

泥水工法における泥水管理に関する研究 (第11報)

——フィルタープレスによる廃液処理法の開発——

喜 田 大 三
斉 藤 裕 司

概 要

泥水工法において発生するベントナイト廃液を現場内で、水と固形物とに分離処理する方法を研究開発することが切望されていた。建設工事現場内で、廃液を水と固形物とに分離する場合、一般のプラント方式とは異なり、特殊な制約をうける。したがって、建設工事現場内で、実際稼働できる処理装置を開発することを目的として研究開発を行なった。ここでは、加圧ろ過機の一つであるフィルタープレス方式を取り上げ、室内実験をもとに、現場用の試作機を製作し、現場実験を行なった。室内および現場における一連の実験結果によれば、処理能力は廃液の性状、薬品処理の良否、送泥時の圧力などによって影響されることが明らかとなった。本試作機を実用化するために必要な処理能力を上げるために、薬品処理に注目し、室内実験によって再検討を行なった。その結果、圧力に対して強固で多孔性の凝集体を作る薬品処理法を開発することができ、本方式による廃液処理は経済的にも実用化が可能となった。

1. まえがき

近年、無音・無振動工法として脚光をあびている地中連続壁工法 (OWS, SOLETANCHE 工法) においてはベントナイト粘土を主体とした水懸濁液 (泥水) を使用する。この工法を用いた工事においては、このベントナイト泥水の管理が工事の成否に大きな影響を及ぼす。この泥水管理は下記の3種類に大別される。第1は使用前の管理、すなわち泥水の調合に関するもの、第2は使用中の管理、すなわち泥水の使用可否の有効性判定に関するもの、そして第3は使用後の管理、すなわち泥水の廃棄に関するものである。

さて、地盤掘削時あるいはコンクリート打設時に劣化して、大林式泥水試験法で使用不可と判定された泥水、あるいは工事終了時の泥水は廃液と呼ばれる。この廃液を無処理のまま下水道、河川あるいは海に廃棄すれば、下水道閉塞あるいは水質汚染などの二次公害を起す恐れがある。そこで、通常、公的機関によって指定された埋立て地などに廃液をバキューム車、コンテナなどに積んで運搬し、廃棄している。

ところで、これまでは公害規制が比較的緩く、廃液を無処理のまま廃棄できる場所は泥水工法の多い市街地近辺にもあった。しかし、最近のように公害規制が厳しくなると、特に微細なベントナイト粘土を含む廃液の廃棄場所は当然制限され、その上市街地から遠方になってきている。また、この廃液をバキューム車で処理する場合、その処理費が全工事費に占める割合も

年々増大する傾向にある。このため、迅速で能率的な廃液処理法の開発が切望されていた。

そこで、工事現場内で廃液を処理することを意図し、フィルタープレス (加圧ろ過機) による処理法を開発した。廃液を水と固形物とに分離する方法は種々考えられているが、廃液中にはベントナイトという微粒子が含まれるために、真空ろ過方式等では処理能力はきわめて小さい。しかし、本方式は加圧ろ過することによって強制的に脱水を行なうとともに、単純な機械であるため、操作する上で特別な技術を必要としないという特徴がある。したがって建設工事現場内でベントナイトを含む廃液処理に適している。この方法は、以下に説明するように廃液を特殊な薬品で化学処理したのち、フィルタープレスを使って、透明な水と水分の少ない固形物 (ベントナイトと掘削土) とに分離する方法である。また、本方式によって得られる透明な水は下水道に放流することができ、固形物は掘削土と同様にダンプカーで場外へ搬出処理できるし、含水比が低い固形物であるため、そのまま埋立て用材料として使用することも可能である。

2. 廃液について

廃液処理法を開発するにあたり、廃液の実態を把握し、どのような処理装置が適しているかを検討するため当社が施工した23の現場について廃液の発生状況、およびその性状について調査した。

