

超大型油圧ショベル BH 仕様の開発

EX8000BH

草間 隆史

オーストラリアの大規模鉱山では生産効率向上の為、ダンプと積込み機の大型化が進んでいる。従来、積込み機にはBH仕様油圧ショベルが使われており、大型化した積込み機のフロント仕様はBH仕様が望まれる。また、鉱山では、日々予定している生産量を採掘する必要がある為、積込み機には、高い稼働率と、ダンプへの積込に掛かる速さも要求される。その市場ニーズに応え超大型油圧ショベル EX8000BH仕様機（以下「本BH仕様機」という）を開発した。ここでは開発にあたり採用した技術を紹介する。

キーワード：建設機械，油圧ショベル，生産効率，積込み，サイクルタイム，制御

1. はじめに

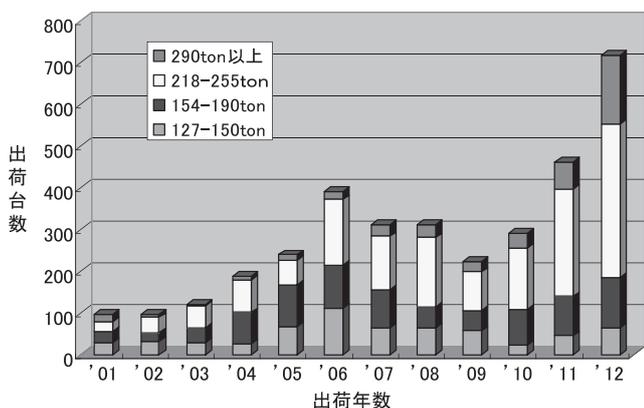
超大型油圧ショベル EX8000（以下「本機種」という）は、300 ton 級ダンプにベストマッチする積込み機として開発を行った。本機種初号機を納入したカナダのオイルサンド鉱山では、これまで積込み機に機械式ショベルを採用していたが、生産量向上の為、作業性と信頼性が高い油圧ショベルへ切替えが進み、本機種の受注に至った。その為、本機種のフロントアタッチメント仕様は、機械式ショベルと同じ掘削工法をとれるLD仕様であった。

また、近年オーストラリアの鉱山においてもダンプの大型化が進んでいる（図—1）。これは、生産効率向上の為、機械の台数増加を抑え、ダンプを大型化し1回に運べる容量を増やすことで、生産量を向上させる鉱山が増えてきていることによる。それに伴い、積込み機も大型化が必要である。オーストラリア鉱山で

は積込み機のほとんどが、BH仕様油圧ショベルを使用している。新規に開発が始まる鉱山以外では、機械の大型化は可能でも、鉱山内のレイアウトを変更することは難しい。BH仕様機を使用した掘削工法を採用している鉱山では、大型化後もBH使用による掘削工法が効率が高く、積込み機のフロントアタッチメント仕様は、BH仕様が望まれる。その際、大型化しても稼働率やバケット1杯分の積込みに掛かるサイクルタイムが低下しては意味がなく、機械の信頼性と操作性は非常に重要となる。そのニーズに応え本機種においてBH仕様機を開発した。

2. 開発の狙い

300 ton 級ダンプにベストマッチするバケット容量、作業範囲とした（図—2）。掘削、積込みに作業範囲とした。従来機と同等の信頼性と操作性を実現した。本BH仕様機の主仕様は以下の通りである（図—3）。



