

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 586

June 1987

均しブレード併用ドラグヘッドの浚渫特性

岡	山	義	邦
釜	場	和	宏
中	村	裕	二
鮎	貝	基	和

運輸省港湾技術研究所



Dredging Characteristics of the Draghead with Leveling Blades

Yoshikuni OKAYAMA*
Kazuhiro UKEBA**
Yuji NAKAMURA**
Motokazu AYUGAI**

Synopsis

Sea going trailing suction hopper dredger forms long straight dredging tracks with narrow width, and the dredged sea bottom is mostly rough compared with that by a cutter suction dredger. Further the dredging efficiency at final dredging stage which requires high accuracy on dredging depth is always unsatisfactory due to its high dredging speed of nearly 3 knot, and that results in additional dredging cycles to dredge shallow points above nominal dredging level.

For the improvement of the inefficient aspects, the use of leveling blades attached to both side of a conventional dredger would be one of effective methods to minimize the unevenness of dredged area during earlier dredging stage.

This report is on the model test for the conventional California type draghead with/without leveling blade, and the test was performed in a tank with the model bed of uncompacted fine sand. In this report the basic dredging characteristics such as dredging configuration, dredging concentration, drag force and flow patterns of dredged materials around the draghead are mainly investigated through the comparisons between the test results for each draghead on the bed with flat surface.

Besides, in order to clarify the necessary requirements on the leveling function the behaviors of the dragheads with/without leveling blades are also discussed against the irregular bed with man made mounds and trenches.

* Chief of Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

** Member of Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

均しブレード併用ドラグヘッドの浚渫特性

岡山義邦*
釜場和宏**
中村裕二**
鮎貝基和**

要 旨

ドラグサクシヨン浚渫船の掘り跡形状は狭い直線状であり、非航式ポンプ浚渫船に比べはるかに荒い。また3ノット近い速度で自航浚渫を行う関係上、仕上げ精度も荒くなり必然的に仕上げ浚渫に要する時間も大きくなる。このドラグサクシヨン浚渫船の非能率的側面を改善するうえで、従来のドラグヘッドに簡単な均しブレードを取り付け、初期浚渫(荒掘り)時に仕上げ浚渫も一部兼ねる浚渫工法を採ることもひとつの有効な手段と考えられる。

本研究は、一般に使用されているカリフォルニア型ドラグヘッドに均しブレードを装着した場合、従来型に比べ掘削形状、浚渫濃度、曳引抵抗、ヘッド周辺の土砂の流れといった浚渫基礎特性がどのように変化するかを模型実験を通じて調べたものである。模型地盤は細砂を使用して作製した。

この結果、均しブレードがない場合は、ヘッド前端で盛り上がった土砂がドラグヘッド側面に流れ込み、全体として効率の良い浚渫が行われていることが確認された。一方ならしブレードを装着した場合は、ヘッドおよびブレード前端で盛り上がった土砂がブレード側方および上面を大きく覆いながら後方に流れ、土砂の吸引は主としてドラグヘッド左右後端で行われること、また側方における吸引は、土砂の落下点が吸引中心より遠くなるためにブレードのない場合に比べ明らかに少ないことが分かった。

このような現象のために、ブレードのない通常のドラグヘッドにおいてはドラグヘッド幅以上の浚渫幅を示したけれども、ブレードを装置した場合、浚渫幅はその物理的幅を越えることはなかった。含泥率はブレード有無によって差が認められ、ブレードを装着したほうが、ブレードなしに比べて10%程度低下する結果となった。

さらに、ブレードを装着したドラグヘッドの曳引抵抗は、通常のドラグヘッドに比べフラットな地盤において約20%、マウンドのあるような不規則地盤に対しては50%ほど高くなるという結果が得られた。

本報告においてはその他、人工的マウンドおよび溝のある不規則地盤中でのブレードの地均し的側面ならびに管内吸引状態と埋没抵抗等の検討も行っている。

1. まえがき

ドラグサクシヨン浚渫船は一般船舶と同様の船型及び推進器を有し、機動性に富むために航路や他船舶のふくそう(幅狭)するエリアの浚渫に有効に利用されている。欧米の大規模港湾の維持浚渫においては、ドラグサクシヨン浚渫船が主役といっても過言ではない。

