

環境負荷、建設費低減に寄与し施工条件を選ばない、再生骨材製造機の開発とそれを用いた工法の確立

～現場内リサイクルで二酸化炭素排出量70%削減、コスト70%削減を実現する『再生クラッシャーラン製造工(脱着式)』～

研究開発者：株式会社 古垣建設（北海道余市郡余市町）
古垣 恒次、櫻庭 健
ウエダ産業株式会社（大阪府茨木市）
植田 敏治、吉川 忠男 発表者 櫻庭 健

1. はじめに

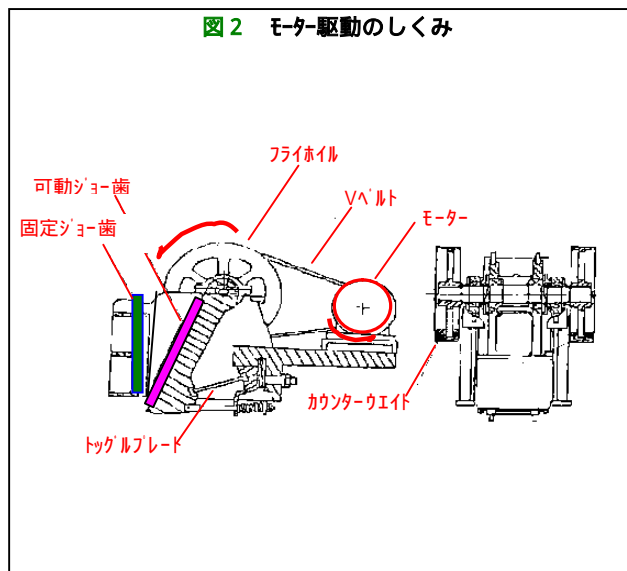
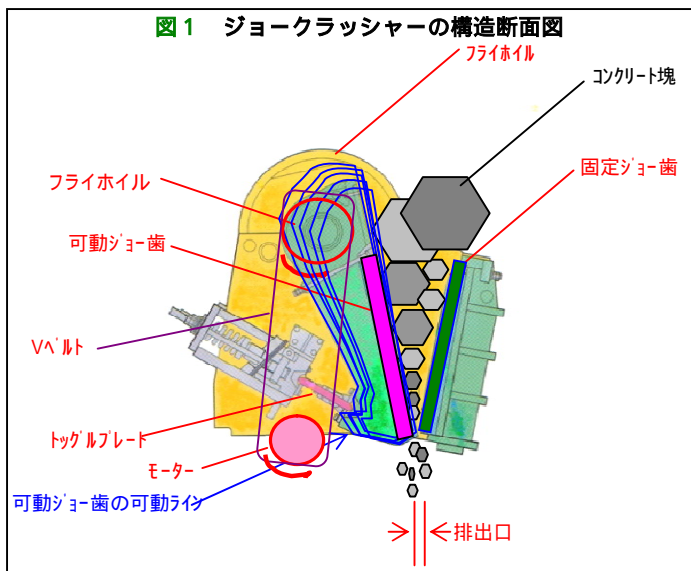
近年、建設産業が果たす責務として循環型社会の形成への貢献に加えて環境負荷の低減や建設費低減を強く求められており、それに寄与する安定した新技術を開発すべく2006年より本格的にバックホウ（油圧ショベル）脱着可能アタッチメント式再生骨材製造機の研究開発に着手しました。（製品化は2007年）
着目した建設廃棄物のコンクリート塊及びアスファルト・コンクリート塊の全国排出量は年間5830万トンに及び、建設廃棄物総排出量全体の75%を占めている。1（北海道に於いてのリサイクル率はコンクリート塊95.3%、アスファルト・コンクリート塊96.9%であり推進計画2008において平成24年以降の目標がそれぞれ98%と99%としている。2）
リサイクル率向上の背景にはここ10年において関係機関皆様のご尽力により工事現場での再生骨材の利用が定着したことが大きな要因であると考え、今後は更に「誰もが工事現場で品質保持された再生骨材を安価で製造することができるなら」上記の課題全てに寄与でき、強いてはコンクリート塊を建設廃棄物との考えから有価物との見方に変えることすら可能となる。そんなことを夢みて研究課題に4年間懸命に取り組んで参りました。

