

全油圧式泥上作業車MA100の開発

Development of MA100 Soft Terrain Vehicle

平野金一* Hirano Kin'ichi

昭和48年、日立建機株式会社は水上及び堅土上はもとより、ヘドロ地でも走行し消毒作業などができる特殊な泥上作業車を開発し、東京都へ納入した。本作業車はフロート式の独特な走行形式によってヘドロ上のごみ処理場で機動的な作業を行ない、所期の目的を達成することができた。

その後、泥上作業車の用途拡大に努力した結果、現在までに応用製品2機種を開発した。

これらは、現在いずれも実作業に従事して順調に稼動している。本稿は当初納入の東京都納め泥上作業車の構造及び走行性能について述べ、更に応用機種について二、三の施工例を紹介した。

1 緒言

我が国では、ヘドロなどから成る超軟弱地盤が極めて多い。戦後、ことに都市河川や港湾が工場排水などにより汚染され、その水底には軟弱なヘドロが堆積し、その浚渫、埋立による軟弱な埋立地が各地に続出している。ここで作業を行なうには、このような土地を何年か放置しておくのが理想的であるが、最近では工事促進のため、埋立の直後から作業を開始せざるを得ない情勢にある。

たまたま東京都で、航路浚渫のヘドロで中央防波堤内側を埋め立て、その上にごみ埋立を行なうことを計画していたが、このヘドロ上を走行してごみの消毒、消火を行なう作業車に適当なものがなく、その開発が強く要望されていた。これを契機に、日立建機株式会社はヘドロ公害対策、埋立工事、及び軟弱地改良工事の将来性にかんがみ、過去の建設機械と水中作業機の技術を基にして、全油圧式泥上作業車MA100(以下、MA100と略す)を開発した。

MA100は東京都に納入後順調に稼動し、都民の公害防止に貢献するとともに、泥上作業車開発の第一歩として多くの実績データを得ることができた。

納入当時の反響から泥上作業車の将来性に明るい見通しを得て、特に関係方面から要望の強かった次の応用製品2機種を引き続いて開発した。

(1) 軟弱地盤改良用泥上作業車MA100H(以下、MA100Hと略す)

(2) 泥上掘削機MA100U(以下、MA100Uと略す)

現在まで計10台のMA100シリーズが、官庁、土建業及び浚渫業関係に納入され、ヘドロなど軟弱地で順調に稼動している。

2 東京都納めMA100

当初開発した東京都納めMA100の一例として、消毒用泥上作業車の寸法図を図1に示す。本作業車は従来の泥上作業車に油圧駆動式薬剤散布装置を装着し、フロートの一部を仕切って収納した2m³の薬剤を、ヘドロ上のごみに散布できる特殊な泥上作業車である。

3 構造・特長

本作業車はヘドロ上及び水上を浮航、すなわち浮上走行させるため非常に軽量に設計されており、特に足まわりはフロートになっている。このフロートによって、泥上作業車は双胴船のように水上でも浮くことができる。泥上作業車が湿地ブルドーザと異なる点は、単に接地圧が低い(約0.1kg/cm²)ということよりも、むしろこのフロートにある。フロートは、図2に示すように断面がほぼ正方形のボックス構造で外周は平たんであり、ヘドロ中を走行するのに抵抗が小さい。湿地ブルドーザはトラックローラ全部が泥土に埋没すると極端に走行抵抗が増大し、本体の腹までこすると走行不能(いわゆ

