

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04436

研究課題名（和文）再帰反射型建物外皮の開発

研究課題名（英文）Development of Highly Retro-reflective Building Outer Skin

研究代表者

永村 一雄（Emura, Kazuo）

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・教授

研究者番号：60138972

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：反射型ビーズをいかに均一に単層化して基盤に固着させるか、耐久性を具備するため、固着させた反射型ビーズ群の機能を長期維持するための実現が本研究の具体的な目的となる。本研究では、基材接着剤の温度を100度までの制御で基材接着剤を軟化させ、積層ビーズを沈み込ませて単層化かつ均一に固着化させることができた。また、耐久性・耐候性の面では、既存健在である高透過ガラスでビーズを面表面で覆いかぶせ、通常の壁体シーリング剤で基材に閉じ込めた。期間内の暴露では一定の耐久性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化や都市部のヒートアイランド現象による都市キャニオン空間の酷暑環境緩和には、日射など外界からの熱放射の遮熱が有効であり、同時に、反射型遮熱では、入射方向への再帰反射にこそ意味がある。現状のビーズ型再帰機能反射素材は、プリズム型のそれに比べれば安価ではあるものの、既存外皮と比べれば高価かつ耐久性は未確認である。今回の簡易施工法は、安価な施工法でもあり、再帰反射機能も維持できているため、簡易化の端緒にはなりえたと考える。

研究成果の概要（英文）：The specific purpose of this research is to realize how to single-layer reflective beads uniformly and adhere them to the substrate, to provide durability, and to maintain the function of the adhered reflective beads for a long time.

In this study, the temperature of the base adhesive was controlled up to 100 degrees to soften the base adhesive and allow the laminated beads to sink and adhere single-layered and uniformly. In terms of durability and weather resistance, the beads were covered with existing healthy high-permeability glass at the surface and confined to the substrate with normal wall sealant. Exposure within a period of time confirmed a certain level of durability.

研究分野：居住環境工学

キーワード：反射率 再帰反射 簡易施工

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

これまでの研究結果で示すように、再帰反射を実現できる反射型素材の性能を測定してきたが、既存材料では長期耐久性に課題を残していること、および素材自体が一般の建築外皮に比し高価であるため、市場投入への途は険しいことが判明している。本研究では、これまでの再帰反射という特殊な機構を保有したまま、あらたな簡易施工法を開発するとともに、素材の反射指向特性の把握を行い、併せて素材の耐久性を向上する工夫を試行しようとしていた。また、低炭素化への貢献をより効果的に行うことを意図して、CO₂ 排出比率の大きい中国の研究者とも協力し、本素材による都市域の放射環境緩和をも目論む構想も持っていた。

2. 研究の目的

簡易な施工法で再帰反射が可能な建物外皮素材を開発し、その再帰性反射の反射指向特性を把握することが本研究の目的である。簡易施工にむけた課題は、素材となる反射型ビーズをいかに均一に単層化して基盤に固着させるかであり、耐久性を具備するため、固着させた反射型ビーズ群の機能を長期に維持するための保護をいかに実現するか、が本研究の具体的な目的となる。

なお、反射特性については、建築外皮の大半が吸収率 95～85%、すなわち反射率は 5～15% であるため、この半分、すなわち放射伝熱の半分でも遮熱できれば効用は大きいと考えられるため、極端な高反射性能の要請は無用である。隘路は、むしろ高価な素材であるがゆえの普及の困難さにあると考えられるため、再帰特性さえ保有できていれば、中程度の反射性能で十分と判断し、簡易施工性や耐候性の視点を優先させることにした。

3. 研究の方法

本研究では、反射型ビーズを機材にいかに一様に固着させるかという固定法の課題と、その耐候性、耐久性実現に向けた素材選択の 2 つが課題となる。

(1) ビーズ固定法

簡易固定法では、さらにビーズの均一配置と単層化が問題になる。建築物では大面積の壁面塗装などに吹付け施工が用いられることから、固着剤を塗布した基材にビーズ吹付けで固定化できないものか試行錯誤したが、無駄なビーズ飛散量が多すぎたことや単層化に難点があり、この方法は断念した。

以降、水にビーズを浮かせて単層化させて基材に載せる水浮遊化法と、もっとも簡単な自由落下による散布法を行ったところ、前者は単層化では優れるものの、大規模な水槽が必須となり、施工制約は大きいこと、他方、後者は特段の設備が不要であり、ビーズが二、三層化する箇所ができるものの、後述の固着剤管理で単層化できる可能性から、自由落下による散布法を採用することとした。

つぎに、固定基材は耐水性透明接着剤の温度を制御し、基材の振動で散布したビーズを単層化させた。施工の管理制約を考慮し、制御温度の上限は 100 度とした。これらの概念図を図 1 に、作成した基材サンプル（表面、断面図）を図 2 に示す。図からわかるように、大まかには均一性、単層化が実現できていることがわかる。ただし、現時点で入手できる反射ビーズそのものの大きさにもばらつきが見られ、直径は 100～80 μ m にばらついている。