図—1 オーストラリア向けダンプ出荷台数



図—2 本BH仕様機仕様機

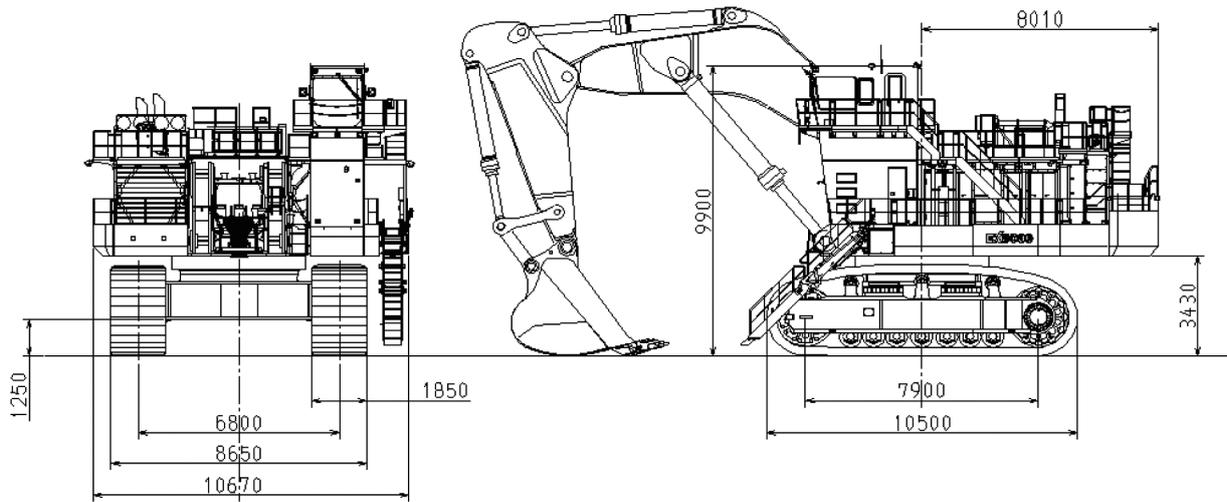


図-3 全体図

- ・エンジン出力 1,450 kW × 2 基
- ・バケット容量 43 m³
- ・全装備質量 837 ton
- ・本体 全高 9,900 mm
- ・最大掘削半径 22,300 mm
- ・バケット掘削力 2,020 kW

3. 特徴

以下に BH 仕様開発に盛り込んだ技術について紹介する。

(1) BH フロントリンケージ

300 ton 級ダンプを配置した際、掘削、積込みが可能なのはもちろん、ダンプがショベルに接近できるよう、前輪まで届く作業範囲を確保できる BH フロントリンケージとした(図-4)。ブーム、アーム、バケットの各シリンダは BH 仕様にて全て新設定となるが、ロッド径、チューブ径は既存のサイズから選定し、43 m³ バケットを装着しても、従来機と同等なシリンダ保持圧力に収まるように、シリンダ径と構造物のピン位置を決定し、油圧機器に掛かる負荷を実績あるレベルに維持した。また、フロント溶接構造物は、実績ある従来機とシリーズ化を図り、構造、材質、溶接方法を踏襲し、従来機のウィークポイントであった応力集中部については、バック材の廃止や、荷重が掛かるピン位置から溶接部までの距離を離す等の応力低減策を盛り込んだ。これにより、油圧機器及び構造物の信頼性向上を図った。

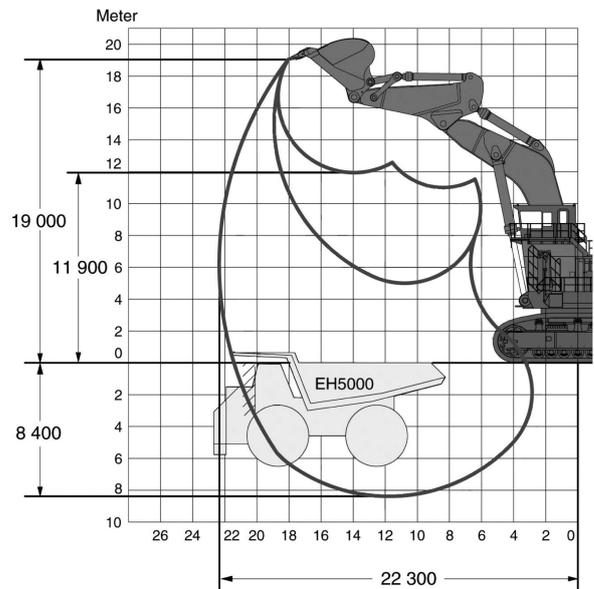


図-4 作業範囲図

(2) コントロールバルブ

本機種 LD 仕様機は、メインポンプを 16 個と、コントロールバルブを 6 個搭載しており、1 個のコントロールバルブには、ブーム、アーム、バケット用のスプールを各 1 本ずつ備えており、各シリンダーへ流量を分配している。また、1 個のコントロールバルブへは、2 個のメインポンプからの吐出流量を合流し送っている。よって、8 個のコントロールバルブを本体に搭載できればポンプ吐出流量の配分が理想的に行えるが、本体のスペースには 7 個以上コントロールバルブを配置は厳しい状況となっている。それを補うため、LD 仕様機においては、フロント側にメーティンバル