工事現場内が廃液処理を行なう際、どの程度の処理

能力を持つ処理機を使用するかを検討するため、あらかじめ廃液の発生量を推定することは必要である。

当然のことながら、廃液発生量は掘削土量と密接な関係がある。図-1にこの関係を示す調査結果を示す。しかし、同図から明らかなように、同一掘さく量においても廃液発生量は変動する。これは使用した泥水の性質、地盤の性状、および掘さく方法などによっても影響されるためである。

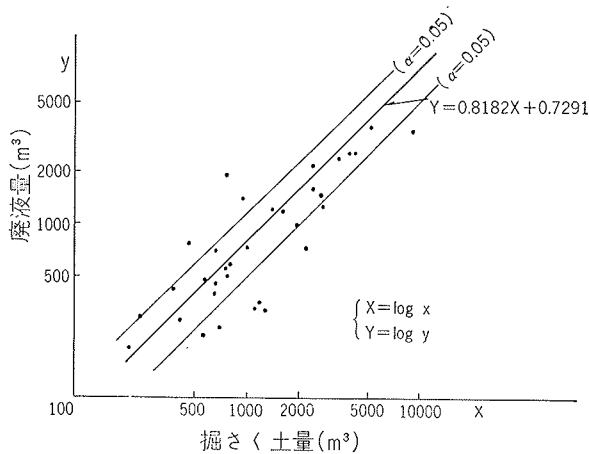


図-1 掘さく土量と廃液量の関係

このように、種々の因子によって廃液発生量は変動するため、正確な発生量を推定することは困難であるが図-1に示した結果をもとに、掘削土量から廃液発生量を推定する式を導いた。

$$\log y = 0.82 \log x + 0.73$$

ここで

y; 廃液量 (m³)

x; 掘削土量 (m³)

上式をもとに、各現場の掘削土量と工事期間とから1日当りの平均廃液発生量を推定することは可能である。しかし実際には1日当りの廃液発生量も変動する。つぎに、廃液の性状について調査した結果を表-1に示す。同表より明らかな通り廃液の性状は非常に変動することが明らかとなった。

項目	分布の範囲
全濃度	1.6~40%(大部分は20%前後)
ベントナイト濃度	3~7%
砂分濃度	<10%
pH	7.5~12.5(セメントの混入量により変化)
セメント混入量	0.2~0.8%

表-1 廃液の性状

3. 廃液処理法

前項で述べたように、廃液の発生量、およびその性状は非常に変動する。したがって、工事現場内で廃液処理する場合次のような特殊な制約を受ける。

- 1) 廃液発生量は変動するため廃液槽を設置する必要がある。
- 2) 性状変化に応じた適切な薬品処理を行なう必要がある。
- 3) 設置場所を制限されるとともに他の工事の障害とならぬようできる限り小さな処理装置であること。
- 4) 稼動する期間が恒常的なプラント方式に比べ、短かい。
- 5) 運搬および設置が容易であること。

よって、変動する性状を一定にするため、大きなスラッジ調整槽をもうけ、常に安定した性状のスラッジを定常的に処理する一般のプラント方式(例えば汚泥処理、採石現場における濁水処理等)をそのまま持ち込むことはできない。上述した条件を考慮してフィルタープレスによる廃液処理法を開発した。

図-2に本方式による廃液処理の基本となるシステムを示す。廃液槽中に集められた廃液はフィルタープレスの送泥孔やポンプをつめるような粗粒物を除去した後薬品処理槽において化学薬品で処理する。その結果、廃液はフィルタープレスでろ過されやすくなる。

