

低車高大深度クラム (PX 500) の開発と適用事例

神田 昌一

近年の地下鉄工事や建築現場等の揚土作業はその深さを増してきている。また、機械はイージーオペレーションが求められ、環境規制の対応も不可欠である。このような背景から、「低車高大深度クラムシェル」として各種規制をクリアした油圧ショベルをベースに、運転操作性の容易化を図った「PX 500」を開発した。

この機械は作業時全高は 6.6 m と低く逆打ち工法を可能にし、建築物構築中の地下部分の揚土を並行して行えるため工期短縮にもつながる。また、深さ 40 m の大深度地下に対応する目的で標準で深さ 50 m の揚土作業を可能にした。本報文では PX 500 の特長や有効性、稼働事例を紹介する。

キーワード：大深度、低車高、地下鉄工事、建築工事、逆打ち工法、クラムシェル、スライドアーム、パラレルリンク、イージーオペレーション

1. はじめに

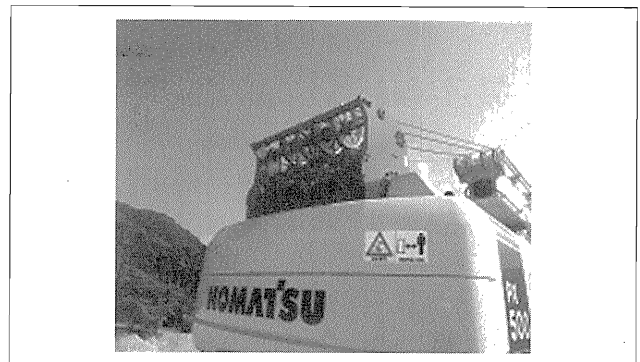
通常の揚土作業に使われる建設機械はテレスコピックアームクラムシェルやクローラクレーン式クラムシェルがある。まず、この PX 500 は 20 トンクラスの油圧ショベルをベースにしており、国土交通省のダイナミック騒音規制、第二次排ガス規制をクリアしている。

作業機はパラレルリンク式ブーム、スライドアーム、ワイヤ式クラムシェルバケットと今までに類を見ない構成で開発を進めた。

基本コンセプトとして、安全性、運転操作性、輸送性、そして工法への対応、作業性等の重視において機械の完成の運びとなった（写真一、写真二）。



写真一 機械全体



写真二 ドラム部分

2. 安全性の追求

1.0 m³ のクラムバケットは直径 16 mm のワイヤ 4 本で支持され、2 本ずつが二つの油圧駆動モータのドラムに巻かれ、開閉時は 2 本、昇降時は 4 本のワイヤが連動し作動する。4 本ワイヤで支持するため、バケットの揺れや回転が少なく、また万一接触等でワイヤの 1 本が切れてもバケット内の土砂の落下がない。

作業機のブームシリンダ圧力とスライドアーム長さ、ブーム・アーム角度を演算し、バケット荷に対して安定作業範囲以上になる前に過負荷警報を発報し、作業機を停止させる安全装置を施している。

3. イージーオペレーションの実現

運転操作は、レバー本数が多い油圧クレーン方式に

比べて、なじみやすい油圧ショベルの2本の操作レバーをベースとした。このため熟練オペレータでなくても短時間で操作に慣れ、本格作業に入る事が可能となった。

しじつオペレータの技量にもよるが早くて1~2時間、長くても1~2日間で揚土→ダンプトラック積みが行えるようになる。

実作業で操作頻度の多い、バケット上下・開閉、旋回、スライドアーム伸縮は2本のレバーで操作する。機械セットの場合に使うブーム・アームの角度調整等の頻度の少ない部分は、レバー上面のスイッチや別置きスイッチで操作する。ワイヤドラムのクラッチとブレーキは左右の足ペダルで操作する。通常の揚土→ダンプトラック積み作業は2本レバーと2つのペダルでのみで行える(図-1)。

