

泥水工法における泥水管理に関する研究 (第17報)

—フィルタープレスの処理結果に及ぼす廃棄泥水の性状の影響—

喜 田 大 三
齋 藤 裕 司

Studies on Control of Slurry for Underground Excavation (Part 17)

—Influence of Nature of Bentonite Slurry
on Results of Treatment by Filter Press—

Daizo Kita
Hiroshi Saito

Abstract

Waste bentonite slurry from two project sites (A, B) having fairly different characteristics, after treatment with inorganic chemical agents newly developed, were treated by a filter press having a filtering chamber volume of 0.75 m³ and filtering area of 48 m² at a pressure of 12 kg/cm². The treated volume per day and the water content of the cake varied even for the same project site, while it was also found that the average treated volume per day differed between A and B. These variations and differences were examined from the aspect of the properties of the bentonite slurry and the following results were obtained:

- 1) The volume and time of 1 cycle varied according to the nature of the bentonite slurry and this nature varied continuously.
- 2) The water content of the cake varied with this nature.
- 3) Better results can be obtained by treating of higher concentrations of the bentonite slurry in this system.

概 要

廃棄泥水の性状をかなり異なる二つの現場 (A, B現場) において、ろ室容積 0.75m³、ろ過面積 48m² のフィルタープレスを使用し、新しく開発した無機系薬品処理を行なって、ろ過圧 12kg/cm² の条件下でベントナイトを含む廃棄泥水の処理を行なった。その結果、同一現場においても一日当りの処理量とケーキの含水比は変動し、A, B両現場の1日当りの平均処理量も異なることが判明した。ここでは、これらの変動と差異について廃棄泥水の性状の面から検討し、その主原因のひとつは、1回当りの処理量および1回当りの送泥時間が、主として廃棄泥水の性状に影響され、この性状が絶えず変化するためであることを明らかにした。また、ケーキの含水比も廃棄泥水の性状変化によって変化した。さらに、このような結果から、本方式では廃棄泥水の全濃度が濃いほど、より良好な処理結果がえられることを明らかにした。

1. まえがき

当社では、すでに建設工事現場で発生する各種の濁水の処理法について検討を加えてきた。この方法としては、いろいろ考えられるが、まずそのひとつとしてフィルタープレス方式を取り上げ、OWS・SOLETA NCHE工法で発生するベントナイトを含む廃棄泥水の処理に対するその適用の研究を進めつつある。

すでに第11報¹⁾ において、その開発の経過と現場実験結果の一部を報告した。その中で述べたように、フィルタープレスの処理能力は、処理機の大きさ、送泥圧、薬品処理の良否、廃棄泥水の性状などの各種因子に依存するが、処理能力を上げるために薬品処理が特に重要であることが明らかとなった。そこで、薬品処理についての室内実験を行ない、フィルタープレス方式に適応した新たな薬品処理法を開発した。そして、

本薬品処理の現場用装置を作成し、現在実用化の段階に達している。

本報では、廃棄泥水の性状をかなり異にする二つの現場（A、B現場）について、調査研究したところ、その処理結果が泥水の性状に大きく左右されることが判ったので、その概要を報告する。

2. 現場における処理結果

2.1. 現場の概要

表一に廃棄泥水の処理を行なったA、B両現場の概要を示す。この表に示したように、これら二つの現場では、ベントナイト泥水を使用した地中連続壁工事が実施された。これら現場の土質条件は異なり、A現場は海岸近くの埋立て地盤で、細砂層から成る。一方、B現場は東京都内の洪積地盤であって、砂層と粘土・シルトの互層により構成される。

	A 現場	B 現場
工事規模	3340 m ² の地中連続壁工事	6000m ² の地中連続壁工事
土質条件	海岸における埋立て地盤で細砂層	東京地区の洪積地盤で砂層、シルト・粘土層の互層
掘さく機	KELLY-40M型 2台	KELLY-40M型 4台
泥水の調合	ベントナイト 8% ヘキサメタリン酸 ソーダ 0.2%	ベントナイト 7.5% ヘキサメタリン酸 ソーダ 0.2%
泥水の作成量	600 m ³	1350 m ³
廃棄泥水量	200 m ³	410 m ³

表一 現場の概要

2.2. 廃棄泥水の諸性状

現場から採取した廃棄泥水の諸性状を分析した結果を表二に示す。この表から判るように、A、B両現場とも廃棄泥水の諸性状の変動幅は非常に大きい。また、上述したようにA、B両現場では土質条件が異なるために、そこで発生した廃棄泥水の全濃度および砂分濃度は異なり、全濃度、砂分濃度ともA現場の方がB現場のそれより大きい。ただし、ベントナイト濃度とpHは両現場とも大差はみられない。

