

高含水泥土用の脱水処理装置

井田 徹(工博)*・西江雅一朗*・吉本勝彦**・神田正夫**

*技術開発本部・化学環境研究所 **都市環境カンパニー・建設エンジニアリングセンター・機械技術部

Dewatering Machine for Soil of High Water Content

Dr. Toru Ida・Masaichiro Nishie・Katsuhiko Yoshimoto・Masao Kanda

A new dewatering machine has been developed to improve and utilize waste soil at high content of water as construction soil. The dewatered cake demonstrated a strength (cone index) more than 8 kgf/cm^2 , which satisfies the specification of the 2nd grade treated soil of the standard of Japanese Ministry of Construction. The new dewatering machine has many advantages in controllability of soil strength of cake, in continuous operation, in energy saving and of a compact size.

まえがき = 建設・土木工事にともなって発生する建設汚泥や河川・湖沼・港湾などの浚渫土は、含水比が高いため土木資材などの用途には向かず、再利用が進んでいないのが実状である。

これら高含水比の泥土の再利用には、まず土質強度の向上や再泥化防止などが必要である。再利用のための代表的な泥土処理方法には、セメントによる固化処理法、石灰系固化材による安定化処理法、脱水処理法などがある¹⁾が、前二者では再利用後のアルカリ溶出が懸念されるのに対して、脱水処理法では減容化の効果が大きく、かつアルカリ溶出などの心配がなく、強度も向上するという利点を有する。

本装置は、高含水比の泥土を脱水するために開発されたものであり、従来方式の脱水機とは機構がまったく異なる当社独自の「ロール型脱水機」である。以下に、本装置の概要、浚渫土の脱水性能、えられた脱水ケーキの土木資材としての性状などについて説明する。

1. 脱水機の概要

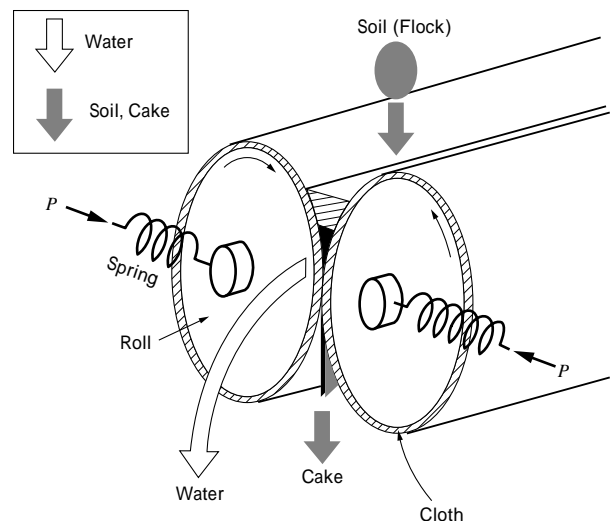
1.1 各脱水機の特徴

高含水比泥土処理用の脱水機としては、フィルタープレス、ベルトプレス、スクリーブプレス、遠心脱水、真空脱水などが従来より知られているが、えられる脱水ケーキの含水比が十分に低下しておらず土質強度が小さいため、建設用資材としてもちいるためにはさらにセメント・石灰系固化材で処理して強度を上げる必要がある。また、近年は低含水比のケーキをえるための新型の高圧脱水機の開発やセメント・石灰系固化材処理時のアルカリ溶出を低減するための中性固化材の実用化も進められているが、装置の小型化・処理コストの低減や固化処理法の確立など、まだ課題が多い。このような状況から、より高効率で低コストな泥土の脱水処理技術の開発が望まれている。

第1図に本ロール脱水機の概略構造を、また写真1に実験機の外観を示す。脱水部は2本ロールを互いにバネ荷重で押しつけた構造であり、各ロール表面には透水性の布が貼られている。

泥土はあらかじめ凝集されて(凝集土)これらロールの間に供給され、圧搾によって脱水ケーキとなる。

いっぽう、脱水された水は二つの経路で排出される。すなわち、泥土中の水の大部分は、まず凝集時に分離される。つぎに、凝集土中の水はロール間で圧搾されたときに分離され、ロール接触部の上面を通り、ロール軸端部に排出される。圧搾時に分離された水は、未回収の泥



