

亜熱帯地域における機能性屋根材に関する研究開発

— 機能性屋根材素地の混合に関する研究 —

中村英二郎、与座範弘、奥原崇吉¹、名幸葆哲¹、仲泊栄作¹

1 はじめに

沖縄県は亜熱帯地域に属し、古くより本州地域とは異なった気候風土の下で、独特の建築様式により家屋が建てられていた。ところが、台風対策等のため現在沖縄では、コンクリート系の住宅が90%以上のシェアを占めるに至っている¹⁾。このコンクリート系住宅は風に強く台風に対して以前のような倒壊被害等の心配は無くなったが、その反面、コンクリート特有の蓄熱性により、夏季夜間の室内温度が下がらないための温熱に関する住環境の低下を招いている²⁾。また、コンクリート住宅の直線の構造により景観性が良くないとの問題が大きく指摘され始めて久しい。

そこで、従来より沖縄にて屋根材として用いられている赤瓦の機能性（断熱性・保水性）の向上、施工のより簡便さを目的として、赤瓦の素地及び構造について工夫を行い、コンクリート系住宅にもマッチする屋根材開発を、沖縄県赤瓦事業協同組合及び琉球大学工学部、沖縄県工業技術センターと共同で平成12年度より調査及び研究開発に取り組んでいる。

平成13年度の課題として、機能性屋根材素地の主原料に副原料を配合する必要があることから、これら原料を十分に混合するための研究を行った。通常、赤瓦の主原料である泥岩（クチャ）は湿った状態で配合・混練されており、これに乾粉状態の副原料を混ぜる場合、混ざりにくく、また、よく混合されない状態で水を加えた時は副原料だけで塊になってしまい、十分な混合が望めない。このような状態で成形を行うと、焼成後の製品における曲げ強さの低下を引き起こす原因となる。そこで、平成13年度では、機能性屋根材の製造に必要な素地の混合について検討を行ったので報告する。

2 実験方法

2-1 実験用小型設備を利用した混合

沖縄県工業技術センター内に設置されている小型製土用設備を使用して小規模な試験を行い、得られたデータより混合に強く影響を及ぼす因子の確認を行った。実験は、実験計画法（L8）を用いて図1の工程により測定を行った。混合の具合は、テストピースを15×15mmの口金で押出成形し、1000℃で焼成後、曲げ強さで評価を行った。この実験における因子と水準を表1に示す。

表1 小型設備を使用した実験の因子と水準

因 子		水準1	水準2
A	スクリーンフィーダ通過回数	1	2
B	スクリーン目直径(mm)	5	15
C	2軸混合時間(分)	1	10
D	ロールクラッシャー通過	有	無
G	ねかし	有	無

石炭灰は沖縄電力具志川火力発電所より採取したボンタン炭の灰を使用し、外割20%配合した。また、水分量も外割20%で一定量の添加を行った。今回使用した配合量では、大型のスクリーンフィーダは使用できないため、小型造粒機（穴径5mm）と、鉄板に穴（穴径15mm）をあけたものに配合土を手で押し込み、簡易的にスクリーンフィーダの代わりとして利用した。

