

製品紹介

PC200系耐摩耗バケット(e - バケット)の開発

Development of Wear-resistant Bucket (e-Bucket) for PC200 Series

砂田 祐之

Hiroshi Sunada

生産センタ技術開発において、PC200系の耐摩耗バケットを開発し、コマツオールパーツサポート(株)(KAPS)より e - バケットという名称で、販売している。本稿では、その機能と特徴を紹介する。

KOMATSU Manufacturing Engineering Development Center developed wear-resistant bucket for PC200 series which is marketed as "e-Bucket" from Komatsu All Parts Support Ltd. (KAPS). This report describes the functions and features of e-Bucket.

Key Words: Bucket, Wear by Sand and Soil, Wear Resistance, Excavation, Wear Part

1. はじめに

油圧ショベルのバケットは、掘削作業で常に土砂にさらされているため、最も摩耗の激しい部品である。通常は費用を考慮して交換せず、定期的に修理しながら使用する。

そのため耐久性があって補修のしやすいバケットは常に、ユーザ要望にある。また、バケットは、土砂をすくう作業である以上、掘削性の良いバケットもまた同様である。本バケットは、耐摩耗性、掘削性がよく、さらに補修がしやすいので維持費(補修費)も低減できることで、ユーザの要望を満足させる。

2. 開発の狙い

2.1 高寿命バケットの開発

現行バケットは、形状の問題から、底部の局所摩耗による早期破損や、もともと取り付けられている摩耗部材の寿命不足があるため、形状変更による摩耗の均一化とし、摩耗部材の強化で現行バケット(PC200-7スタンダード)の2倍の摩耗寿命を狙った。

2.2 掘削しやすいバケットの開発

形状変更により、貫入性向上と、土砂のすくいやすさ向上を狙った。

2.3 補修費の安価なバケットの開発

補修費を低減するには、いかに効率よく補修できるかも重要な要因である。修理のしやすさとしては、

摩耗部材が張替えやすい

補修部材は手に入りやすい材料である(つまりは安く手に入る)

摩耗しても、本体部分ができるだけ壊れない

等があり、これらを満足することを狙った。

2.4 購入時に安価なバケットの開発

購入時に摩耗保護のため、バケットの底面・側面に補強部材を溶接している(加修作業)。この作業は、パッチ的に行われ、また取り付けられている摩耗部材をガスカット等で外した後、改めてさらに厚い部材を溶接するため、効率が悪い(既存の上からさらに摩耗部材を付けるとバケットが重くなりすぎる)。この作業を効率化することにより、購入時のコストを低減する。(写真1)



写真1 バケット補修例

3. 達成手段とテスト結果

3.1 摩耗に強いバケットの開発

(1) 摩耗部材板厚アップと材質変更による高寿命化

摩耗寿命向上を低級材で板厚増のみで行えば、全体重量アップとなり車体安定性を損なう。また、過度に高張力材(高硬度材)を使用すれば、軽量化は可能だが、溶接性、曲げ加工等の生産性の悪化およびコストアップになることもあり、バランスを考慮して選定をおこなった。

表1の通り、側面摩耗部材は板厚アップ(板厚比で1.33 or 1.78倍)と材質変更(ほぼ引張り強さと摩耗量は反比例の関係のため2倍強)によりおよそ2.5(t12)~3.5(t16)倍の強化を行った。底面摩耗部材は板厚アップで1.33(t12) or 1.78(t16)倍とした。

表1 摩耗部材比較

		e - バケット	現行バケット (PC200-7)
側面摩耗部材	材質	SHT1080	SHT490
	板厚	t12 or t16	t9
	形状	錨型	長刀型
底面摩耗部材	材質	SHT1080	SHT1080
	板厚	t12 or t16	t9
	形状	横型・5分割	縦型・3分割

板厚アップはバケットの変形防止効果も狙っている。特に側面部は従来からへこみが問題となっていたので、形状も長刀型から錨型に変更した。(写真2)

