

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫進度報告

## 淨水污泥與水庫淤泥燒結資源化之利用 ( ) ---污泥性質與燒結條件對燒結體之影響

計畫類別： 個別型計畫      €整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-049-

執行期間： 89年 8月 01日至 90年 7月 31日

計畫主持人：黃志彬教授

共同主持人：李公哲教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學環工所

中 華 民 國 九 十 年 五 月 二 十 二 日

# 淨水污泥與水庫淤泥燒結資源化之利用 ( ) -- 污泥性質與燒結條件對燒結體之影響

Reuse of fresh water sludge and dam sediment through sintering - Effects of raw materials and sintering condition on sintering pellets

計畫編號：NSC-89-2211-E-009-049-

執行期間： 89/08/01 - 90/07/31

計畫主持人：黃志彬 交通大學環境工程研究所教授

共同主持人：李公哲 台灣大學環境工程研究所教授

## 一、中文摘要

淨水污泥及水庫淤泥雖不是有害性廢污泥，但在地小人稠的台灣，大量的廢棄污泥採用掩埋處理並不是一適當的處置方法，在本研究中，我們嘗試將此類廢棄污泥利用燒結程序以做資源化利用，分別探討燒結溫度、燒結時間對燒結體物性之影響。

實驗證明，水庫淤泥燒結體在燒結溫度為 1050 ，燒結時間為 45 分鐘時，其燒結磚體在比重、吸水率及抗壓強度等方面皆可符合中國國家標準 (CNS) 所規範一級磚之標準，而淨水污泥燒結體在燒結溫度為 1100 、燒結時間 30 分鐘時，其燒結磚體亦可符合 CNS 規範之一級磚標準。但考量經濟成本方面，水庫淤泥較適合做製磚之原料。

不管是淨水污泥或水庫淤泥，其都含有微量之重金屬，故當兩種污泥之燒結磚體應用在環境中，其重金屬是否溶出為我們所關心之問題，由燒結磚體之毒性特性溶出程序 (TCLP) 分析結果得之，磚體之重金屬溶出濃度均遠小於法規標準。故在本研究中，我們證明水庫淤泥及淨水污泥燒結體可做為一般建築磚之使用。

**關鍵字：**淨水污泥、水庫淤泥、燒結、建築用磚

## 英文摘要

Although fresh water sludge and dam sediment are not harmful waste materials, they are produced largely every year. Because of the limited land available, the landfill of waste sludge is not feasible

method in Taiwan. Our research attempt to reuse these sludge as materials in brick-making through sintering process.

In our study, we examine the effects of firing temperature and sintering time about the physical characteristics of these sinters. The results show the sinter of dam sediment fired at 1050 for 45 minutes meet the first level brick of CNS, and the sinter of fresh water sludge fired at 1100 for 30 minutes also meet the first level brick of CNS. Because the sinter of fresh water sludge have good physical characteristics at higher firing temperature, we know it's more economical to use dam sediment as materials in brick-making

Because there are low quantity of heavy metal in fresh water sludge and dam sediment, it's important to realize the concentration of heavy metals in TCLP leachate. According to the results, we know the concentration of heavy metals in leachate are much lower than the Regulatory limitations of ROC-EPA, so the sinters of fresh water and dam sediment can be used as brick.

**Keyword:** Fresh water sludge, dam sediments, sintering, brick

## 二、計畫緣由與目的

根據自來水公司的統計，台灣地區的每日出水量達 1200 萬立方公尺，依 AWWA 及 ASCE(1996)之方法估計，自來水廠所產生之淨水污泥為處理水量之 0.2~2.4%，

易言之，台灣地區每日所產生之淨水污泥體積可達 240000~280000 噸。大量的污泥產生必須要一妥善之處置，而且在最新的法規管理下，淨水場將面臨自行處理污泥之困境。另一方面，水庫淤泥造成水庫蓄水量之減少，相對地影響了供水能力，根據調查，台灣幾個主要水庫均有淤積之問題，淤積程度由 20%到 68%，以台灣水庫總蓄水量 3 億餘噸估計，淤泥量至少為 6000 萬噸。對於此兩類污泥，如何進行一有效之處理應用，為本研究探討之主軸。