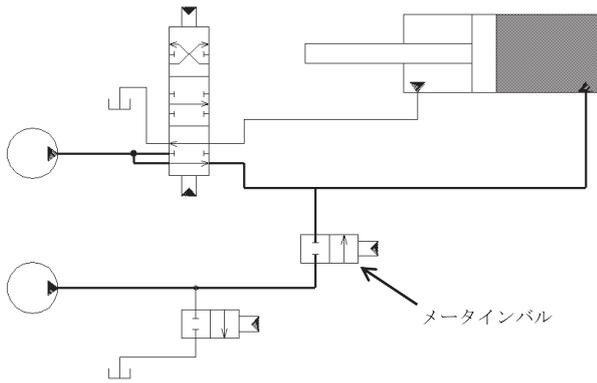


図-5 メータインシステム

ブを配置し、コントロールバルブシステムとは別の、メータインシステムを構成し(図-5)、ブーム、バケットに採用し、フロント操作性の向上を図った。

BH仕様ではLD仕様と比較しブーム、アーム、バケットの複合操作がより行われており、掘削→ブーム上げ→放土→掘削開始姿勢のサイクルタイムを従来機並みにしなければ、機械大型化のメリットを活かせず、市場には受け入れられ難い。BH仕様機で採用したシリンダは、LD仕様機と比較しシリンダ径は略同等であるが、先記した作業範囲を成立させる為、シリンダストロークが長くなっている。ブーム、アーム、バケットの各シリンダーに有効にポンプ吐出流量を配分するには、LD仕様機で採用したメータインシステムを使用する場合、アーム用がさらに追加となり、フロント側のメータインバルブの配置も厳しい状況となる。そこで、BH仕様機では、フロント側にもコントロールバルブを2個搭載し、16個のメインポンプに対し、8個のコントロールバルブを搭載する理想的なレイアウトとした。コントロールバルブ搭載にあたっては、フロントに掛かる加速度や、動作レスポンス等の懸念事項に対し、試作機にて耐震性、操作性試験を実施し信頼性を確認している。また、ブーム下げ回路にはLD仕様機でも採用している、分散メイクアップシステム(図-6)を採用し、フロント自重により出

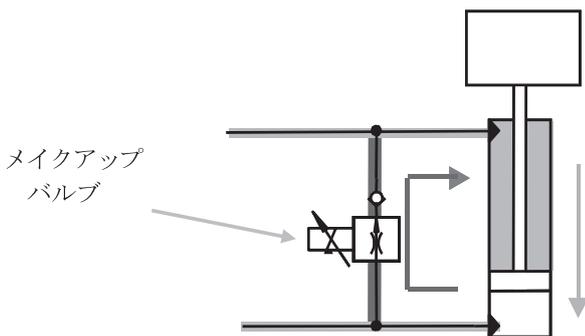


図-6 流量再生回路

口ポート側に立つ高圧にて圧油を再生することで流量をアシストしている。これらの技術により、従来機と同等の複合操作性を確保し、サイクルタイムを向上させた。

(3) 上下二段式本体-フロント間ホース

フロント側へコントロールバルブ搭載に合わせ、本体-フロント間ホースをアーチタイプのレイアウトから、上下2段式レイアウトに変更した(図-7)。ホースの曲がり方がアーチタイプとは上下逆になるため、構造物とホースの干渉を避ける為に、2股構造のブームフット間に全ホースを収める必要がある為、上下2段に並べるレイアウトを採用した。これにより、視界性向上につながり、ホース長さを短く出来ることで、

