

調理攪拌強度對鋁鹽污泥膠羽強度及後續脫水之影響

Effect of Conditioning Mixing Intensity on Floc Strength and Dewatering Efficiency of Alum Sludge

黃瑞益¹ 吳志超^{2*}

摘要

本研究之目的主要乃探討同軸調理攪拌及輸送操作所產生之不同攪拌強度對污泥膠羽強度及後續脫水效率之影響。研究中以11,000、17,000、21,000、及28,000 (sec^{-1})等四種不同攪拌強度模擬鋁鹽污泥膠羽在調理攪拌中所受之攪拌混合強度，以分析不同攪拌強度下產生之鋁鹽污泥膠羽強度值及後續污泥輸送所受之破壞與後續脫水效率之變化。實驗結果顯示；隨調理攪拌強度之增加時，污泥膠羽強度值會隨之降低導致污泥結構受破壞，粒徑變小並使上澄液濁度值增高。然此污泥膠羽強度之適度下降並未使過濾脫水效率產生惡化反有改善，但過大之降低則會引起過濾脫水效率惡化。另研究結果顯示膠羽強度過大之污泥結構其透水能力較低，污泥膠羽內及膠羽間之水分易被其強度所限住，不易快速排出，反而強度適中之膠羽其結構可提供水分子快速通過之管道而易於排水，提高脫水效率，因此以高分子調理鋁鹽污泥時，所謂最佳劑量-最適攪拌之配合應需考量其膠羽強度值，過於強韌之膠羽並未能有利於過濾脫水。

一、前言

台灣地區民生用水量不斷的增加，因此各淨水廠處理量相對地提高，使污泥產量亦隨之增加，且污泥具有高達95%以上之含水率，故形成極大之體積，而根據美國學者統計分析，污泥處理佔處理廠總經費30-40%，因此如僅依經濟考量污泥處理及處置之最佳化更形重要，而且如不當處理及處置，隨便棄置於環境中，很容易造成二次污染而影響到人體健康及環境品質(Vesilind, 1994)。如何快速使污泥減量以減少處理成本，即成為處理處置技術中重要經濟關鍵。

-
1. 逢甲大學土木水利研究所碩士
 2. 逢甲大學環境工程與科學系專任副教授

污泥在進入機械脫水之前常加入高分子調理劑以改善污泥特性，利於水份快速移除。然調理過程中攪拌剪力大小除有益於污泥膠羽形成外，亦會因剪力過大產生破壞。而一般評估污泥調理最佳化大多以其 CST 或 SRF 等脫水特性值作為依據，但實際上調理後污泥膠羽在後續脫水過程中會因不同之脫水方式而受到不同機械剪力之作用，不應只以傳統之脫水特性值作為調理成效之判斷依據，應對其膠羽強度亦進行分析以了解攪拌形成的污泥膠羽結構是否能夠承受後續脫水階段的破壞，不致於影響污泥脫水效率。Werle 等 (1984) 曾指出當調理攪拌剪力提高時，加藥量相對必須提高以便讓污泥能夠承受後續脫水之剪力。吳氏 (1997) 提出不同攪拌強度時在固定攪拌時間 (t 值) 下，污泥脫水性隨攪拌剪力 (G 值) 增加而變差，但在固定 G 值下，污泥脫水性顯然未受 t 值增加而改變。另外有研究指出當攪拌強度值相差達 2000 單位時其污泥脫水速率將受到影響 (黃氏等,1998)。Ray 和 Hogg (1987) 則指出較強的攪拌會導致膠羽間的壓縮作用 (compaction) 作用，增加膠羽之強度。他們亦提出調理劑量增加將顯著地降低膠羽破裂的情形發生。然而大部分研究多只在針對調理劑量與攪拌強度對污泥脫水影響進行探討，對於攪拌強度對污泥膠羽強度及後續污泥脫水性之關聯甚少提到，而是否較強的膠羽強度有較佳的脫水成效則需做進一步研究。Moudgil 等 (1989) 就曾提出不同的膠羽強度適合於不同之固-液分離方法。以往諸多研究均使用傳統槳葉式調理槽，其所產生之紊流強度並不均勻，造成污泥膠羽在槽中受到 G 值影響並不一致 (Morrison,1962; Parker et al.,1971)，因此使用此類型調理攪拌試驗所產生的結果恐失其代表性需進一步驗證。因此本研究主要目的乃藉由一剪應率分佈較均勻之同軸調理槽來進行調理攪拌試驗，以確實驗證攪拌 G 值對污泥膠羽之影響並同時經由膠羽強度之分析，來探討攪拌強度對膠羽強度及後續脫水效率之影響。