淨水污泥及水庫淤泥雖不是有害性廢污泥，但在地小人稠的台灣，大量的廢棄污泥採用掩埋處理並不是一適當之處置方法。利用燒結技術處理污泥並使其再利用，已有不少的學者專家進行一深度之研究，且多有良好的應用成果(Bernd 1997; Tay 1997; Liaw 1998; Denise 2000; Gabr 2000)。但大部分研究的對象為下水污泥或工業污泥，對於數量龐大的淨水污泥及水庫淤泥卻少有探討。在本實驗中，首先對於淨水污泥及水庫淤泥進行基本物化性質分析，如三成分分析、pH 值、重金屬濃度分析及污泥之化學組成等。實驗主體為瞭解燒結溫度及燒結時間對淨水污泥及水庫淤泥燒結後之物化性質的影響，以燒結體的比重、吸水率及抗壓強度為主要指標，以其找到符合建築用磚標準之操作條件，而達到廢棄污泥資源化之目的

### 三、實驗設備方法

#### 1. 實驗材料

本研究所用之淨水污泥來自於直潭淨水場，其為使用 PACl 做污泥調理劑，經由一脫水處理程序而成塊狀污泥餅。水庫淤泥則採至於石門水庫排泥池，其上游溪流為大漢溪。

#### 2. 實驗儀器

##### 主要實驗設備

- (1) 油壓成形機及模具：成形機為電動油壓設備，可控制模壓成形之壓力大小，最大成形壓力為 12 Tons，成形模具為超合金鋼模，其粉體添充區為 6×3 cm 之方形區。

- (2) 高溫燒結爐：為 Naber 之 N100H 型高溫燒結爐，最高溫度可達 1340 °C，可控制昇溫速率及恆溫時間。

##### 實驗分析儀器

- (1) 火焰式原子吸收光譜儀 (AA)：測定污泥餅消化液與 TCLP 溶出液之中重金屬濃度。
- (2) 感應耦合電漿原子發射光譜分析儀 (ICP-AES)：測定污泥焚化灰之化學組成成分
- (3) 毒性特性溶出程序 (TCLP) 裝置：包含一組以每分鐘  $30 \pm 2$  次之頻率旋轉之裝置及用來萃取之容器，用來判定污泥乾燥餅及燒結體之重金屬溶出情況是否超出法規標準
- (4) 抗壓強度測試機：用來測定燒結體之抗壓強度。

#### 3. 實驗方法

將污泥經由 105 °C 乾燥 24 小時後，於室溫下自然冷卻，研磨粉碎至小於 250 $\mu$ m，以 200 kg/cm<sup>2</sup> 將粉體壓製成磚形模體，實驗燒結溫度為 950~1150 °C，燒結時間為 15~75 分鐘

本研究主要以探討燒結溫度及燒結時間對淨水污泥及水庫淤泥燒結體物化性質的影響。整個實驗的物性指標包含燒失量、體積收縮、吸水率、比重及抗壓強度，另外，為瞭解污泥中之微量重金屬成分經燒結後，是否能良好固封於燒結體中，TCLP 的分析是重要且必須的。

### 四、結果與討論

#### 4.1 污泥餅特性分析

淨水污泥及水庫淤泥，雖然其產量龐大，但一般認定為無害污泥，故在台灣為採取掩埋處理作為最終處置，但考量台灣地小人稠之特性，掩埋處置終究不為一良好之方法。為能將此兩類產量龐大之污泥做一有效的資源化利用，我們必先瞭解污泥本身的特性，以當作後續實驗條件設定之依據。

##### 一、基本性質分析

污泥基本性質分析包括三成分分析、pH 值測定及灼燒減量等分析，表 1 為簡列兩種污泥之基本性質  
pH 值

由表 1 可知，淨水污泥及水庫淤泥的 pH 皆約為中性，在此範圍內，污泥內的重金屬離子不易溶出，因而以往淨水污泥及水庫淤泥以掩埋方式處理，對環境應無危害。

#### 灼燒減量及三成分分析

灼燒減量是為了瞭解污泥中所含揮發性有機物的含量，從表 1 知，淨水污泥及水庫淤泥的含水率不高，揮發性有機物並不多。另外，淨水污泥及水庫淤泥的有機物含量在 800 可分解之成分皆不多，大部分皆為無機之成分，水庫淤泥更高達 90 % 以上的灰分，故在進行燒結前處理前，可不先經一焚化程序，而直接以經過一 105 烘乾之前處理的污泥原料，進行後續之燒結程序，如此，可節省一龐大之能源消耗。

#### 二、化學組成成分

組成成分的不同會影響試體的熔流溫度，亦會影響燒結最高溫度的決定，一般來說，燒結的最高溫度為熔流溫度的 0.8 倍 (程 1990)。由表 2 可知，淨水污泥及水庫淤泥的主成分為  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $MgO$ 、 $Na_2O$  及  $CaO$ ，此 8 種化合物佔總成分的 98%，試體之熔流溫度及燒結條件皆取決於此些成分的組成比例。

