継手固定部 回転軸 カウンター

接合部(試験開始前) 左に60度回転させた状態 接合部(左回転)

右に60度回転させた状態 接合部(右回転) 接合部(試験終了)

カウンター(試験前) カウンター(試験終了) 1.5MPa加圧(2600回終了)

図5. 継手繰返し試験結果報告

アルミ配管とその回転式継手の接続部の信頼性を検証するため、メーカーにて配管接続部の耐久試験として回転試験を行った。試験負荷としては、管と継手接続部に繰り返し回転を2600回（52週×50年分）として加え、水密性に問題ないことを確認することとした。回転試験速度は一般開閉速度と同等の3秒1回とし、その後の水密試験では1.5MPaの圧力を途中50回、100回、500回、1000回、1500回、2000回、2600回ごとに加える。

結果としては、どの段階においても水密性が維持されており問題ないことが確認できた。また、内部機構のOリングの状態も確認したが接触部に回転の影響とみられる接触痕が確認されるものの、光学顕微鏡による表面観察においても異常はなかった。よって少なくとも40年分相当の耐久性は間違いなく確保できることが確認できた。（図5参照）

4. 放射パネルの開閉機構における強度

放射パネルの開閉機構における耐震強度については、建具の検証としてYKKAPにて耐震性能に見合う蝶番強度が確保されているか検証した上で選定した。内容としては、蝶番のカール部の開き強さ、羽根の曲げ強さ、軸のせん断強さ、パネルの固定ねじの引張強さ、せん断強さ等を確認した。さらなる安全対策として開き止めワイヤーを追加し、開閉時に16kgのパネル重量の慣性力により、破損や落下等が生じる危険性を回避した。

（図7参照）

5. 天井放射パネルの耐震実験

天井放射パネルの設置におけるその支持方法については、当社技術研究所にて実物大のモックアップにより加振実験を行った。天井を構成する放射パネル、その下地、吊ボルト、下地補強のプレス天井懐寸法も合わせて天井に取付け

る器具・配管すべてを再現した。（図8,9,10参照）

与える振動としては、構造設計時の基準となる、極めて稀に発生する大地震を想定した建物応答波と建設省告示で示される告示波を与える。100%加振とその2倍、3倍の振動を与えて、天井の損傷限界および破壊限界の検証を実施した。配管耐圧試験は空圧をかけた状態を維持し、振動試験前後でデジタル試験機にて確認した。

試験結果は、設計震度相当である建物応答波100%時において、各所損傷がなかった。また加振後に配管気密試験を実施したが、圧力低下は見られず、配管も損傷がなかった。更なる加振である建設省告示波の100%、200%、300%加振においても、損傷はなく、天井変位も微小、加振後の配管気密試験においても圧力低下が見られなかった。（表1参照）