第1図 脱水機構造の概略
Fig. 1 Schematic model of dewatering machine

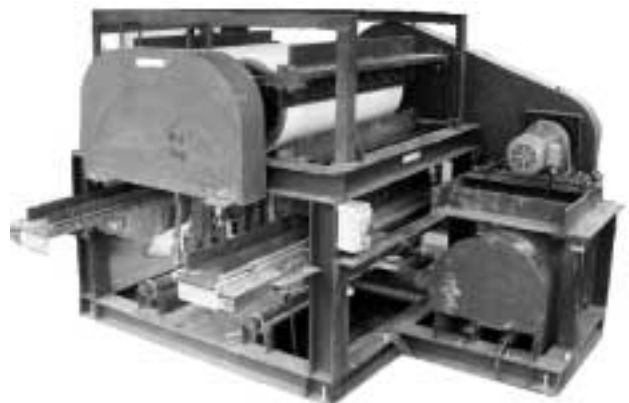


写真1 ロール脱水機
Photo 1 New dewatering machine

分を含んでいるので、回収して再度凝集・脱水される。

粒子径の小さな未回収泥分を分離水とともに排出することにより、ロール上の布の目詰まりを防ぎ、頻繁な布洗浄の手間を省いている。また、バネ荷重によりロール接触部はシールされているため、分離水は接触部から下方向へは流れ落ちず、生成したケーキが再泥化することがない。

浚渫土などの泥水は、粘土をはじめとする微細粒子を含むため、固形分すべてを一段階でろ過・圧搾するためには大きな過圧損や圧搾圧力が必要となる。本脱水機はロールの接触部分で集中的に荷重をかけるとともに、脱水時にせん断破壊されて微細粒子に戻った泥を、分離水とともに回収して再度凝集・脱水することで回収率の向上を図っている。

1.2 泥土スラリの脱水原理

泥などスラリの圧搾は、原理的には泥粒子のネットワークをせん断破壊して粒子間隙を減らすことである。第2図a)に模式的に示すように、一般に、スラリをろ過および圧搾・脱水する場合、圧搾圧力 P_0 の一部を土粒子のネットワークの強度(土質強度 P_2)が受けもつようになり、全荷重の一部分のみしか水透過(P_1)に使用できなくなる。

いっぽう、脱水が進むほどネットワークが緻密になるため土質強度は増加し、圧搾終了時点ではネットワークが全荷重を受けもつようになる($P_0 = P_2$)²⁾。さらに高い脱水効率を求める場合は、より大きな荷重が必要となる。

予備試験として、赤土泥水の圧搾圧力と含水比の関係を調べたところ、含水比23%のケーキをえるために必要な圧力は約10kgf/cm²であった。従来型のろ過・圧搾式脱水機では、圧搾面積を1m²とすると、

$$10 \text{ kgf/cm}^2 \times 1 \text{ m}^2 = 100 \text{ tonf}$$

の圧搾圧力が必要になる。処理量上げるために圧搾面

積を大きくすると、さらに高压が必要となる。

いっぽう、本脱水機は、第2図b)に示すように、回転するロールをバネ荷重で加圧する構造にしたため(1)ケーキとの接触面積を小さくして荷重を有効にケーキ圧搾に利用できる、(2)バネ荷重を調節することによりケーキにかかる圧力を変えられる、(3)ケーキが成長してロール間距離が増すと、バネの収縮により荷重が大きくなりさらに脱水が進む、という特長がある。

2. ロール脱水機の性能

2.1 脱水システムの構成

第3図には、本ロール脱水機を含む脱水システムのフローを示す。浚渫土や泥土は、あらかじめ、れき・砂などを分離して供給タンクに受け入れる(原泥)。原泥はポンプで連続的にラインミキサへ圧送され、凝集剤および凝集助剤の働きにより凝集フロックを形成する。凝集には主に高分子凝集剤を、また助剤として消石灰などがもちいられる。原泥中の大部分の水分は、メッシュコンベヤにおいて凝集フロックから分離され、必要に応じpH調整などをおこない、放流される。含水比の低くなった凝集フロックは、ロール脱水機へ供給され、脱水ケーキとなる。脱水時の分離水に同伴する泥分は回収、再凝集、脱水され、高回収率で脱水ケーキがえられる。

