

大型陶管素地の開発 (第3報)

(陶管の圧縮荷重強さと試験体について)

鳥居高夫*

伊藤征幸*

Development of Large Clay Pipe Ware (3)

Relation between Crushing Strength of Clay Pipe and Modulus of Rupture of Test Specimen

by

Takao TORII and Tatsuyuki ITÔ

陶管原料および坏土の試験法として、試験体から単に比較値を求めるだけでなく、製品にした場合、規格に対して、どのような試験値が得られるかについて検討した。

同一の坏土を真空成形機で成形して、直径30mm ϕ 、長さ約180mmの試験体と陶管の素地を作り、トンネル窯、食塩焼単窯等で焼成して試験した結果、試験体自体、および試験体と陶管製品の間には次の関係があると考えられる。

1. 試験体の曲げ強さは焼成温度に比例して大きくなるが、吸水率は少くなり、吸水率と曲げ強さの間は、ほぼ直線的な関係にある。
2. 同一坏土および同一の条件で焼成した陶管は、焼成温度に比例して圧縮荷重強さが大きくなり、吸水率が小さくなる。その内、吸水率と圧縮荷重強さについては、ほぼ直線的に表される。
3. 前の二つの関係から試験体の曲げ強さと、陶管の圧縮荷重強さの間にも比例関係があり、素地の曲げ強さを荷重(p)、陶管の外径をスパン(ϕ)、陶管の有効長を巾(b)とすれば、陶管の圧縮荷重強さは、曲げ強さの計算式で表される強さとほぼ一致する。

1. ま え が き

陶管の原料について、その性状を調べるには、他の陶磁器のように、試験体の強度としてこれ位必要という目安以外に、製品にした場合充分規格に合格するだけの裏付けが必要である。タイル、その他陶磁器製品では、試験体でおよその見当をつけ、製品を試作するが、陶管のような大型製品では、ライン上での試作は困難であり、試作に要する原材料も大量に必要である。少量の試料で適否を見るには、試験体の数値がどのくらい製品の品質を代表できるかが、陶管原土ならびに坏土の試験方法の重要な課題である。

製品と試験体との関係を裏付けるため、同一坏土から陶管素地と試験体を成形し、トンネル窯、単窯、試験用電気炉によって比較試験を行ない、試験体の性状が、どの程度製品を代表しているかについて検討したので報告し、陶管原料試験法の一助にしたい。

2. 試 験 方 法

同一坏土で陶管素地と、試験体を各々100本成形して試料とした。陶管素地は別報の無釉陶管の比較試験を

行なうため、無釉と施釉の陶管素地をトンネル窯で焼成し、陶管素地の焼成の際、食塩釉は単窯で焼成した。陶管と同一場所に試験体を置いて焼成した。

別に試験体を950℃、1000℃、1050℃で1時間保持する方法で焼成し、トンネル窯、単窯の試験体、陶管製品について、焼成、乾燥における曲げ強さ、収縮率、吸水率等の試験を行なった。焼成温度が1100℃以上では発泡して、通常の試験結果が得られないので、1100℃以上は省略した。

焼成温度は、トンネル窯、電気炉、単窯と燃料、焼成時間、焼成雰囲気等、条件の異なるものを比較するため、ゼーゲルコーンの熔倒からSKの番号で表示した、ゼーゲルコーンの熔倒でも完全なものと言えないが、現在のところ他に適当な方法が見当たらないので、この方法によって比較を試みた。

また試験体の成形が、この研究で使用している真空成形機以外の、簡易な押出成形が用いられるのも考えて、減圧によらない成形の試験体についても比較してみた。成形機の口金の絞り角度の影響を別とすれば、減圧にする効果と、減圧した場合が推測できると考えられる。

3. 試験結果と考察

3.1 陶管の性状

使用した陶管素地は、焼上り太さの呼び150mmφ、有効長660mmのものである。同一素地を4工場5条件で焼成した陶管の試験結果は図1, 2, 3に示すとおりである。一部の例外があるが大体焼成温度に比例して収縮率、圧縮荷重強さは大きくなり、吸水率は減少している。