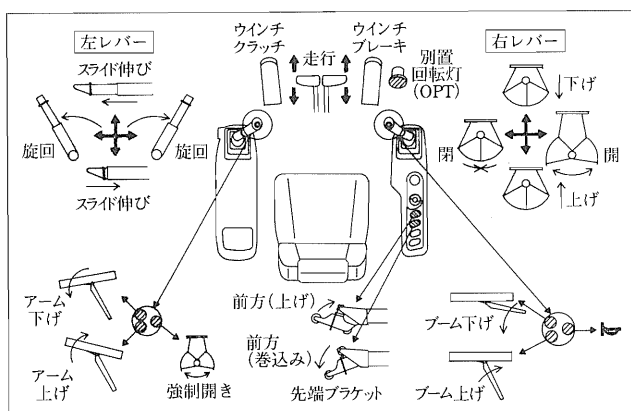


図-1 PX 500の運転操作パターン

4. 輸送性の効率化

通常のテレスコピック式クラムシェルを輸送する場合は、テレスコアームやバケットを取外す手間が必要となるが、PX 500はこのような分解作業が不要で、本体一式丸積みでのトレーラ輸送が可能である。機械重量29.7t、輸送時全高3.2m、輸送時全長11.7mであり、トレーラで現場搬入後、すぐに稼働開始ができる(写真-3)。



写真-3 輸送時姿勢

5. 工法への対応

(1) 標準で深さ50mを実現

地下空間の有効利用により、その作業深さは増してきている。従来のテレスココラムでは対応不可能だった大深度での作業を可能にする目的で、ワイヤの巻き量を深さ50mに標準設定している。更に、オプションで70mも設定している。バケットの上げ速度は定格荷重時95m/minで、下げ速度は動力降下で空荷時100m/minである。下げ操作はドラムのクラッチを切りブレーキ操作で行う「フリーフォール」を使うと更に速くなる(図-2)。

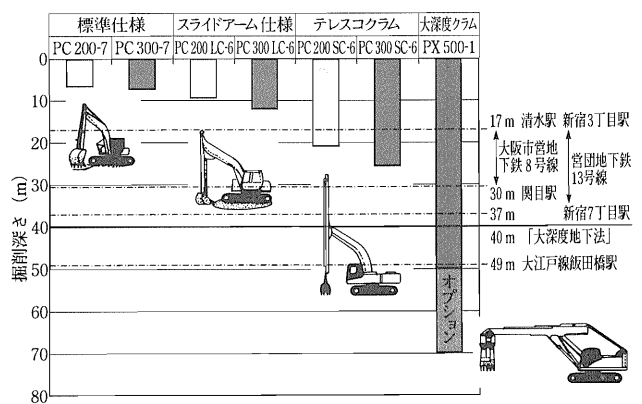


図-2 既存建設機械との深さ比較(自社比)

連続する揚土作業現場では、深さが増していくのに合わせて機械の入替えが発生する。通常の油圧ショベルで掘削・揚土が終わると次にスライドアーム仕様やテレスココラムを投入して、深さ20m程度まで作業が行える。ただし、それ以上になると更に機械の入替えが必要となる。PX 500は50mまでの揚土ができるため、機械の入替え無しで1台で行う事が可能である。

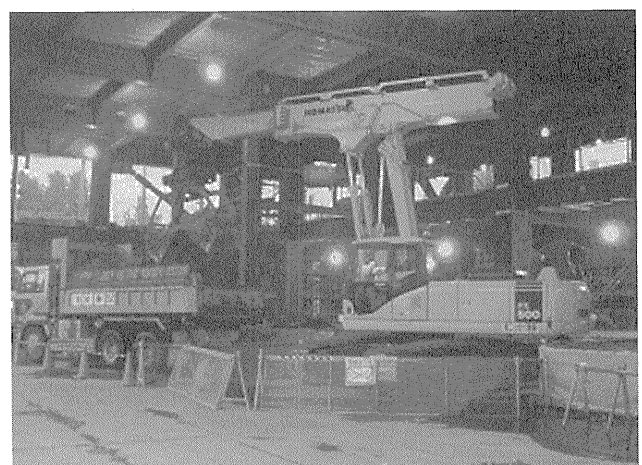


写真-4 高さ制限6.6mでの作業

る。

(2) 高さ制限の克服

都市圏での建築現場では、建築物構築中に地下部分を同時に作業する逆打ち工法が近年多く見受けられる。逆打ち工法は、地下と地上を同時に作業ができることからトータルとして大幅な工期の短縮が図れる。