しかしながら、浚渫施工における掘り跡形状は直線状となりその断面形状は非航式ポンプ浚渫船と比較してはるかに荒いものとなる。また3ノット近い速度で自航浚渫を行うために仕上げ精度も悪くなり、必然的に仕上げ浚渫工程に要する時間が増大することになる。第四港湾建設局ではこのような点を避けるために金龍丸という地均し船を、ドラグサクシヨン浚渫船の掘り跡仕上げ専

* 機材部 流体輸送研究室長

** 機材部 流体輸送研究室

用船として使用している。

本来ドラグサクソン浚渫船は高い機動性の代償として、その仕上げ精度にかなりの犠牲を払っているという側面を強くもっている。したがって、上述した仕上げ精度及び仕上げ効率に係わる改良を極端に追求すると、ドラグサクソン浚渫船の高い機動性を損なうような大改造につながる危険性も大きい。現在、港湾技術研究所及び第五港湾建設局で取り組んでいる改良は、従来のドラグヘッドに均し用ブレードを取り付けるというものであり、これならばドラグヘッド周辺の小規模の改造にとどまり、かつ仕上げ浚渫作業の効率改善にもつながる一つの有効な手段であると考えられる。

本報告は、一般に使用されているカルフォルニアタイプヘッドに簡単なブレードを張り出した単一吸引型幅広ドラグヘッドが、従来型に比べ掘削形状、含泥率、曳引抵抗、ヘッド周辺の土砂の流れ等の浚渫基礎特性上どのように変化するかということをも型実験を通じて調べるとともに、ブレードの有すべき要件を明らかにしたものである。

2. 実験装置

実験装置の配置を図-1に、その外観を写真-1に示す。浚渫船が浚渫を開始すると、土質等の条件により大小の差はあるものの濁りが発生する。このことは、模型実験についてもいえることであり、ドラグヘッド周辺の土砂の挙動を調査する上で大きな障害となる。したがって本模型実験装置は、浚渫中も常に給水し、水槽内の水を水槽端からオーバーフローさせることによって水槽内に曳引方向と逆方向のわずかな流れを作り、その流れに

よって浚渫時の濁りを運び去り、常にドラグヘッド周辺をクリアな状態に保つように設計されている。また、浚渫中に水槽内へ給水してオーバーフローさせることによって水位は一定に保たれている。

スラリーポンプにより吸い上げられた土砂は、そのまま水槽内に循環されるのではなく、水槽端に設置された土砂回収箱に回収される。これによって、排出土砂による濁りの発生をできるだけおさえ、観察を行いやすくしている。