2.2 脱水実験の条件

脱水実験の原泥には、浚渫土Aおよび模擬浚渫土として赤土泥水をもちいた。これら原泥の性状分析値を第1表に示す。土質強度試験法は締固め・コーン指数試験法³⁾などに準じておこなった。

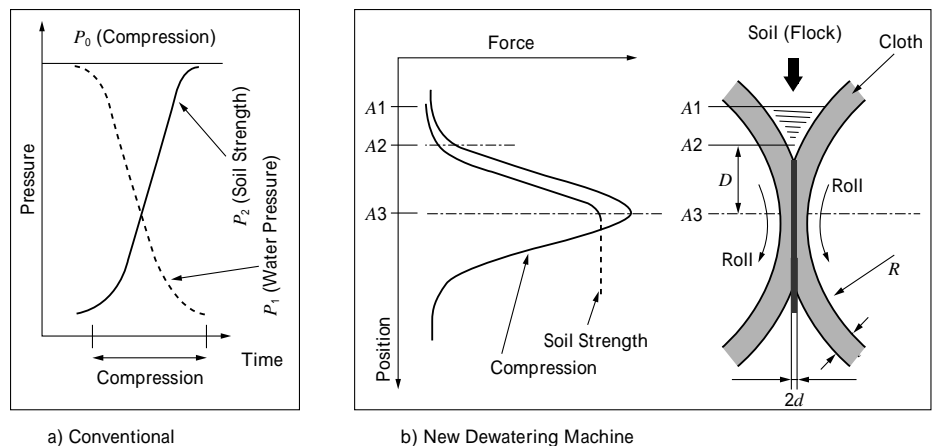
浚渫土Aは淡水系湖沼から浚渫された底泥であり、第1表に示したように有機質を多く含んでいる。浚渫土Aは、浚渫したのち数日間静置して上澄水を分離することによって含水比を66%に調節して使用した。

第2図 脱水機構の概念

- a) 従来型
- b) 新型ロール脱水機

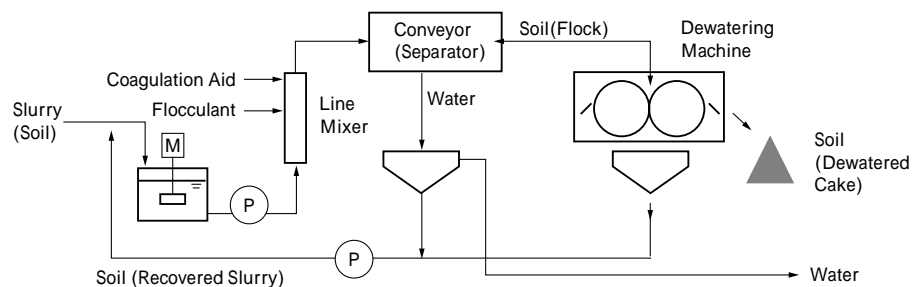
Fig. 2 Schematic model for compression mechanism

- a) conventional
- b) new dewatering machine



第3図 脱水システムのフロー

Fig. 3 Flow sheet of dewatering system



第 1 表 原泥の性状

Table 1 Properties of feed soil

Soil		Red Mud	Dredged Soil A
Heat Loss (Organics)	%	2.5	20.9
Density of Soil Particles	g/cm ³	2.71	2.48
Distribution of Particles			
Rock (2~75mm)	%	0	2
Sand (75μm~2mm)	%	0	22
Silt (5~75μm)	%	76	47
Clay (<5μm)	%	24	29
Limit of Liquid Property	%	39.0	191.8
Limit of Plastic Property	%	21.3	79.1
Plasticity Index	%	17.7	112.7
Classification of Soil		Clay	Clay with Organics
Cone Index	kgf/cm ²	Water Ratio* %	
		Red Mud	Dredged Soil A
	10	21.5	95
	8	23	100
	4	26	115
	2	29	133