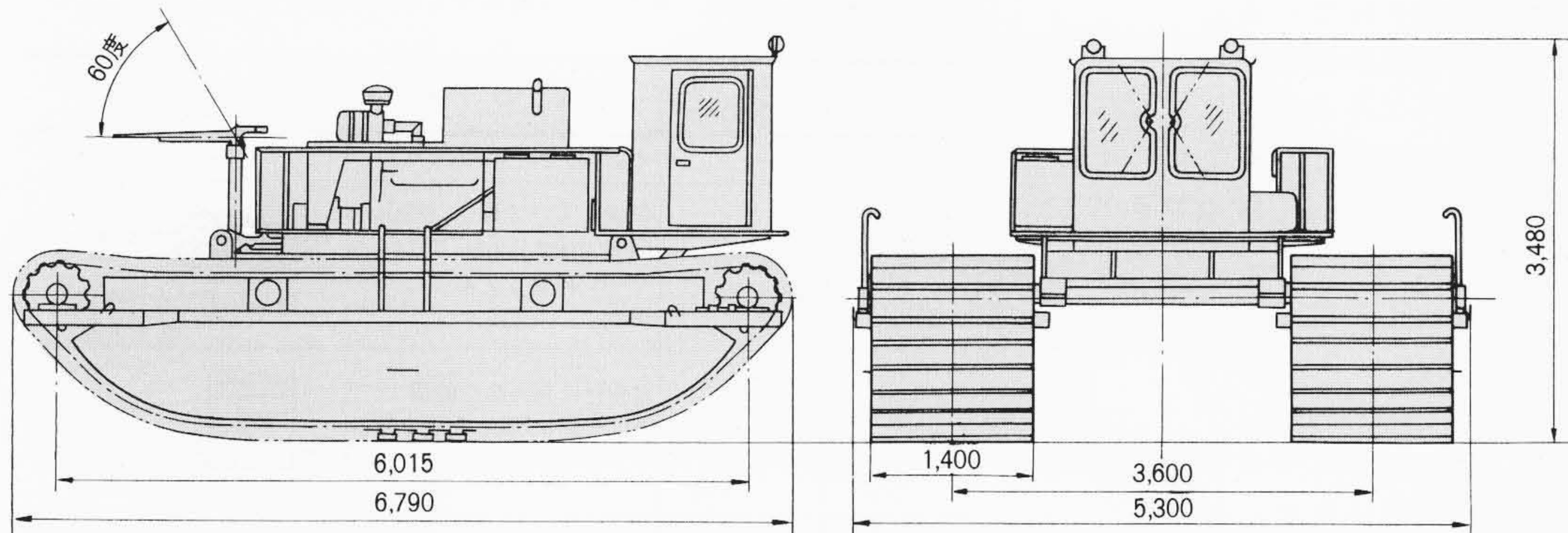


図1 東京都納めMA100寸法図 MA100の構造は、左右のフロート及び上部構造物の3ユニットから成り、容易に3分割できる。輸送は3分割分解してトラックを使う。

* 日立建機株式会社土浦工場

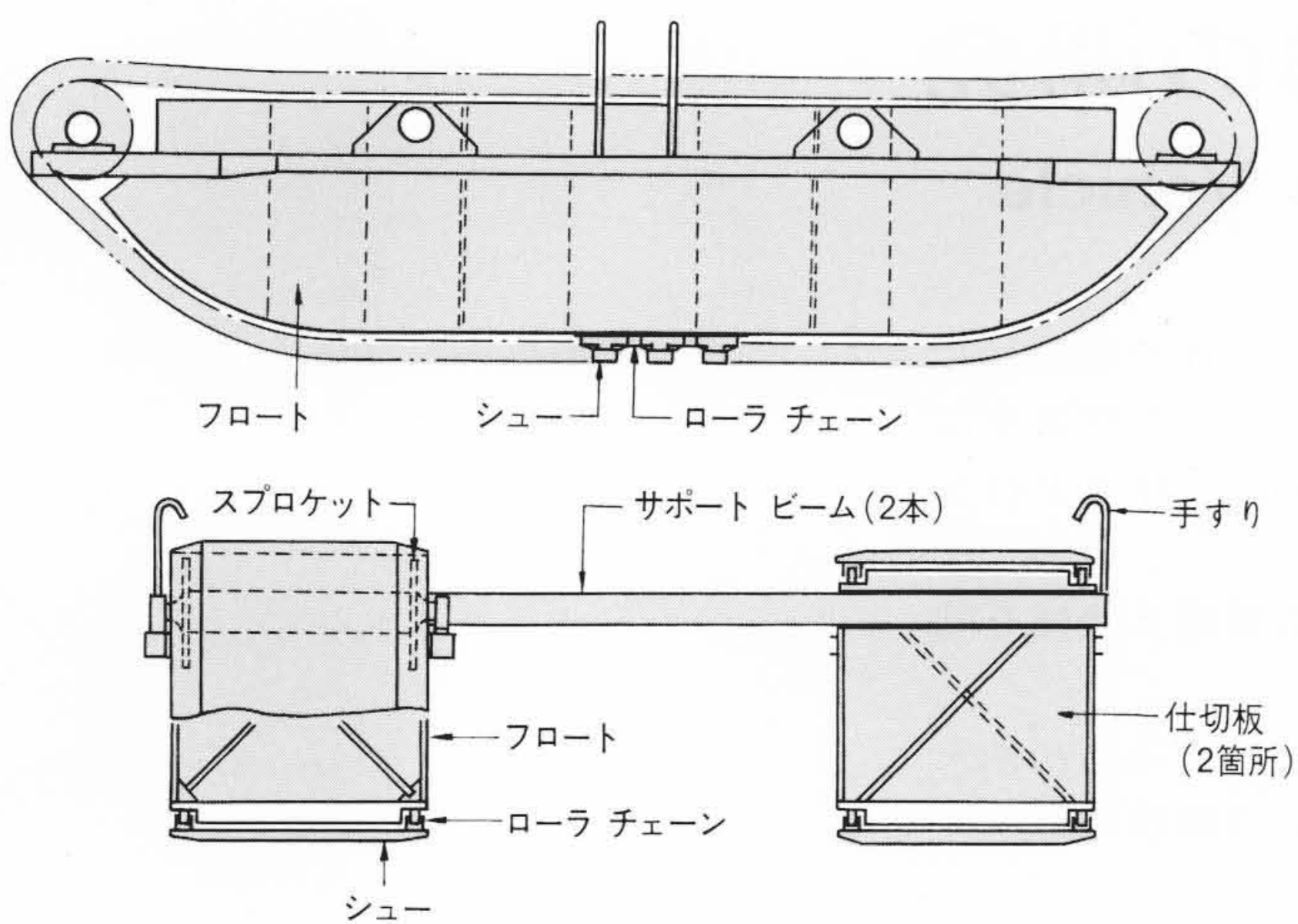


図2 MA100フロート構造 フロートはボックス構造であり、軽量かつ堅固だけでなく、走行抵抗も小さい。

るカメの子)になるのに比較して、泥上作業車はフロートによる浮力で絶対に沈まないだけでなく、いかに軟弱なヘドロ中でも走行可能なように走行抵抗の少ないフロートにしてある。

水上では水深1mで浮上するが、上部構造物の腹まで1,160mmあり、水上及びヘドロ上で腹がつかえることがない。

走行方式は水上、ヘドロ上、陸上とも同一方式であり、図2に示すシューによって地盤反力を得て走行するもので、陸上ではほとんどスリップしないが、水上及びヘドロ上ではスリップが大であり、その分を高速駆動して走行する。水上浮航は走行抵抗が少ないため走行上の問題は少ないが、液状ヘドロ(コロイドを主成分とする超軟弱ヘドロで、クリーム状である)では地耐力がなく、フロートは喫水線まで沈下し、走行性能を低下させる。この解決のため、シュー間隔を広くとり、またシュー形状も液体に対して最も反力のある角形断面にして、ヘドロ走行中のベルト化(シュー間隔にヘドロが詰まりスリップする現象)を防止した。

動力伝達はスプロケットに直結された減速機付油圧モータによって駆動するので、スプロケットまわりへの土砂やごみのかみ込みが少なく、また運転操作が容易であり、操向もピボットターンのほか、スピンターン(左右の履帯を反対方向に駆動する、その場旋回操向)、パワーターン(左右の履帯を同方向に速度差をつけて駆動する緩旋回操向)も可能である。