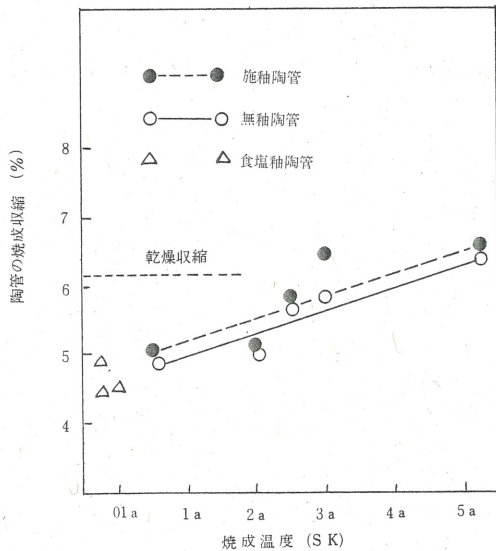


図1 陶管の焼成収縮

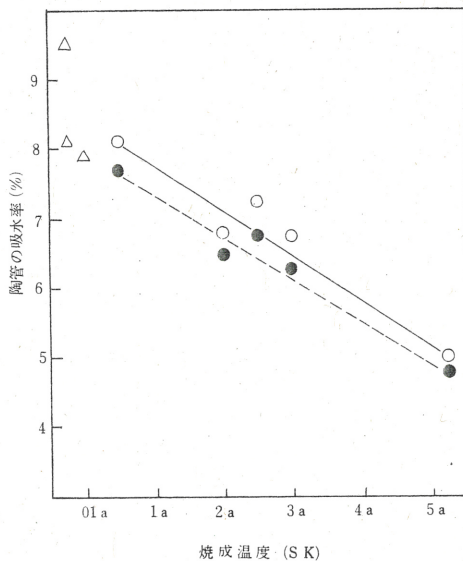


図2 陶管の吸水率

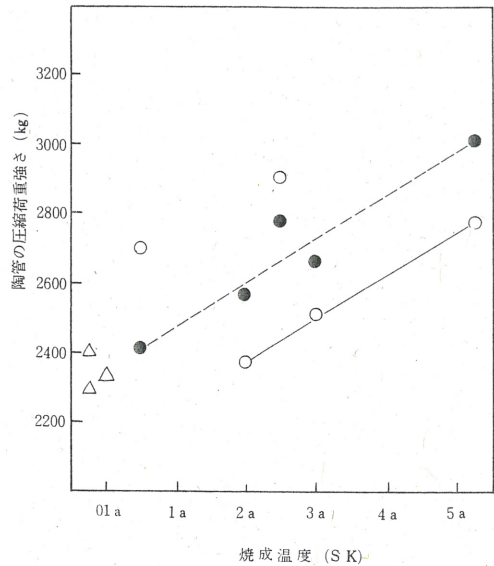


図3 陶管の圧縮荷重強さ

3.2 窯焼成試験体の性状

窯焼成試験体は、陶管素地と同一坯土で成形した試験体を、陶管素地と同一場所に窯詰めして焼成したものである。窯の構造、窯詰め方法によって、あるいは試験体置いて焼成した高さの相違から、陶管素地と試験体では焼成温度が異なるのも生じた。

この試験体について収縮、曲げ強さ、吸水率を測定した。結果は図4, 図5, 図6に示すとおり、焼成収縮、焼成曲げ強さは焼成温度の上昇にともなって大きくなり、かつ、吸水率は小さくなっている。

