

振動成形法による陶磁器建材の成形

長谷川龍三

松下 福三

山崎 達夫

Vibration Forming of Structural Ceramic
by

Ryuzo HASEGAWA, Fukuzo MATSUSHITA and Tatsuo YAMAZAKI

陶磁器建材の製造に、振動成形法を導入したところ、均質、緻密な成形体を得ることができた。この方法は、成形前に坯土の入った金型に振動を与え、均密な坯土充填を行って、通常の加圧を行う振動充填成形法と、振動を与えつつ同時に加圧して成形を行う振動加圧成形法である。前者は、現状とはほぼ同様の製法で均質な成形体を得ることができ、後者は、低成形圧力で大形素地の成形が可能であり、肉厚素地の成形にも有効である。これらの方法で、成形体の不均質に起因するプレス成形品の製品欠点が解消される。

1. ま え が き

粉体のプレス成形法は、生産性の極めて高い成形技術の一つであり、タイル等の生産に広く普及している。しかしこの製法には、製品にひずみ、そり、ばち、寸法不ぞろい、強度不足などの欠点、品質低下が生じ易い。これは成形体の素地内部組織が不均一なことに起因している。例えば、金型へ坯土を投入したときの充填に片寄りがあれば、その後成形圧を高めても、上下方向に厚味差ができ、いわゆるバチを生じ、角の部分への充填が不十分なときは、角カケとなる。坯土が比較的均一に投入されていても、充填が不十分で粒子の流れが悪いときは、今度は中央部や底面角の粗な成形体になる。

このように粉体のプレス成形では、加圧中の粒子の流れによる均質化ということはあまり期待できない。勿論この解決策の一つとして、スプレードライヤによる顆粒化方式など、流れの良好な粒子を得る研究も進んでいる。しかし、陶磁器の場合、粒子の易動性の改善だけでは、前述の様な欠点を全面的に回避することはできない。特に肉厚あるいは大形化すると問題は大きくなる。そのた

め、本研究では加圧前に粒子に振動を加え、均質かつ緻密な充填を行って後、通常の加圧を行う振動充填成形、および振動を加えつつ加圧して成形する振動加圧成形の両者についてその効果の検討を行った。

2. 試 験 方 法

2. 1 振動充填成形法

原料は、噴霧乾燥機で顆粒化した磁器質プレスタイル用坯土を使用した。この坯土を、 $50 \times 200 \times 100$ mmの金型に満たし、振動数4500回/分、振幅0.5mmの振動条件で加振し、充填を行った。その後、 50×200 mm面から、油圧により、 200 kg f/cm^2 の圧力で、加圧成形し、そのかさ比重を測定した。また、個々の試料をそれぞれ $54 (3 \times 6 \times 3)$ 箇所に切断細分化し、各箇所のかさ比重を測定し、密度分布を調べた。測定は、白灯油を用い、減圧脱気法により行った。

また、本法により成形した素地を、焼結させ製品化した場合の品質に及ぼす影響を把握するため 1200°C 焼成体の物性も調べた。

表 1 使用原料の粒度構成と配合割合

粒子径(mm)	(%)								配合割合
	~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.125	0.125~ 0.063	0.063~ 0.043	0.043~ 0.020	0.020~ 0.005	0.005~	
山 砂	1.2	3.2	70.8	20.3	2.6	1.7	0.2	—	30
長石粉末	—	2.0	11.8	26.5	9.7	35.3	12.7	2.0	30
粘 土	—	—	—	—	—	1.3	30.9	67.8	40

の多い組成では水がその役目をする。両者の場合とも、加振することによりその効果が促進され、加圧力の伝播を容易にし、素地の圧密が図られている。

振動条件については、水分量の多い組成では、振幅を大きくすることが有効であり、振幅が非常に小さいと、振動数を増してもその効果は僅かである。逆に水分量3%の低水分素地においては、振動数の増加に比例して、かさ比重の増大が認められるので6000回/分以上の振動数を与えることが効果的であるように推察される。

以上の結果、加振条件としては、振幅を大きくすることは、どの組成に対しても有効であり、水分量の少ない組成では、振動数も大きくする必要がある。

3. 2. 2 成形体の均質化効果

振動加圧成形により、緻密素地が得られることは分ったが、ここでは各成形体の密度分布を調べその均質化効果について検討する。

図4は、成形水分の異なる各坯土について、振幅0.57mm、振動数0、3000、5000回/分の各条件下で、成形圧30kg f/cm²で成形した肉厚50mmの成形体の上下方向のかさ比重を示している。