2-2 工場生産ラインを利用した混合

工業技術センターの実験設備を利用した結果から、影響の少ない因子は固定して、さらに適切な条件を求めるために、名幸花鉢工場で実験計画法（L4）を用いて実験

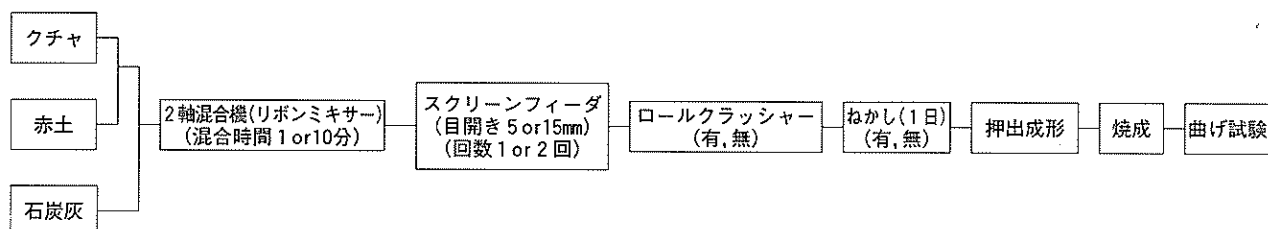


図1 小型設備を使用した実験工程

¹ 沖縄県赤瓦事業協同組合

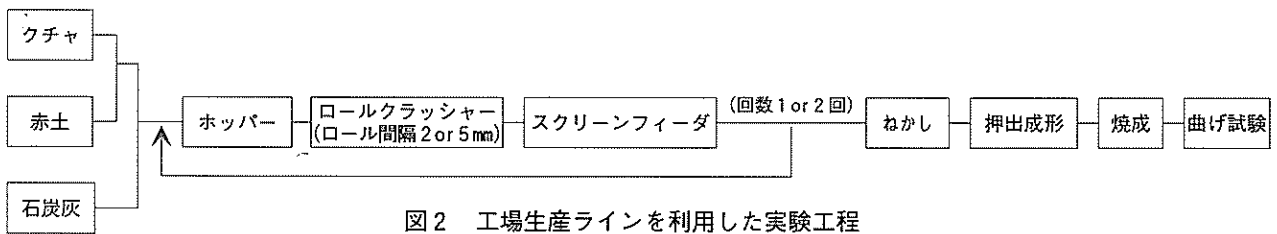


図2 工場生産ラインを利用した実験工程

を行った。このときの実験工程を図2に示す。また、実験の因子と水準を表2に示す。

表2 工場生産ラインを使用した実験の因子と水準

因子	水準1	水準2
A 水分量(%)	16	18
B ロール間隔(mm)	2	5
C 繰り返し回数(回)	1	2

工場においては、小型設備を利用してできなかった実験因子を割り当て、これが強く影響を及ぼすか判断をした。2軸の混合は、混水混合機に相当するが、名幸花鉢工場においてはこの設備がないので、これに関する因子は省いた。また、これ以外の実験条件については、石炭灰(ボンタン炭灰)外割20%、スクリーンフィーダ目直径20mmに固定し、原料の配合、押出成形、乾燥、焼成については一定の条件で実験を行った。なお、名幸花鉢工場においては、配合土1tを混合し、実際に近い量の実験を行った。

3 実験結果および考察

3-1 実験用小型設備を利用した混合

工業技術センター内の実験設備を用いて曲げ試験を行った結果及び結果を望大特性としてSN比換算したものを表3に示す。また、SN比を用いて分散分析した結果及び寄与率を表4に示す。分散分析の結果、A スクリーン通過回数、C 2軸混合時間、A×Bが5%の危険率で有意となり、その他の因子はプーリングし誤差として計算した。なお、有意となった、A スクリーン通過回数、C 2軸混合時間は、それぞれ水準2のSN比のほうが大きくなる結果となった。

これらの結果より、ばらつきがあるもののスクリーンフィーダを2回通すことと、2軸による混合時間を長くすることで、曲げ強さが大きく、ばらつきが小さくなることが予想される。従って、これらの因子が混合において重要であることが示唆される。実際の生産工場では、スクリーンフィーダに2回通すことと、2軸の混水混合機を使用することで、これらの条件を満たすことができると考える。また、その他の因子であるD ロールクラッ

表3 小型設備を使用した実験結果

実験No.	焼成後曲げ強さ(MPa)					SN比換算 (望大特性)
	1	2	3	4	5	
1	15.86	15.90	17.06	13.14	14.77	23.62
2	16.13	17.32	11.42	18.70	19.34	23.90
3	18.50	16.26	17.47	13.21	16.22	24.09
4	17.07	15.18	18.62	17.63	19.70	24.83
5	18.50	18.63	17.44	17.40	18.20	25.11
6	19.16	18.80	18.06	20.70	19.41	25.65
7	16.85	14.08	16.73	15.14	14.07	23.65
8	17.80	17.47	19.41	18.34	17.94	25.18