1 建設副産物リサイクル広報推進会議（平成17年度～）、2北の情報誌Hint!第10号より

2. 動向－世界の骨材製造機の構造としくみ

現在、採石場、中間処理施設で切込砕石（再生骨材）0～40mm, 0～80mm級を製造するのに用いられている破碎機構は、定置式のジョークラッシャーである。この技術は、今から70年以上も前に確立されたもので今も尚この方式が採用されている。このジョークラッシャーとはホイールの回転力を偏心軸により往復運動を行う可動ジョー歯と固定された固定ジョー歯により形成されその空間に、原料を投入し圧縮・摩擦することによって、圧劣破碎を行う破碎機で元来、岩石等の非圧縮性物質の破碎に用いられていたものである。最大の利点は何よりホッパー内に固定ジョー歯と可動ジョー歯をV字型に配置し、排出口の幅の調整で粒度調整を行う簡単な構造となっている為、大きなコンクリートを直接投入することができ、鉄筋等の異物混入に対しても問題としない。メンテナンスも固定ジョー歯と可動ジョー歯がそれぞれ1枚の2枚で構成され上下同一形状としているため、摩耗の早い下部（排出口）と上部を反転させ使用できる等考慮されている。 図1参照

歯の交換は破碎物の強度により異なるが40N/mm²程度のものを破碎した場合平均1,500～2,000*2回=3,000～4,000hが交換時期となる。歯の材質は高マンガン鑄鋼を用いており溶接による肉盛りも可能である。（当社試験による）鉄筋は破断せず分離され同一排出口から排出される。



可動ジョー歯の駆動はVバルブを介して、可動歯の駆動の駆動軸を油圧モーターで駆動する方式で正転(同一方向)のみとなっている。この駆動方式は世界共通でありモーターの回転力を利用する機械にはこの方式が採用されている。

図2参照

3. 課題の提起－バックホウ（油圧ショベル）を動力源とした脱着可能アタッチメント式再生骨材製造機の開発にあたって

タイトルの名題に応えるためにはやはり全世界に普及しているバックホウを動力源とすることが必要不可欠であり、全メーカー対応で且つ、付属装置を取り付けなくてよい純正のバックホウ（共用配管機）で作業を行うことのできるバケット型アタッチメントとし、破碎方式はジョークラッシャーであるのがベストと結論づけたが研究開発にあたり最大の難所は以下の点であった。

1. バックホウ装着型故に骨材製造機（アタッチメント）の重量には限度がある。
2. バックホウの特性を生かすことから集積、取り込み、破碎までの一環した作業を行うに耐えうる構造としなければならない。
3. バックホウオペレータの熟練度を要さず、誰もが利用できる為には極めて造りを簡素化し、保守・メンテナンス性に配慮しなければならない。
4. 骨材製造に対し如何なる条件化でも一定した能力が発揮され、製造される骨材の粒度分布等、品質保持されなければならない。
5. 機械の基礎単価を抑え、従来技術よりも遙かに安価で施工できなければならない。