以上の足まわり上に鋼管製サポートビーム2本を介してメインフレームが固定され、この上にエンジン、油圧装置、及び薬剤散布アタッチメントなどが装着されている。

耐久性は、機能の特殊性から通常の建設機械並みにすることは困難であるが、ごみ層中には粗大ごみも混入しており、このような不整地走行をある程度可能にするためにも、大形ローラチェーンと大形鋼板製シューを採用し、またフロート底部の構造、材質及び板厚を強化した。

4 性能試験結果

4.1 陸上走行性能

陸上での走行は不整地でも車速を落としてゆっくりと障害物を乗り越えることで可能で、特に問題はなかった。

4.2 水上航行性能

霞ヶ浦で実施した水上航行試験は予想以上の好成績を収め、水深1mで浮上し前後左右のバランスも良好であった。浮航

速度は最大2.9km/hで、これは履帯送り速度の約50%であった。スピンターン操作によって浮航中でも短時間にその場旋回でき、機動性に優れている。図3に水上浮航中のMA100を示す。

4.3 ヘドロ走行性能

走行性能の説明に先立って稼働地のヘドロについて簡単に説明する。

東京港中央防波堤内側のヘドロ島は第一次埋立地だけで面積約50万m²、深さ10mのヘドロ地帯で、このヘドロは東京港を航路浚渫して埋め立てたものである。

ヘドロ埋立は後工程のごみ埋立の都合上、水面すれすれまでしかヘドロを投入せず、またごみ埋立が開始されるまでの約1年間は仮護岸であったため、大半は冠水状態で水深は最大約50cmであった。これを「冠水ヘドロ」と仮称した。

