

高圧フィルタープレスの開発と商品化

Development and Commercialization of High Power Filter Press

条 辺 大 策^{*(1)}

Daisaku JYOBE

末 松 伸 平^{*(2)}

Shinpei SUEMATSU

内 山 茂 幸^{*(2)}

Shigeyuki UCHIYAMA

瓜 生 俊 次^{*(2)}

Shunji URYU

下 田 雅 夫^{*(3)}

Masao SHIMODA

抄 録

新日本製鐵(株)プラント事業部は、スラリー圧入圧力を高く設定することにより、従来機種に比べて脱水性能を向上させた高圧フィルタープレスの開発、商品化を行った。本機の使用により、近年各種産業から発生し、多様化、多量化しつつあるスラリーの減容化、脱水ケーキの有効利用等の解決策を提供できるようになった。この高圧フィルタープレスの開発、商品化について述べる。

Abstract

Plant & Machinery Division (PMD) of Nippon Steel has developed and commercialized a High Power Filter Press in which a higher dewatering efficiency than conventional dehydrators is realized by designing higher slurry charging force. The new filter press offers measures for reducing the volume of slurries the variety and amount of which are increasing recently in various fields of industry and for effectively recycling them. This report describes development and commercialization of the new High Power Filter Press.

1. 緒 言

近年、各種産業から発生するスラリーの減容化、効率的処理、有効利用が重要課題となっている。新日本製鐵(株)プラント事業部は高性能脱水機の開発、商品化を目指して、高圧脱水式フィルタープレスの開発、商品化に着手し、完成した。本機は従来のフィルタープレス、真空脱水機、ベルトプレス等に代表される機械脱水機に比べて、濾過時のスラリー圧入圧力が3.9MPa(40kgf/cm²)と高圧に設定されており、脱水性能が高いことが特徴である。

高圧フィルタープレスは1989年に原型モデル(プロトタイプ)に関する技術導入を行うとともに同技術の実機化、実用化の開発を進め、1991年に実用第1号機を販売し、脱水機市場に参入した。その後、同機の信頼性向上、設備自動化の推進、コストダウン等の開発を進めながら次第に適用分野及び市場規模を拡大し、現在、各種産業分野に普及している。

高圧フィルタープレスは既存の機械脱水機に比べ、高い処理能力、高強度脱水ケーキの生成、低いランニングコストを達成することができ、その使用分野はトンネル掘削シールド泥水処理、浚渫底泥処理、製造工場及び砕石洗浄液処理等多種類の産業分野に及んでいる。更に、スラリーの高圧圧入(脱水)の特性を生かした独自の技術により、新たな市場を創造しつつある。

本稿では高圧フィルタープレスの開発、商品化の経緯について述べた後、実プロジェクトへの適用例、今後の展開について述べる。

2. 高圧フィルタープレスの概要

2.1 高圧フィルタープレス開発、商品化のいきさつ

濾過(Filtration)とは多量の固形分粒子を含む液体(スラリー)を加圧し、濾材(Filter)に通して固形分粒子を捕え、固液分離を行うことである。従来型フィルタープレスは低圧圧入式と圧搾式の二つに分類される。低圧圧入式は遠心型スラリーポンプにより濾過室へスラリーを圧入する方法で、圧入圧力は0.49~1.5MPa程度である。一方、圧搾式は濾板と濾布の間に圧搾膜を設け、濾過室へスラリーを0.49~0.69MPaで圧入後、圧搾膜をエア又は水により膨張させ、さらに圧搾脱水する方法で、圧搾圧力は0.7~1.5MPa程度である。

近年、難脱水スラリーの脱水、脱水ケーキの低水分化、高強度化及び減容化が強求められるようになり、従来方式の脱水機では性能上対応できないケースも増加している。さらに環境問題予防のため濾過助剤等の薬品無添加条件での脱水が望まれるようになってきた。

そこで当事業部はこれら社会的要求に合った高圧脱水技術に注目し、本設備の開発、商品化を推進してきた。

2.2 高圧フィルタープレスの構成

高圧フィルタープレス構成フローシートを図1に、また外観写真1に示す。主構成はスラリー圧力3.9MPaを発生させる高圧打込ポンプ、脱水を行う高圧フィルタープレス本体の2ユニットであ