さて、フィルタープレスは一種の加圧ろ過機であってその脱水様式を図-3に示す。鑄鉄製の両面が凹んだ(ただし両端は一面が凹んだ)ろ板Aの表面を合成繊維のろ布Bでおおい、ろ板をジャッキDで締付けると、ろ布で囲まれたろ室Cが出来る。この中に廃液を最高 20 kg/cm² の高圧で送りこむと透明な水がろ過されてくる。一方、土粒子は水分の少ない固形物(ケーキ)としてろ室に残り、しだいにろ室はケーキで充満する。その後、ジャッキをゆるめ、ろ板を1枚づつずらすと、ケーキは自重でろ布から剥離する。すべてのケーキを取除いた後、再びジャッキでろ板を締付け上述の操作を繰返して、廃液を透明な水と固形物とに分離してゆく。

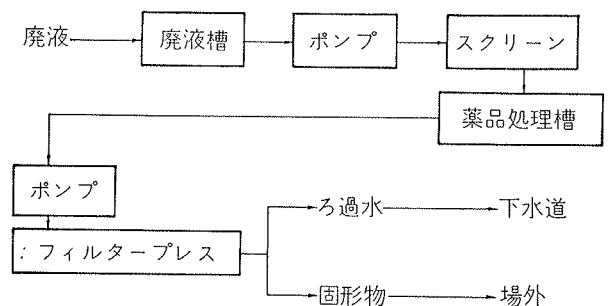


図-2 処理システム

当社では、本方式による廃液処理について室内実験により検討した結果、処理が可能であるとの見通しを得、現場実験用にろ過面積 39m²、ろ室容積 0.5m³のフィルタープレスを試作した。本処理装置を図-4に

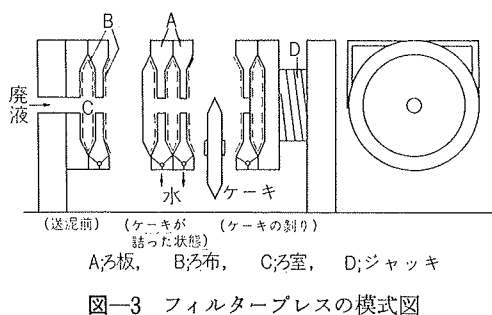


図-3 フィルタープレスの模式図

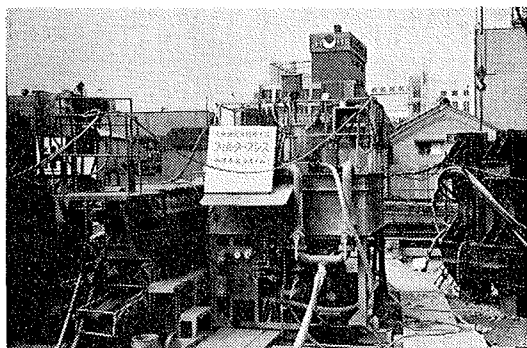


図-4 処理装置

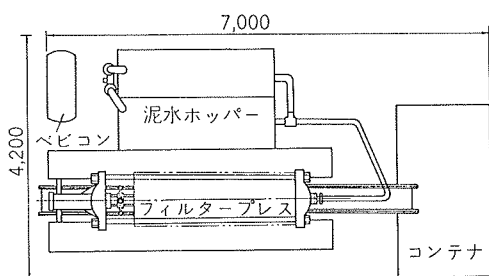


図-5 処理装置の配置図(例)



図-6 フィルタープレスの脱水状態

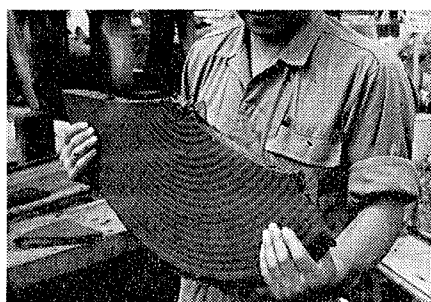


図-7 フィルタープレスのケーキ

示す。なお、設置したときの1例を平面図として図-5に示す。また、脱水の状態を図-6に、脱水後のケーキの状態を図-7に示す。

4. 現場実験の結果と検討

この研究開発は当然ながら室内実験、つづいて現場実験へと発展させた。室内実験結果の詳細についてはここでは省略するが、これら一連の実験結果によれば、フィルタープレスの処理能力(送泥時間当りの処理量)は、廃液の諸性状(全濃度、ベントナイト濃度、砂分濃度等)、薬品処理の良否、送泥時の圧力などによって影響されることが判明した。