Nowok (1993) 定義  $b/a$  值為 
$$\frac{base}{acid} = \frac{Na_2O + K_2O + CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3}$$
，若污泥之鹼性金屬成分越高，燒結時所產生之液相黏滯度愈低，因而可降低燒結溫度。在此 7 種成分中， $K_2O$  及  $Na_2O$  的熔點溫度較低，一般可當作助熔劑，另外， $Al_2O_3$  為熔點極高之物質，約為 2300，由表 4.2 可知，水庫淤泥  $K_2O$  及  $Na_2O$  的含量高於淨水污泥，而  $Al_2O_3$  的含量低於淨水污泥，故可預測淨水污泥的熔流點應低於淨水污泥，由實驗知，水庫淤泥之熔

流點為 1450，而淨水污泥之熔流點為 1520，符合之前的推論。

#### 三、重金屬濃度及 TCLP 分析

重金屬含量為判定廢棄物是否有害的主要指標之一，另外，對於污泥燒結體用於建築材料之使用，瞭解重金屬是否會自燒結體中溶出或溶出量的多寡是非常重要的。本研究之重金屬檢測以 Cr、Cd、Pb、Cu、Zn 為主，表 3 為淨水污泥及水庫淤泥粉體之重金屬濃度，表 4 及表 5 則為於不同溫度下燒結後之試體經 TCLP 分析之數據。

由表 3 可知，淨水污泥及水庫淤泥中亦含有微量之重金屬。在經不同的燒結溫度後，燒結體中亦含有微量之重金屬，但沒有一明顯的趨勢判定燒結後重金屬是否有濃縮之現象，推測可能因重金屬在污泥中並不是均勻分佈，故每次的測定中，重金屬含量均有差異。但由表可知，污泥中之重金屬經燒結後，其逸散量不大，故可知絕大部分之重金屬皆被包封在燒結體內。

重金屬在土壤中的行為複雜，在污泥中亦是，無法由污泥中之重金屬含量的高低即判定是否為有害污泥。在台灣，目前並無規定屬於有害污泥中之重金屬含量下限值，故我們無法由檢測數據判定淨水污泥與水庫淤泥是否為有害污泥，但在污泥掩埋或再利用處置或處理的評定中，毒性特性溶出程序 (TCLP) 分析為一重要之指標，目前對於溶出液之重金屬濃度皆有明確之法規限值。

由表 4 及表 5 可知，除了 Cr 及 Pb 外，原污泥及經過不同溫度燒結程序的燒結體，其溶出液中均可測出 Cd、Cu 及 Zn 之含量，其中以 Zn 之溶出濃度最高，但 Cd、Cu 及 Zn 之濃出濃度皆遠低於法規限值。

#### 4.2 燒結溫度的影響

燒結的操作條件會對燒結後之試體特性有重大之影響，一般來說，以燒結溫度、燒結時間、成型壓力及燒結氣氛影響較大，在本研究中，我們以燒結體之比

重、吸水率、抗壓強度為主要之物性指標，探討不同的燒結溫度、燒結時間，以其找出符合建築用磚標準之適當燒結條件。

燒結溫度的提升，理論上可增加試體粒子的熱運動，促使粒子與粒子間的黏和作用，使頸部成長的現象較快產生。另外，燒結溫度的增加也可促使燒結液相量增加，促使燒結體更加的緻密。在本研究中，我們以 950、1000、1050、1100 及 1150 五種不同的燒結溫度探討燒結體物性的變化

### 一、比重

磚之種類分為普通磚、特殊磚、耐火磚及鋪路磚，隨著燒結溫度越高，其比重越高。普通磚的比重一般在 1.8 2.0，其燒結溫度在 800 1000。特殊磚包括輕磚及異形磚，輕磚的比重一般在 1.6 以下，以降低牆之負荷，但不用於結構牆中，內部多孔隙，可作為隔熱、隔音之用。鋪路磚的比重較普通磚重，一般在 2.2 2.6 間，其燒成溫度約在 1100 1300，吸水率極低，強度之要求亦高於普通磚（黃 1998）

圖 1 及圖 2 分別為燒結溫度對水庫淤泥及淨水污泥燒結體比重之關係圖，由圖可知，燒結體之比重隨燒結溫度的提昇而增加。水庫淤泥在燒結溫度在 1050 以下，符合一般磚比重之規範（約 2.0），當燒結溫度為 1000 時以下，磚之比重小於 1.8，較一般磚為輕。當燒結溫度為 1150，磚之比重尚符合鋪路磚之規範。