	A 現場	B 現場
全濃土	6~66 %	5.5~40%
ベントナイト濃度	4~7.1%	5~6.9%
砂分濃度	3~40 %	0.3~22%
pH	8~11.5	7.5~12

表二 廃棄泥水の諸性状

2.3. 処理条件

上述したA、B両現場における廃棄泥水について、口過面積48m² 口室容積0.75m³のフィルタープレスを使用して、口過圧 12kg/cm² で、その処理を行なった。なお、このたびは、新しい薬品処理法として、無機系薬品を 10kg/m³ 添加した。

2.4. 処理結果

前述のような条件下で、フィルタープレスによって処理したところ、表三に示す結果を得た。なお、図一は処理状況の概観を示したものである。

i) 処理量に関する結果

当初、処理量は1日当たり平均15m³以上を目標としたが、表三に示されているように、新たな薬品処理法によって、ほぼこの目標に達した。この表から明らかのように、同一現場においても1日当たりの処理量はかなり大きな変動幅をもっている。その理由は、1日

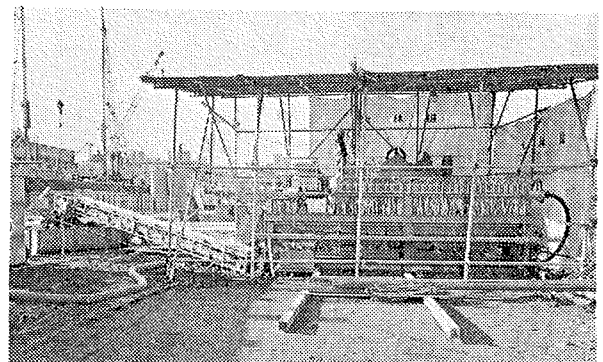
項目	記号	A 現場	B 現場
1回当たりの処理量 (m ³)	v	1.8(1.3~3.5)	1.9(1.5~2.6)
1回当たりの送泥時間 (分)	t ₀	28 (13~55)	35 (25~45)
1回当たりの固形物除去時間 (分)	t ₁	8.6(5~15)	10 (5~10)
1日の処理回数 (回)	n	11 (6~18)	9.7(8~12)
1日の全作業時間 (時間)	T	8.2(8~8.5)	8 (-)
1日当たりの処理量 (m ³)	V	20(14.3~28.2)	17.6(14.5~20.9)
ケーキの含水比 (%)	-	(58~160)	(60~180)
ケーキの一軸圧縮強度 (kg/cm ²)	-	(0.4~4)	(0.4~4)
口過水の濁度 (ppm)	-	<20	<20
口過水のpH	-	(7~8)	(7~8)

注) 結果の表示は平均値(変動巾)としている。

各記号間の関係は次のとおりである。

$$V = n \times v \quad n = \frac{60T}{t_0 + t_1}$$

表三 処理結果



図一 現場における処理状況

当りの処理量 (V) は1回当りの処理量 (v) × 1 回当りの処理回数 (n) であり、同表から明らかなように、v および n の値のいずれもが大きく変化するためである。

そこで、このように v および n の値が大きく変動している原因を追求した。その結果、3. で説明するように、v の変動の主原因は廃棄泥水の濃度および粒度組成の変動であることが判明した。一方、n、1 日の全作業時間 (T)、1 回当りの送泥時間 (t₀) および 1 回当りの固形物除去時間 (t₁) との間には、 $n=60T/(t_0+t_1)$ の関係が成立する。この関係式において、T の変動は小さく、また t₁ の変動幅に比較して t₀ のそれは約 4 倍である。そのために、n の変動は t₀ の変動にもっとも影響を受けている。そして、3. で説明するように、この t₀ の変動の主原因、ひいては n の変動の主原因は廃棄泥水の濃度および粒度組成の変動であることが判明した。

つぎに、A、B 両現場の 1 日当りの平均処理量の差異を考察する。表-3 に示すように、A 現場の平均処理量は B 現場のそれに比べて大きい。この原因は、A、B 両現場の 1 回当りの平均処理量がほぼ同じであるので、1 日当りの平均処理回数の差異によるのである。すなわち、表-3 に示すように、A 現場の平均処理回数が B 現場のそれに比べ大きくなっているためである。ところで、両現場の作業時間ならびに 1 回当りの固形物除去時間がほぼ同じであるので、上述の平均処理回数の差異は、A 現場の 1 回当りの平均送泥時間が、B 現場のそれより小さいことによる。