*⁽¹⁾ プラント事業部
北九州市戸畑区中原46-59 ☎804-8505 ☎(093)872-7018

*⁽²⁾ プラント事業部 マネジャー

*⁽³⁾ プラント事業部 グループリーダー

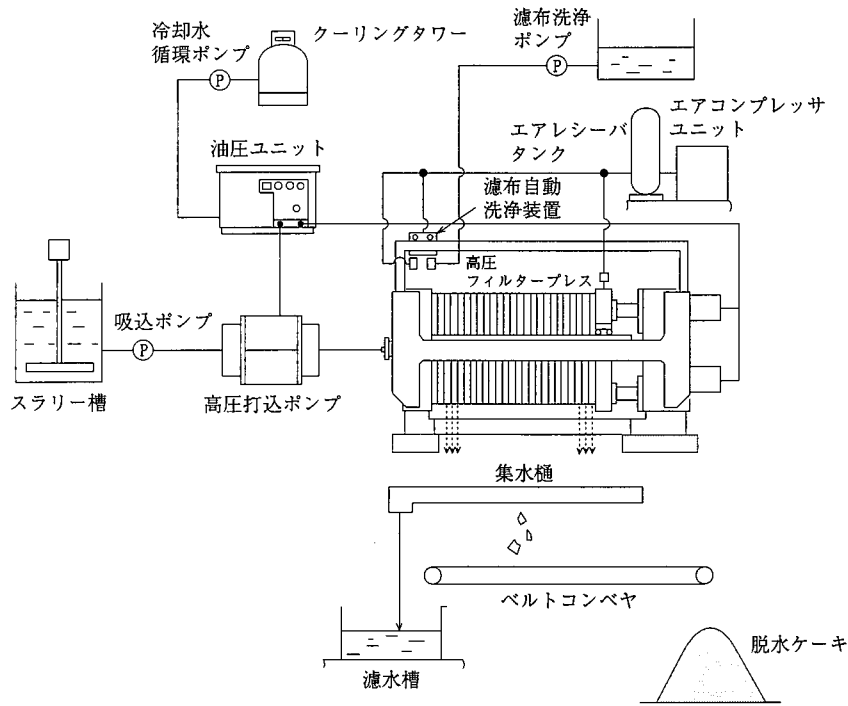


図1 高压フィルタープレス構成フローシート

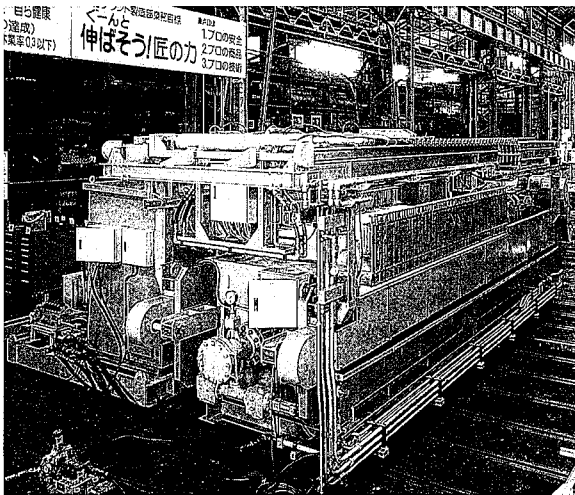


写真1 高压フィルタープレスの外観

り、フローシートに示す各補助機器を装備している。スラリー槽に貯留したスラリーを、脱水初期は吸込ポンプを単独使用して高压フィルタープレス本体へ圧送し、その後、高压打込ポンプを連動起動し、スラリー圧力3.9MPaの高压で脱水を行う。濾過完了後、脱水ケーキを直下コンベヤに落下させ系外へ搬出し、濾過水は集水樋を経由し濾水槽に流す。一連の運転手順は準備工程－濾過工程－開枠工程－洗浄工程(濾過性能劣化時のみ)の4工程で構成されている。