從圖 2 知，淨水污泥有成為輕磚之潛力，當燒結溫度為 1050 以下時，淨水污泥燒結體之比重約小於水庫淤泥燒結體比重 0.3，磚之比重在 1.6 左右，甚至小於 1.5。隨著燒結溫度升至 1150，淨水污泥的比重升至 2.5 左右，已與水庫淤泥相差不多。

### 二、吸水率

吸水率為磚之最重要指標之一，Nagaharu（1997）在以下水污泥灰製磚之研究中，發現全以下水污泥灰當作製磚之

原料，磚體之吸水率會過高，而過高的吸水率將會導致生苔及  $\text{CaCO}_3$  結晶之問題。圖 3 及圖 4 分別為燒結溫度對水庫淤泥及淨水污泥燒結體吸水率之關係圖，由圖可知，吸水率隨著燒結溫度的提昇而逐漸降低。由圖 3，水庫淤泥燒結體在燒結溫度在 1050 時已可達到 CNS 一級磚之標準。表 6 為 CNS 對一般建築用磚之規範。

由圖 4 可知，淨水污泥在燒結溫度為 1050 時，其吸水率尚無法符合 CNS 三級磚之要求，但在燒結溫度為 1100 時，其吸水率已可大幅降低至符合 CNS 一級磚之要求

一般鋪路磚之吸水率規範在 2.0% 以下，由圖可知，水庫淤泥及淨水污泥燒結體在燒結溫度為 1150 時，磚體幾乎不吸水。

### 三、抗壓強度

抗壓強度為磚體最重要之指標，一般來說，隨著燒結溫度的提升，粒子與粒子黏結變大，燒結體內孔隙減少，緻密性提高，因而燒結體之抗壓強度增加。

圖 5 及圖 6 分別為燒結溫度對水庫淤泥及淨水污泥燒結體抗壓強度的影響。由圖可知，燒結體之抗壓強度隨著燒結溫度的提昇而增強，但在燒結時間在 45 分鐘以上時，抗壓強度卻不增反減。經比較 1150 燒結體與其它燒結溫度之燒結體，發現經燒結溫度 1150 之燒結體已有彎曲之現象，導致應力分佈不平均，因而造成抗壓強度之降低。

由圖 5 可知，水庫淤泥燒結體在燒結溫度為 1000 時，燒結體之抗壓強度符合 CNS 一級磚之標準，但考量吸水率，其只能達到二級磚之標準，在燒結溫度為 1050，水庫淤泥燒結體之吸水率及抗壓強度皆符合一級磚之標準，且比重約 2.0 左右，故可做為一級建築磚之使用。

淨水污泥燒結體之燒結溫度在 1100 以前，其抗壓強度約比為水庫淤泥燒結體之 0.5 0.8 倍，但在燒結溫度為 1150 時，雖然其抗壓強度一樣不增反減，但其抗壓強度與水庫淤泥燒結體之抗壓強度相

近，亦即淨水污泥燒結體之抗壓強度在 1100 1150 減幅遠小於水庫淤泥燒結體，推測可能是因淨水污泥的熔點較高，在 1150 時軟化彎曲的程度較弱，故在高溫燒結時若添加部分之淨水污泥應可降低水庫淤泥的軟化程度，提高抗壓強度。

#### 4.3 燒結時間的影響

燒結時間對燒結體之物化特性有重大之影響，燒結時間不夠長，導致試體受熱不均，粒子與粒子之黏和程度不佳，進一步的頸部成長現象不良，若燒結時間過久，則試體區域軟化的程度加深，且浪費能源。曾有研究指出，若燒結溫度不高，則可藉延長燒結時間來達到相同之燒結效果。在相同的溫度下，燒結體的強度隨著燒結時間的延長而增高，但過長的燒結時間也會導致試體強度的降低，其原因為試體粒子與粒子間之黏結部分斷裂所造成（Nowok 1990）。不管燒結時間是過短或過長，皆將導致燒結體之物性不良，致使燒結體之用途受到限制。

##### 一、比重

圖 7 及圖 8 為分別燒結時間對水庫淤泥及淨水污泥燒結體比重之影響。由圖可知燒結時間對水庫淤泥及淨水污泥燒結體之比重在低溫燒結時影響均小，在較高溫時（105 及 1100）才有較明顯之影響。一般磚之比重在 1.8 2.0 間，由圖可知，在同一燒結溫度時，水庫淤泥燒結體之比重皆大於淨水污泥燒結體。另外，為了符合磚比重 2.0 以下的要求，水庫淤泥燒結體在 1050，燒結時間 45 分鐘以前，淨水污泥在 1100，15 分鐘以前，磚之比重皆小於 2，較短的燒結時間可降低比重，也可節省能源，但過短的燒結時間可能使粒子間黏含緻密化的現象尚未開始，對吸水率及抗強度將有不良的影響，將在後節陸續討論。