教えあげるときりがないが、これを克服するには、**可動歯のVベルト駆動方式を新たな視点で見つめ直さなければならない**であった。

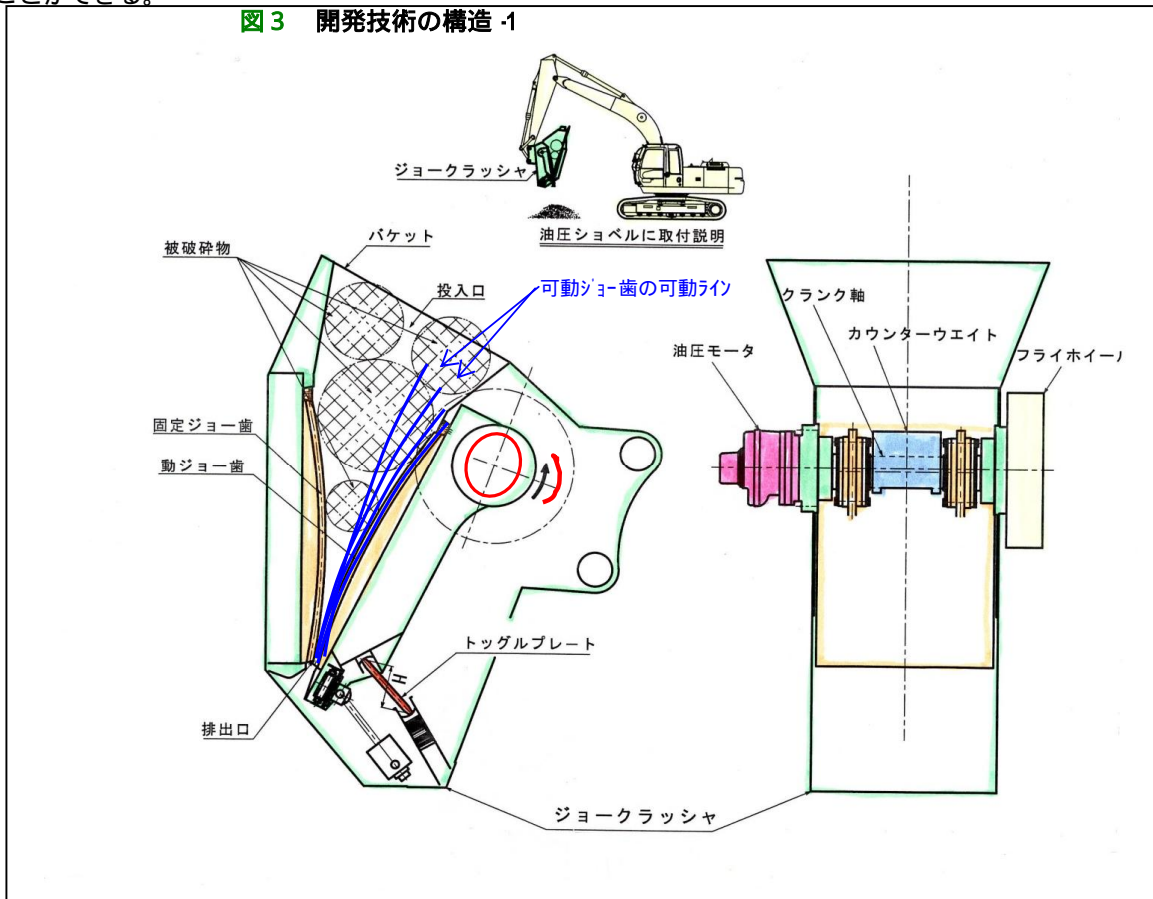
【Vベルト駆動方式での不都合点】

1. モーターはバックホウの油圧で駆動させるが定置式と違い油圧やモーターの出力には限度がある。破碎物の投入状態により負荷がかかり頻りにコンクリート塊を噛みこんだまま停止する。（又はベルトの状態により滑る）その場合はバケットをひっくり返し地面に叩き付け放ししなければならない。最も重要なのは停止しないまでも可動歯の可動回転数が減少した場合、排出される碎石の落下時間が増大し破碎前に落下する。このため品質保持が難しくなる。 260回転/minに設定（当社）
2. Vベルト駆動の場合、テンション調整や消耗品のため頻りに交換等、保守・メンテナンスを行わなければならない。又衝撃を与えた場合ベルトが外れる上、コンパクト化にも限度がある。

4. 課題解決の取り組み（世界初新技術） - 世界の常識Vベルト駆動方式を用いない新たな駆動方式の開発

可動歯の駆動方式を油圧モーターを偏心軸の一端に直結し、除去したフライホイール1個を偏心軸の中央に移設し、慣性力を保持した状態で、ショック荷重は油圧バルブで吸収する構造とした。（Vベルトを使用せず、油圧モーターに駆動軸を直結し動力伝達を直接行う方法）これにより圧砕力が増大したと同時に正反転もできるようになり（ペダルをつま先側からかかと側に踏み込むと歯の駆動が逆回転となる）負荷がかかった場合には即座にモーターを逆回転させ可動回転数を維持することができる。