これにより破損防止かつ修理も容易にできる。(補修時に整形不要)今回使用した材料は全て入手性もよく曲げ加工、溶接も従来どおり行える。

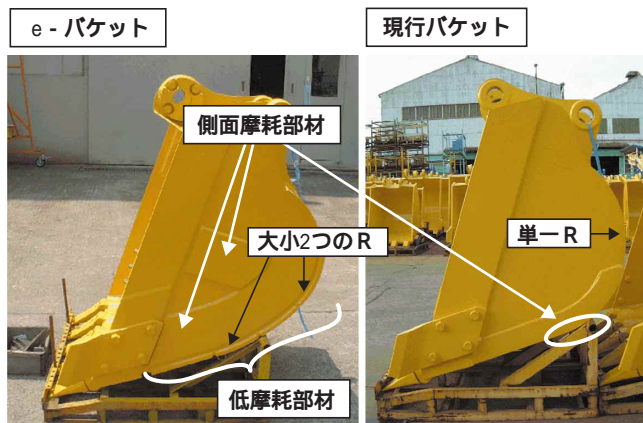


写真2 バケット外観比較

(2) 局所摩耗防止のため底部形状変更

現行バケットは、底面で先端からの直線部と底の曲線部とがつながる部分がかつとも摩耗が激しい(写真2丸み部)。

この局所摩耗は放置すれば、バケットの早期破損につながるため、従来から問題となっていた。e - バケットでは、底部を現状の単一R形状から、2段R形状(写真2)として、局所摩耗を防止し、高寿命を達成した。

実際に摩耗のプリ試験として、地表から500mmぐらいの深さまで、100回の掘削を行った時の塗装の剥げ方で摩耗範囲の違いの変化をテストし、e - バケットが現行に対し、1.79倍になることを確認した。(現行380mm e - バケット680mm)。(写真3)

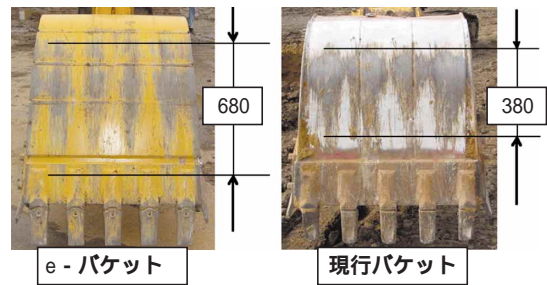


写真3 摩耗範囲比較

以下に考え方の詳細を述べる。

<局所摩耗改善の考え方>

バケットの直線部と曲線部のRのつなぎで偏摩耗が発生する理由を考える。そのため、ブーム、アーム、バケットのそれぞれのシリンダが稼動して掘削する場合、いずれが主要因になるか検証する。

- ・ブームシリンダでの掘削 - ブームが上下すれば、バケットも上下に動くだけで、バケットの底面をこする動きはない。従って、底部の摩耗は起こらない。
- ・バケットシリンダでの掘削 - 最も摩耗する部分は、図1にあるようにバケット中心から底に向かって垂線を下ろし、その長さを半径とした円からはみ出る部分となり摩耗はツース、フロントリップ周りに集中する。(図1太丸部)従って、底部の摩耗が発生する理由にならない。

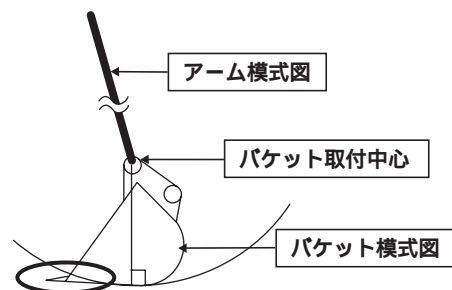


図1 バケットシリンダ掘削での摩耗部

・ アームシリンダ掘削 - アーム取付中心とツース中心との距離を半径として、円を描き(円A), バケットの底に接するように、オフセットする(円B)時, その接点がアームが図で30°の位置からアーム掘削をしたときに最もアーム取付中心から遠い点, すなわち最も地面に擦られ摩耗する点になる. 各々掘削中にアームが変位する角度(図2で55°)での接点の変位量をシミュレートすると, ほぼバケットの直線部とRのつなぎ(図2太丸部)に偏る. これが局所摩耗の犯人とした. 従って, e - バケットでは, 接点の変位量を写真4の通り, 2倍になるよう底部形状を決定した.(これは2円弧を重ねた形状がよいため, 2段Rとなる)結果として, 前述のプリ試験結果での1.79倍にほぼ近い値が得られた. これにより, 2段R形状は局所摩耗防止に効果があると考え.