* Water Ratio = $\frac{\text{Water (wt)}}{\text{Soil (wt)}} \times 100$

第 2 表 凝集脱水実験の主な条件

Table 2 Conditions for dewatering experiments

Flocculation			
Flocculant	Polyacryl Amide (Anion)	100ppm	
Coagulation Aid	Slaked Lime	1 000ppm	
	Polyaluminium Chloride	50ppm	
Dewatering			
Load of Spring per Unit Length of Roll		0.5644kgf/mm	
Rotation of Roll		4.6138rpm	
Thickness of Roll Cloth		2.678mm	

模擬浚渫土は、乾燥赤土に加水して含水比 250% に調製して脱水実験用の原泥とした（赤土泥水）。赤土は、採掘・乾燥後に粒度 75 μm 以下に粉砕したものである。

粒度分布およびコンシステンシ特性から、赤土は粘質土に、また、浚渫土 A は有機質粘土に分類される。

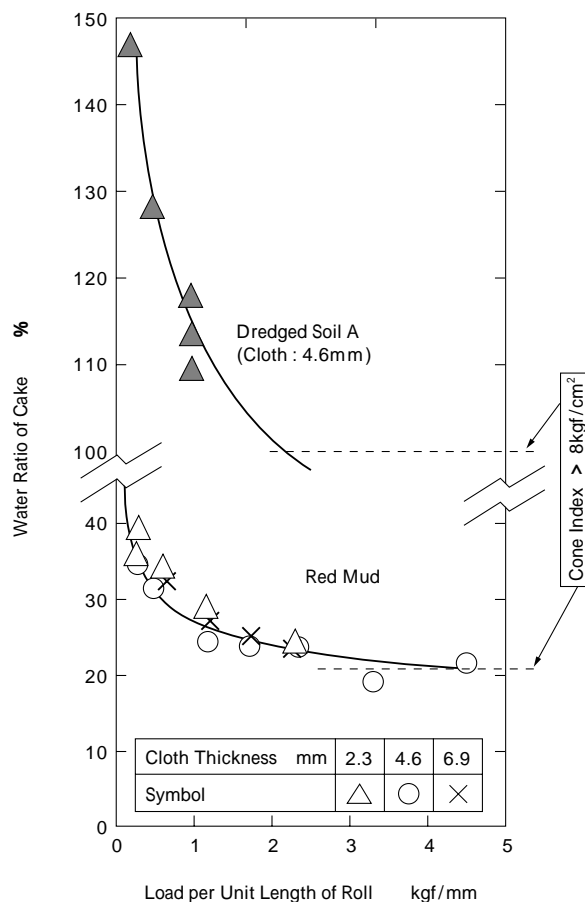
実験は第 2 表に示す条件でおこない、ロール脱水機で凝集・脱水の連続運転をおこなって処理量やえられた脱水ケーキの性状を調べ、運転諸因子の効果を検討した。なお、脱水処理量は脱水ケーキ中の乾燥固形分量[kg・DS/h]として表した。また、含水比は下式により計算した。

$$\text{含水比} = \frac{\text{原泥中の水分 wt}}{\text{原泥中の固形分 wt}} \times 100 \%$$

2.3 脱水実験の結果

2.3.1 脱水ケーキの土質強度

脱水機のロールバネ荷重とえられたケーキのコーン指数および含水比の関係を第 4 図に示す。バネ荷重とともに脱水ケーキの含水比は下がり(土質強度は上がり)、赤土泥水では第 2 種処理土に相当するコーン指数 8kgf/cm² 以上(含水比: 23% 以下)の脱水ケーキがえられた。また、浚渫土 A では第 3 種処理土に相当するコーン指数 5.5kgf/cm² (含水比 110%) がえられた。赤土泥水の塑性限界が 19%、湖沼浚渫土 A の塑性限界が 80% (第 2 表)であることから、本脱水機は泥土をその塑性限界付近まで脱水可能であることがわかる。とくに、浚渫土 A は、有機物量が多くかつ圧搾過程における空隙率減少



第 4 図 脱水ケーキ含水比とロールバネ荷重の関係
Fig. 4 Relationship between water ratio of cake and load per unit length of roll