本実験に使用した水槽、自走式台車及びドラグヘッドの主要目は、以下のとおりである。

(1) 実験水槽

長さ 8 m × 幅 0.8 m × 深さ 0.8 m

側面観察窓：縦 0.45 m × 横 0.9 m 強化ガラス 4 面

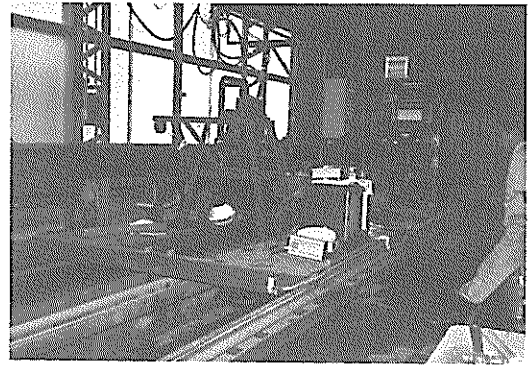


写真-1 実験装置外観

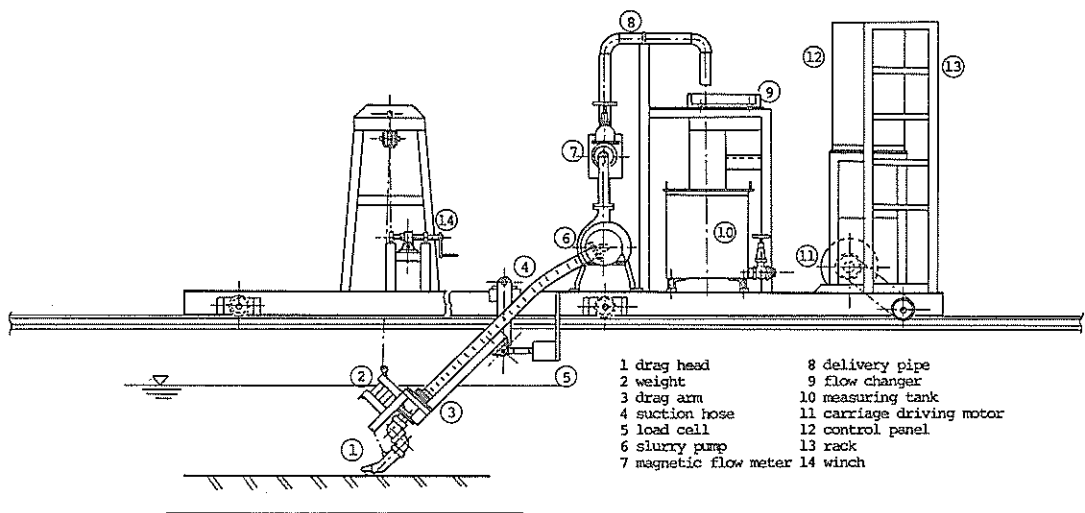


図-1 実験装置配置図

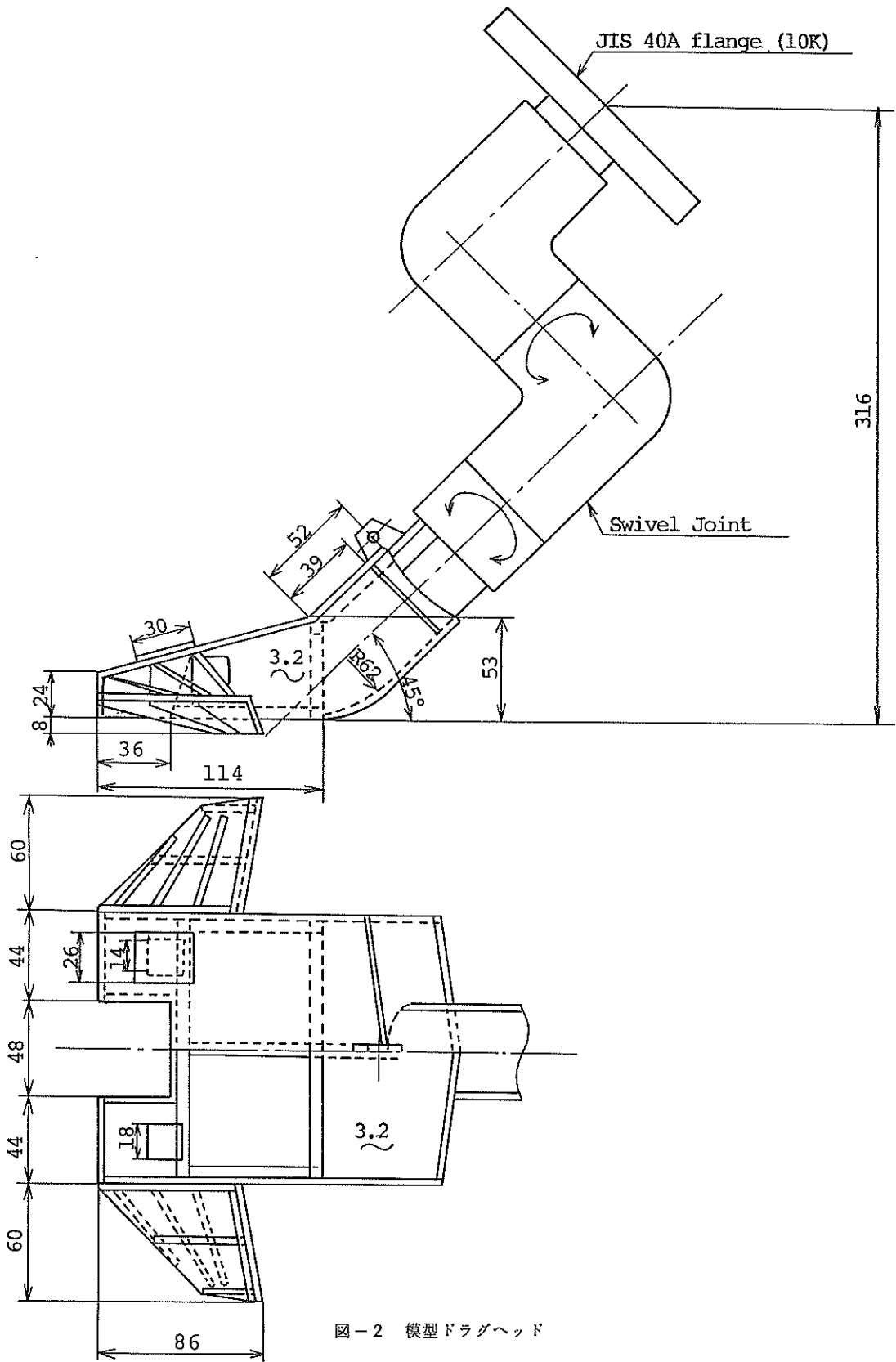


図-2 模型ドラグヘッド

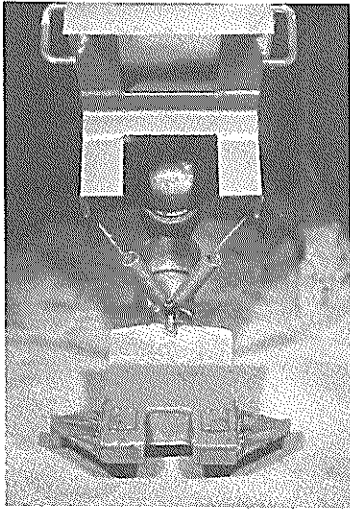


写真-2 均しブレード装着ドラグヘッド

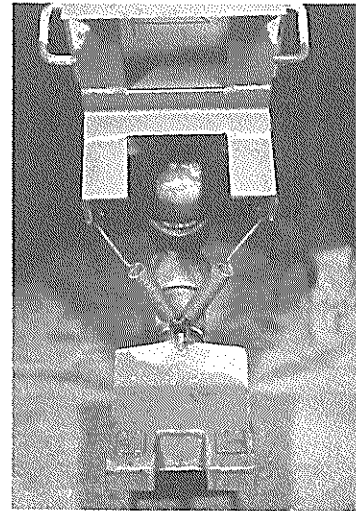


写真-3 均しブレード非装置ドラグヘッド
(従来型)

(2) 自走式台車

長さ 4.2 m × 幅 2.2 m × 高さ 1.6 m

移動速度：5～50 cm/s (可逆無段変速)

スラリーポンプ：うず巻ポンプ

口 径	40 mm
吐出量	330 (l/min)
揚 程	13 m
電動機	2.2 kW × 1,420 rpm

(3) ドラグヘッド及び均し板

本模型実験に使用したドラグヘッドは、第五港湾建設局所属の清龍丸に装備しているカリフォルニア型ドラグヘッドを原型とし、その1/15の寸法比で製作した。また、均し板は、昭和58年度に三河湾神野航路において実船試験を行った際に、清龍丸に装着したならし板を原型として、その1/15の寸法比で製作した。