##### 二、吸水率

圖 9 及圖 10 分別為燒結時間對水庫淤泥及淨水污泥燒結體吸水率之影響。在燒結溫度為 1050 時，燒結時間為 45 分鐘時，吸水率約為 15%，已可符合 CNS

對一級磚吸水率的規範，且此燒結條件之比重小於 2.0，故可初步判定在此操作條件產生之磚體已可符合一級磚之要求。在 1150 的高溫燒結中，吸水率幾乎為零，此時已可符合鋪路磚之要求（吸水率小於 2%），燒結速率最主要受燒結溫度的影響，此時的燒結速率快，故 15 分鐘的燒結時間已足夠，更長的燒結時間，除了浪費能源外，也將導致試體軟化的行為，此將在抗壓強度時再予討論。

對淨水污泥燒結體來說，燒結時間對其影響不大，在燒結溫度為 1100，燒結時間所造成吸水率降低之最高與最低的差值，只有 5% 左右，故對淨水污泥來說，欲降低其吸水率，增高燒結溫度為一較有效之方法，延長燒結時間的影響太小，徒是浪費能源而已。

##### 三、抗壓強度

過短的燒結時間，將造成燒結黏和緻密化的程度不深，或許吸水率會降低、比重會增加，但對於抗壓強度可能就影響有限。圖 11 及圖 12 分別為燒結時間對水庫淤泥及淨水污泥燒結體之抗壓強度的影響。由圖可知，在低溫燒結時（950 及 1000 時），過短的燒結時間（15 分鐘）根本無法有明顯的緻密化行為，此時的抗壓強度相差不多，提高 50 的燒結溫度並無法造成任何抗壓強度上的變化。在更高的燒結溫度時（1050 和 1100）時，隨著燒結時間的延長，不論是水庫淤泥或淨水污泥燒結體，其抗壓強度接有一大幅度的提升。尤其水庫淤泥試體在燒結溫度為 1100 時，燒結時間超過 30 分鐘時，抗壓強度大幅提昇至 700 kg/cm<sup>2</sup> 以上，已可符合鋪路磚的要求，為水庫淤泥的再利用方向提供一更高價值的用途，可惜的是，此時水庫淤泥燒結體的吸水率為 3% 左右，稍高於鋪路磚之吸水率要求，但可認為水庫淤泥已有作為鋪路磚使用之潛力。

較高的燒結溫度可增進燒結體的緻密化速率及程度，理論上，抗壓強度應能提升，但如前節所提，1150 的燒結溫度將會造成試體之軟化，因而導致抗壓強度的大幅降低，在燒結時間為 45 分鐘時，燒

結體的抗壓強度已低於 1100 同時的抗壓強度了，水庫淤泥燒結體甚至還低於 1050 同時的抗壓強度。隨著燒結時間繼續延長（60 分鐘以上），燒結體軟化的程度加深，此時水庫淤泥燒結體之抗壓強度已跟淨水污泥燒結體之抗壓強相差不多。不過，較短的燒結時間可避免軟化現象的產生，因而可提高燒結體之強度，在燒結溫度為 1150 ，燒結時間在 30 分鐘以下，不論是淨水污泥或水庫淤泥燒結體之抗壓強度皆高於同時的 1100 之燒結體，水庫於泥此時的抗壓強度高於 600 kg/cm<sup>2</sup>，高於鋪路磚抗壓強度 500 kg/cm<sup>2</sup> 之要求，而此時的吸水率在 0.5% 以下，故在燒結溫度為 1150 ，燒結時間為 30 分鐘時，已可作為鋪路磚之用途。

## 五、結論

1. 水庫淤泥及淨水污泥中皆含有少量重金屬，但經由 TCLP 分析，其溶出液的重金屬含量接遠低於法規限值
2. 水庫淤泥在燒結溫度為 1050 時，燒結時間 30 分鐘以上時，即可符合 CNS 一級磚之標準，而淨水污泥需在 1100 的燒結溫度，燒結時間 30 分鐘以上才符合 CNS 一級磚之標準。
3. 太高的燒結溫度將會導至淨水污泥及水庫淤泥產生軟化之現象，因而造成抗壓強度之大幅降低。
4. 若燒結時間小於 30 分鐘，經 1150 燒結程序之水庫淤泥燒結體已可符合鋪路磚之要求。