その一方、表面が乾燥して硬くなっている所もあり、歩行可能であったが、厚さ約20cmより下部は完全なヘドロで、測量棒を突きさすとほとんど抵抗なく全部沈んでしまう。もちろん、超湿地ブルドーザも走行不能である。この状態のヘドロ地帯を「表面乾燥ヘドロ」と仮称した。

そこより水際に接近すると表面が湿ってくるが、表面が乾燥して白くなっている所もあり、処女地は板を敷くなどのくふうをすれば人の歩行は可能である(「半固体ヘドロ」と仮称)。

更に水際に近づくと表面も湿っており、歩行不可能となるが、含水比も約200%になる(「液状ヘドロ」と仮称)。これらヘドロ地帯の分類法をまとめたものが表1である。

またコーン指数は、通常のコーンペネトロメータでは沈下して測定不可能であり、特製の木製大形コーンを使用し、「液状ヘドロ」ではそれでも沈下するので「半固体ヘドロ」で

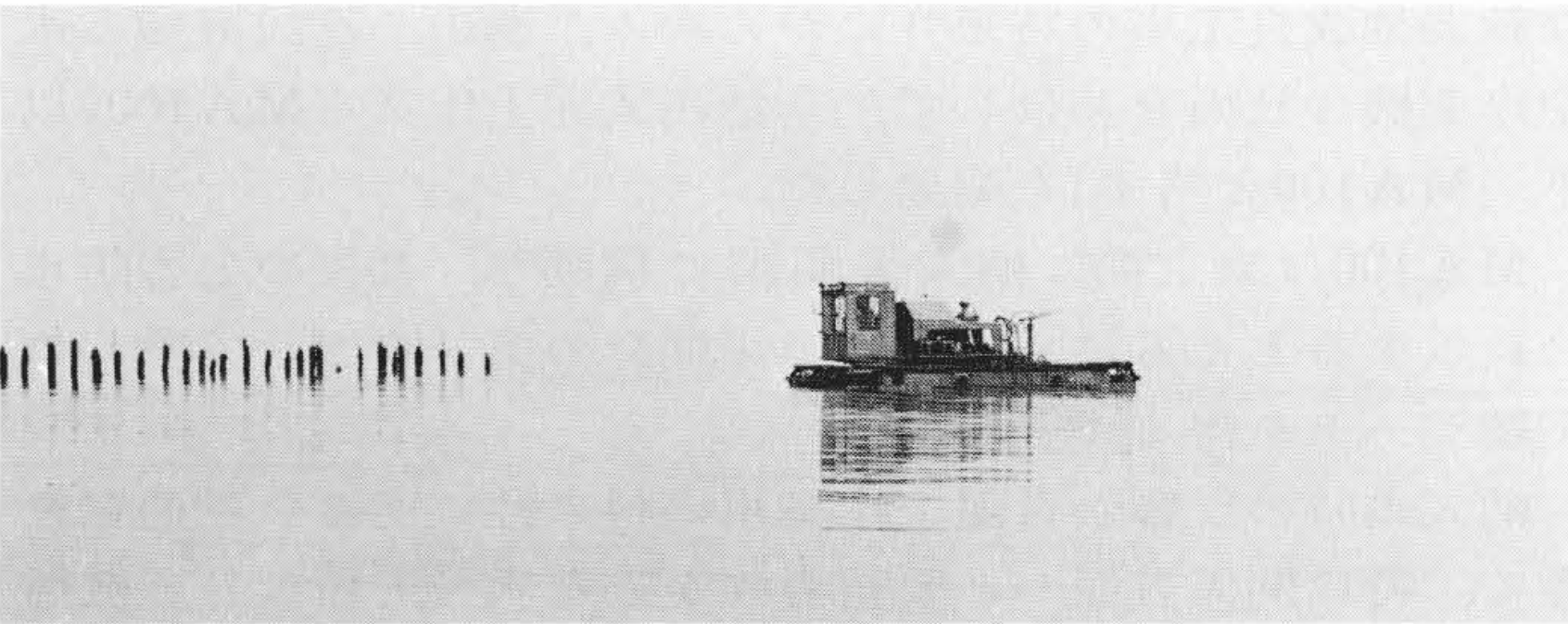


図3 水上浮航中のMA100 左右のフロートによって水深1m以上の水中では浮上し、履帯駆動によって航行する。

表1 ヘドロ地分類表 東京港中央防波堤内側ヘドロ島でのヘドロ地分類法であるが、その後、他のヘドロ現場でも本表を準用している。

名称	含水比 (深さ30cm)	表面の特徴	走行跡
冠水ヘドロ	—	水面(最大水深約50cm)	—
表面乾燥 ヘドロ	70~90%	乾燥していて硬い。約20cm間隔で深さ20cm、幅5cmぐらいのラックあり、歩行可能。	シュー跡 クラック 走行中の沈下位置
半固体 ヘドロ	90~120%	表面だけ所々白く乾燥 ほぼ全面に50cm間隔ぐらいでクラックあり。	シュー跡
液状 ヘドロ	120~200%	湿っていて、人の歩行は不可能。	—