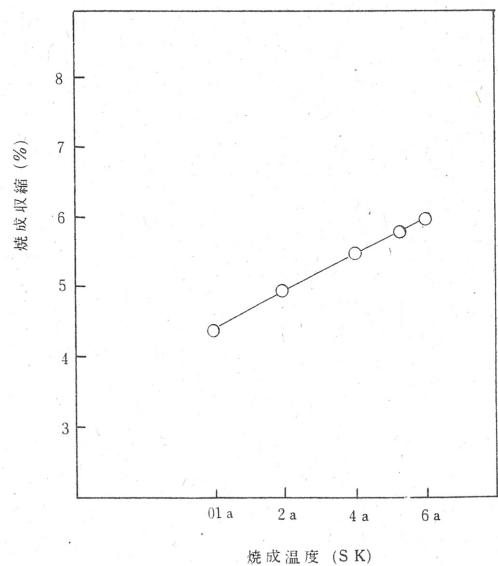


図4 窯焼成試験体の焼成収縮

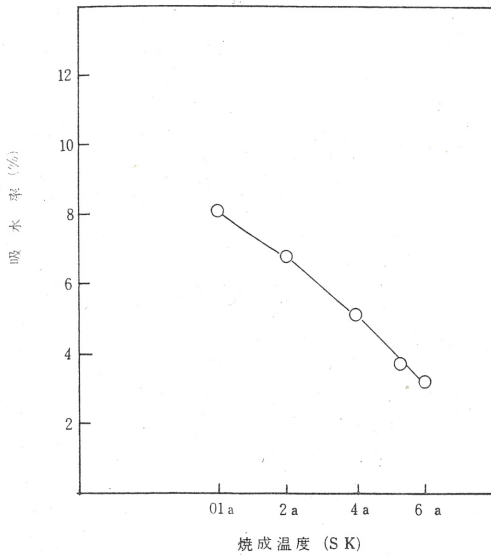


図5 窯焼成試験体の吸水率

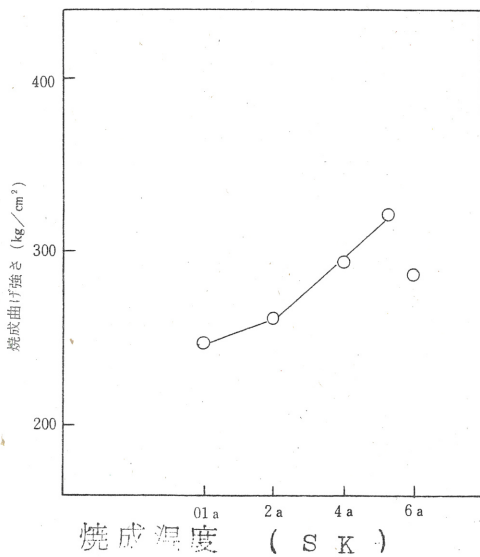


図6 窯焼成試験体の曲げ強さ

3.3 電気炉焼成試験体の性状

窯焼成と異なり、同一条件で焼成が容易なため、図7、図8、図9に示すとおり焼成温度に対する焼成収縮、吸水率、焼成曲げ強さは、ほぼ直線的に比例している。ゼーゲルコーンの熔倒は950℃でSK04a、1000℃でSK1a、1050℃ではSK4aであった。図7、8、9の点

線で示しているのは押出成形機の真空ポンプを動作させずに成形したもので、減圧の効果を示すものである。減圧しないものは、同じ温度で焼成しても、焼成収縮率、吸水率が大きくなり、したがって曲げ強さは小さくなる。吸水率に対する曲げ強さは図10に示すとおりで、成形方法、焼成方法、焼成温度が異なってもほぼ直線的に近い。