現場実験用に試作したフィルタープレスによる実験結果によって、各々がどのように影響しているかを示す。まず、濃度の変動による実験結果の一例を図-8に示す。同図から明らかなように全濃度が7.6%のものは22.8%のものに比べ、各送泥時間における脱水速度は大きい。しかし、固形物がろ室を充満するまでの送泥時間は、7.6%濃度のもは150分もかかるのに反して、22.8%濃度のもは50分であった。その結果、高濃度では、送泥時間が短いので、処理回数が多くなり、処理能力が大きかった。また、全濃度の増大は、比較的ろ過しやすい粗粒分、特に砂分が多く含まれており、フィルタープレスで処理しやすい。

また、別の実験結果では、一般にベントナイト濃度が高いほど、ろ過しにくいことが判明した。

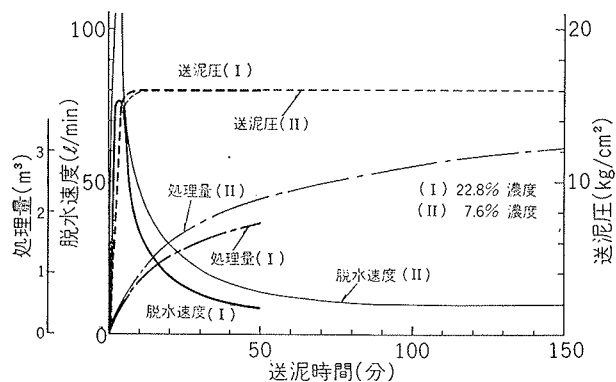


図-8 廃液濃度の影響(例)

つぎに、廃液中の微細な土粒子特にベントナイト粘土粒子は混入したセメントなどによって凝集しているが、そのままフィルタープレスへ送泥しても処理能力は極めて小さい。そこで、さらに薬品処理してろ過させやすい状態に凝集させる必要がある。ろ過させやすい状態とは、後述するように単に見かけ上良好なフロックというだけでは不十分であり、ろ過圧に対しても強固で、かつ多孔性の凝集体のことである。しかし、

廃液の性状は変動しているので、それに応じて適切に処理しなければならない。図-9には薬品処理の良否について実験した結果の一例を示す。

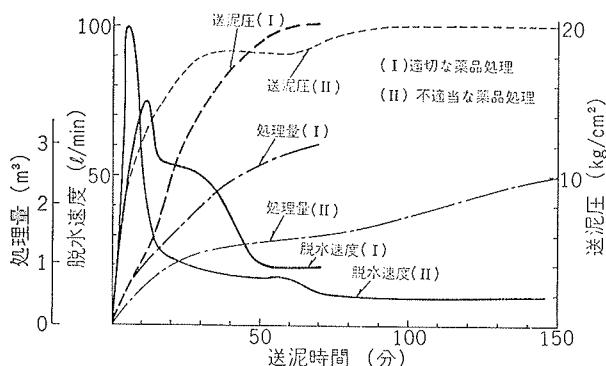


図-9 薬品処理の効果(例)

ところで、廃液中に含まれるベントナイト粒子のため、適切な薬品処理を行なったものでさえ、ろ過時に生成するケーキ透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ (cm/sec) と非常に小さい。したがって、ろ過時の圧力は高い方がろ過速度は大きい。しかし、後述する耐圧性の凝集体を生成する薬品処理においては、この耐圧構造を破壊しない程度の最適ろ過圧というものがあると考えられるようになった。また、フィルタープレスの耐圧性も考慮して、最高圧を 20 kg/cm^2 におさえ、一般には $15 \sim 17 \text{ kg/cm}^2$ の圧力で使用している。