## 六、參考文獻

1. *Management of Water Treatment Plant Residuals* (1996). ASCE and AWWA, USA
2. Bernd W. and Carl F. S. (1997). Utilization of Sewage Age Sludge Ashes in the Brick and Tile Industry, *Wat. Sci. Tech.*, **36**(11), 251-258
3. Gabr M. A. and Bowders J. J. (2000). Controlled low-strength material using fly ash and AMD sludge. *Journal of Hazardous Materials*, **76**(2-3), 251-263

4. Liaw C., Chang H., Hsu W., and Huang C. (1998). A novel method to reuse paper sludge and co-generation ashes from paper mill. *Journal of Hazardous Materials*, **58**(1-3), 93-102
5. Onaka T. (2000). Sewage can make Portland cement: a new technology for ultimate reuse of sewage sludge. *Wat. Sci. Tech.*, **41**(8), 93-98
6. Tay J. H. and Show K. Y. (1997). Resources Recovery of Sludge as a Building and Construction Materials - a Future Trend in Sludge Management. *Wat. Sci. Tech.*, **36**(11), 259-266
7. 程道腴，鄭武輝，「工業陶瓷」，徐氏基金會，1990
8. Nowok J. W., Benson S. A., etc., (1993). The effect of surface tension/viscosity ratio of melts on the sintering propensity of amorphous coal ash slags, *Fuel*, **72**(7), 1055-1061
9. 黃忠信，「土木材料」，三民書局，1998
10. Nagaharu Okuno and Shiro Takahashi(1997), Full scale application of manufacturing bricks from sewage, *Wat. Sci. Tech.*, **36**(11), 243-250
11. Nowok J. W., Benson S. A. and Jones M. L. (1990). Sintering Behavior and Strength Development in Various Coal Ashes. *Fuel*, **69**(8), 1020-1028.

表 1 污泥之基本性質分析

基本性質	水庫淤泥	淨水污泥
pH	6.72	6.59
水分，%	1.42	11.73
灼燒減量，% (以 550±50 燃燒 3 hr.)	4.48	9.56
燒失量% (以 800±50 燃燒 3 hr.)	7.92	13.45
灰份 %	90.66	74.82
熔流溫度	1450	1520

表 2 淨水污泥及水庫淤泥之主要化學組成

	水庫淤泥 (%)	淨水污泥 (%)
SiO <sub>2</sub>	66.435	52.750
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.726	20.150
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.135	6.750
K <sub>2</sub> O	3.320	3.690
MgO	1.734	1.860
Na <sub>2</sub> O	1.267	0.872
CaO	0.513	0.300

表 3 污泥之重金屬總量

	水庫淤泥				淨水污泥			
	原污 泥	950	1050	1150	原污 泥	950	1050	1150
Cr	9.19	8.95	11.9	10.8	8.23	8.89	10.1	7.23
Cd	0.31	0.23	0.38	0.09	0.98	0.82	1.36	1.18
Pb	1.76	3.15	2.42	2.25	1.56	1.84	1.91	0.99
Cu	3.62	3.38	4.19	5.56	2.84	4.15	3.62	5.32
Zn	23.01	21.1	15.1	10.9	14.5	10.8	13.6	12.9

單位：mg/g

表 4 淨水污泥之 TCLP 分析

燒結溫度	檢測之重金屬				
	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu
原污泥	0.041	ND	ND	1.497	0.513
950	0.022	ND	ND	1.470	0.120
1000	ND	ND	ND	0.395	0.835
1050	ND	ND	ND	3.294	0.443
1100	ND	ND	ND	0.879	ND
1150	ND	ND	ND	1.248	ND
法規限值 (ppm)	1.0	5.0	5.0	15.0	25.0

單位：ppm , ND：低於 MDL

表 5 水庫淤泥之 TCLP 分析

燒結溫度	檢測之重金屬				
	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu
原污泥	0.036	ND	ND	1.232	0.541
950	0.032	ND	ND	2.871	0.691
1000	0.029	ND	ND	1.109	0.455
1050	0.011	ND	ND	0.554	0.881
1100	0.013	ND	ND	0.846	ND
1150	0.018	ND	ND	0.825	0.342
法規限值 (ppm)	1.0	5.0	5.0	15.0	25.0

單位：ppm , ND：低於MDL

表 6 CNS 382.R2002 對一般建築用磚之規範

	吸水率	抗壓強度
一級磚	15%以下	150 kg/cm <sup>2</sup> 以上
二級磚	19%以下	100 kg/cm <sup>2</sup> 以上
三級磚	23%以下	75 kg/cm <sup>2</sup> 以上