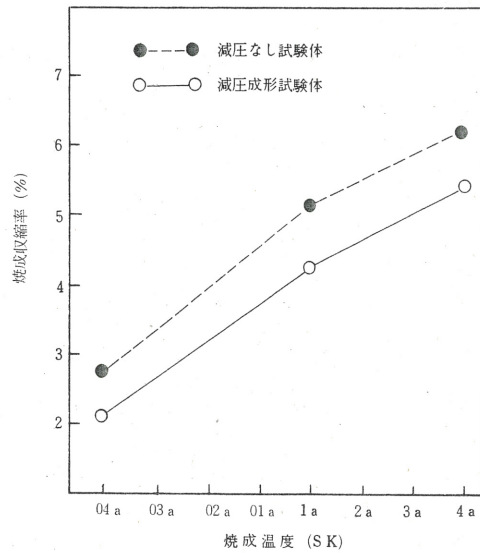


図7 電気炉焼成試験体の焼成収縮

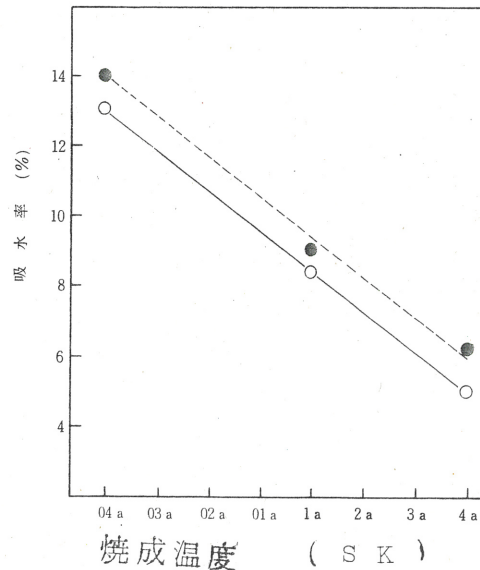


図8 電気炉焼成試験体の吸水率

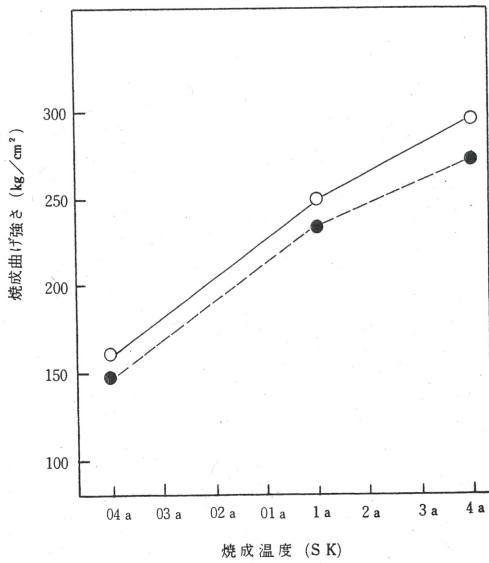


図9 電気炉焼成試験体の曲げ強さ

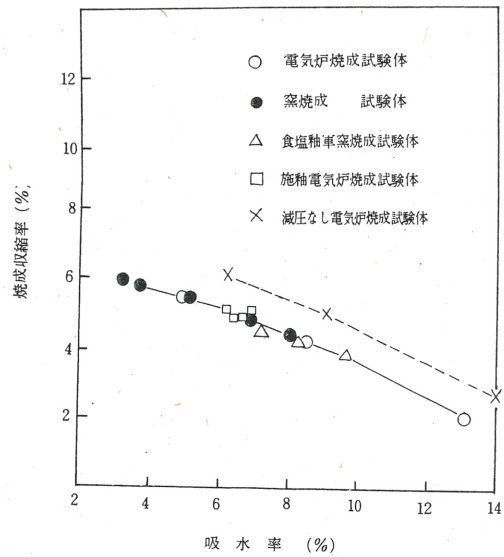


図11 試験体の吸水率と焼成収縮率

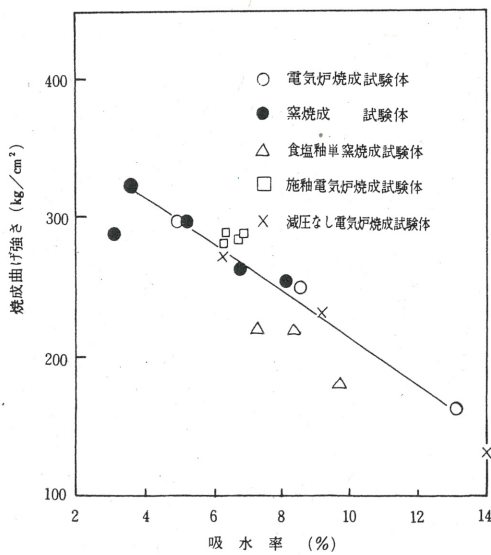


図10 試験体の吸水率と焼成曲げ強さ

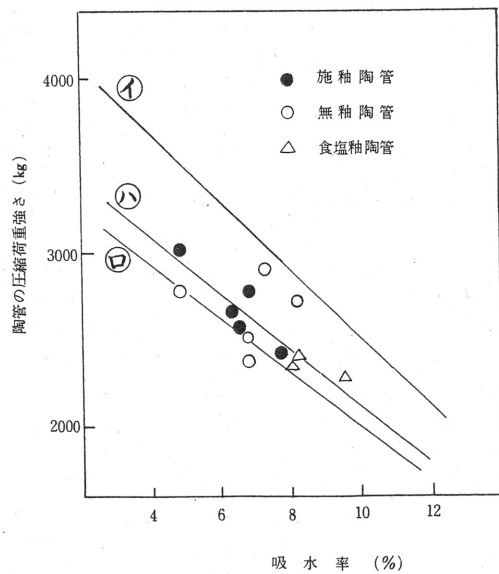


図12 陶管の吸水率と圧縮荷重強さ

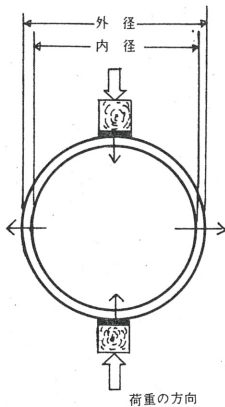


図13 圧縮荷重試験における力の方向

3. 4 試験体と陶管品質との関係

焼成条件はゼーゲルコーンと吸水率で分類してゆくと、次のように解析できる。乾燥収縮では減圧のもの7.2%、減圧しないもの7.7%と、減圧しないものは乾燥収縮が大きく、減圧効果が見られる。