- (1)準備工程：濾布を取付けた濾板を押しつけることにより濾過室を形成し濾過準備をする。
- (2)濾過工程：濾過室にスラリーを圧送し、濾布を介して固液分離を行う。
- (3)開枠工程：脱水ケーキが形成された後に濾板を1枚1枚開き脱水ケーキを落下させる。

(4)洗浄工程：濾過性能劣化時に濾布表面の付着物除去のため高压水で濾布を洗浄する。

開枠、洗浄工程では自動化メカニズム(脱水ケーキ自動剥離装置、高性能濾布自動洗浄装置)を採用し、自動運転を達成している。これらフローのうち、濾過+開枠の脱水フローの例を図2に示す。

2.3 高压フィルタープレスの特徴

2.3.1 脱水ケーキの減容化

各種スラリーに対する脱水圧力と脱水ケーキ含水率の関係を図3に示す。脱水は圧入により濾過室内の固形分粒子を圧密し、濾布を介して水分を外へ排出させることにより進行する。脱水圧力を上昇させることにより圧入完了時の脱水ケーキ中の水分量が減少し、同時に脱水ケーキが減容化される。また、濾布の目詰まりによる濾過抵抗の増加に対しても、圧入圧力を3.9MPaとすることにより脱水能力の低下なしに脱水可能な領域を広げることが可能となった。

2.3.2 処理能力の向上

各種スラリーに対する脱水圧力と脱水時間の関係を図4に示す。一般に脱水圧力の増加と共に脱水時間が短縮される。特に脱水性の良いスラリーは脱水圧力の影響を受け易く、脱水圧力が高い程、短時間脱水が可能となり、スラリー処理能力が向上する。但し、実験的に本図の圧力範囲である3.9MPa以上の圧力を加えても、必ずしも脱水時間の短縮とならないケースが多いため、経済性を考慮し、合理的な脱水圧力3.9MPaを標準仕様として採用している。

2.3.3 脱水ケーキの有効利用

各種スラリーに対する脱水圧力と脱水ケーキのコーン指数の関係を図5に示す。圧入圧力による濾過室内の固形分粒子の圧密により、脱水圧力が高い程、低水分で高強度の脱水ケーキが得られる傾向になる。3.9MPaの高压脱水によるトンネルシールド泥水脱水ケーキの場合、コーン指数は0.78MPa(8kgf/cm²)以上となる。この数値は、例えば建設省“土質選定基準”の第二種建設発生土の基準

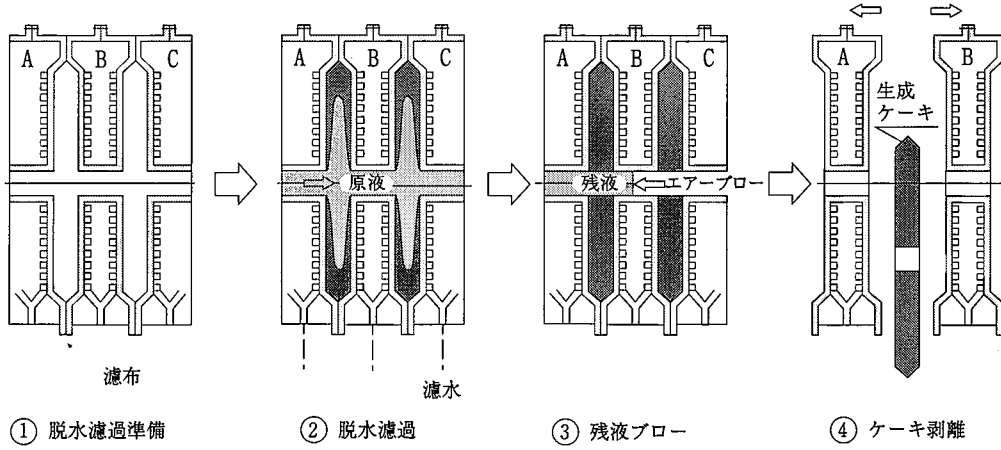


図2 脱水フロー(濾過工程+開榨工程)