さて、上述のような各種因子によってフィルタープレスの送泥時間当りの処理量は変動する。さらに1日当りの処理量は当然ながら、機械の稼働率(送泥時間/総時間)によっても影響される。そこで試作機による廃液処理の実態を調査した一例として、某現場における調査結果を図-10に示す。

つぎに、某現場における現場実験の結果をもとに、本試作機による m^3 当りの処理費について検討した。各費用項目は、以下に述べるように3種類に大別される。第一は、一日当りの処理量の変動に伴ない1日に要する費用は変動するが、 m^3 当りの費用は変わらないもの、すなわち、薬品代、排土運搬費、電気代、水道代、油脂費、修理費である。第二は、日数によって増する費用であり、1日当りの処理量を増大することによって m^3 当りの単価は少くなるもの、すなわち、機械使用料および労務費である。そして第三は、1日当りの処理量によっては変わらず、全処理量によって変動するもの、すなわち、機械運搬費、設置撤去費、工器具費である。本実験の結果によれば、処理費に占める機械使用料、および労務費の割合が非常に大きかった。ところで、この機械使用料および労務費は1日当りの処理量によって反比例的に低下する費用である。本試

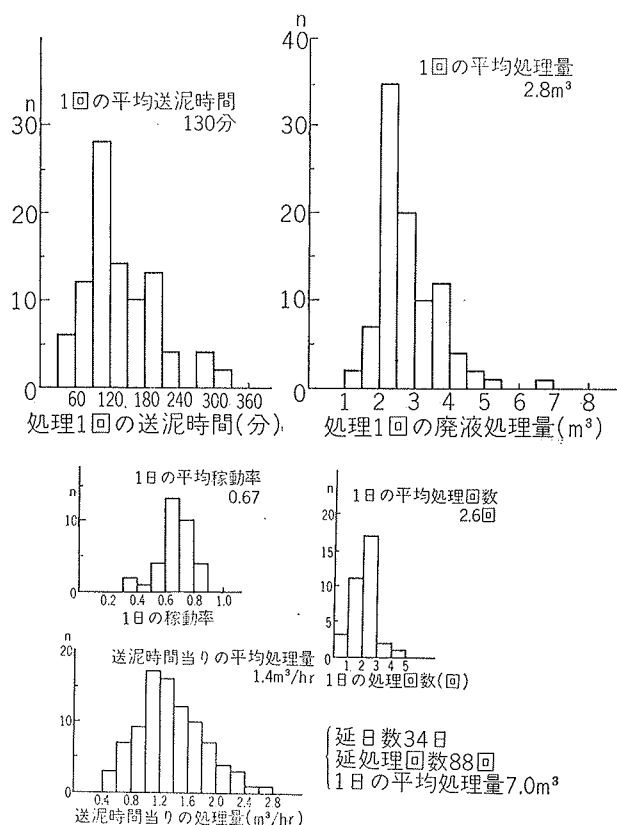


図-10 某現場の調査結果

作機の場合には、1日当りの処理量が約 15 m^3 まではこの費用は急激に減少することが明らかとなり、この処理量まで処理能力を上げると処理費は非常に安くなることが判明した。

5. 薬品処理の再検討

前述したように、本試作機で廃液処理を行なう場合処理量が1日当り約 15 m^3 とすることによって処理費の低廉化が可能である。処理能力の増大を計るには、ろ過圧を大きくする、適当なろ過促進剤を添加する等の対策が考えられる。ここでは、薬品処理に注目し、さらにろ過性のよい凝集体を作ることを目的として再度薬品についての検討を行なった。

さて、当初行なった薬品処理では見かけ上大きな凝集体を生成するが、この凝集体は軟弱であるため加圧ろ過する場合にろ過面に透水性の小さい膜を作るので、この膜のため思うように処理能力は上らないことが明らかとなった。これに対し、圧力に対してより一層強固で、しかも多孔性の凝集体を形成するための薬品処理について室内実験により検討した。この結果について以下に説明する。