二、研究方法

1. 污泥來源

本研究採用之污泥取自豐原淨水廠二廠沈澱池內沈澱污泥，乃由排泥管採樣取得。該廠乃於混凝程序中所採用之混凝劑為多元氯化鋁 (PAC)，故其污泥應屬於化學調理後之鋁鹽污泥。

2. 污泥調理試驗

本研究調理試驗所採用的調理劑乃為台灣聚合公司所生產之PC-320陽性高分子聚合物，平均分子量為 20×10^6 ，電荷密度為20%。實驗進行前於蒸餾水中加入高分子調理劑使調配成重量百分濃度0.1%之溶液。調理設備乃由可變轉速之攪拌機及同軸調理槽所組成，而攪拌機控制器可提供轉速之改變，並同時可測定扭力值；同軸調理槽乃由兩圓柱體所組成（如圖一所示），由內管柱旋轉進行調理試驗。調理槽之外管由直徑18cm、高25cm之透明壓克力所組成，而內管則是由直徑17cm、高20cm之壓克力管柱所組合，兩者構成之間隙距離為0.5cm。調理試驗乃利用此間隙進行批式污泥調理實驗，後續不同攪拌速度之破壞試驗亦在此調理槽中進行。每批可試驗之污泥體積約200ml。調理試驗在固定高分子劑量下以不同攪拌強度（固定攪拌時間）來進行。

3. 污泥脫水性分析

本研究分別利用真空過濾及離心等方式進行污泥脫水試驗，而利用脫水速率（真空過濾試驗）來評估污泥經不同攪拌條件後對膠羽強度與污泥脫水效率之影響。另外亦以離心後泥餅含水率來評估不同攪拌條件所造成的脫水影響。

三、結果與討論

圖二乃在攪拌時間（t）固定下（100sec）以不同攪拌速度產生四種攪拌強度（Gt）（11,000、17,000、21,000 及 28000）進行污泥調理後經不同攪拌剪力（Gs值）後之上澄液濁度值與膠羽粒徑值變化情形。研究首先以攪拌強度=17,000 進行污泥調理而以 CST 最低值之劑量當作最適劑量（15mg/l），並於後續不同攪拌強度試驗中加入此劑量進行調理及膠羽粒徑與強度分析以分析不同攪拌強度所產生污泥其膠羽強度變化。如以調理後而破壞前（Gs=0）之上澄液濁度值和膠羽粒徑來看，發現調理攪拌強度提高（Gt 值增加）將會使膠羽遭受破壞且上澄液濁度值亦隨攪拌強度增加而增加，而膠羽粒徑亦在最佳劑量時成長至最大後隨攪拌強度增加而呈現漸次變小的現象。國內張氏（1995）曾指出 G 值超過一定值後膠羽粒徑將隨混凝時間增加而逐漸變小，可見過強之攪拌確實對膠羽形成破壞。在進入剪力破壞試驗後當使用的破壞剪力（Gs）值大於 $170s^{-1}$ ，因此如由其膠羽粒徑變化來看，則可發現 28,000 者之變化最小，最大則是 17,000，其次 11,000，顯示調理後污泥膠羽結構明顯受後續之再攪拌的破壞。由此可知在以攪拌強度=17,000 所求得之最佳劑量進行調理所形成的膠羽，雖然可獲得較佳之脫水成效（最低 CST 值），但於調理後可能因後續再加入剪力（輸送操作）而導致破壞最大。相對於 17,000 強度，攪拌強度為 21,000 和 28,000

者，則是因相對劑量的不足使調理過程中所形成之大膠羽因較大攪拌強度之高剪力破壞而產生較小的膠羽並呈現出上澄液濁度值均較 17,000 和 11,000 者高之結果，然此膠羽卻能夠承受後續隨之而來而來之剪力，使得膠羽未再受到嚴重的破壞，此乃意味調理時較高攪拌強度施用能夠形成一較小但強韌的膠羽，此結果也印證 Ray 和 Hogg 於 1987 年指出較強的攪拌會導致膠羽間的壓縮作用(compaction)作用，增加膠羽之強度。由圖二之膠羽粒徑變化的結果來看，攪拌強度=17,000 調理所得的膠羽於後續輸送操作最易遭受破壞，其它三種攪拌強度調理試驗，雖然產生較小的膠羽但皆能夠承受相當 $170s^{-1}$ 剪力的破壞，由濁度與膠羽粒徑變化情形作為膠羽強度變化之指標，則此時似乎可判定 28,000 者之強度最大（變化最小），17,000 者最小。