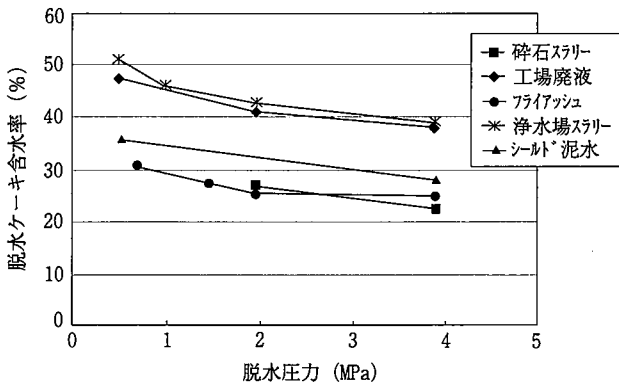


図3 脱水圧力と脱水ケーキ含水率の関係例

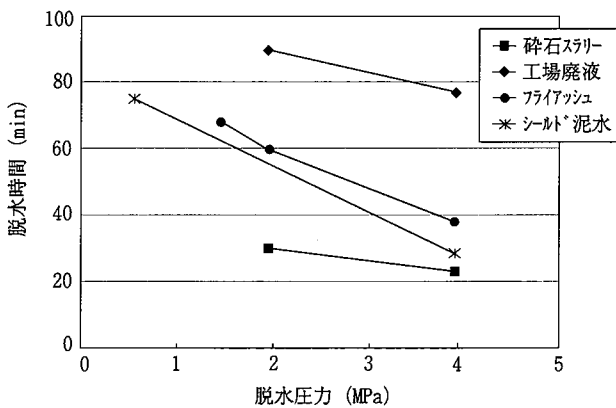


図4 脱水圧力と脱水時間の関係例

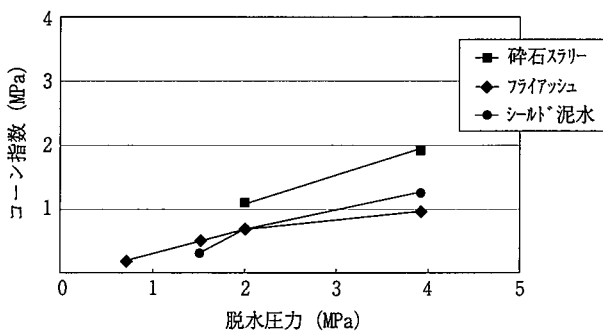


図5 脱水圧力とコーン指数の関係例

をクリアした高強度であり、脱水ケーキの盛土材、埋戻し材等の有効利用の可能性を示唆している。

3. 高圧フィルタープレスの開発

3.1 重要な開発項目

高圧フィルタープレス技術を確認するため次の各項目の開発が必要となった。

- (1) 3.9MPaの高圧圧送仕様スラリー専用ポンプの開発
- (2) 高圧圧入スラリー対応のフィルタープレスの開発
 - ・泥水バルブの開発
 - ・濾布の開発
 - ・自動化設備の開発

3.2 高圧打込ポンプの開発

市販のスラリーポンプは、インペラーがケーシング内で回転し圧力を発生させる原理であり、圧入圧力1.5MPa程度が限界である。そのため、本機では専用の高圧打込ポンプの開発が必要となり、ゴム球の膨張・収縮動作により圧入圧力3.9MPaを発生させる構造を高圧打込ポンプに採用した。

高圧打込ポンプ構造図を図6に、外観を写真2に示す。高圧打込ポンプ室内にゴム球を装備し、油室、中間液室、スラリー室の3室で構成する。油室に作動油を充填させ、この油量を油圧シリンダ動作を介して増減することにより2層のゴム球の膨張、収縮動作を行う。この動作と泥水バルブの連動によりスラリーの吸入、圧送を行