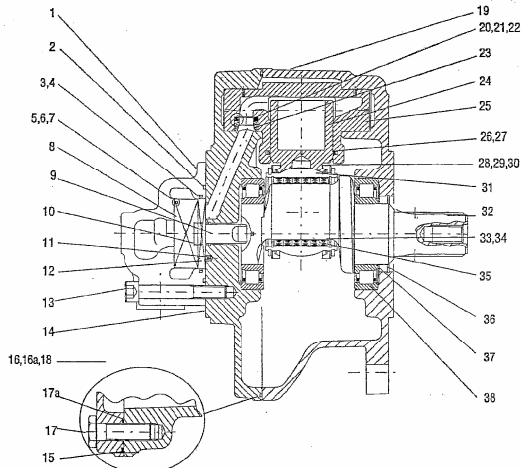
図3 開発技術の構造-1



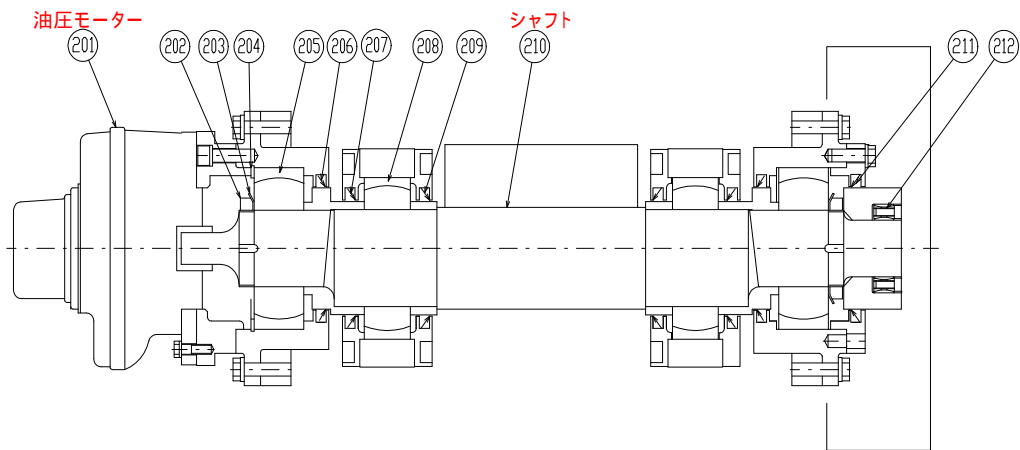
クランク軸の一端に油圧モータを直結し、他端にフライホイール、前記両者の中央にカウンターウエイトを設け、回転駆動部をクランク軸に集中させ、装置の軽量化・コンパクト化を指向している。 図3、図4参照