圖三乃相同污泥經不同調理攪拌強度調理後之離心脫水試驗結果，其乃以四種不同攪拌強度（固定攪拌時間 100sec）分別調理後，在不同的離心轉速（g 值）下離心 1min 所得到的泥餅含水率結果，以了解不同離心驅動力對泥餅含水率之影響。由圖中得知離心轉速的提高將會使泥餅含水率降低，但四種攪拌強度調理出的膠羽於不同的離心 g 值所產生之泥餅含水率差距並不大，其間之差異約在 2% 左右，然在 g 值=10,414 時，28,000 與 17,000 兩者間則有達 3% 左右之差異出現，而由先前上澄液濁度與膠羽粒徑分析法得知 28,000 者之膠羽強度較強，而卻產生泥餅含水率較高的現象，筆者認為其可能是膠羽粒徑大小所造成的影響，粒徑較小且強韌的膠羽（28,000 攪拌者）雖然不容易受到離心力的破壞，但在高離心剪力的作用下卻因小粒徑之故，導致泥餅孔隙度降低而有較大之阻抗，使膠羽中的水份不易移出而形成較高之含水率。

圖四乃使用脫水驅動力較小之真空過濾脫水設備來分析不同攪拌強度對污泥特性影響。研究中乃以相同過濾壓力（15 in-Hg）進行過濾試驗，圖中顯示以 $G \times t = 11,000$ 調理出之污泥其含水率降至 85% 需要 154 秒，而以 17,000、21,000 及 28,000 調理之污泥所需時間分別為 108、51 及 91 秒，顯然以 21,000 調理所得膠羽的脫水速率最快，但其在膠羽強度分析中卻沒有較高的膠羽強度（以上澄液濁度與膠羽粒徑分析法來看），另外膠羽強度較高者（28,000 調理出之膠羽）亦如同離心試驗一樣並未出現最好的脫水效率，顯然對以真空過濾而言膠羽強度較高者，亦不能得到較好的脫水效率，此結果表示以真空過濾進行污泥脫水時，膠羽強度只需要達一定值時即可產生良好的脫水效果，較高膠羽強度值之膠羽反而其膠羽內之水份易被其強度所限住而不易移出。另外四者的比阻抗值分別為 3.3、1.3、0.3 及 1.5 Tm/Kg ，以 21,000 調理之膠羽比阻抗值最低，表示膠羽在過濾時所產生之阻力最小，而易於污泥中水份移出，

由圖四之結果得到驗證。而由圖二之粒徑變化情形得知攪拌強度=17,000 所得的膠羽於調理後再加入剪力最容易遭受破壞，使得在脫水時產生脫水不易的現象。另外得知 21,000 及 28,000 調理出的膠羽較能夠承受後續剪力之破壞，因此兩者脫水速率較 17,000 者為快。但 21,000 者的膠羽較 28,000 者大，相對而言單位比表面積較小，所以脫水速率為最佳情形。另外以攪拌強度=17,000 所得的最佳劑量用 11,000 做調理時，可能攪拌不足使劑量未完全與污泥顆粒凝集，阻礙水份的移除（比阻抗值最高），而產生脫水最差的現象。由圖三與圖四所顯示的結果明顯產生相異的情形，此可能使用的脫水驅動力不同所造成，相較於離心，真空過濾之脫水驅動力明顯較低，而且不同脫水方式對污泥膠羽強度的要求亦不同（Moudgil et al., 1989）。因此不同攪拌強度產生的污泥結構在不同脫水驅動力下會導致不同的脫水結果。

四、結論

以不同攪拌強度作為調理時，膠羽強度容易受到不同攪拌強度的影響。膠羽強度較大之污泥結構，其污泥膠羽內及膠羽間之水分易被其強度所限住，不易迅速排出，反而強度適中之膠羽其結構可提供水分子快速通過之管道而易於排水，提高脫水效率，因此以高分子調理鋁鹽污泥時，所謂最佳劑量-最適攪拌之配合應需考量其膠羽強度值，過於強韌之膠羽並未能有利於過濾脫水。而攪拌強度在17,000-28,000間逐漸地提高，將會使膠羽更緻密且能夠抵抗剪力之破壞並有較好的脫水成效。因此以攪拌強度作為調理控制依據且考量其經濟性時，選用攪拌強度在17,000-28,000間作為調理於過濾脫水將有較好的脫水成效。