以上のように、両現場の 1 日当りの平均処理量の差異は 1 回当りの平均送泥時間の差異に起因していると判定した。さらに、このような送泥時間の差異の主原因について検討した。その結果、表-2 から明らかなように、土質条件を反映した廃棄泥水中の固形分の砂分含有率 (砂分濃度/全濃度) が B 現場より A 現場で大きいために、A 現場の送泥時間が短くなったと判定した。なお、このような関係については 3. でもふれる。

ii) ケーキ (分離固形物) の性状

フィルタープレスで処理した場合のケーキの性状は A、B 両現場とも類似しており、実測したその含水比は 60~180% と大きな変動幅を有するが、大部分は 100% 前後であった。この変動幅の原因について検討した結果、3. で説明するように廃棄泥水の性状が大きく関与していることが判明した。

つぎに、ケーキの一軸圧縮強度はケーキの含水状態によって 0.4~4 kg/cm² とかなり大きく変動した。

以上の説明から明らかなように、ケーキの性状は良好であり、そのままダンプカーで運搬・廃棄できた。

iii) 口過水の性状

フィルタープレスで処理した後の口過水の濁度は 20 ppm 以下であった。この効果は薬品処理の結果としての微細な粘土粒子の凝集によるものと考えられる。

また、口過水の pH は適正な値を示すように薬品で調整したため、7~8 を示した。したがって、このまま下水道に放流した。

iv) 処理費について

表-3 に示したように、本薬品処理法を適用することによって 1 日当りの平均処理量は 15m³ 以上となった。そのために経済的な処理が行なえた。

3. 処理結果に及ぼす廃棄泥水の性状の影響

3.1. まえがき

2. で述べたように、フィルタープレスの 1 日当りの処理量は、一定の条件下で処理した場合においてもかなり広い変動幅を示す。これは廃棄泥水の性状変化に起因する 1 回当りの処理量と 1 回当りの送泥時間の変化によるものであると推定した。そこで、A、B 両現場から採取した廃棄泥水の性状を分析して、上述の関係について検討を行なった。その結果、泥水の性状がそれぞれに大きく影響していることが明らかとなった。また、ケーキの含水比も廃棄泥水の性状によって変化することが明らかとなったので以下に説明する。

3.2. 検討結果

i) 1 回当りの処理量に及ぼす影響

本方式による処理では、一定の送泥圧のもとで、一定の口室が固形物で充滿されるまで送泥する。したがって、ケーキ中の水分の体積と固形分の体積との比が一定、いかえるとケーキの含水比が一定ならば、処理量 (v) と泥水的全濃度 (C_t) との間には逆比例の関係が成立する。そこで、両現場で得られた v と C_t

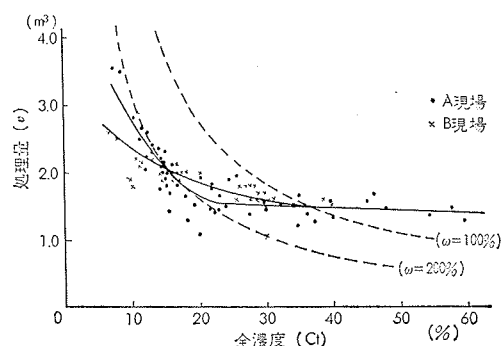


図-2 泥水的全濃度と 1 回当りの処理量との関係

との関係を図一2に示す。

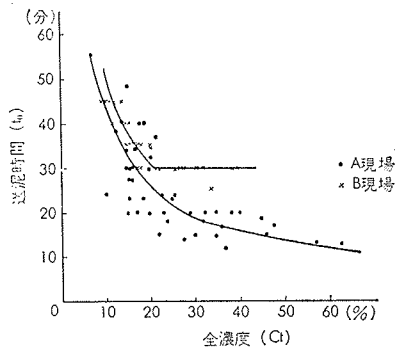
この図から明らかなように、一般的に、 C_t の増大に伴って ν は減少する傾向がある。その際、A、B両現場では ν と C_t との関係はやや異なる。