図4 開発技術の構造 2

油圧モーター詳細図



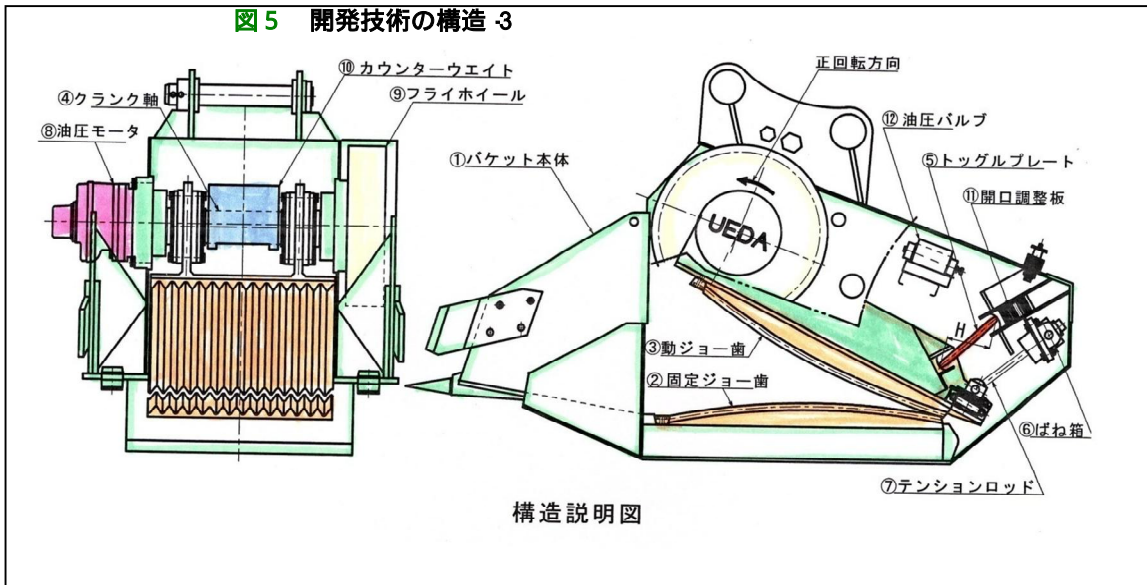
シャフト回り詳細図



201	油圧モータ	1	207	オイルシール	2
202	軸受けナット	2	208	自動調心コロ軸受け2	2
203	軸受け座金	2	209	オイルシール	2
204	C型止め輪	1	210	偏心軸	1
205	自動調心コロ軸受け1	2	211	オイルシール	1
206	オイルシール	2			

5 . 開発したバケットクラッシャー全体構造

図5 開発技術の構造-3



構造説明図

【構造の解説】

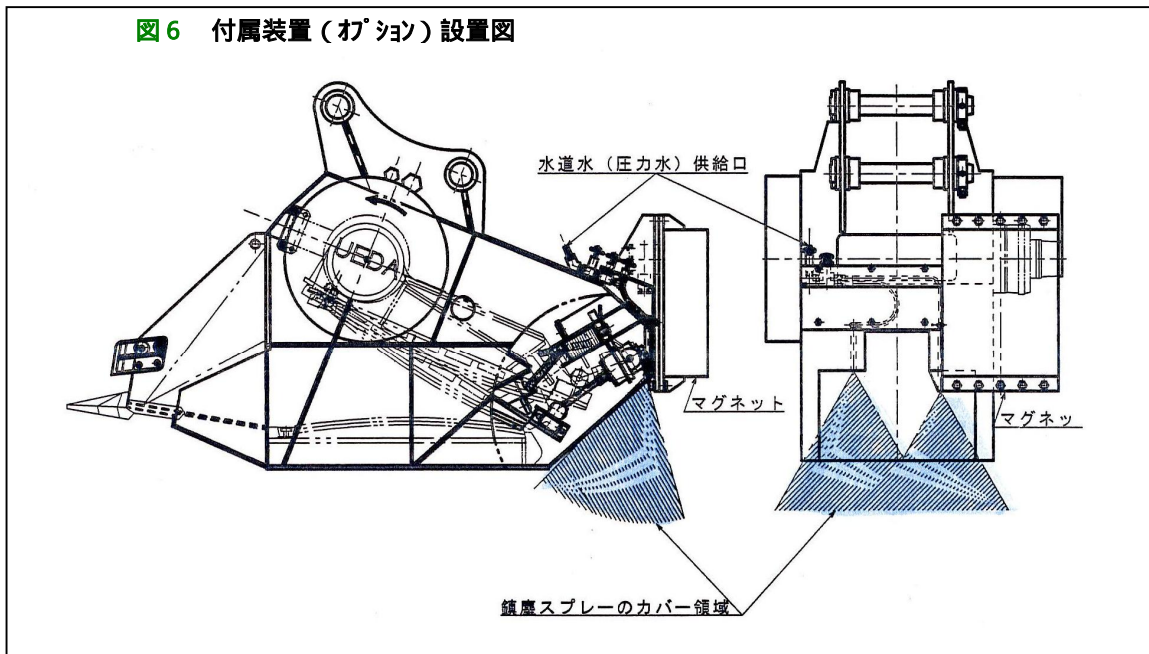
バケット本体 内に、固定ジョー歯 を固定し、これに対向して動ジョー歯 の先端部をクランク軸 に軸受けし、動ジョー歯 の下端部をトッグルプレート を介してバケット本体 に支持し、ばね箱 とテンションロッド で、トッグルプレート の揺動伸縮を許容しながら常時トッグルプレート が離間することなくバケット本体 に負荷されるように構成している。