五、誌謝

本研究經費承蒙國家科學委員會補助（NSC-88-2211-E-035-003），特此致謝。

六、參考文獻

Moudgil, B. M., and Vasudevan, T. V. (1989) Evaluation of floc properties for dewatering of fine particle suspensions. *Minerals and Metallurgical Processing*,

Morrison, P. P., Olin, H., and Rappe, G. : *Chemical Engineering Research Report*, Cornell University, June 1962 (unpublished)

Parker, D. S., Kaufman, W. J., and Jenkins, D. (1971) Physical conditioning of activated sludge flocs. *J Water Pollut. Control Fed.*, **43**, 1817-1833

Ray, T., and Hogg, R. (1987) Agglomerate breakage in polymer-flocculated suspension. *J. Colloid Interface Sci.*, **116**, 256-268

Vesilind, P. A. (1994) The role of water in sludge dewatering. *Wat. Environ. Res.*, **66**, 4-11.

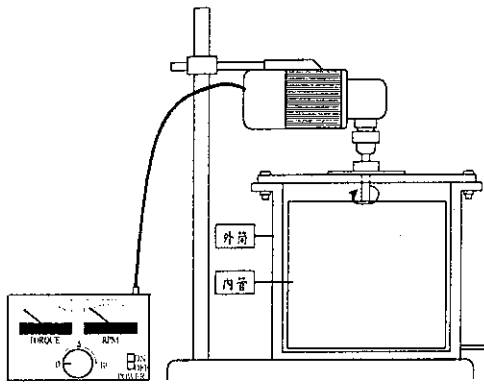
Wen, H. J. and Lee, D. J. (1998) Strength of polymer flocculated clay flocs. *Advanced Environmental Research*, **2**, 390-397

Werle, C. P. and Novak, J. T. (1984) Mixing intensity and polymer conditioning. *J. Envir. Eng., ASCE.*, **110**, 919-934.

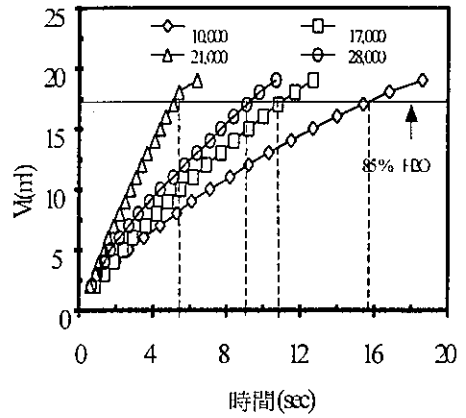
吳志超，（1997）以高分子調理鋁鹽污泥對其脫水性影響之研究，博士論文，交通大學，新竹。

張文承，（1995）同軸迴轉混凝槽之膠羽成長及膠羽密度之探討。碩士論文，中原大學，中壢。

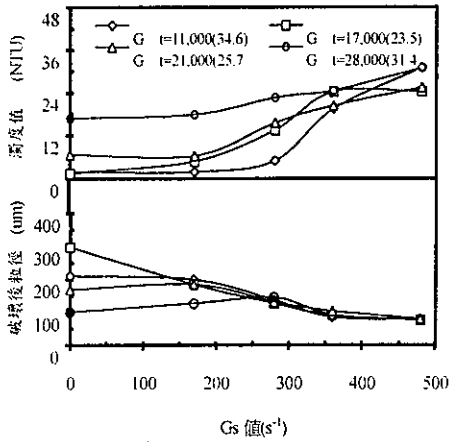
黃志彬及吳志超，（1998）淨水場混凝劑與調理劑加藥最適化與自動化之研究。台灣省自來水股份有限公司，台中。



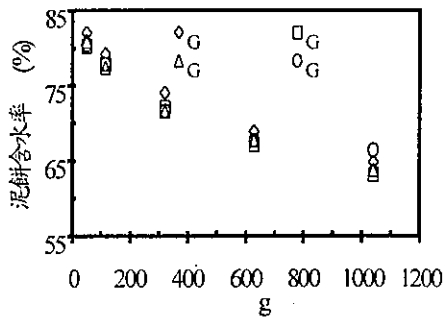
圖一 同軸攪拌槽裝置圖



圖四 不同攪拌強度調理下之脫水速率比較



圖二 不同攪拌強度調理後之膠羽強度分析



圖三 不同攪拌強度調理之污泥經離心後泥餅含水率