PX 500 は揚土作業時の 10t ダンプトラックへの積み込み高さが 6.6m と低いため、建物 2 階部分の梁を抜く事なく作業が可能である。

(3) 1車線での積み込みが可能

地下鉄工事や地下高速工事等の公道上の揚土作業は、車線規制を極力少なくしての作業が望まれる。PX 500 は約 3.5m の伸縮スライドアーム機構により、ダンプトラック積み込み時の作業範囲が 6.4m から 9.9m まで伸縮可能であり、開口部の先にダンプトラックをセットしての 1 車線積み込みが行える (図-3、写真-5)。

また、アーム上下やブーム起伏によって、障害物の回避やさまざまな条件での作業が可能である (写真-

6、写真-7)。

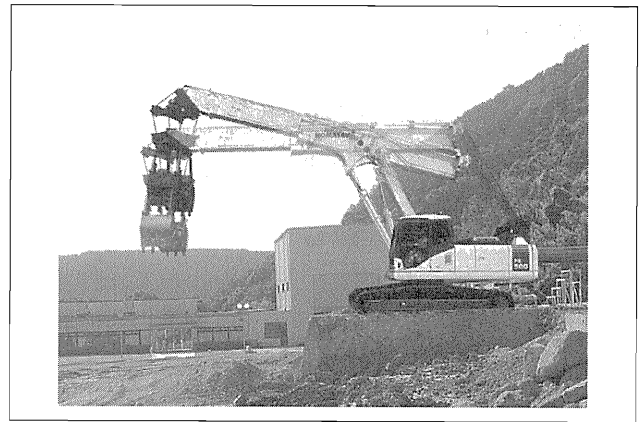


写真-6 アーム上下
(通常作業はアーム水平で行うが梁や柱の回避時に上下させる。)

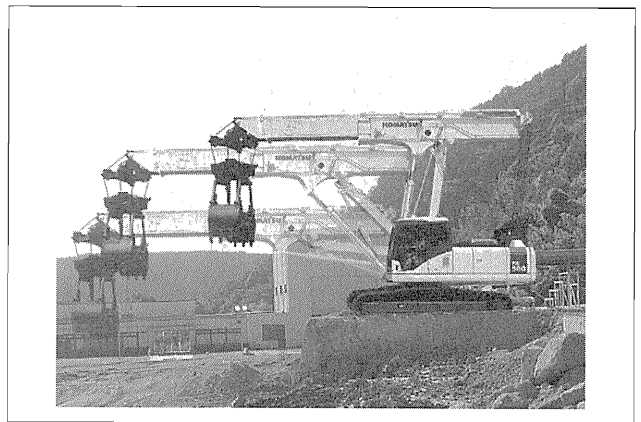


写真-7 ブーム起伏
(パラレルリンクブームのためアーム角度を一定のまま起伏が可能である。)