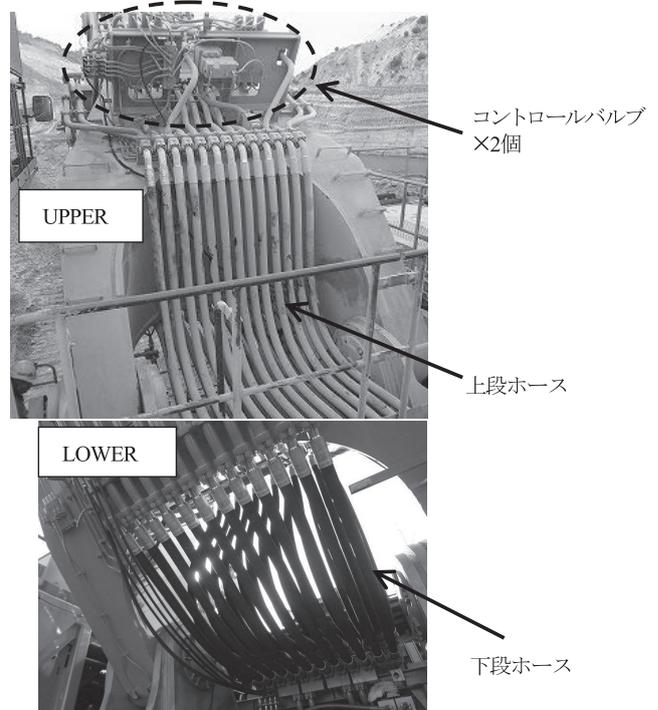


図-7 二段式ホースレイアウト

交換部品であるホースのコスト低減にもつながる。

(4) シリンダストロークエンド制御

本機種は、フロントの慣性力も大きく、操作レバーフルストローク状態で、フロント操作中にシリンダがストロークエンドに達した際に掛かる衝撃は大きくなる。従来機は衝撃緩和措置として、シリンダ内のクッションベアリングにて、ストロークエンド付近でメータアウト側の開口面積を絞ることで、シリンダ速度を減速させていたが、本機種クラスでは減速率に期待できない。そこで、本機種に採用している電気式操作レ

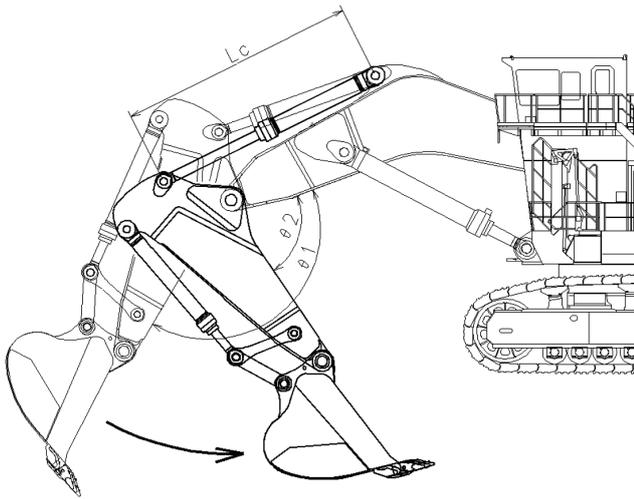


図-8 アームクラウド姿勢

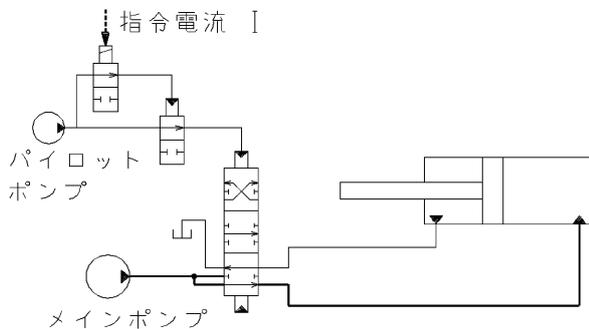


図-9 シリンダストロークエンド制御

バーの特性と、ブーム、アーム、バケットに角度センサーを搭載し、角度と角速度をモニターし、ストロークエンド域の速度を落とす制御を行った。アームクラウドを例に制御内容を説明する(図-8, 9)。ブーム-アーム間角度が θ_2 の時、アームシリンダは最伸長 L_c になりストロークエンドとなる。 θ_1 から θ_2 にアームを変化させた時、アーム角度よりシリンダストロークエンドを判断し、ブーム-アーム間角度が θ_2 に達する前に、アームシリンダへのメータイン流量を減少させアームクラウド速度を下げる。流量減少には、本機種は電気式操作レバーを採用していることで、レバー操作量に応じ、指令電流 I によりコントロールバルブのスプールストローク量を制御している。このレバー操作量と、スプールストローク量の比は、コントローラにて自由に電子制御可能であり、 θ_1 から θ_2 までアームクラウドする際に、操作レバーは同じフルレバー操作状態であっても、電子制御にて指令電流を変化させることでコントロールバルブスプールの開口を小さくし、シリンダへの流量を減らすことで、ストロークエンド時の衝撃を緩和でき、オペレータの居住性を向上させた。また、流量減少により、サイクルタイムの低下に影響がないように、ブーム-アーム間の

角速度もモニターしており、角速度に応じ、流量減少タイミングを変化させ効率向上した。

(5) モニタリングシステム

ショベルとダンプのマイニング機用モニタリングシステムは、最終的には、予防保全実現を目標に開発を進めている。これまでの超大型ショベルシリーズでは、D.L.U(データロギングユニット)を標準搭載し、車体の運転状態の監視を行ってきた。本機種では、さらに進め、例えば、ラジエータ水温に関する項目やポンプやモータ等の油圧機器のドレン圧といったセンシング項目を大幅に増やし、車体の健康状態監視と故障診断の迅速化を狙った。さらにそのデータを活かし迅速かつ正確な故障診断を行うプロセスを開発中である。