成形水分の少ない組成では、上下方向の密度差

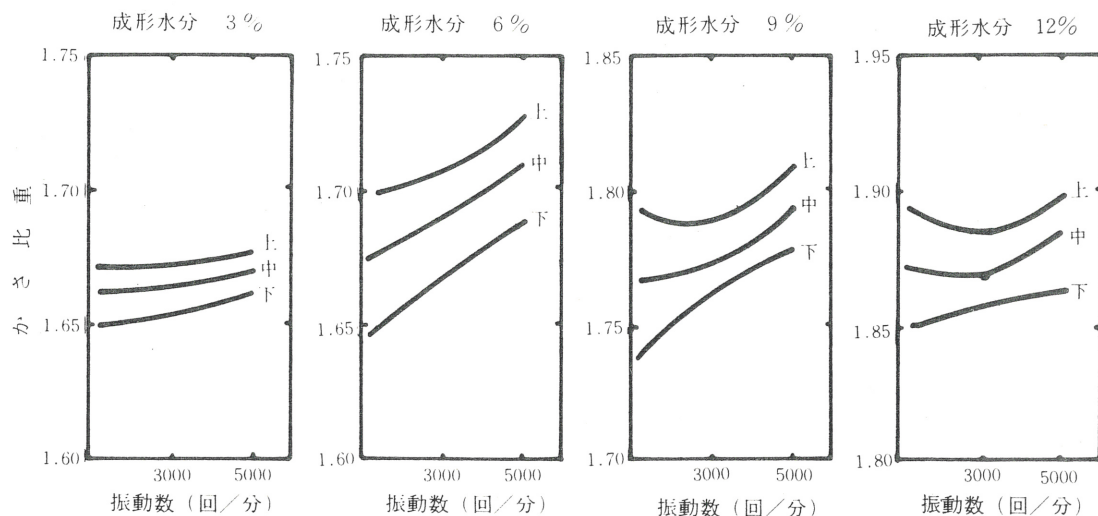


図4 密度分布の均質化に及ぼす振動の影響

(上、中、下はそれぞれ成形体上部、中部、下部のかさ比重)

3. 3 成形体の粗密度が製品物性に及ぼす影響

成形体の均質度、緻密度が焼成後の製品物性におよぼす影響を調べるため、先の振動充填成形法の試験で密度分布を調べる時に、かさ比重を測定した試験体を1200℃で焼成したものについて、そ

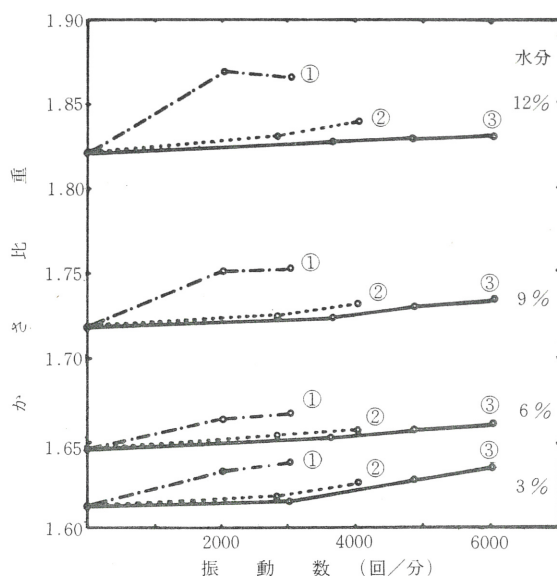


図3 成形水量の異なる素地に対する各種振動条件の効果

①振幅0.95mm ②振幅0.57mm ③振幅0.19mm

の改善は僅かであるが、振動数が大きくなるとその差は縮まってくる。成形水分の多い組成では、振動数があまり大きくなると、成形体内の上下方向に水分分布が生じ、密度差の原因となる。

なお、加振しない試料では圧力伝播が悪く、下部のかさ比重は小さく全体として密度差が大きい。

の物性を調べた。そのうち、図5には成形体のかさ比重(D)と焼成体の吸水率(W%)との関係を示した。その結果、成形時のかさ比重の大きなものは、焼成後の吸水率が小さく、その関係は、 $W = 29.62 - 15.58 \cdot D$ でほぼ近似できる。同様の

関係が焼成収縮率（ $S\%$ ）についてもあり、この関係は、ほぼ、 $S = 17.96 \cdot D - 23.39$ で近似できる。即ち、成形時に緻密に成形したものは、吸水率が小さく、焼成収縮率が大きく、よく焼結する。その一例として、加振により、かさ比重1.81に成形した素地は、焼成すると吸水率1.5%になるが、無加振のものは、成形体かさ比重が1.63であり、その吸水率は2.8%もある。ちなみにこの無加振の素地を、吸水率1.5%にするには、1240℃の焼成温度を必要とする。