図10に電気炉で焼成した成形条件の異なる試験体とトンネル窯で焼成した試験体の、吸水率と焼成曲げ強さの関係を示す。3種の試験体とも、ほぼ同一直線上に位置している。これは、同一坏土で、同一成形方法を用いた場合、焼成条件が異なっても焼結度を示す吸水率と曲げ強さは、各々一定の関係にあることがわかる。施釉試験体、食塩釉試験体については、施釉の効果によって、吸水率に対する焼成曲げ強さは強いもの、あるいは弱い一部の例外もある。これらは陶管製品と施釉量および面積が異なるので、後日十分に検討するとして、ここは一般的な試験体について検討してみる。

図11は試験体の吸水率と焼成収縮を示したものである。上の線は、成形条件を減圧にしなかった試験体で同じ吸水率に焼結するのに、減圧して成形した試験体より大きな収縮をすることがわかる。しかし図10にもあるように、一旦焼結してしまえば、減圧成形した試験体同様の強さをもつことがわかる。ただし同じ吸水率に焼結するには、減圧成形しない試験体は、減圧したものより図8にあるように、SKで約1番高く焼成する必要がある。

図10から吸水率と焼成曲げ強さは直線関係にあると仮定し、さらに図3の焼成温度と陶管の圧縮荷重強さの関係を、図2の焼成温度と陶管の吸水率、図5の焼成温度とトンネル窯焼成試験体の吸水率、図8の焼成温度と電気炉焼成試験体の吸水率がいずれも直線であり、焼結度を示していると考えられるところから、図12に吸水率と陶管の圧縮荷重強さを示した。

陶管の圧縮荷重強さは、円柱状の陶管の横置き線荷重であり、いわゆる曲げ強さの試験方法に類似する。

円の上下から力を加えた場合、図13の如く力が働くものと考えられる。4つの線にかかる力は同一とみられるので、1点にかかる作用は、外径もしくは内径をスパンとし、巾を長さとした、曲げ強さの式(1)から、(2)式を導びき、

$$\sigma_b = \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot \ell}{b \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$P = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}{\ell} \quad \dots\dots\dots(2)$$

σ_b ; 曲げ強さ (kg/cm²)

P ; 圧縮荷重強さ (kg)

ℓ ; スパン (cm)

b ; 試験片の巾 (cm)

d ; 試験片の厚さ (cm)

(2)式に各々の数値を代入して計算すると次のようになる。

- ① スパンを陶管の内径にし、巾を陶管の有効長にした場合
- ② スパンを陶管の外径にし、巾を陶管の有効長にした場合
- ③ ②に、さらにソケット部分の曲げ強さを加味した場合

上記3つの方法で計算し、吸水率に対する試験体の曲げ強さから、陶管の圧縮荷重強さで示してみると図12の①、②、③、の直線ようになる。

図12について検討すると、一部陶管についてバラツキがあるが、(ロ)あるいは(ハ)の計算値が、陶管の圧縮荷重強さをよく表している。

このことから、原料および坏土の試験体について、成形および焼成を行ない、曲げ強さを測定すれば、(2)式に従い、その原土あるいは坏土によって成形、焼成された陶管の圧縮荷重強さが計算できると考えられる。

さらに陶管を製造する坏土によって、曲げ強さと吸水率の関係を知れば、吸水率のみで圧縮荷重強さが計算できると考えられる。

これらは、いずれも有効長、厚みを設定しているもので、実際に用いる場合は充分な配慮が必要である。

5. ま と め

試験結果から、試験体の曲げ強さを測定すれば、その同じ坏土で作られた陶管の圧縮荷重強さが計算できる。ただし、これは陶管の150mmφ、有効長66cmのもので、温度分布が良好で、歪みがなく、施釉、その他による影響がないものについての結果である。

しかし、単に試験体の曲げ強さでは、強い、弱いの比較の伴定しかできないので、陶管製品の圧縮荷重強さが計算できるのは、坏土の実用試験を行なうのに一歩前進したといえる。今後、異なった坏土、異なった内径、異なった有効長のものについても試験し、より確実なものにしたい。

5. 付 記

この研究に実施面で協力して頂きました窯技研修会の会員各社と、練習生の村上逸男君、大西重孝君に深

く感謝します。

6. 文 献

1. 鳥居高夫, 伊藤征幸 無釉陶管について,
第7回窯業技術担当者会議資料, (1972)
 2. 鳥居高夫, 常滑産陶管の機械的強度について,
第1回陶磁器技術担当者会議研究報告集
1~7, (1966)
 3. 愛知県試験場報告, 真空製管機による陶管につ
いて, 16~17, (1959)
-