開発したバケットクラッシャー（ジョークラッシャー）の独創性は、従来ジョークラッシャーのVベルト駆動の常識を打破して、クランク軸 に回転駆動部を集中させたことにある。即ち、クランク軸 の一端に油圧モータ を直結し、クランク軸 の他端にフライホイール を、前記両者の間にカウンターウェイト を配置したことにある。クランク軸 に回転駆動部を集中させることにより、油圧モータ の正逆運転ができ、ジョー歯間につまりが発生した場合でも逆回転により簡単につまりを解除でき、Vベルトのような滑りがなく高性能でコンパクトな装置にできる。破碎粒寸法は、固定ジョー歯 と動ジョー歯 の出口隙間を開口調整板 の加減により簡単に調整できる。トッグルプレート の傾斜はバケット本体 の支持側より動ジョー歯 の支持側がHだけクランク軸 側（上側）になるように位置決めしている。このことによりトッグルプレート の揺動運動により動ジョー歯 が固定ジョー歯 に対して排出側に移動するとき前進するので、被破碎物を引き込むように破碎するので破碎効率がよくなる。 図5参照

【付属装置(オプション)】

- (1) 発塵を防止する必要がある場合は、鎮塵スプレーを設置できる。
- (2) また有筋コンクリートの破碎処理で鉄筋を拾う場合はマグネットを設備できる。 図6参照

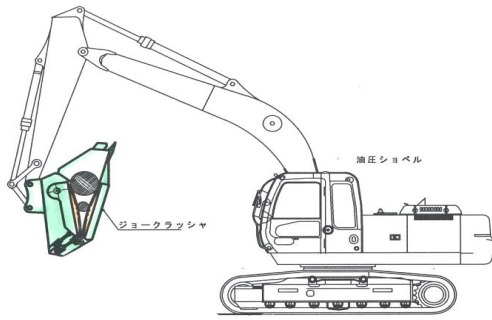
図6 付属装置(オプション)設置図



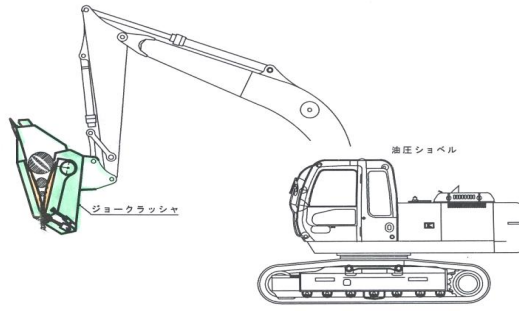
6. バックハウ装着図

(1) 作業姿勢の例

() 油圧ショベルへの取付 (正姿勢)

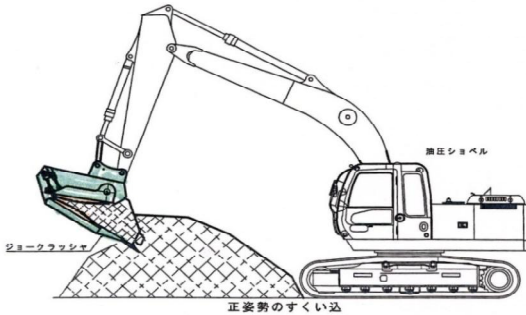


() 油圧ショベルへの取付 (逆姿勢)