さて、このような関係について以下に検討する。前述したように、 C_t に無関係に口室内の固形分の含水比が一定であれば、当然ながら、 C_t が増大すると ν が逆比例的に減少する。しかし、A現場では、 C_t が20%まではこの関係が成り立っても、 C_t が20%以上ではその関係は成立せず、 C_t の増大に伴って、固形分がより一層つまっていく。一方、B現場では、すべての C_t の範囲において C_t の増大に伴って、固形分がより一層つまっていくことが判明した。

そこで、 C_t の増大に伴う口室内の固形分の増大、いかえれば含水比の低下の現象をおこす原因について検討した。その結果、この主要原因の1つはii)で説明するように、 C_t の増大に伴って泥水中の、いかえればケーキ中の固形分の粒度組成が粗くなるためであると判定した。なお、ケーキの含水比については、iii)でさらに検討を行なう。

ii) 1回当りの送泥時間に及ぼす影響

口室をケーキで充満するのに要する送泥時間(t_0)は、生成するケーキの口過速度が変化しなければ、 C_t の増大に伴って減少すると考えられる。そこで、両



図一3 泥水的全濃度と、1回当りの送泥時間との関係

現場で得られた t_0 と C_t との関係を図一3に示す。

この図から明らかなように、バラツキが認められるが、20%までの濃度範囲では、両現場とも C_t の増大に伴って t_0 は急激に減少する。しかし、20%以上の濃度範囲では、A現場では、 C_t の増大に伴って t_0 はゆるやかに減少するが、B現場では、 C_t が増大しても減少しないことが判明した。

ところで、一般に、 t_0 は C_t の増大のみならずケーキの口過速度の増大によっても減少する。そこで、ケーキの口過速度に影響されると考えられるケーキ中の、

いかえれば廃棄泥水中の固形分の粒度組成について検討した。その結果、 C_t が増大すると廃棄泥水中の粗粒分の割合が多くなり、これも C_t の減少に関与していることが判明したので以下に説明する。

図一4に、 C_t と廃棄泥水中の砂分濃度(C_s)との関係を示す。この図から明らかなように、A、B両現場における C_t と C_s の間にはそれぞれ相関関係が認められ、 C_s の増大に伴って C_t は増大し、 C_t と C_s との関係は次の近似式で示される。

$$C_t \doteq 7.3 + C_s \quad (\text{A現場})$$

$$C_t \doteq 11.3 + 1.22C_s \quad (\text{B現場})$$

これらの関係式から、廃棄泥水中の固形分の砂分含有率(C_s/C_t)は次式で示される。

$$C_s/C_t (\%) \doteq (1 - 7.3/C_t) \times 100 \quad (\text{A現場})$$

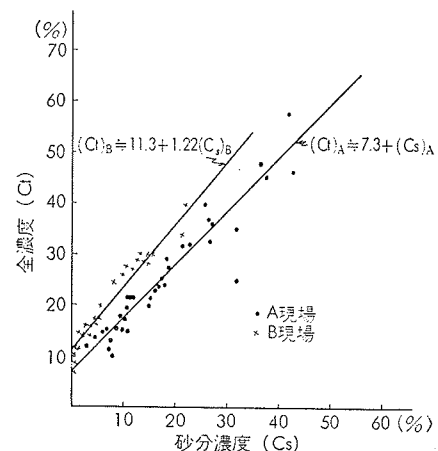
$$C_s/C_t (\%) \doteq (0.82 - 9.36/C_t) \times 100 \quad (\text{B現場})$$

これらの関係式から C_t が増大すると C_s/C_t の値は増大することが判る。

つぎに、図一5に C_t と廃棄泥水中のベントナイト濃度(C_B)との関係を示す。この図から明らかなように、 C_B は C_t の変化にかかわらず4~7%の値を示す。したがって、 C_B/C_t の値は C_t の増大によって減少する。

以上の結果から明らかなように、両現場とも C_t が増大すると C_s/C_t の値は増大するが、 C_B/C_t の値は減少することが判明した。このような現象は廃棄泥水では当然おこることである。ところで、 C_s/C_t および C_B/C_t の値は口過速度に影響すると考えられる。したがって、図一3に示された t_0 の減少は単に C_t の増大による効果だけではないと考えられる。