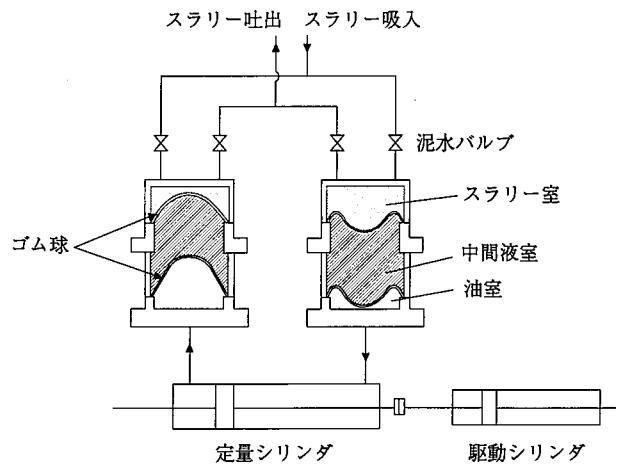


図6 高圧打込ポンプ構造図

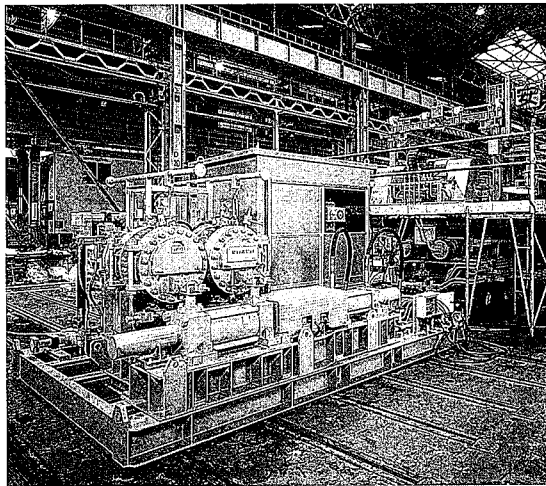


写真2 高压打込ポンプの外観

う構成である。

開発当初の高压打込ポンプは必ずしも十分な寿命を得られず、開発は長期にわたった。ゴム球の形状設計、変形挙動設計、材料設計、金型・成形設計、実成形製法見直し、耐久テストの繰り返し等、改善に次ぐ改善を行い、実機運転に十分耐える寿命を達成することに成功した。また中間液部分を設けることにより、ゴム球が万一破損してもスラリーへの作動油混入及び油側へのスラリー混入を防止することができ、設備信頼性を著しく改善させることができた。

3.3 泥水バルブの開発

泥水バルブは高压打込ポンプのスラリー締切用、高压フィルタープレスのスラリー流れ制御用に不可欠な重要構成部品である。圧入圧力3.9MPaのスラリーを長期間リーク無しで開閉動作可能なバルブが市場に存在しなかったため、下記技術課題の解決を目標に開発を進めた。

- (1) 土砂等の固形分粒子を含んだスラリーをほぼ0リークで閉止できること。
- (2) 土砂等の固形分粒子を含んだスラリーに対し数十万回動作レベル以上の十分な耐久性があること。

構造設計、材料設計、運転方法等の各方面に渡る開発、設計、耐圧テストを繰り返し、改善を進め、実機使用に十分な機能、信頼性、耐久性のあるバルブを完成した。現在標準装備している泥水バルブは第四世代である。高压打込ポンプに装備した泥水バルブの外観を写真3に示す。

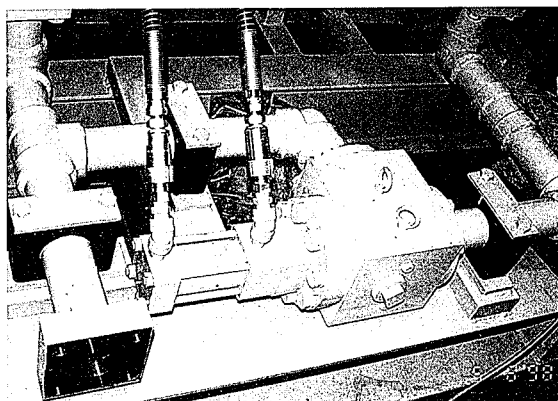


写真3 泥水バルブの外観

3.4 濾布の開発

濾布はフィルタープレスの濾過性能の根本であると共に設備自動化を支配する。濾布に求められる主性能は次の3項目である。

- (1) 目詰まりが少ないこと
- (2) 脱水ケーキの剥離がよいこと
- (3) 強度が十分なこと

開発重要項目である濾布素材選定、形状設計、シール構造設計の3点について、多数の試作品により、実験室耐久試験機テスト、実機脱水予備テスト、実機オンラインテストを繰り返し開発を進めた。検討対象濾布は数10種類に及び、現在、高压フィルタープレスの標準濾布として主に下記3種類の濾布を実用化し、用途に合わせて選定している。