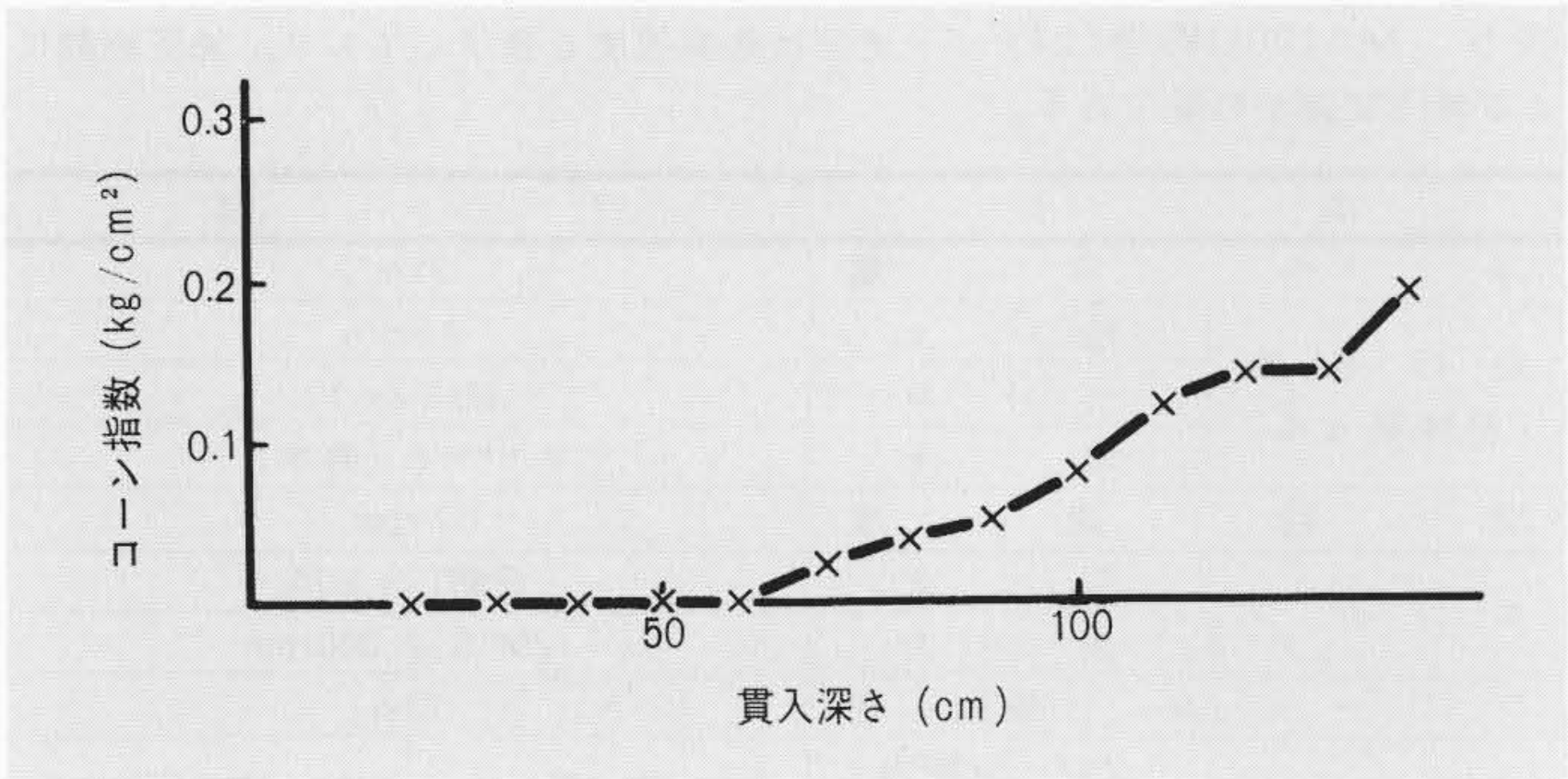


図4 半固体ヘドロでのコーン指数 半固体ヘドロの一例であるが、表面付近はコーン貫入にほとんど抵抗を示さない。



図5 宅地造成地で稼動するMA100H 石灰を散布し、混合攪拌する。

測定した。その代表例を図4に示す。MA100の浮上水深1mに相当する深さ1mではコーン指数約0.1kg/cm²であった。

上記分類別のヘドロ走行性能を表2に示す。最も走行性能が良好なのは、「冠水ヘドロ」で最高4.9km/h(もっともこの時の履帯送り速度は約5km/h)でたことで、これは水が走行抵抗を軽減していると推定される。

逆に車速が遅いのは「液状ヘドロ」である。特にMA100が水際を数回通過して水とヘドロとが混合攪拌され、クリーム状にとろとろになったヘドロで幾ら履帯の送り速度を上げても遅々と進まないように感じられる。しかし、実測すると最悪状態でも0.8km/hで走行しており、水際地帯15mを約1分で通過可能であった。

各ヘドロ地帯での最大けん引力試験結果を表3に示す。試験前にはヘドロ走行抵抗が大きいため、けん引力はあまり期待していなかったが、地盤反力と駆動力の向上でかなり使えるものになった。このことは、「液状ヘドロ」、又は「半固体ヘドロ」から「表面乾燥ヘドロ」に登坂するとき、抵抗を受けて前上がりにはなっても、軟弱なヘドロの地盤反力で推進力を得て登坂することでも明らかである。

5 応用機種

5.1 MA100H

MA100Hは、MA100を若干改良し、これに石灰散布用ホップ及びヘドロと石灰を混合、攪拌するトレンチャ装置を付けたもので、ヘドロなど軟弱地の地盤を改良する石灰安定処理施工機械である。日本舗道株式会社と日立建機株式会社の共同研究によって開発したものである。

東京都納めMA100のアタッチメントは薬剤散布装置のように小形軽量であったが、MA100Hは土木機械であり、構造

