

陶管素地における添加物の影響

鳥居高夫 今井町作 伊藤政巳

Effects of Some Additions in Clay Pipe

by

Takao TORII, Teisaku IMAI and Masami ITO

陶管坏土に3種の添加物を各々量を変えて添加し、乾燥速度と強度、そして1090℃、1120℃、1150℃、1180℃における焼成体について、全収縮、曲げ強度、吸水率を測定して添加物の影響について試験した。

常滑産頁岩のみの陶管坏土にフライアッシュを10%添加すると、成形が容易になり、焼結が早く1100℃でも容易に焼結し、良結果が得られた。しかしながらフライアッシュ20%以上の添加は悪い結果を与える。

木節はね土の添加は、赤シヤモットの添加による効果を相殺するので良くない。

ガラス摩き廃砂の添加は乾燥性状の改善になるが、焼結温度が高くなる。

1. ま え が き

都市下水道に使用されているコンクリートヒューム管の耐酸性の問題で、再認識された都市下水道用の厚陶管は、その製造にあたっては大型肉厚製品であることから、素地の乾燥と運搬が、製造工程中のあい路となっている。

常滑市周辺で生産される陶管の坏土は、常滑市周辺で採掘される頁岩粘土（通称クズ土）が、原料の内80～100%使われており、その性質が大型肉厚製品を作るのに不向であっても、経済的に他の地方からの移入は困難であり、そのために現在使われている頁岩粘土を、より有効な添加物の混入によって、陶管素地の乾燥性状、収縮、および強度を改良して製品品質の改善、および製造工程中の時間の短縮ができれば、生産の増大、コストダウンに直接つながることとなる。

本報告では陶管の原料として普通に使われている並管用の坏土を標準として、それに火力発電所で副生するフライアッシュ、木節はね土を加えた厚陶管素地に陶管クズを粉砕した赤シヤモットをさらに添加したものの、板ガラス工場で磨きガラスを作る時に使う珪砂の

使ったあとの廃砂等の3種の素地について、その添加の影響の試験を行なった。

2. 実 験 方 法

常滑地方の陶管に使用される原土は前述のように、常滑市周辺で採掘される頁岩粘土を主体としたものであり、これは地質学的には第3紀層に属する多屋泥岩層および樽水砂泥互層の内、泥質の部分を適当な性質になるように配合したものである。

厚陶管に使用されている坏土は従来より、坏土の可塑性を増して成形を容易にし、腰の強い坏土にするために、瀬戸地方に産する木節粘土の層間あるいは上下層にある鉄分の多いはね土を混ぜて使用している。

常滑地方では現在、乾燥収縮、焼成収縮の減少を目的として、頁岩粘土に赤シヤモットやセルベンを加えて使用され始めているが、具体的にどの程度添加したら良いのか、どのような効果があるのかについては報告されていないので、前述の3種の添加物を使用して、どのような効果が期待できるか、特に他産業の廃物を利用して、廃品回収と廃品のもたらし公害防止をも目的の1つとしている。

表1 坏土の種類

番号	名 称	頁 岩	フライアッシュ	木節はね土	赤シヤモット	ガラス摩き廃砂
1	並 管 素 地	100				
2	フライアッシュ素地1	100	10			
3	フライアッシュ素地2	100	20			
4	フライアッシュ素地3	100	30			
5	シヤモット素地	100		10	10	
6	廃 砂 1	100				10
7	廃 砂 2	100				20

表2 化学分析値

	Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	計
頁 岩 粘 土	7.04	64.00	21.37	3.69	—	0.57	0.66	2.47		99.80
フ ラ イ ア ヲ シ ュ	1.26	55.52	22.43	6.80	1.65	5.26	1.53	1.59	1.29	97.33
ガ ラ ス 摩 き 廃 砂	0.1	91.8	2.7	0.9	—	0.6	0.8	1.9	1.1	99.9

使用した坯土は頁岩の泥質部分と砂質部分を適当に調製してある頁岩粘土のみの並管用坯土を標準とし、これにフライアッシュ、ガラス磨き廃砂（以後廃砂と呼ぶ）の添加坯土、さらに並管用坯土に木節はね土を混入した厚陶管坯土に赤シヤモットを添加した坯土（以下「シヤモット」という）について実験を行なう。