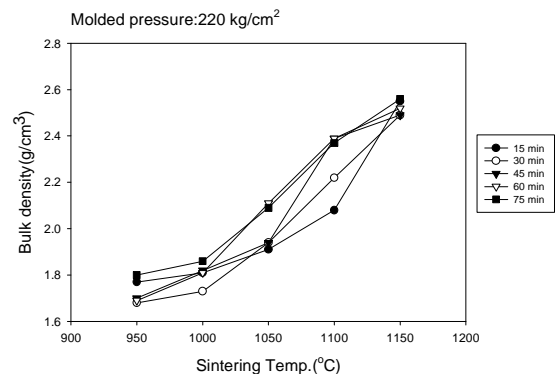


圖1 燒結溫度對水庫淤泥燒結體比重之影響



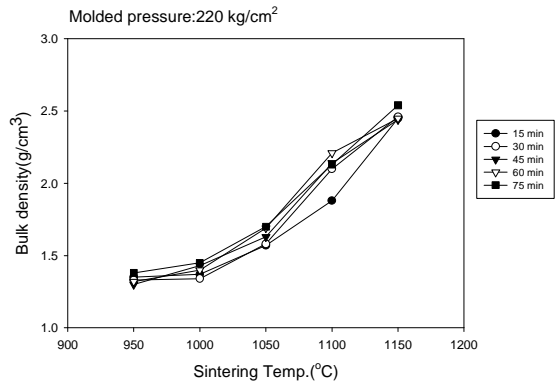


圖2 燒結溫度對淨水污泥燒結體比重之影響

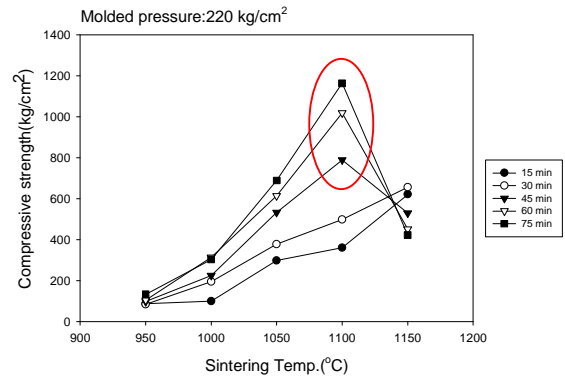


圖5 燒結溫度對水庫淤泥燒結體抗壓強度的影響

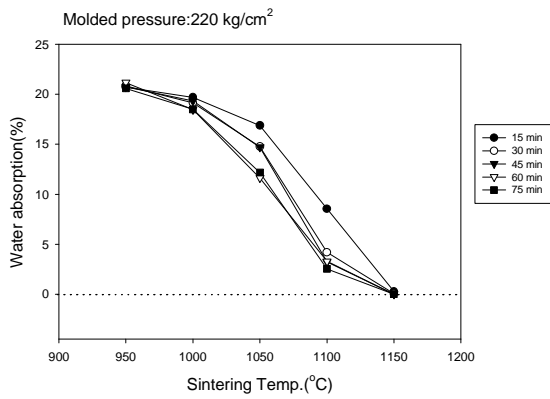


圖3 燒結溫度對水庫淤泥燒結體吸水率之影響

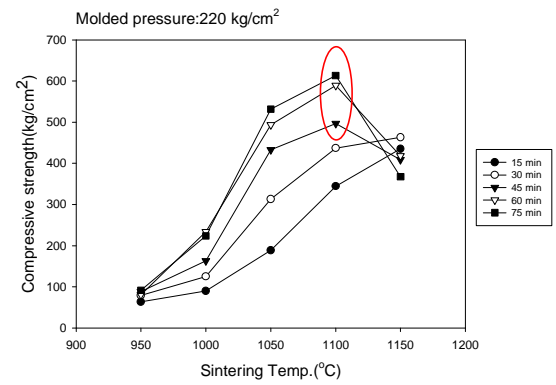


圖6 燒結溫度對淨水污泥燒結體抗壓強度的影響

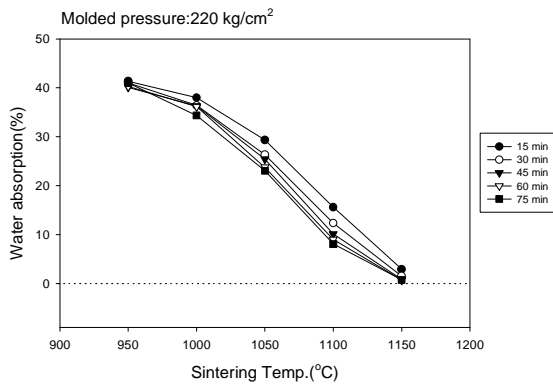


圖4 燒結溫度對淨水污泥燒結體吸水率之影響