表2 ヘドロ地走行性能 車速は履帯送り速度によって相違するが、本表では「冠水ヘドロ」と「液状ヘドロ」では約5km/h、他は約3km/hの履帯送り速度時の実測値である。

名 称	実 測 車 速 (km/h)
冠 水 ヘ ド ロ	max 4.9
表面乾燥ヘドロ	2.2～2.3
半 固 体 ヘ ド ロ	1.5～1.6
液 状 ヘ ド ロ	0.7～0.84

表3 ヘドロ地での最大けん引力 ヘドロ地でもかなりのけん引が発生した。軟弱なヘドロではシュースリップして駆動力を使い切れない傾向にある。

名 称	最大けん引力 (t)	備 考
表面乾燥ヘドロ	5.58	油圧リリーフ
半 固 体 ヘ ド ロ	2.99	シュースリップ
液 状 ヘ ド ロ	1.90	シュースリップ

物強度の向上と、その一方で性能維持のため重量軽減に努めた。一例はシュースリップで従来の鋼板製チャンネル(木製パッド付)からボックス構造に変更強化した。

表4にMA100Hの仕様を示す。茨城県江戸崎の現場は、含水比約300%の「液状ヘドロ」から成る底なし沼で、表面はアシが密生し、その上を人がようやく歩行できる程度で、農作業は困難であった。コーン指数は0で工事関係者の談によれば、以前埋立作業中の湿地ブルドーザが沈没した場所である。

この現場をレンコン畑にするため、表層1mを農作業可能なコーン指数4程度まで改良する目的で施工し、目標を達成した。

図5は流山市の施工現場である。旧水田の宅地造成に伴う埋立工事で、建築後の地盤沈下防止のため埋立前に地盤改良を行なったもので、本工法により埋立宅地の品質向上を図ることができた。

本例はホップで1回当たり約3tの石灰を幅1.5mで均一散布し、これを5回繰り返して長さ60～75m散布し、その後にトレンチャにより深さ0.7mの攪拌作業を行なったもので、処理前にはコーン指数1～2の軟弱土壌が、処理後には7以上に向上し、ブルドーザによる盛土作業が可能となった。