坯土の混合比は表1、素地の種類のとおり。原料の成分は、頁岩粘土については1例を、フライアッシュ廃砂については実験に供したものの化学分析値を、表2、化学分析値に示す。添加物の粒度は廃砂が 30μ 以下、平均 14μ 。フライアッシュは廃砂よりも、さらに細く、かつ微粉が多い。シヤモット粒子はタイラー14メッシュ以下微粉までを含んでいる。

各々調製した坯土を混合し、約23%の水を加えて真空土練機の口金をはずして3回混練し、1週間ねかせた後、真空土練機に口金をつけて、直径25mmφ長さ約20cmに押出成形し、試験体とする。

充分自然乾燥させた後、カンタル線電気炉で、同一平面上に並べて焼成した。焼成温度は 1090°C 、 1120°C 、 1150°C 、 1180°C の4段階にわけて焼成し、昇温速度は $100\sim 120^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 、昇温後約1時間温度保持を行なった。

試験体の乾燥速度は、相互に影響のないように適当に離れた試験体を、同一板上にのせて密閉室内に放置。毎日の室温の変化を少なくするようにして、毎日の残留水分を測定した。

陶管の製品試験の方法としてJIS R 1201に規定されている圧縮荷重試験に代るものとして、成形した試験体の曲げ強度を、スパン10cmで測定した。試験体は各々5個測定した。

成形した素地の取扱いやすさを調べるために、乾燥試験体の曲げ強度を測定した。条件は焼成体と同じようにしたが、フルスケールは、焼成体の荷重300kgに対して、荷重30kgで測定した。測定機は日本理学工業製の陶磁器曲げ強度試験機で、エッジの上昇速度は、毎分1mmである。

乾燥収縮、および焼成各温度の焼成収縮、全収縮も測定して、焼成温度による収縮の相違を表わした。

別に陶管と試験体を比較するために、内径75mmの並管を試験体と同じ条件で焼成し、圧縮荷重強度、吸水率、乾燥収縮、焼成収縮、全収縮率を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 乾燥時の残留水分

実験方法で述べたように、試験体を成形してから水の入ったデシケーター内に保管して、水分の蒸発を防ぎ、一定の条件として自然乾燥による減量から、残留水分を測定した。その結果は図1、乾燥速度のとお

である。

フライアッシュと並管坯土と混合して成形するときに、成形に必要な水の量は、フライアッシュが増えるにしたがって多く必要であり、可塑性もフライアッシュの量が多い程、大きくなるように感じられる。乾燥速度は、大きな差は認められない。

廃砂は細かい硅砂で板ガラスをみがいて、みがき板硝子を作るときに使ったもので、その中には硅砂粒と磨き落したガラスの粉末が含まれている。硅砂は骨材として働き、一部のガラス粉末は融剤として働くものと思われる。粒度は平均 14μ で、乾燥、焼成の収縮を少なくする効果をねらって添加したもので、図1のように、他の添加素地と比較して乾燥速度が早い。廃砂が乾燥に与える影響としては廃砂自体の吸水率はないから、成形水分が少なくて済み乾燥がそれだけ容易であろうと考える。