が大きいことから、従来型の脱水機ではる過・圧搾に要する時間が非常に長くなると考えられるが、本脱水機では上記のように第3種処理土相当の脱水ケーキが連続的にえられ、浚渫土の再利用の用途は大きいと考えられる。

このように、荷重（加圧力）を増やすことによる効果は大きく、ロール脱水機ではバネ荷重の調整により製品であるケーキの土質強度を変えることができることがわかった。

また第4図に示したように、布厚みを変えた条件下でも同程度の含水比と土質強度がえられた。したがって、荷重が大きくなると布が圧縮されて接触面積が増加するものの、十分な加圧力をかけられるならば、接触面積増加の影響や荷重による透水性の低下は小さいと考えられる。

2.3.2 脱水ケーキの処理量に対するロール直径と長さの影響

第5図には、脱水機のロール径およびロール長さをそれぞれ3倍に変えたときの処理性能を示す。脱水ケーキの含水比が同程度の条件下で比較すると、処理量は約9倍に増加したことがわかる。

ロール直径と長さを大きくしたことにより、次のような効果が考えられる。

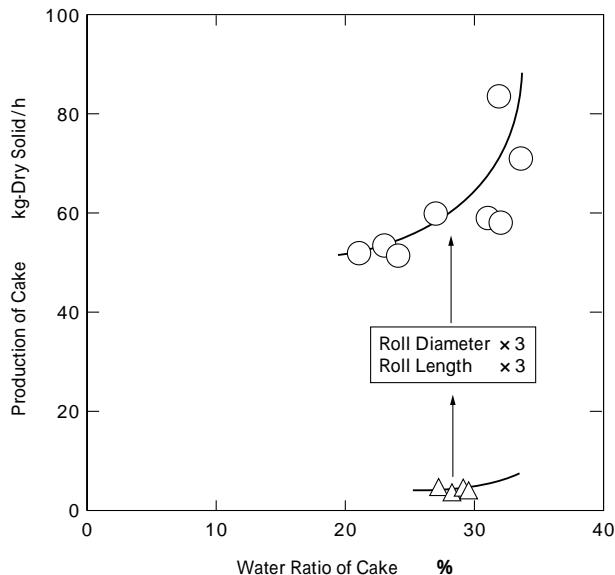
- 1) 泥とロールの接触面積が直径および長さとともに増加する。
- 2) フロックの挟み込みの角度が小さくなり、同じ圧搾率において挟み込む長さおよび時間が長くなる（第2図b）における点A1～点A2の範囲）。

接触面積の増加は泥土処理量の増加をもたらすとともに、接触時間の増加にも効果が大きい。また、接触時間の増加は脱水ケーキの含水比の低下（土質強度の増加）に対して効果が大きい。

むすび＝脱水条件のうちバネ荷重、布厚みおよびロールの大きさを変えて実験をおこなった結果、

- (1) バネ荷重の調整によりケーキの土質強度（含水比）を変えることができ、第2種から第3種処理土に相当する脱水ケーキがえられた。
- (2) ロール直径と長さを大きくすることにより、効果的に処理量を向上させることができた。

その他にも、当社が開発した新型ロール脱水機には、



第5図 ケーキ処理量と含水比の関係

Fig. 5 Relationship between production of cake and water ratio of cake

脱水工程を連続運転できる、運転条件により脱水ケーキの含水比と土質強度を変えられる、コンパクトで消費電力が小さい、などの特長があり、多種の泥土の脱水処理に適用可能である。

廃棄物の処理法の改正に加え、最終処分場不足が逼迫するなかで、建設副産物、とくに浚渫土や建設汚泥の減容化・再利用のニーズが急速に高まっており、高含水比の泥土を高効率かつ低コストで処理する脱水機の開発に対する期待はきわめて大きい。

このような観点から、本装置の性能向上と処理コスト低減を目指して研究開発を進めるとともに、今後とも、建設汚泥や浚渫土を含めた建設副産物の減容化・再利用のための技術の開発を進めて行きたい。

参考文献

- 1) 日経コンストラクション, No.11 (1998), p.27.
- 2) 長瀬洋一ほか：る過・圧搾マニュアル, 日本粉体工業技術協会編 (1983), p.9.
- 3) 土質工学会, JGS T 716.