このほか、有明干拓地や東京湾の浦安埋立地などの表層地盤改良工事などで稼動しており、従来の置換工法(悪質土を良質土と入れ替える工法)に代わって、工事の能率化とコス

表4 MA100H標準仕様 本体走行のほかに、トレンチャ及びホップの駆動動力を必要とするためエンジン出力は200PSである。

項 目		仕 様
浮 舟 容 量		21m ³
走行速度	陸 上	4 km/h
	ヘドロ	約 3 km/h
	水 上	2.6km/h（静水）
エンジン	形 式	イスズE120
	出 力	200PS/2,000rpm
ホ ッ パ 容 量		平積 2 m ³
ホ ッ パ 散 布 幅		1.5m
トレンチャ攪拌幅		1.5m
攪 拌 深 さ		最大1.2m
全 装 備 重 量		約15.5t
全 装 備 接 地 圧		約0.11kg/cm ²

トダウンを図っている。

MA100Hの特長を次に述べる。

- (1) 「液状ヘドロ」から湿地ブルドーザを使う程度の比較的硬い地盤までの軟弱地盤改良工事に使用でき、作業能率は石灰運搬距離などの作業条件によって異なるが、200～1,000m³/dの施工能力がある。
- (2) 足まわりは大形特殊ローラ チェーンと鋼板ボックス構造シュエーを使用し、1,000h以上の走行寿命実績がある。
- (3) 石灰は油圧駆動フィーダによって、均一かつ自由に散布量を調整できる。
- (4) 3連式油圧駆動トレンチャは、パワー コンスタント自動制御によって常に最大馬力で攪拌するので能率的である。