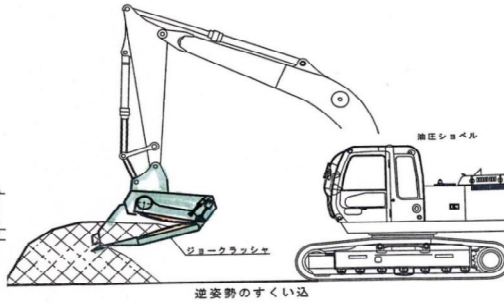


(2) すくい込作業

() 正姿勢

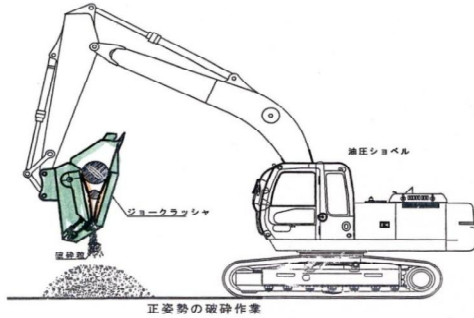


() 逆姿勢

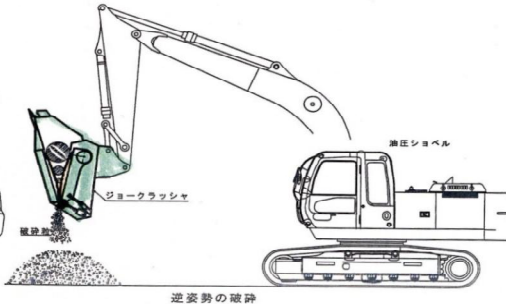


(3) 破碎作業

() 正姿勢



() 逆姿勢



7. 開発機の特徴

(1) 運転・操作性

- ・バックハウ (油圧ショベル) 運転操作ができる程度の技量で操作ができる。
- ・骨材製造機の取付・取外しには30分程度で行える。
- ・バックハウ (油圧ショベル) は全世界全機種対応となっている。(現在0.45m³, 0.7m³, 1.0m³バックハウの3種製造。)

- ・粒度調整 (20mm ~ 90mm) は3mmずつ微調整が行え、作業は15分程度で誰もが行える。

(2) 機械能力・性能

- ・コンクリート塊 (有筋、無筋)、岩石、舗装殻 舗装殻は外気温22度以下
- ・取り込み口が700mm * 550mmとなっており、大きなコンクリート塊を処理できる。400mm程度であれば破碎可能で投入破碎物の強度は40N/mm²まで可能。(厳密な粒度を必要としない場合は70N/mm²まで)

(NETIS登録では余裕を持ち投入サイズ 350mm * 350mm程度、投入物強度40N/mm²以下としている)

- ・破碎方式はジョークラッシャーとしているので、鉄筋コンクリート等有筋でも作業が行える。
- ・作業能力は4.2m³/日 (破碎前体積) 条件は破碎物寸法350mm * 350mm程度、有筋、強度25N/mm², 90°旋回、作業効率0.75, 0 ~ 40mm製造時

- ・作業時騒音70dB、振動6.5dB程度 条件は施工地点より15m地点で計測、以下作業能力計測条件と同様

別紙参照

(3) 機械の維持管理

メンテナンス性、維持管理コスト（給脂と歯の交換のみ）

- ・給脂箇所を4箇所を抑え、給脂1週間に1度。可動ジョー歯と固定ジョー歯を対向及び上下とも同一形状とした。

歯の交換は破砕物の強度によりことなるが40n/mm²程度のものを破砕した場合平均1,500h*2回=3,000hが交換時期となる。

- ・日常点検は計器を使用する必要がなく、全て目視で行える。可動、固定ジョー歯の取付けボルト6本のゆるみがないかの点検や、油圧ホースのゆるみがないかの点検程度で全て見える位置でかつ集中させている。

(4) 製造された再生骨材の品質

- ・北海道開発局の共通仕様書に従い路盤材料の品質試験を都度行っているが（下層路盤材0～40mm、凍上抑制層材0～80mm、基礎材、裏込材0～80mmに対しての品質管理試験）現在のところ試験結果においてアウトになったケースが無い。

試験項目：骨材のふるい分け試験、突き固めによる土の締固め試験、骨材の洗い試験、凍上試験、修正CBR試験、粗骨材のすりへり試験 別紙参照

8. 工法の内訳-再生クラッシャーラン製造工（脱着式） 登録番号HK-080003-A

【施工歩掛】

投入寸法350mm以内

工事費内訳 名称	条件 規格	投入寸法350mm以内			1 m ³ 当り金額	2,610
		単位	数量	単価	金額	要素
バックホウ運転費	加-7型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	日	2.381	51,600	122,860	開発局単価
破砕機（アタッチメント）	骨材製造機FU70	日	2.381	45,200	107,621	鉄筋除去、不純物除去要員
人件費	特殊作業員	人	2.381	13,100	31,191	
諸雑費	まるめ	式	1		28	
合計					261,700	1 0 0 m ³ 当り

投入寸法350mm超

工事費内訳 名称	条件 規格	投入寸法350mm超			1 m ³ 当り金額	3,180
		単位	数量	単価	金額	要素
バックホウ運転費	加-7型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	日	2.381	51,600	122,860	開発局単価
破砕機（アタッチメント）	骨材製造機FU70	日	2.381	45,200	107,621	鉄筋除去、不純物除去要員
人件費	特殊作業員	人	2.381	13,100	31,191	
小割圧砕費	小割圧砕,加-7型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	日	0.892	63,600	56,731	
諸雑費	まるめ	式	1		97	
合計					318,500	1 0 0 m ³ 当り