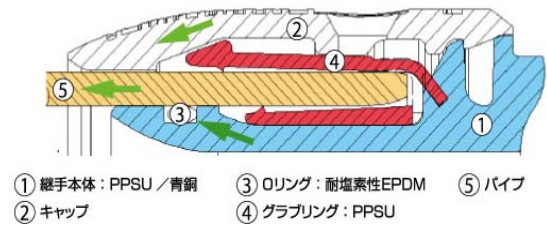


図6. 回転継手構造断面

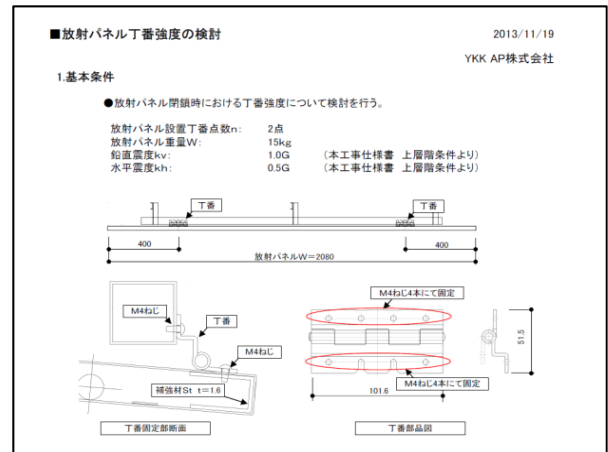


図7. 放射パネルの蝶番強度の検討条件

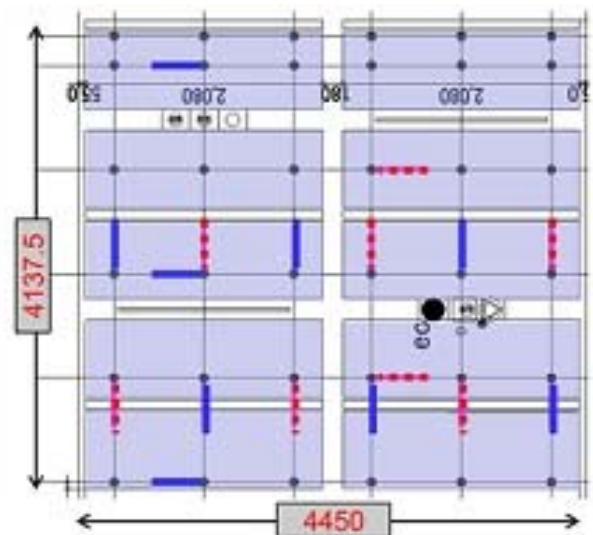


図8. 基本試験体平面図

想定通り結果に余裕が見られた為、放射パネル天井下の補強ブレスを約半分にし（図8 基本試験体平面図の赤となるブレスを削減し）、同様の加振実験を実施した。

その試験結果では、同様の揺れを受けても損傷や圧力低下は見られず、基本試験体と同様に天井としての健全性を維持した。これにより合理的なブレス、支持材にて高い耐震性能を得られた。（表2 参照）

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 開閉機構を設けた天井放射パネルによって、良好な施工性及びメンテナンス性が得られた。
- 2) 開閉機構を設けた天井放射パネルによって、全面放射パネルとなる空間を容易に構築でき、温度ムラの解消により快適な空調性能に寄与することができた。
- 3) 水式放射パネルにおけるアルミ三層管の採用は、既報¹⁾²⁾³⁾の中でも示されている通り高い伝熱性により放射パネル性能を維持することに加え、配管材及び接続部の耐久性が検証された。
- 4) アルミ三層管とその回転式継手は、その回転機構の耐久性及び水密性などの機能維持は約40年以上あることが確認でき、パネル開閉機構を可能にした。
- 5) 放射パネルの施工、支持方法において、適正なブレス配置と耐震実験による確認により、安全面及びコスト面含め最適化することができる。
- 6) これらの放射パネルにおける施工的な技術検証により、容易性や合理性を高められ、今後の水冷式放射パネルの技術として水平展開できるものとして期待できる。

謝辞

本研究にあたり多くのご協力頂いたYKK不動産株式会社、YKK株式会社、YKKAP株式会社並びに関係者の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 水出喜太郎、一之瀬雅之ら：微気流を併用した放射冷暖房を行うオフィスの温熱環境に関する実験研究（第1報）～（第4報）、空気調和・衛生工学会学術講演梗概 2014年9月
- 2) 本郷太郎、一之瀬雅之ら：微気流を併用した放射空調を行う都市型環境建築の性能検証（第1報）～（第4報）、空気調和・衛生工学会学術講演梗概 2016年9月
- 3) 水出喜太郎、一之瀬雅之ら：微気流を併用した放射空調を行う都市型環境建築の性能検証（第5報）～（第9報）、空気調和・衛生工学会学術講演梗概 2017年9月（予定）



図9. 試験体設置状況



図10. 試験体設置状況（パネル裏）

表1. 加振実験結果（基本試験体（青+赤））

	入力波	レベル	加振方向	天井加速度	天井変位	損傷等
1	建物応答度	100%	X+Z	0.35G	0.47mm	損傷なし
2		100%	Y+Z	0.35G	0.42mm	配管気密試験合格
3	告示波	100%	Y+Z	0.50G	0.51mm	損傷なし
4		200%	Y+Z	1.20G	1.2mm	損傷なし
5		300%	Y+Z	1.4G	1.8mm	損傷なし

表2. 加振実験結果（ブレス削減体（青））

	入力波	レベル	加振方向	天井加速度	天井変位	損傷等
1	建物応答度	100%	X+Z	0.37G	0.62mm	損傷なし
2		100%	Y+Z	0.35G	0.5mm	配管気密試験合格
3	告示波	100%	Y+Z	0.60G	1.6mm	損傷なし
4		200%	Y+Z	1.10G	2.4mm	損傷なし
5		300%	Y+Z	2.40G	3.5mm	損傷なし