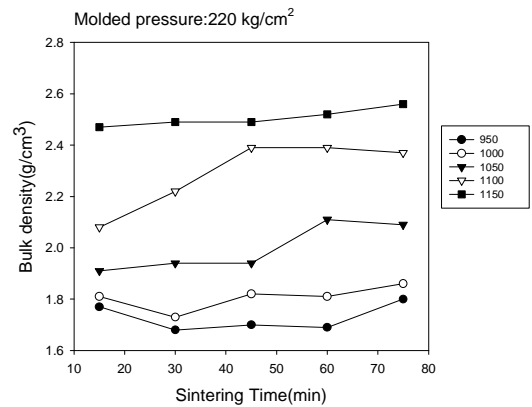


圖7 燒結時間對水庫淤泥燒結體比重之影響

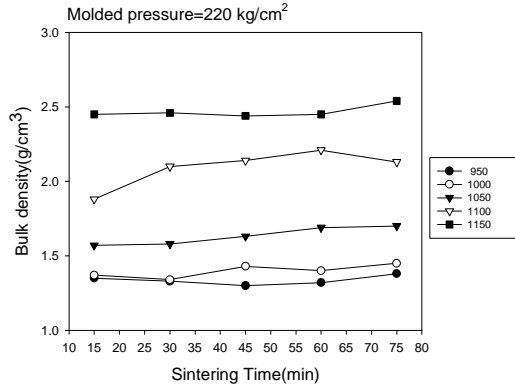


圖 8 燒結時間對淨水污泥燒結體比重之影響

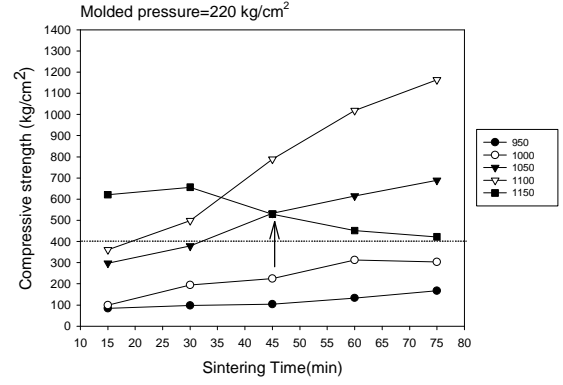


圖 11 燒結時間對水庫淤泥燒結體抗壓強度之影響

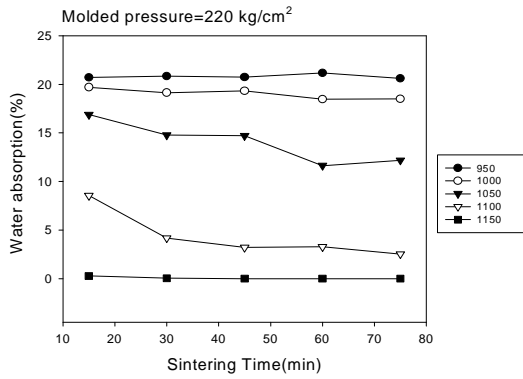


圖 9 燒結時間對水庫淤泥燒結體吸水率之影響

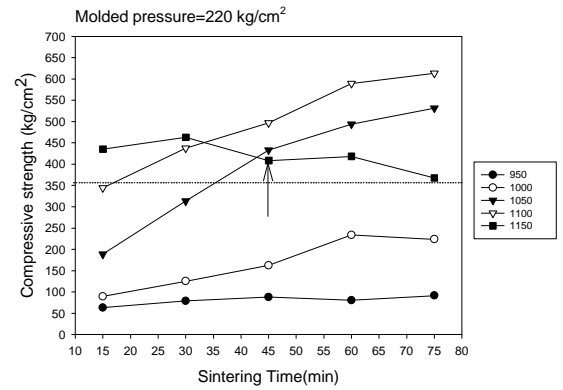


圖 12 燒結時間對淨水污泥燒結體抗壓強度之影響

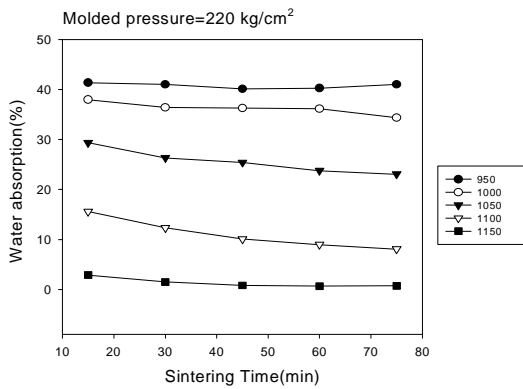


圖 10 燒結時間對淨水污泥燒結體吸水率之影響