データ量の増大に対応するため、コントロールエリアネットワークを構築した(図-10)。

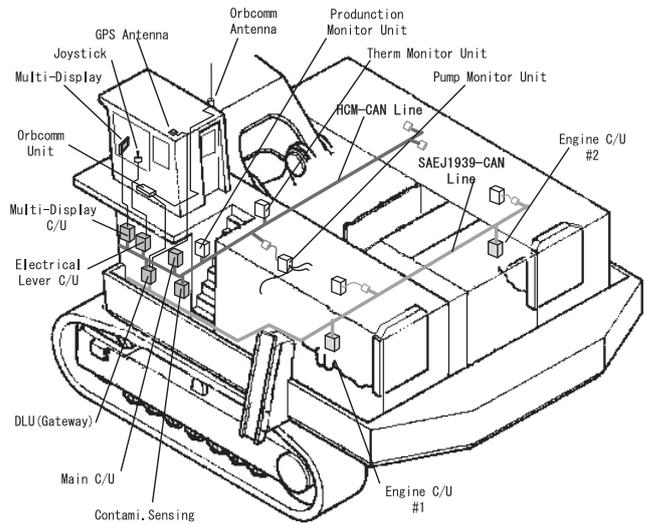


図-10 コントローラネットワーク

機能毎にコントローラを割り当て、車体上に分散して配置した。各々のコントローラは、CANの通信ラインで接続されており、センシングデータをネットワーク上に流す構成となっている。

このデータをダウンロードするには、キャブ内にあるダウンロード用ポートへの接続が必要であったが、大規模鉱山で稼働する運転質量190 ton以上の大型ショベルの多くは、1日20時間以上稼働し、運転手の交代と燃料、油脂類の補給以外は機械が止まることはなく機械へのアクセスできるタイミングが少ない。その為、WIU(ワイヤレスインターフェイスユニット)をオプション搭載し、機械の稼働を止めることなく、ワイヤレスLAN接続にてモニタリングデータをダウンロードを可能とした(図-11)。

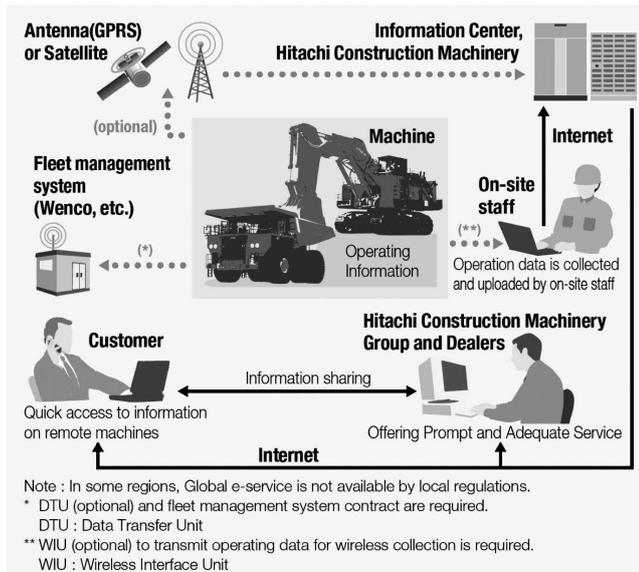


図-11 車体健康状態監視

機械台数でも機械の積み込み容量の増加分，作業量を増やすことは可能である。その為には，大型化した機械にも，今まで稼動していた機械サイズと同等の，稼働率とサイクルタイムが必要とされる。現行機に採用している実績のある構造，機器，システムを踏襲し，モニタリングシステムにて機械状態を監視出来る，本BH仕様機EX8000BHは，高い信頼性と操作性を実現した油圧ショベルであり，市場の要求に応えられる機械であると考ええる。

JCM/A

【筆者紹介】

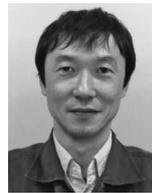
草間 隆史 (くさま たかし)

日立建機㈱

資源開発システム事業部 開発設計センター

超大型グループ

主任技師



4. おわりに

鉱山が生産効率向上の為，機械を大型化しダンプの積み込み容量を大きくすることで，今までと同じ人数，