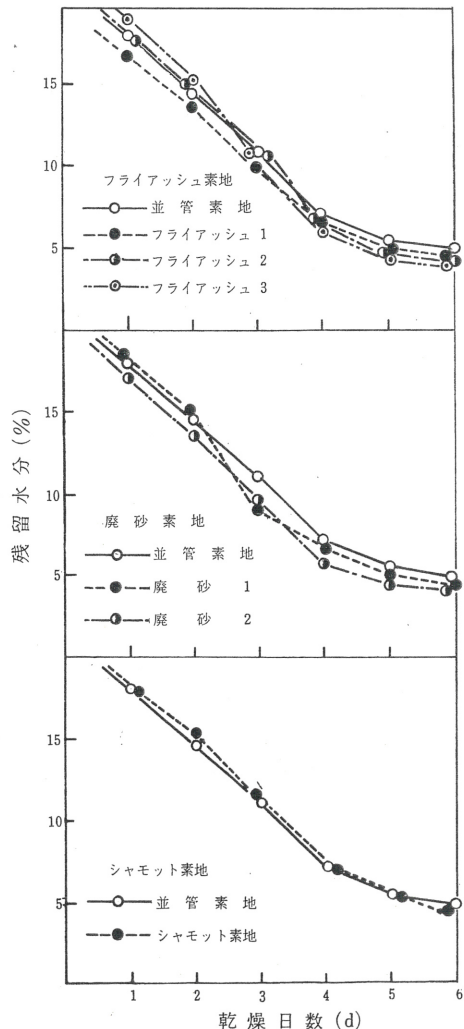


図1 乾燥速度

図1から、やはり10%添加したものより20%添加したものの方がより早く乾燥する。吸水率の少ない骨材の添加によって成形水量、乾燥収縮等に効果のあることが判るが、粒子が細かいために坯土の性質に大きく影響し、乾燥強度、焼結温度には悪い結果を与えていると思われる。

前にも述べたように厚管坯土は、並管坯土のように頁岩単味で、粒度によって適当な収縮や焼け具合にな

るように調合したものに、さらに可塑性を増し、腰を強くする目的で木節粘土の間や、上下層にある木節粘土の混じったはね土を混入している。木節はね土の代りに低耐火度の鉄分の多い粘土を使っているものもある。この厚管坯土に、乾燥速度と収縮を改善するために、赤シヤモットを10%混入しているが、その効果は図1に見られるように乾燥速度においては殆んど変りがない。その理由としては木節はね土がシヤモットの効果を相殺しているのではないかと考えられる。

3. 2 乾燥収縮と焼成収縮

乾燥収縮と各焼成温度における全収縮を図2に同時に記した。これは乾燥収縮と、さらに焼成収縮がプラスされた全収縮の変化を判り易くするためである。

フライアッシュ素地では並管素地より乾燥収縮、焼成収縮ともに大きくなり、フライアッシュ10%では、その差は、ごくわずかで並管素地と列んど変らない。フライアッシュ20~30%のものは、はっきりと差があらわれ、乾燥より焼成の方が収縮は大きくなる。フライアッシュ30%添加した場合は、温度が高くなると発泡を生じ、焼成収縮は小さくできるが変形を生ずる。

シヤモット素地は並管素地と乾燥収縮、焼成収縮ともに差がない。これは前項の乾燥速度でも述べたが、他の添加物の結果からいって乾燥、焼成収縮ともに小さくなくとも考えていた。しかしその差がないのは木節はね土の収縮が多分に影響していると推定される。

廃砂を添加したものは、明らかにその添加量にしたがって乾燥および焼成収縮が小さくなり効果をあげている。

3. 3 曲げ強度と吸水率

乾燥強度は支点間のスパン10cm、フルスケール30kgで測定した。その結果は、図3乾燥曲げ強度比較のとおりで、フライアッシュは添加量が30%になると急激に強度が小さくなる。また同一添加量の場合は、粒度の大きいシヤモット素地がより大きい影響を受けている。

焼成したものについての比較は、図4の焼成温度と曲げ強度の関係に示されたように、フライアッシュ10~20%添加のものは、1090℃~1120℃で大きい強度を示し、充分焼結していることが判る。以上のことがから判断して、フライアッシュの添加が耐火度を下げることがあると判断される結果が出ているにもかかわらず、フライアッシュ30%の添加物の曲げ強度は並管素地の曲げ強度よりも小さいと言う結果がでており説明がつかない、1180℃の焼成体では発泡しているにもかかわらず、大きな曲げ強度を示す。