- (1) 濾布A：テトロン系/マルチフィラメント濾布…濾水清澄性重視
- (2) 濾布B：ナイロン系/マルチフィラメント濾布…濾水清澄性重視
- (3) 濾布C：ナイロン系/モノフィラメント濾布…剥離性重視

3.5 自動化設備の開発

3.5.1 高信頼性の脱水ケーキ自動剥離装置

フィルタープレス自動運転のポイントは濾布からの脱水ケーキ剥離であり、脱水ケーキの一部が濾布へ付着したままではフィルタープレス操業が不安定となる。自動運転達成のため次の開発を行った。

- (1) 濾布に強制変位を与え、脱水ケーキ自重を利用し剥離する方法
相応の自動剥離効果は得られたが、高含水率の脱水ケーキや経時劣化濾布使用の場合、信頼性が必ずしも充分でなかった。
- (2) 空気により剥離する方法

脱水ケーキに空気を吹付け、強制的に剥離する方法である。未剥離の付着した脱水ケーキに対しても有効であり、自動剥離の信頼性が著しく向上した。

現在は高压フィルタープレス標準機として(1)、(2)を併用した脱水ケーキ自動剥離装置を標準装備しており、確実な脱水ケーキ剥離が可能である。

3.5.2 高性能濾布自動洗浄装置

脱水→開榨(ケーキ排出)工程を繰返すと濾布に未剥離の脱水ケーキやスラリー中の固形物が析出又は固着し、濾布表面に目詰まりを起し脱水性能が低下する。これを防止するための濾布洗浄装置の開発が必要となった。濾布の目詰まり状況、固着物の性状、分布に合わせた濾布洗浄方法について予備実験を繰り返し、洗浄パラメータを測定把握し、下記機構を開発した。

- (1) 洗浄ノズルパターン最適化
濾布全面を均一且つ効率的に洗浄可能とする洗浄ノズルの選定及び最適化配列を行う。
- (2) 横行・揺動機構洗浄ノズル列によるタイムサイクルの圧縮
濾布表面を洗浄ノズル列が横行し、次の濾板を洗浄する際に移動のため揺動上下動作を行う。この横行機構と揺動機構の併用により短時間洗浄を可能にする。
- (3) 任意の速度制御が可能な走行、横行、揺動機構
濾布の汚れ程度に合わせた洗浄パターンを容易に設定できる走行、横行、揺動速度調整機構を採用した。

この設計により、濾布全面を均一且つ効率的に洗浄することが可能となり、濾布洗浄時間の大幅な短縮、自動運転を達成した。本装置は他社同等設備の洗浄機の2倍レベルの国内最高速の短時間サイ