- ・施工量4.2 m³/日（破砕前体積）で計上しています。
- ・歩掛条件は破砕投入寸法〔350mm以内か350mm超〕の選択でそれ以外はありません。
- 破砕物（無筋、有筋）、製造サイズ0～40mm,0～80mmの別無し。
- ・アタッチメント運搬費、取付費は一般共通仮設費に含む。



骨材製造機 FU70



作業状況



再生骨材 0～40mm製造

9. 今後の研究課題

[機械装置について]

- ・クランク軸偏心量、モーター回転速度、ジョー歯の溝形状による骨材品質絶対値の確立と生産性の向上。
- ・機械軽量化、コンパクト化。
- ・粒度調整等、機械の取扱いを更に容易にする。
- ・バックホウの大きさに合わせたラインナップを揃える。
- ・基礎単価の低減。

[工法について]

・技術の研究、改良、開発を行い、開発された技術の普及啓蒙により環境対策事業等の発展に寄与すると共に、協会員の環境知識、コスト意識の向上を図ることを目的として設立したARM協会の活動に力を入れる。

10. おわりに

・昨年、世界3大機械展の1つであるフランス・パリで開催された建設国際見本市「インターマツ2009」に出展し国際デビューを果たしました。(平成21年4月20日～25日、3年に1回開催)
43カ国から1470社が出展した祭典でしたが、20カ国のエージェント、ディーラー、ユーザーよりバケットクラッシャーについて世界一の技術であると最大の賛辞を頂きましたが、価格も世界一高価であると酷評され、今年4月に開催される世界3大機械展の1つであるドイツ・ミュンヘンでの再会を約束しました。現在、イタリア2社、フランス1社、ドイツ1社、日本1社(古垣建設・植田産業)の計5社がバケット型ジョークラッシャーを研究しております。(日本を除く他4社はVベルト駆動方式で現在私共が先に直面した問題を抱えている様です。)
ヨーロッパ諸国に於いてバケット型ジョークラッシャーについてここ2～3年で広く認知されはじめ先に開発を進めていたイタリアの1社が3000台以上を販売し、悔し涙をのんでおりました。
日本の管理基準は世界上位を行っており中途半端な技術で世に出せず、何より立証する現場不足や技術開発資金が大きいのしかかっていたのが現状です。
何度も何度も心が折れそうになりながらもとても多くの方々にも励ましと勇気を頂き、今現在も頂いております。ほんとうにありがとうございます。
その中で特に北海道開発局の皆様には研究半ばの平成19年から数々の工事現場での施工実績をを積ませて頂いており、いつも一筋の光を与え続けて頂きました。
それがあったためここまでくることができたと心より心より感謝致しております。
あと一歩のところまでできています。今後も皆様のご厚意に恥じぬよう精進して参ります。
最後になりましたが私のような端くれがこのような場で発表させて頂いたこと心より重ね重ね御礼申し上げます。



JAPAN(furugaki/ueda)



ITALY



ITALY



GERMANY



建設国際見本市「インターマツ2009」
弊社ブース



弊社ブース



左から植田邦之、櫻庭、植田敏治社長

【研究・開発のあゆみ】

平成18年	2006年 3月	本格的に研究開発開始
平成19年	2007年 8月	数台の試作機を経て1号機完成
平成19年	2007年11月	2号機完成
平成20年	2008年 4月	3号機完成、バックホウ0.4m ³ 、1.0m ³ 装着型も完成
平成20年	2008年 5月	国土交通省NETIS 工法登録【再生クラッシャー-リ製造工(脱着式)】
平成20年	2008年 8月	4号機完成
平成21年	2009年 4月	世界二位を誇る建設国際見本市Intermat2009 フランス・パリに出展
平成21年	2009年 5月	5号機完成
平成21年	2009年12月	6号機完成
平成22年	2010年 2月	中国上海の企業と製造提携
平成22年	2010年 4月	世界一を誇る建設国際見本市Buma ドイツ・ミュンヘン 出展予定