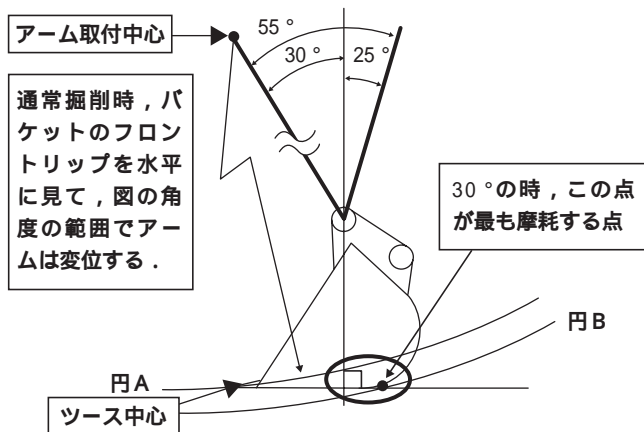


図2 アームシリンダ掘削で摩耗する部位

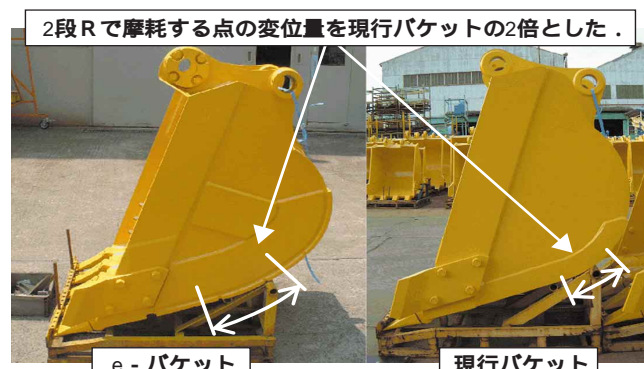


写真4 同一アーム変位量で仮定した摩耗範囲の違い

(3) 実機での摩耗テスト結果 : 供試車 = PC200 - 7
稼働 = 394H

側面は, 当初予定した寿命より若干短く, 1.93倍の寿命となった. また底面は, 逆に2.00倍の寿命で, 部材強化より大きい値となっている(表2)が, これは, 形状変更による局所摩耗防止効果も含まれているからである. 実際の摩耗の進み方を調べたところ図3のようになる. 最も摩耗する部分は現行バケットに比較して39%減少している. そのため, 底面の摩耗寿命が伸びたと考える. 以上から購入時で現行バケットと比較すれば, 2倍の寿命があり, 一定期間使用後同等の補修をしたものを比較すれば, 1.4倍の寿命が得られる.

表2 実験部での摩耗テスト結果

部 位	残存板厚から推定した寿命(hr)		目 標	結 果
	e - バケット	現行バケット		
側面摩耗部材	10,400	5,400	2倍	1.93倍
底面摩耗部材	2,800	1,400	2倍	2.00倍

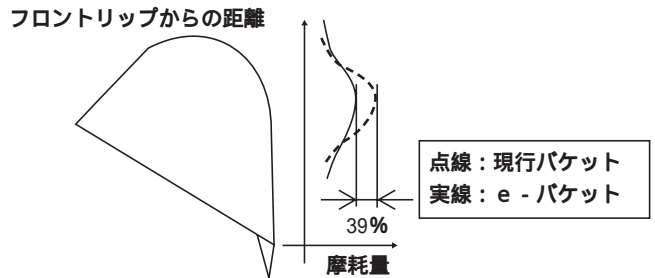


図3 摩耗の形態の比較

3.2 掘削しやすいバケットの開発

(1) 貫入性向上と土砂積み込み性向上

掘削性向上は, 今回貫入性と土砂の入りやすさについて改善を行った.

貫入性については, 図4にあるようにバケットボスと同じ位置にした時に, 約3°ツースが上向きようにした.

これにより, 掘削時に同じアーム・バケット姿勢をとってからアーム掘削を開始すれば, より水平に地面に入り, 掘削抵抗が減るため, 貫入性が向上する.