表4 小型設備を使用した実験の分散分析

	f	S	V	F0	ρ(%)
A	1	1.2551	1.2551	10.76*	26.48
A×B	1	1.3841	1.3841	11.87*	29.48
C	1	1.1936	1.1936	10.23*	25.05
e	4	0.4665	0.1166	-	18.99
Total	7	4.2994			100

(*: 5%有意)

表5 工場生産ラインを使用した実験結果

実験No	焼成後曲げ強さ (MPa)										SN比換算 (望大特性)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	20.93	17.57	15.63	18.76	19.69	16.67	16.00	18.40	20.97	18.36	25.12
2	19.27	15.21	18.10	18.99	18.00	16.30	18.74	19.16	17.44	15.37	24.84
3	17.03	18.08	19.14	18.71	23.12	19.62	17.97	19.22	21.12	18.40	25.60
4	19.11	19.80	17.75	18.51	17.62	19.65	17.48	19.52	18.54	20.81	25.48

表6 工場生産ラインを使用した実験の分散分析

	f	S	V	F0	ρ (%)
A	1	0.3092	0.3092	13.44	80.57
e	2	0.046	0.023	-	19.43
Total	3	0.3552			100

シャー通過回数、Gねかし時間は、混合に対して、大きな影響を及ぼしていない結果となった。Bスクリーン目直径については、有意ではなかったが、A×Bが有意であったので、さらに効果を検討する必要がある。

3-2 工場生産ラインを利用した混合

小型の実験設備を用いて、スクリーンフィーダを通す回数と2軸による混合が強く影響を及ぼしているとの結果がでたので、これを実際の瓦原料を生産するラインで再度実験を行った。名幸花鉢工場で混合した曲げ強さのデータおよび望大特性としてSN比換算した値を表5に示す。また、SN比を用いて分散分析した結果及び寄与率を表6に示す。

分散分析の結果、5%の危険率で有意となる因子はなかったが、危険率7%で水分量が有意となり、この因子は混合に少なからず影響していることが示唆される。また、混合時に水分量は、18%である水準2のほうが好ましい結果となり、これは、スクリーンフィーダにおいて水分量が少ないと練土状態にならず、混合が行われにくいことが原因ではないかと考える。

次に、ロールクラッシャーのロール間隔は有意とはならず、また、小型設備を用いた実験においてもロールクラッシャーに関する因子は有意でなかったため、ロールクラッシャーは原料の混合に大きな影響は与えていないと考える。ロールクラッシャーは、主に硬い原料の粉碎や岩石の粉碎に効果を発揮していることが示唆される。

4 まとめ

今回は、練土原料に乾粉原料を混ぜるための条件について、焼成後の曲げ強さで評価・検討を行い、以下の知見を得ることができた。

- ①ロールクラッシャー、スクリーンフィーダに投入する

前にあらかじめ、混水混合機等で良く混ぜ合わせておくと、混合しやすい。

- ②混合には、スクリーンフィーダが大きく影響しており、多くの回数通過させるのが好ましい。

- ③工場生産ラインを利用した実験より、混合には適切な水分量があり水分量を管理することが重要であることが示唆された。

なお、この研究は中小企業総合事業団における課題対応新技術革新促進事業の一環で行われた研究である。平成14年度は、これらの結果を利用して、適切な機能性屋根材原料混合ラインを設計するものとする。

謝辞

この研究を遂行するにあたり琉球大学工学部福本功教授にご指導頂きました。この場をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 沖縄県土木建築部住宅課編集発行 沖縄県住宅産業近代化計画 (1997)
- 2) 浦野良美編著 住宅のパッシブクーリング 森北出版株式会社 (1991)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。