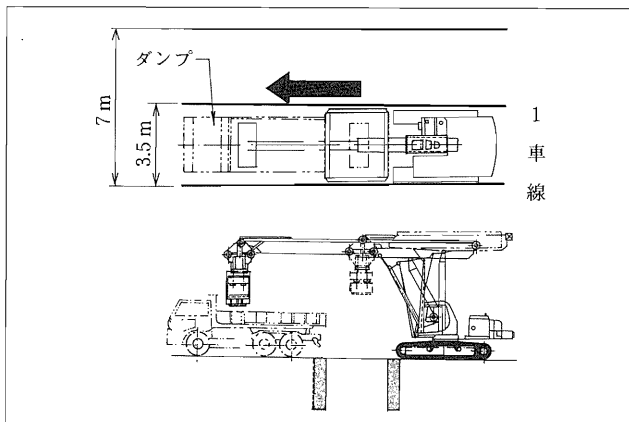


図-3 1車線積み込み



写真-5 ダンプトラック積み込み状況

6. 作業事例

それでは PX 500 を実際の現場で稼働させた際の実測データを以下に紹介する (図-4)。

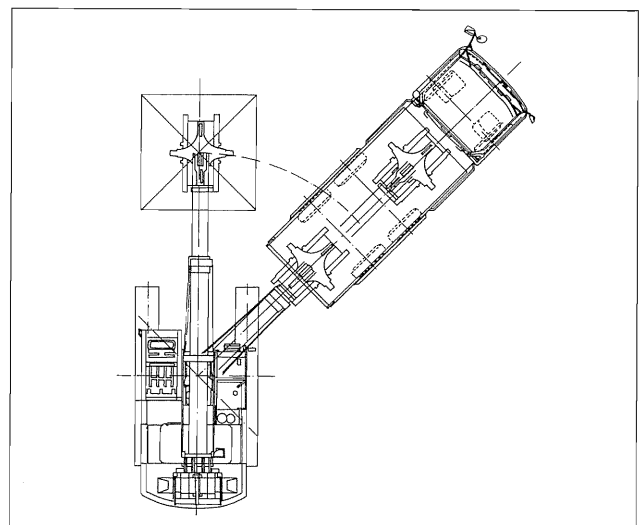


図-4 ダンプトラックの配置図

<作業事例>

- ・揚土深さ：約 18 m
- ・土質：含水率の高い砂礫
- ・開口部寸法：2.6 m×2.5 m
- ・積込み回数：4 杯積み
- ・機械の配置：約 45 度旋回での積込み

(1) サイクルタイムの実測値

ダンプトラックが積込み位置にセットされ、積込み終了までの時間を、ランダムにダンプトラック 3 台のデータを計測した。開口部からの深さは約 18 m である。

表一 1 ダンプトラック積込み実測値

	旋回	巻下	掘削	巻上・旋回	排土	1 サイクル	整形		
								左旋回	バケット 下げ
1 台目 2分40秒	1 杯目			5 秒	5 秒	8 秒			
	2 杯目	5 秒	8 秒	4 秒	23 秒			5 秒	45 秒
	3 杯目	4 秒	8 秒	8 秒	34 秒			4 秒	58 秒
	4 杯目	4 秒	7 秒	6 秒	21 秒			6 秒	44 秒
2 台目 2分26秒	1 杯目			5 秒	5 秒	9 秒			
	2 杯目	3 秒	6 秒	11 秒	21 秒			5 秒	46 秒
	3 杯目	4 秒	6 秒	9 秒	22 秒			4 秒	45 秒
	4 杯目	4 秒	7 秒	1 秒	16 秒			4 秒	41 秒
3 台目 2分32秒	1 杯目			6 秒	6 秒	11 秒			
	2 杯目	4 秒	6 秒	7 秒	20 秒			6 秒	43 秒
	3 杯目	4 秒	6 秒	9 秒	24 秒			4 秒	47 秒
	4 杯目	4 秒	7 秒	9 秒	21 秒			4 秒	45 秒
平均値	4.0 秒	6.8 秒…① ※1	8.1 秒 ※2	22.4 秒…② ※1,3	4.8 秒…③ ※2	46.2 秒 …④	9.3 秒 …⑤		