土砂の入りやすさについては, 2段R形状にすることで改善する. 土砂がバケット内部にはいる様子を図5に基づき考察する.

単一Rで土砂がすくいこまれると, 底が急激に立ちあがっているため, のぼり切れず落ちる.(図5の太線の距離が2段R形状に比較し, 短い)これが抵抗となるため土砂が入りにくくなる. 次に底部が2段Rであれば, 掘削でかき込んだ土砂が, なだらかに底面をのぼるため, 内部に順次たまっていく. スムーズに土砂がはいれば, 掘削距離が短くなり, また, 土をかき集めるために爪を立て,

掘削抵抗が大となるような無理なすくい込みもなくなるので掘削性が向上する。

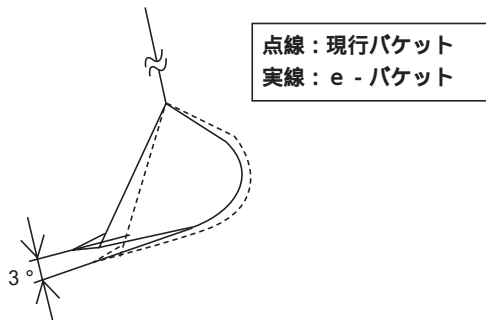


図4 掘削時のツース進入角度の違い

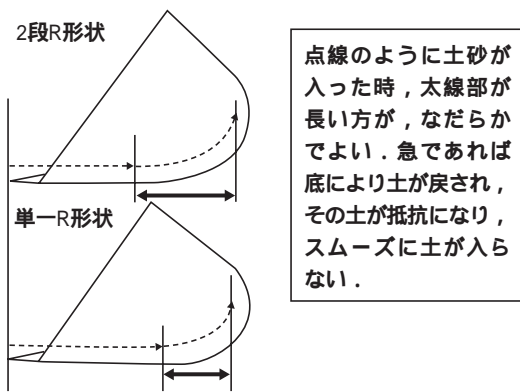


図5 土砂の入り方比較

(2) 実験部での掘削性確認テスト

作業量確認テスト(供試車：PC200-7)

(1)掘削作業性向上を考察したので、実作業を想定し、各作業モード別に、掘削～旋回～積み込みまでを一定回数行い、単位当りの土砂積み込み量に対して、使用した燃料の比で燃費の比較をおこなった。(掘削性が向上すれば、燃費効率向上に寄与するため、確認した)柔らかい土(砂利、砂土等)や、地下掘りで土砂が勝手にバケットに入る等、バケットそのものの土の入りやすさが問われない掘削では、現行と同等で効果が見られない。しかし、硬い土質、地表近くの掘削、さらに車体の掘削力を落とすなど、土砂の入りやすさが影響する掘削では、燃費効率向上の効果が見られた。(五種類の作業で1～5%低減)。従って、全体の傾向では、掘削性向上にともない、燃費が向上されたといえる。

作業性確認テスト

実作業の個々について感能評価テストを実施した。掘削作業(硬・柔土質の違い、すくいこみ～排土までのしやすさ)では、作業性向上が評価された。しかし、整地作業(定置整地、旋回整地等)では、底部が2段Rにしたことにより、直線部が若干短くなったため、作業性が現行バケットに対し、劣るとの評価を受けた。但し、このテストレベルでは、殆ど問題にならないとの評価を得ている。

3.3 補修のかからないバケットの開発

(1) 本体を破損させない構造と摩耗部材を容易に張替え溶接構造改善

現行バケットの側面板と底面板の組み合わせは、側面板がはみ出す構造となっている。(図6)

そのため、底部の摩耗進行によって、溶接金属が摩滅し(図6の が溶接部)、最後には、溶接部が破損し、お互いが外れてしまう。これを防ぐには、底面摩耗板が十分残って、ガードの役割をしている間に底面摩耗部材を交換せねばならないことになる。(摩耗材としては、摩耗代が残っているのでロスを生じる。)