焼成温度と吸水率の関係は、図5のとおりで、フライアッシュは10%の添加が良い結果を得られる。

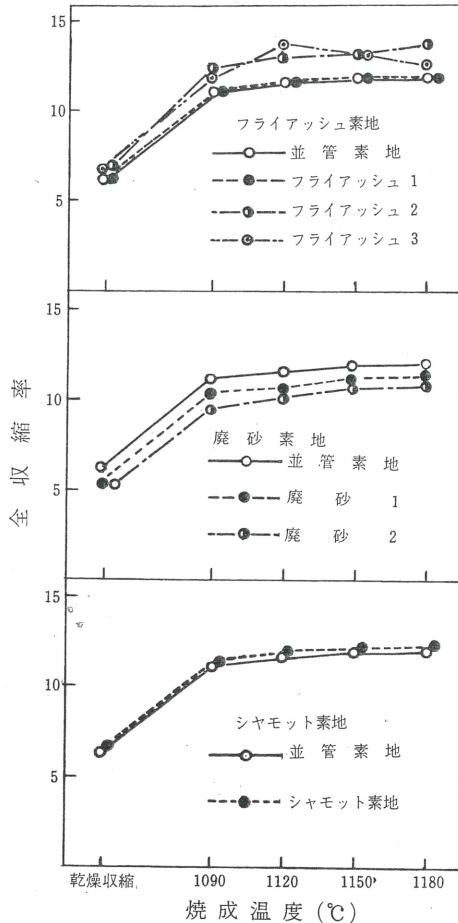


図2 並管素地に対する各種添加素地の乾燥収縮および全収縮

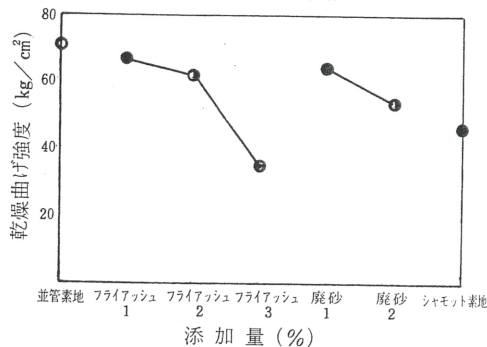


図3 乾燥曲げ強度比較

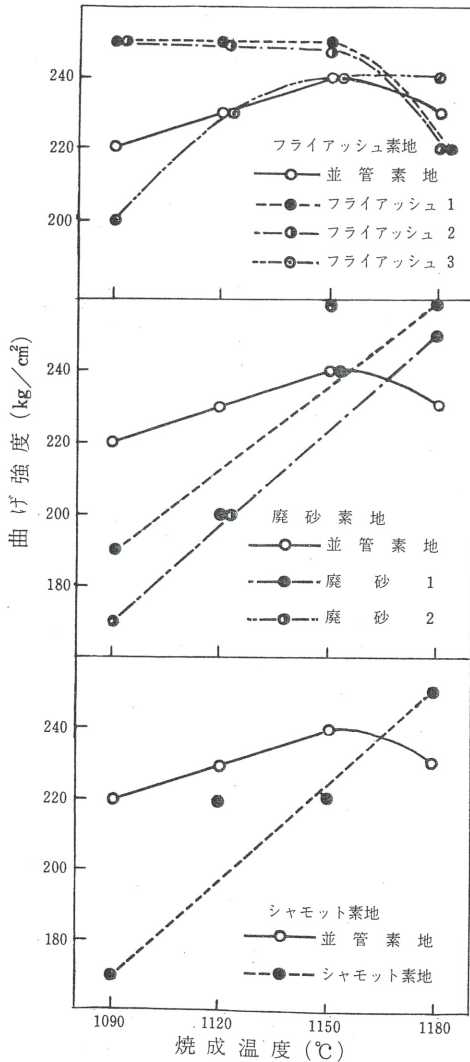


図4 並管素地に対する各種添加素地の
焼成温度と曲げ強度の関係

珪砂素地は並管素地と同じ強度にするには 1,150°C 焼成が必要で、それ以下では急激に強度が減少する。

実際の焼成温度は 1,150°C であるから並管素地と強度の低い、吸水率の大きい、焼けの悪い製品がでやすい危険がある。原陶管と同じく、1,180°C で焼成すれば乾燥性状、強度に効果はある。

シヤモット素地においても、その効果は珪砂素地と殆んど同様である。

3. 4 圧縮荷重強度と曲げ強度

試験体の曲げ強度と陶管の圧縮荷重強度の間には、図6に示すように強度、吸水率、乾燥および焼成収縮については、比例関係があると推定される。並管素地と試験体の成形条件を比較すると、陶管に比して試験体は、ねかせ時間は長く、成形水分は少く、成形圧は具