※1：開口部が小さいため慎重に操作した
 ※2：含水率の高い砂礫のためすくい込みが若干長い
 ※3：熟練オペレータであり、巻上げと旋回を同時操作で行う

実測値より、ダンプトラック 1 台当りの積込み時間の平均は、

③ + (④ × 3) + ⑤ = 152.7 秒 ≒ 2 分 30 秒

4 杯積みだが実際のダンプトラック積込みでは、1 杯目をすくい込み作業機をダンプの停止位置にセットし、ダンプトラックの進入を待つ事になる。

(2) サイクルタイムのシミュレーション

18 m の実績をもとに 20~50 m のサイクルタイムをシミュレーションすると表一 2 のようになる。

更にダンプトラック 1 台当り (4 杯積み) の積込み時間の推定値は、

・深さ 20 m : 4.8 + 49.3 × 3 + 9.3 = 162.0 秒
 ≒ 2 分 40 秒

表一 2 各深さでの推定サイクルタイム

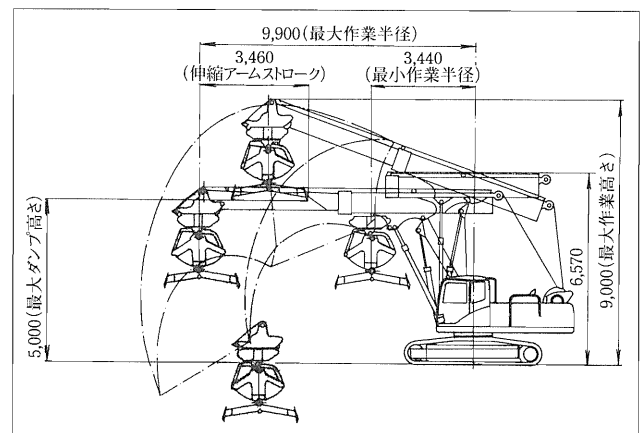
	旋回	巻下 ※1	掘削	巻上・旋回 ※1	排土	1 サイクル	整形
	左旋回	バケット 下げ	・バケット 開き ・バケット 降下 ・バケット 閉じ	・バケット 巻上 ・右旋回 (同時操作)	・バケット 開き ・バケット 上げ ・バケット 閉じ		アーム 伸ばし
20 m 推定値	4.0 秒	①×20/18 =7.5 秒	8.1 秒	②×20/18 =24.9 秒	4.8 秒	49.3 秒	9.3 秒
30 m 推定値	↑	①×30/18 =11.3 秒	↑	②×30/18 =37.4 秒	↑	65.6 秒	↑
40 m 推定値	↑	①×40/18 =15.1 秒	↑	②×40/18 =49.9 秒	↑	81.9 秒	↑
50 m 推定値	↑	①×50/18 =18.8 秒	↑	②×50/18 =62.3 秒	↑	98.0 秒	↑

※1：巻下げは加速度を加味していない

- ・深さ 30 m : 4.8 + 65.6 × 3 + 9.3 = 210.9 秒
 ≒ 3 分 30 秒
- ・深さ 40 m : 4.8 + 81.9 × 3 + 9.3 = 259.8 秒
 ≒ 4 分 20 秒



写真一 8 土砂採取の作業



図一 5 作業範囲図

- ・深さ 50 m : $4.8 + 98.0 \times 3 + 9.3 = 308.1$ 秒
 ≈ 5 分 10 秒

時間当たり作業量はダンプ待ち時間や地下部分の掘削量に左右されるため今回は算出しない。

7. ユーザ評価

PX 500 を複数のユーザに使って頂き、以下のよう
 な評価を得た。

- ① 作業全高が低く、建屋内で作業できるのは大変良い。逆打ち工法に適しており、工期短縮が図れる。
- ② 現場の深さが深くなってきており、50 m の対応は深さの変化に対して機械の入替えが不要となる。
- ③ 運転操作が油圧ショベル並で簡単で覚えやすい。熟練オペレータ不足の問題解決にもつながる。
- ④ バケットを外さずに丸積み輸送が可能で輸送費が軽減され、また分解組立て工賃も発生しない。
- ⑤ 4 本ワイヤでバケットの揺れが少なく位置決めが容易で、開口部内での揺れによるバケット接触に気を使わずに作業できる。1 本ワイヤが切れても土砂が落ちないので安全である。

- ⑥ 開口部を挟んで 1 車線でのダンプトラック積込みができるので交通渋滞の緩和を実現する。
- ⑦ 排ガスや低騒音規制を取得している機械のみの使用制限が多くなっており、現場条件に左右される心配がない。
- ⑧ 河川の土砂採取や船内への製品積込み等、色々な用途で使用が可能である。

8. おわりに

現在、各種オプション類を準備し、近日中に正式発売予定である。

末筆ながら、今回のデータ測定や機械評価にあたり、多くのお客様にご協力いただいたことに感謝の意を表します。

JICMA

【筆者紹介】

神田 昌一 (かんだ しょういち)
 株式会社小松製作所
 建機マーケティング本部
 営業本部
 ワーキングギア開発部



移動式クレーン Planning 百科

社団法人日本建設機械化協会機械部会建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会（石倉武久分科会長）では、約 2 年間の編集作業を終え標記の図書を刊行しました。

本書は、

- ・ 建築工事計画担当者、
- ・ 工事担当者、
- ・ 作業実施担当者、

にとって、短期間に移動式クレーン作業の要点を習得するのに最適な書物です。担当する建築工事に適合する移動式クレーンをより迅速に、より効果に選定・運用する際に大いに活用下さい。

A 4 判 159 頁 定価 2,000 円（消費税別） 送料 400 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289