(2) 耐候性・耐久性への対応

反射性能だけ取り上げれば、ビーズ表面のまま放射面を構成することは理想だが、建築外皮である以上、建材としての耐久性は必須であり、外界からの塵埃など汚れによる反射率低下などの機能阻害はもつてのほかであろう。目的にも記載したように、高反射でなくともよいこともあり、耐候性が確保されたガラスをビーズ表面にのせた反射型素材を作成し、耐候性・耐久性を試験した。ただし、本研究期間が 3 年間のため、より長期の耐久性試験は、今後の課題とする。約 1 年 3 ヶ月程度の耐候性でいえば、特段問題はなく、雨水による接合部でのシーリング不良が唯一の欠点であった以外は、大きな困難は生じていない。

(3) 再帰反射特性

本研究の主目的は、ビーズ型反射素材の簡易施工法であるが、一方で簡易施工によるものであっても、本来の再帰反射機能は具備していることが必須であり、ある程度の反射率は確保したい。当然ながら、屋外暴露による再帰反射機能や反射率の低下の程度は把握しておく必要がある。これらは、これまでの研究とおなじ方法により、入射角度別での反射性能の測定を行った。

4. 研究成果

(1) 簡易施工法による再帰型素材

簡易施工法（先の方法で示した自由落下散布＋固着剤温度管理）による再帰反射型素材のサンプルを図 3 に示す。先の図 2（断面図）からもわかるように、散布した反射型ビーズ群がほぼ単層化していることが視察でも判別でき、かつ図 2（表面）拡大図で示されたように、均一

性まで担保されている。したがって今回開発した施工法は、当初の目的であった反射ビーズの均一性と単層化を実現したと言えよう。

(2) 反射特性

入射角度ごとの再帰反射率を屋外暴露前後で測定し、それを比較した。屈折率 1.5 のビーズで正対入射時、暴露前再帰反射率は約 17%程度となり、期待した値には及ばなかった。ただ、1年暴露後であっても大きな低下は生じてはいない。再帰反射率が期待したほど高くない理由は基材面の反射性能にあるようで、今回基材素材を一般建材でよく採用されるガルバニウム鋼板を用いたため、この影響が大きく出たものと思われる。

(3) まとめ

再帰反射型素材の簡易作成法を見出す目的で、反射ビーズ散布と基材固定用接着剤の温度制御による均一化・単層化を試みたところ、ほぼ順当な成果を得た。一方で、こうした素材の基材に汎用性の高いガルバニウム鋼板を用いたためか、再帰反射率が求める特性に達しておらず、基材選択を探る必要が残された。

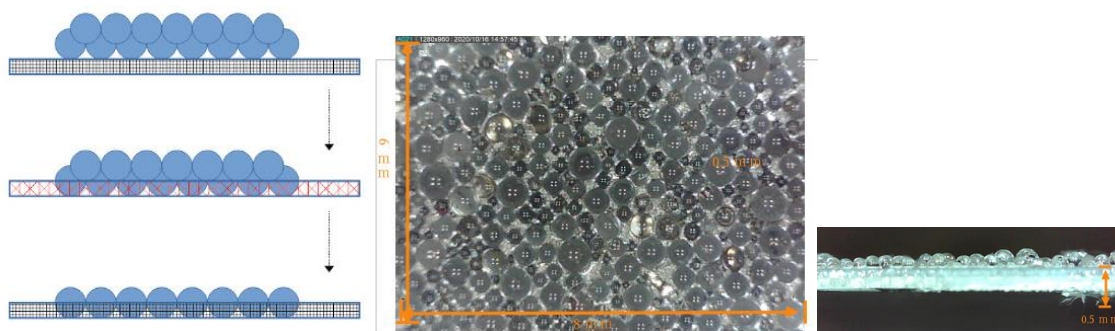


図1 固着剤軟化による単層化 図2 基材サンプル (表面) (断面)

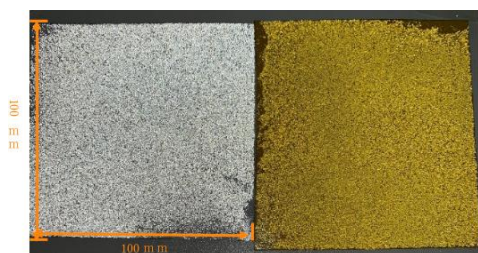


図3 再帰反射型素材サンプル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Jihui Yuan, Kazuo Emura, Craig Farnham	4. 巻 223
2. 論文標題 Analytical model to evaluate the reflective directional characteristics of retro-reflective materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energy & Buildings	6. 最初と最後の頁 printing
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enbuid.2020.110169	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jihui Yuan, Craig Farnham, Kazuo Emura	4. 巻 9
2. 論文標題 Performance of retro-reflective building envelope materials with fixed glass beads	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Science	6. 最初と最後の頁 1714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9081714	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 北風晴都、袁継輝、山中俊夫、小林知広、永村一雄
2. 発表標題 建物外皮の日射反射特性が周辺気温及び建物空調負荷に及ぼす影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------