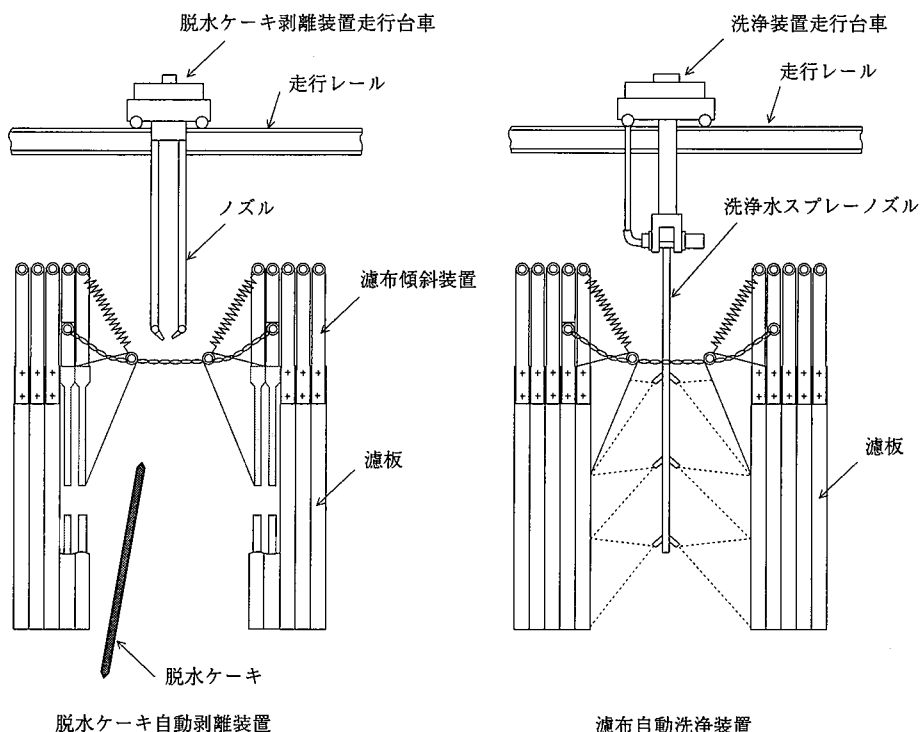


図7 脱水ケーキ自動剥離装置及び濾布自動洗浄装置の概要

クル運転を達成した高性能濾布自動洗浄機である。

脱水ケーキ自動剥離装置及び濾布自動洗浄装置の概要を図7に示す。

3.6 実機機種拡大，標準化

高圧フィルタープレスの実機化に向けた各構成要素の開発と並行して、実プロジェクト用脱水設備の企画、設計、製作を進めた。各種産業の脱水処理分野に合致した高圧フィルタープレス機種の開発を行い、標準化、シリーズ化を推進した。現在、濾過容積0.15～6.8m³の各種標準機を揃え、需要に対応している。また、3.9MPaの高圧脱水仕様を必ずしも必要としない脱水処理分野に対応するため、2.0MPa(20kgf/cm²)仕様の中圧フィルタープレスを開発し、機種拡大を行った。

さらに高圧フィルタープレスを核とした脱水処理プラント(前処理、後処理)設備に対する対応を進めており、脱水ケーキの有効利用を目標とする脱水ケーキ解砕機の開発、商品化を一例としてあげ

る。現在、新日本製鐵(株)製の解砕機は処理能力20～120t/hの各種標準機を準備している。高圧脱水処理後の本脱水ケーキ解砕機の採用により、ベルトコンベヤ乗継時、連続的に均一粒径の解砕ケーキが得られ、脱水ケーキの高容積低減、再利用化が容易になった。写真4に脱水ケーキ解砕機の概要を示す。

高圧フィルタープレス及び脱水ケーキ解砕機の詳細は新日本製鐵(株)カタログを参照されたい。

4. 高圧フィルタープレスの適用例

4.1 シールド泥水分野

建設工事分野では、地下空間の有効利用のため地下鉄、下水道管、ガス管、放水路管等のトンネル掘削工事が多く行われている。大規模トンネル工事では泥水式シールド工法が採用されるケースも多く、多量の余剰泥水が発生している。この余剰泥水の脱水処理に高圧フィルタープレスが採用されている。本機の使用により、凝集剤の無添加又は少量添加脱水が可能となり、短時間脱水サイクルで圧密された高強度の脱水ケーキが得られる。近年、この脱水ケーキの有効利用としてスーパー堤防埋戻し土としての使用例があり、今後の本機の活用が期待されている。

4.2 浚渫分野

浚渫分野では、底泥堆積物を浚渫し、高含水比の底泥堆積物を広大な敷地へ輸送し、天日乾燥処理、セメント添加・混合による固化処理が多く行われている。最近、港湾、湖沼、ダム等での底泥堆積物の処理に際し、安全、確実な対応が求められている。この底泥堆積物を脱水処理するために高圧フィルタープレスが採用されている。本機の使用により、安全、確実かつ省スペースで脱水処理が可能となり、低水分、高強度の脱水ケーキが得られ、浚渫底泥の減容化が可能となる。更に脱水ケーキの路床材、畑土等への有効利用の可能性が広がっている。