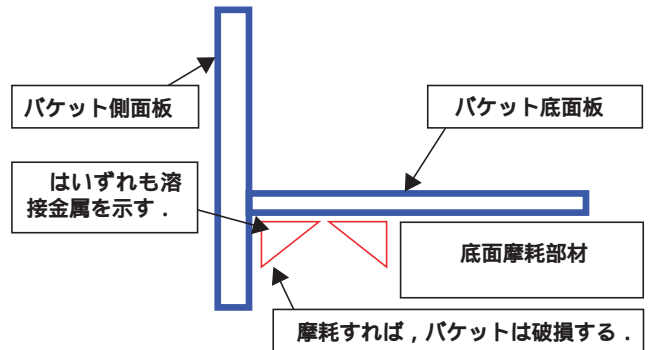


図6 現行バケットの溶接構造

e-バケットでは、底板をはみ出させる構造とした(図7)。この構造では、側面板と底面板の溶接部分の摩耗が防げる。そのため摩耗部材を使いきっても、バケットの破損が起こりにくい。また、底面摩耗部材の摩滅状況が見えるので、交換時期を外観から知ることができる。

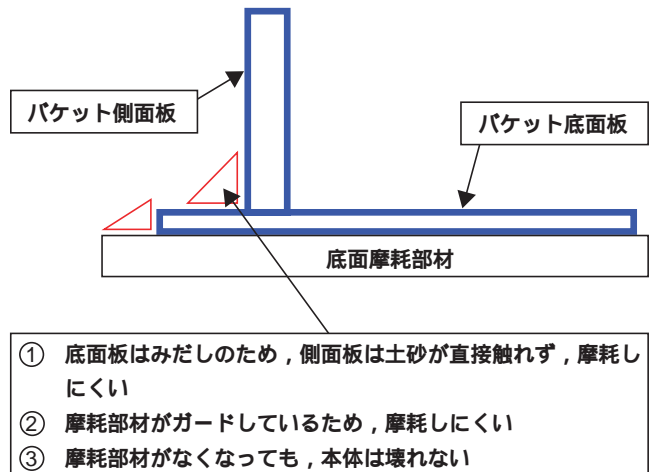


図7 e-バケットの溶接構造

摩耗部材の形状変更

現行のバケット底面摩耗部材は縦型・3分割であるが、e - バケットでは、横型・5分割とした(写真5)。まず横型に取り付けてあるため、土砂による溶接金属の摩耗がなくなるので、使用過程ではがれを防止できる。また、最も摩耗する部分だけの交換ができるので、補修費も削減できる。

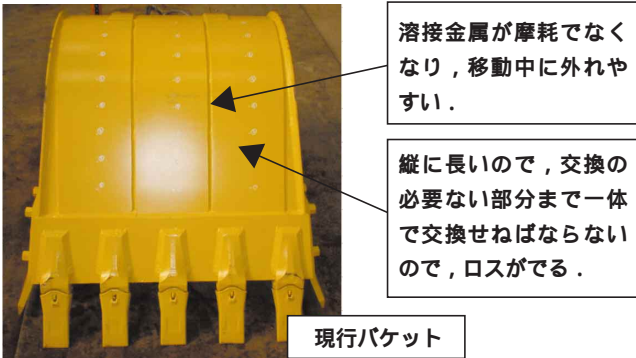
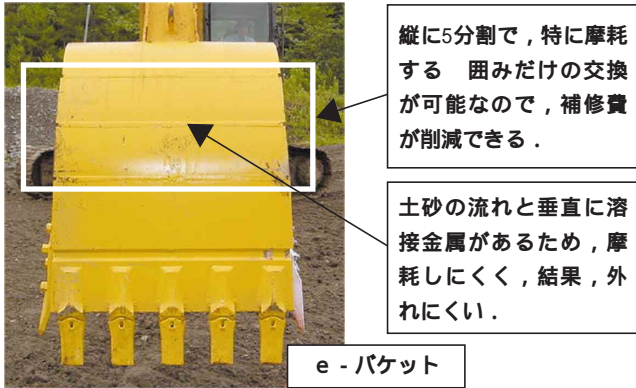