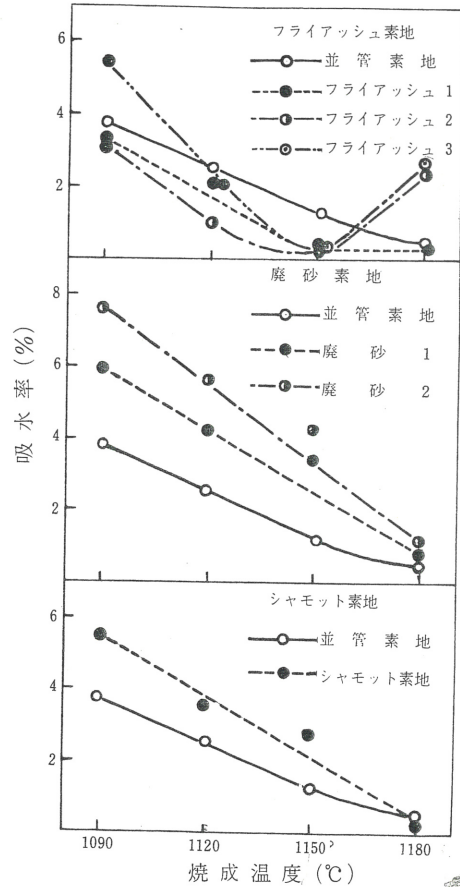


図5 並管素地に対する各種添加素地の
焼成温度と吸水率の関係

体的数字は出ないが高いと推察されるので、収縮のうちでも特に焼成収縮に影響が大きい。

4. ま と め

頁岩粘土にフライアッシュを添加すると、素地全体の耐火度を下げる、そしてそれは素地の焼結温度を下げる効果をもたらししている。またフライアッシュ素地は並管素地に較べて成形し易く、成形水量も減らすことができる。フライアッシュ10%程度の添加ならば、乾燥収縮、焼成収縮に悪い影響は少いので、全体として良い効果が期待できる。しかしながらフライアッシュ20~30%の添加は乾燥収縮、強度に悪影響があり、前記利点を上廻ると考えられるので添加の効果は期待できない。

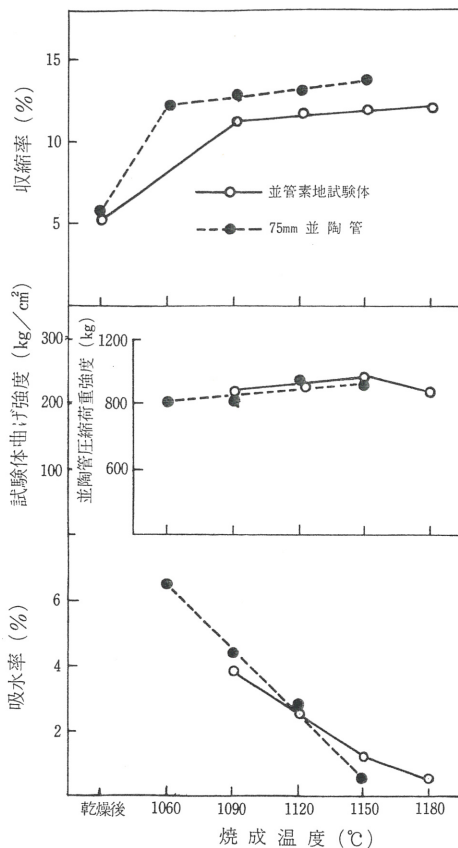


図6 陶管と試験体の関係

廃砂の添加物は乾燥、焼成収縮には好結果をもたらしているが、焼成を充分にしないと吸水率、強度の点で不良品が発生し易い。

シヤモット素地では乾燥速度を早める効果が期待されていたが、その効果があらわれていない。これは添加されている木節はね土の作用によって、その効果が相殺されたものと考えられる。

この実験で特に注意したことは、成形前の原料の処理方法や成形水分である。これらはわずかの相違で、その結果が可成り違ってくるために、始めから成形をやり直したのもあった。多くの追加実験を行ったが、さらに追加実験を要するもの、データー不足の点も見受けられる、日時に制約されて充分の結果が得られない点については、今後さらに研究して補足したい。

5. 文 献

- 1) 素木洋一, 坏土の調整方法と特性, P. 51 (昭. 35), 窯業協会。
- 2) 鳥居高夫, 山本紀一, 長谷川龍三, 愛陶試事業報告書 (41年度), P. 12 (昭. 42), 愛陶試。