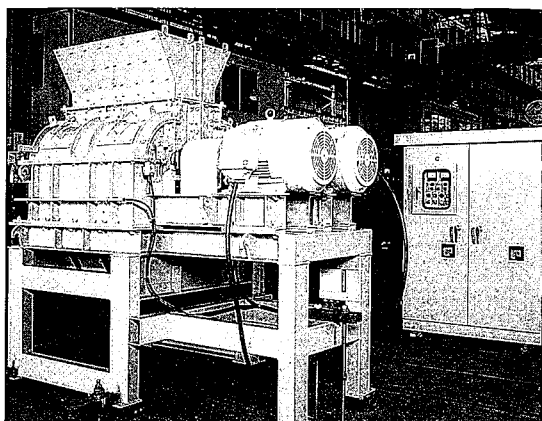


写真4 脱水ケーキ解砕機の概要

4.3 工場分野

工場分野では、各種製品製造ライン、廃液処理ラインで発生するスラリーの脱水処理が行われており、この分野にも高圧フィルタープレスの普及が進んでいる。製造ラインでは脱水工程の後に乾燥工程が必要な場合が多いため、低水分の脱水ケーキ生成が要求され、廃液処理ラインでは脱水ケーキの低含水化、減容化による処理費低減が要求されており、これら要求と本機の特徴が合致している。

製鐵所の転炉OGダストスラッジの脱水処理に高圧フィルタープレスが採用されている。低水分、高強度の脱水ケーキの生成により、天日乾燥工程無しに鉄源として有効利用が可能となった。また、従来型フィルタープレスに比べ、処理能力が高く、メンテナンスも容易である。他に、製鐵所の表面処理工程で発生する中和スラッジの脱水処理にも本機が採用されている。脱水ケーキ処分場の受入量が限界に達しており、脱水ケーキの減容に対する要求が高まっている。本機により脱水ケーキの減容化が可能となり、輸送コスト等の廃棄物処分コスト削減に貢献している。

4.4 採石場分野

採石に付着した微粉末を水で洗浄して採石品質を向上する湿式砕石プロセスから生じる洗浄水の脱水処理に高圧フィルタープレスが使用されている。採石洗浄スラリーは採石場内の池で沈殿堆積処理後、天日乾燥処理されるケースが多いが、処分地への投棄処理が難しくなっており、機械脱水処理が進んでいる。本機は採石洗浄スラリーの減容化、脱水ケーキの有効利用化に有効である。

本機に依り採石洗浄スラリーを無添加で脱水処理し、高強度、低水分の脱水ケーキを生成することができる。また、採石洗浄スラリーにセメントを添加して高圧脱水するプロセスを採用した場合、より高強度な脱水ケーキが生成され、下層路盤材等の骨材等に有効利用する可能性が広がった。

5. 結 言

高圧フィルタープレスは事業化着手後、約10年が経過した。本機は脱水機市場において、難脱水スラリーの無添加脱水、脱水ケーキの低水分化、高強度化、減容化の要求に合う各種分野用途に使用されており、従来型フィルタープレスの市場であった脱水分野に新たな価値を創造しつつある。

当事業部では高圧フィルタープレスの技術力を向上させ、市場を拡大するため、現在次の活動を進めている。

(1) 濾過理論の確立

濾過理論は、体系化されていない部分が多く、経験的な法則に依存するケースが多い。高圧フィルタープレス実機採用検討の際には、実際にスラリーを実験室で脱水実験し、脱水特性データ及び実機パラメータの把握を行い、累積データに基づく各種解析を行っている。プロジェクトごとに蓄積されたデータから法則性を抽出し、定量的な脱水理論の体系化を進める努力を推進しており、次第に成果がまとまりつつある。

(2) 新プロセスの開拓／ニューソイル

脱水ケーキのリサイクルを進めるため、スラリーに改良材(セメント系等)を添加して高圧脱水を行う工法である。このニューソイルプロセスにより、脱水ケーキの埋戻土、盛土等に有効利用が可能となる。本プロセスは脱水ケーキに新たな付加価値を生み出すプロセスであり、現在、ニューソイル研究会を通じて拡販を進めている。

今後も新日本製鐵(株)プラント事業部のもつ豊富な脱水処理データをもとに、高圧脱水の特徴を生かした用途開拓を積極的に推進し、市場に最適な商品の開発、商品化を進めていく計画である。