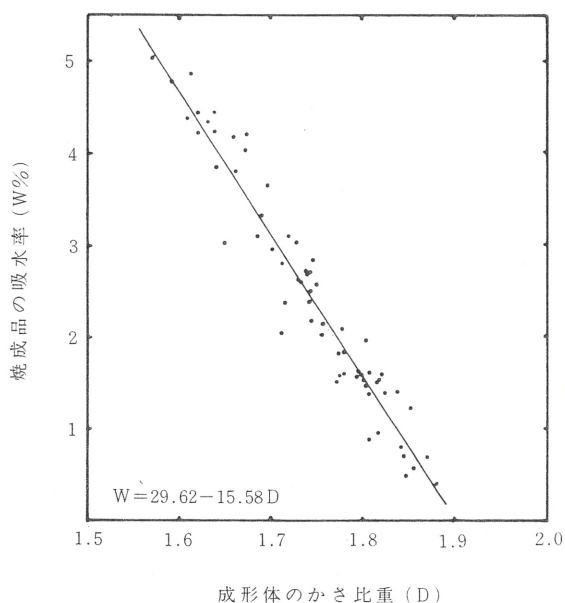


図5 成形体の粗密度が焼成品の吸水率に及ぼす影響

このように、緻密な成形体を得ることにより、各粒子間の接触が密になり、焼結反応が促進することが分る。ここで問題は、緻密に成形しても、一つの成形体の中に、密度差があってはならないことである。もし成形時点で、成形体に粗密があると、製品になってからも、部分的な吸水率、収縮率等の差を生じ、その結果として、製品の強度が不足したり、正しい形状寸法が得られなかったりする。ここに先に述べた均質な成形体を得ることが、いかに必要かが分る。特に製品が肉厚あるいは大形化してくると、このことが顕著になる。

4. む す び

前項までの試験により、成形体の均質化、緻密化に対し、振動充填成形、振動加圧成形のいずれもが、それぞれ有効であることを示した。これら

の結果をもとに、振動成形法により実際に陶磁器建材を製造する場合の成形条件をまとめると次のようになる。

振動充填成形法については、使用坯土により若干異なるが、プレス成形用に調製した顆粒坯土のように、粒子易動性が良好なものでは、軽くゆらすだけでもある程度の効果があるが、より完全な充填を行うには、振動機により加振する必要がある。

加振装置としては、振幅0.5mm、振動数3000～5000回/分程度あるいはそれ以下でもよい。加振時間は、最初の10秒間位で十分効果があり、それ以降はあまり変わらないので、充填必要時間は10秒以内で良い。しかしこの最初の10秒間は、粒子充填作用が急激に進行している時なので、設定時間の僅かの差で成形体品質に大きな変動をきたす危険性がある。従って実際の生産段階では、設定時間に余裕があれば、15秒間位、換言すると1000回位の振動を与える充填方式が安定性があり効果的でもある。この振動充填成形法は、細い粒子からなる坯土や、顆粒でも細く調製されているとき、特にその効果を発揮する。

振動加圧成形法の場合は、加振力が強力なほど素地の緻密化に有効である。しかしながら、坯土の調製方法、適当な振動条件の設定により、十分合理的な振動加圧成形も可能になる。即ちこの成形方法は、成形水分の影響が大きく、それによって、加振、加圧の条件が変わってくる。

水分量が少い組成の坯土に対しては、振動数を多くするほど効果的である。しかし、振動機の加速度Gに制約のある場合は、振幅をある程度大きくする必要がある。例えば、本研究に使用したように、加速度5G程度の小型振動機の場合は、振動数は3000回/分位に押え、振幅を1mm位に設定する。加速度に余裕のある装置では、この状態あるいはそれ以下の振幅で、振動数を増加させるとよい。

水分量の多い組成の坯土では、振幅の影響がより大きく、0.2mm程度の小さな振幅では、その効果に乏しい。振幅を大きくとれば振動数が少なくても十分緻密な素地が得られ、例えば振幅を1mmにすると、振動数2000回/分位で良い。

振動中の加圧力については、加速度Gが大きい場合は、低圧で十分効果があり、水分量が多くなるほど低加圧力でよい。前述の加振条件の例では、

水分12%の坏土に対して、 30kg f/cm^2 の加圧力で十分である。なお、低水分の場合は、成形体の取扱い、作業性等を考え、加圧力は、もう少し大きくする必要がある。

成形に振動を導入する目的の一つは、大形製品

を均質かつ緻密に成形することにあるので、振動加圧成形法においては、水分量のやや多い坏土を調製して成形するのが得策であり、低水分の坏土に対しては、振動充填を行ってから、通常のプレス成形を行う振動充填成形法を選ぶのがよい。