使用した廃液はろ現場より採取した廃液で、その性状を表-2に示す。この廃液を薬品処理した後、加圧ろ過試験器でろ過し、脱水に要する時間、ケーキの厚

さ、ケーキの含水比の測定を行なった。

表一3に実験結果の1例を示す。同表から明らかのように、廃液によってろ過性は変動するが、当初行なった薬品処理の場合に比べ2~4倍のろ過速度が得られた。この薬品処理の作用機構は複雑であるが、良好な結果が得られた薬品処理の場合のケーキの状態は、ろ過面に近い所ほど圧密され堅くなる当初行なった薬品処理に比べ、全体がほぼ均一に圧密されること、ケーキ厚も厚い等から、圧力に対して強固で多孔性の凝集体を形成しているものと推定される。

試料	全濃度	ベントナイト濃度	pH	砂分濃度	セメント混入量
A	15.5%	7.0%	8.0	0.6%	0.08%
B	10 %	3.0%	7.6	0.4%	0.11%
C	10 %	2.2%	9.2	0.4%	0.33%

表一2 試料の性状

試料	ろ過時間(分)*		ケーキの厚さ(mm)		ケーキの含水比%		ろ過速度の比率**
	従来行なった薬品処理	新しい薬品処理	従来行なった薬品処理	新しい薬品処理	従来行なった薬品処理	新しい薬品処理	
	A	120 ***	30	29	19	365	
B	136	31	14	16	151	165	4.0
C	46	20	11	12	159	132	2.2

* 試料量 300mlをろ過圧18kg/cm²でろ過した結果
 ** 従来行なった薬品処理におけるろ過速度を1としたときの比率
 *** 脱水不十分であった。

表一3 実験結果

つぎに、この結果をもとに処理能力、および処理費について検討を行なった。実験結果によるろ過速度は平均3倍であるがケーキの剝離、薬品処理の時間等を考慮すれば、処理能力は約3m³/hrと予想され、現場用試作機の1日当りの処理量は15m³以上とすることが可能となった。

また、処理費に占める薬品代は、当初行なった方法に比べ多少増大するが、処理量の増大のため機械使用料、労務費の減少が非常に大きい。その結果、廃液m³当りの全処理費は約30%のコストダウンになると算定

された。

上述のように、フィルタープレス方式では、薬品処理は非常に重要であり、この方式に合った適切な薬品処理を行なう必要がある。現在さらにろ過速度が大きい薬品処理法について検討を進めている。

6. まとめ

泥水工法において発生するベントナイト廃液の発生量、およびその性状は非常に変動する。この廃液を建設工事現場内で、水と固形物に分離処理する方法を開発するため、加圧ろ過機の一つであるフィルタープレス方式を取り上げ、室内実験をもとに、現場用試作機を製作し、現場実験を行なった。室内および現場における一連の実験結果によれば以下のことが明らかとなった。

- 1) フィルタープレスの処理能力は廃液の諸性状、薬品処理の良否、送泥時の圧力などによって影響される。
- 2) 本試作機を実用化するに必要な処理能力を上げるため、薬品処理を再検討し、圧力に対しより一層強固で多孔性の凝集体を作る薬品処理法を開発した。その結果、本試作機の1日当りの処理量は15m³以上となり、経済的にも実用化が可能となった。

最後に、本処理法の開発研究は、当社機械部、機械工場、現場の関係者の熱心な協力の下に行なわれたものであり、ここで改めて謝意を表する。

参考文献

- 1) 喜田・中田・佐藤；泥水工法における廃液処理法の開発（その1）社内報（1970）
- 2) 喜田・中田・斉藤；同上（その2）社内報（1971）
- 3) 喜田・中田・斉藤・佐藤；同上（その3）社内報（1971）
- 4) 喜田・斉藤；同上（その4）社内報（1972）