写真5 底面摩耗部材形状比較

3.4 安価で補修のかからないバケット開発

加修作業を生産ライン外で行うことは、リードタイムおよび費用が大幅にかかる。そのため、KAPS(株)との共同開発で、加修内容をDBよりバケットメーカーに直接依頼するシステムとした。ユーザ要望通りの加修の施されたバケットを生産ラインで製作することができ、生産コストの低減とリードタイム短縮が図れた。実際e - バケット同等レベルの加修作業を現行バケットに施した場合に比較し、約12%安価となる。(低減率は調査地での平均)

4. 総合評価

全ての品質確認結果から、e - バケットの特長を以下にまとめる。なお参考にユーザでの評価も示す。

- ・加修なしでのバケットと比較し、購入コストは1.3倍で、摩耗寿命は2倍。
- ・加修ありバケットと比較し、購入コスト0.88倍で摩耗寿命は1.4倍。
- ・掘削性向上で、燃費を向上(最大5%)
- ・同所摩耗防止で、補修後の摩耗寿命は現行1.4倍。従って、補修費を40%削減できる。
- ・補修がしやすい。(必要な部分だけの交換が可能 摩耗部材が減っても、本体の破損を防止 摩耗部材強化で本体の変形を防止)

<ユーザ評価>

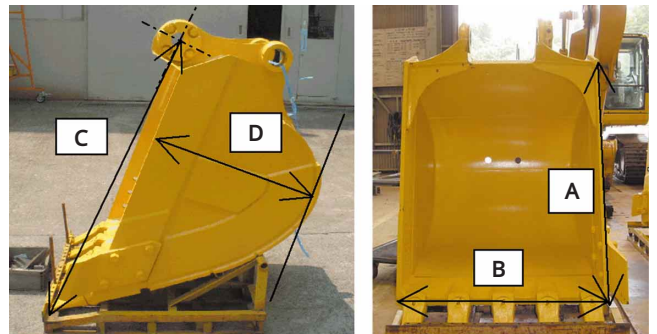
硬い土質の現場では、掘削性(すくいこみ~排土)の向上と耐摩耗性について良い評価をもらった。整地性については、若干の心配があったが、現行同等との評価をいただいた。また車体バランスについても、既に加修したバケットを使用している現場から、現行同等との評価をいただいた。

柔らかい土質の現場では、整地性が現行に若干劣ること以外は上記現場とほぼ同じ評価をいただいた。両方とも実験部での評価とほぼ同等の結果であり、また、総合的に良い評価をいただいた。

5. 現行バケットとe - バケットの寸法比較(表3)

表3 寸法比較

		e - バケット	現行バケット
A	縦間口	1164.5	1199.4
B	横間口	1027	1027
C	スウィープ半径	1452.9	1477.4
D	深さ	859.7	751
E	質量(kg)	695.1	564
		摩耗部材t16	
		628.1	
		摩耗部材t12	



6.最後に

2003年9月より、販売を開始し、順調の販売を伸ばしている。販売当初からユーザの評価も高く、現在機種展開として、PC70系、PC100系、PC350系のe - バケットも開発中である。今後ともユーザの要望に応えられる商品開発を行っていきたい。なおフロントリップ保護の摩耗部材(シュラウド)は、全ての稼働現場で必要ではないため、KAPS(株)よりオプションで販売している。

また、名称の意味であるが、3つのコンセプトの英語の頭文字の'e'をとって名付けた。

endurance(摩耗に強い)
effective(掘削しやすい形状)
easy maintenance(補修が容易)

著者紹介



Hiroshi Sunada
すな だ ひろ し
砂田 祐之 1996年、コマツ入社。
現在、生産本部 生産技術開発センタ所属。

【著者からひと言】

開発当初、ユーザから求められるバケットは何か(売れるバケットには何かが必要か)を調査することからはじめ、その中でPC200バケットの耐摩耗性の向上がセールスポイントになると確信し、開発に着手しました。現在、販売台数が伸びていることから確信が間違っていないという安心感と、いままで協力いただいた関係部門、製造メーカーの方々への感謝の思いが一杯です。開発の中で、耐摩耗性を向上するのにコストアップを抑えるため、耐摩耗部材だけにたよらず、形状変更も考え、設計分野にもチャレンジしました。失敗作では関係部門には、ご迷惑をおかけしましたが、これからも、その反省をしつつ何事にもチャレンジしていきます。