つぎに、A、B両現場における平均送泥時間の差異について考察する。図一3から明らかなように、A現場における送泥時間は C_t の変化に伴って13~55分



図一4 泥水的全濃度と砂分濃度との関係

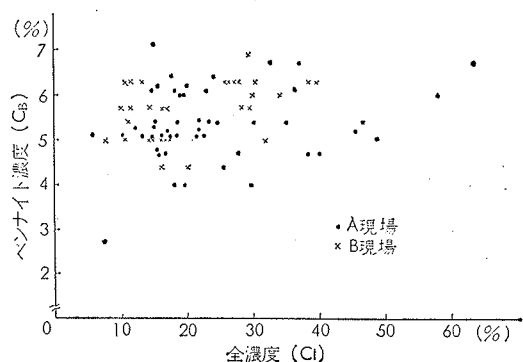


図-5 泥水的全濃度とベントナイト濃度との関係

の間にほぼ一様に分布しているのに対し、B現場のそれは、30～45 分の間に分布している。このことが、A現場の平均送泥時間がB現場のそれより小さい原因である。この理由は、図-4に示されているように、A現場の廃棄泥水中の固形分の砂分含有率が、B現場のそれより小さいためであると判定した。

iii) ケーキの含水比に及ぼす影響

i) で述べたように、 C_t が増大するとケーキの含水比(ω)は減少することが予想された。そこで図-2に示した ω と C_t との関係から、 ω を算出し、 ω と C_t との関係を図-6に示す。この図から明らかなように、 C_t の増大に伴って、 ω は減少することが認められる。これと同じ傾向は、結果を示していないが、ケーキの含水比の実測結果からも認められた。

そこで、このような含水比(ω)減少の主要原因を以下に考察する。ii) で述べたように、廃棄泥水中の C_t の増大に伴って、泥水の固形分中の、いかえれば、ケーキ中の砂分含有率(C_s/C_t)は増大し、一方、ベントナイト含有率(C_B/C_t)は減少している。したがって、 C_t の増大に伴ってケーキの構成土粒子は粗くなるために、一定圧の下で処理した場合土粒子が一層よくつまり、含水比が低下するのである。

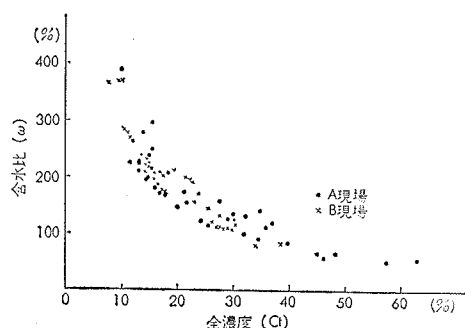


図-6 泥水的全濃度と含水比との関係

4. まとめ

廃棄泥水の性状をかなり異にする二つの現場(A, B現場)において、口室容積 0.75m^3 、口過面積 48m^2 のフィルタープレスを使用し、新しく開発した無機系薬品処理法を行なって、口過圧 $12\text{kg}/\text{cm}^2$ の条件下でベントナイトを含む廃棄泥水の処理を行なった。その結果、同一現場においても1日当りの処理量とケーキの含水比は変動し、A, B両現場の1日当りの平均処理量も異なることが判明した。ここでは、これらの変動と差異の主原因について、廃棄泥水の性状の面から検討を行なって、つぎのことが明らかとなった。

i) 一般的に、1回当りの処理量は、泥水的全濃度の増大に伴って減少する。しかし、泥水的全濃度の増大に伴って泥水中の固形分の粒度組成は粗くなるために、減少割合は低下する。

ii) 1回当りの送泥時間は、泥水的全濃度の増大に伴って減少する。しかし、この減少は単に全濃度の増大による効果だけではなく、全濃度の増大による泥水中の固形分の粒度組成が粗くなることによっても影響される。

iii) i), ii)の結果から、1日当りの処理量の変動の主原因のひとつは、廃棄泥水的全濃度が絶えず変化するためである。また、A, B両現場における1日当りの平均処理量の差の主原因のひとつは、A, B両現場の土質条件の差異を反映した廃棄泥水的全濃度、および泥水中の固形分の粒度組成が異なるためである。

iv) ケーキの含水比は、全濃度の増大によって低下する。この主原因のひとつは、全濃度の増大によって、泥水中の固形分の粒度組成が粗くなるためである。

v) 以上に述べたように、本方式で廃棄泥水の処理を行なう場合、泥水的全濃度が大きくなるほどより良好な処理結果が得られる。

おわりに、本研究を行なうにあたり、現場測定に協力して下さった東京特殊工法工事事務所の皆様、東京機械工場の中川職員、およびデータの解析を行なう際に協力していただいた本社機械計算課の馬越職員に対し、ここに厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 喜田, 斎藤; 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 (1972) 大林組研究所報 No. 5