5.2 MA100U

MA100Uは、MA100の足まわりの上に、油圧ショベルの旋回体をベースとした油圧駆動ロープ式掘削機構を搭載し、



図6 MA100U作業例 写真に示すような埋立地では、通常の建設機械の使用は不可能だけでなく、人の歩行をも困難な場合があり、MA100Uは必須機械となろう。

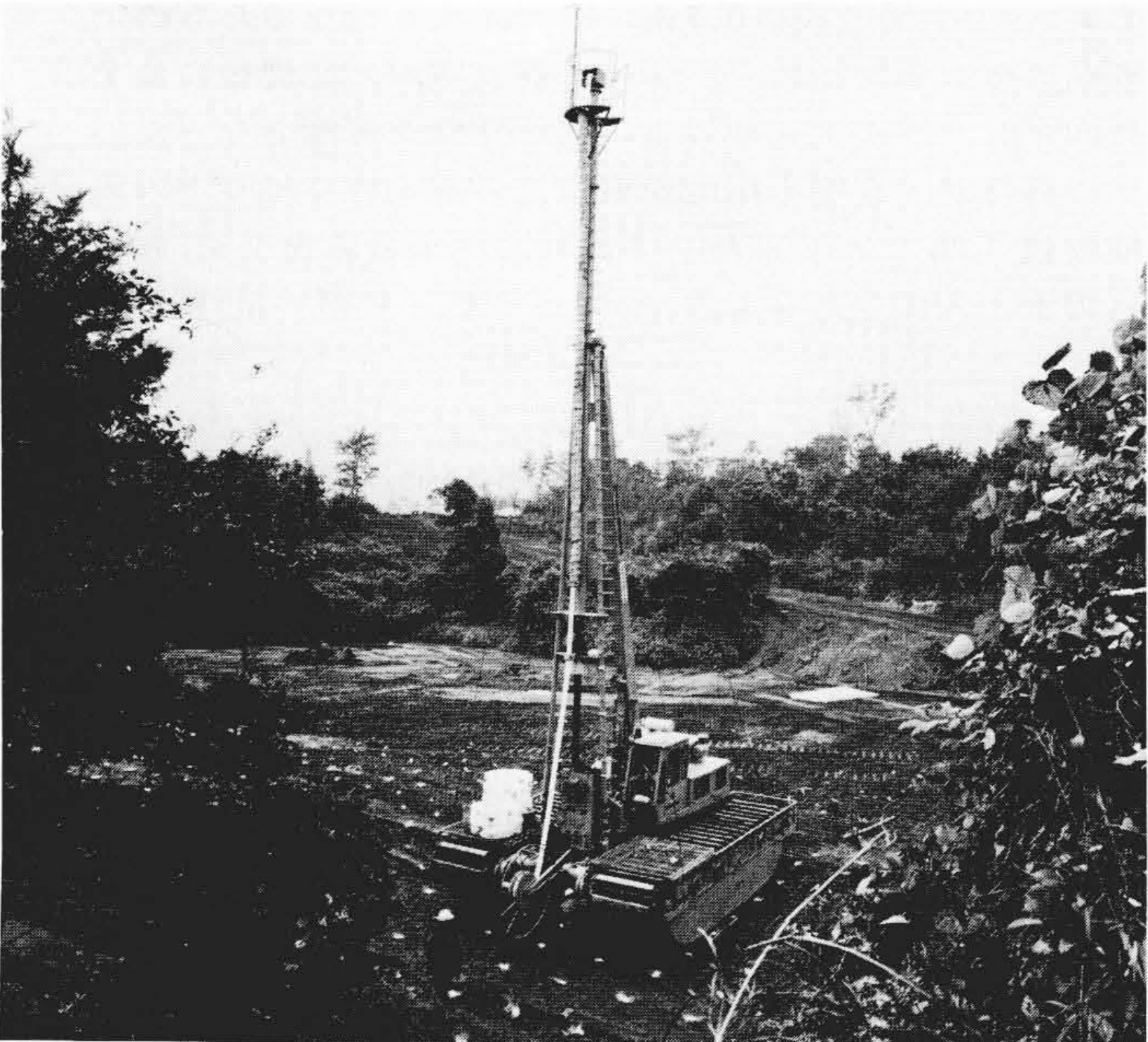


図7 タフネル ドレーン工法中のMA100U 納入先の三井不動産建設株式会社に開発した軟弱地改良法で、同社とMA100Uとの見事なコンビに注目したい。

表5 MA100U標準仕様 走行は最高速度を表示しており、油圧駆動による無段変速が可能である。

項 目		仕 様	
浮 舟	容 量	21m ³	
走 行 速 度 (前後進とも)	陸 上	4 km/h	
	ヘ ド ロ	約 3 km/h	
	水 上	2.6km/h (静水)	
旋 回	速 度	7 rpm	
エ ン ジ ン	形 式	日野DS 50A	
	出 力	125PS/2,000rpm	
ブ ー ム 長 さ		13m	
	クレーン能力 バケット容量	重 量	接地圧
ク レ ー ン	2.9t(つり上荷重)	16.3 t	0.116kg/cm ²
クラムシェル	0.4m ³	17.0 t	0.121kg/cm ²
ドラグ ライン	0.4 m ³	16.7 t	0.119kg/cm ²

ヘドロ地掘削作業を可能にするもので、ヘドロ上の万能掘削機である。表5にその仕様を、図6に作業例を示す。本例は海岸埋立地で、クラムシェル バケットで排水路掘削作業中を示すもので、30分の短時間作業能力試験では56m³/hの好結果を得ている。

図7は特殊な使用例であるが、ブーム先端にリーダを装着し、本体にタフネル打設機を積み込んで、深層地盤の改良を行なうタフネル ドレーン工法で、納入先の三井不動産建設株式会社が開発した新工法である。ドレーン効果を上げるため、表面だけは敷砂があり歩行可能であるが、下層は軟弱である。最大約20mの深さまでタフネルと呼ばれるポリプロピレン製テープを打ち込み、圧密現象によって地中の水を吸い上げ乾燥させる。

MA100Uの特長を要約すれば次のとおりである。

- (1) 足まわりの耐久性に留意したので、ヘドロ地作業だけでなく、湿地ショベルの代替としても使用可能である。
- (2) 旋回体の運転席から走行操作とフロント操作ができるので、運転が容易で高能率にヘドロ地作業ができる。
- (3) アタッチメントとしてロープ式のクラムシェル、ドラグライン及びクレーンのほか、油圧バックホウ、油圧クラムシェル及びリーダ式杭打装置なども装着可能である。

用途としては、埋立工事、干拓工事などでの築堤、排砂管布設や撤去、排水路掘削などのほか、バイプロハンマやモンケンでの矢板打設及び深層地盤改良など軟弱地向けの万能機として幅広く使用できる。

6 結 言

土地の有効利用、ヘドロ公害対策などを考えると、軟弱地施工は今後ますます増加の傾向にあるが、MA100は足まわりにフロートを使い油圧駆動により走行するという独特の走行形式によって、従来の湿地ブルドーザでは沈没の危険があり、作業不可能とされたヘドロ地でも、安全かつ能率よく作業できるので、ユーザーの好評を得ている。

今後とも、ユーザーのニーズを採り入れ、MA100をベースとした各種の応用機種、及びより大形の機種も開発していく考えである。

終わりに、MA100シリーズの開発に際し御指導、御協力をいただいたユーザー各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 「ゴミ処理場で活躍する泥上作業車」、日立、36、5、28(1974)