ドラグヘッドとドラグアームは、スィーベルジョイントを介して結合されており、ドラグヘッドは、スィーベルジョイントのアームと平行な軸及び鉛直な軸を中心として回転できる構造となっている。なお、模型ドラグヘッド本体の接地部分の底面積は、138 cm²、均し板の水平投影面積は、60.6 cm² (一対分)である。またドラグヘッド接地圧は、アーム上にウェイト(1個:5kgf)を最大5個まで積載することにより調節できるようになっている。

ドラグヘッドの主要寸法を、図-2に、ブレードのない(従来型)ドラグヘッド、ブレード装着ドラグヘッドを写真-2及び写真-3にそれぞれ示す。

3. 実験の方法及び計測項目

本実験では均しブレードの有無による浚渫特性の比較をフラット地盤について27ケース、マウンドあるいは、溝のある不規則地盤について6ケース行った。供試土砂としては、VTRによるドラグヘッド周辺の土砂の挙動を調査する必要があったために比較的早く沈没し、濁りの少ない平均粒径0.285 mmの細砂を使用した。したがって、通常のフルード則による管内流速(実機4 m/sで模型1 m/s)を採用すると吸入速度が低すぎて土砂の吸引に支障をきたす¹⁾ため、吸入管内流速としては土砂の粒径に合わせて3 m/sを用いた。図-3に、供試土砂の粒度分布を示す。

3.1 実験方法

実験の要領を簡単に説明すると以下のとおりである。

(1) 模擬地盤作製

a) フラット地盤(T1_001～T1_008, T1_014～T1_016及びT2_のすべてのケース) 各実験ケースごとに、まず実験水槽内の土砂を掘り返して均一に攪拌した。その後、土面上を模擬地盤作製用

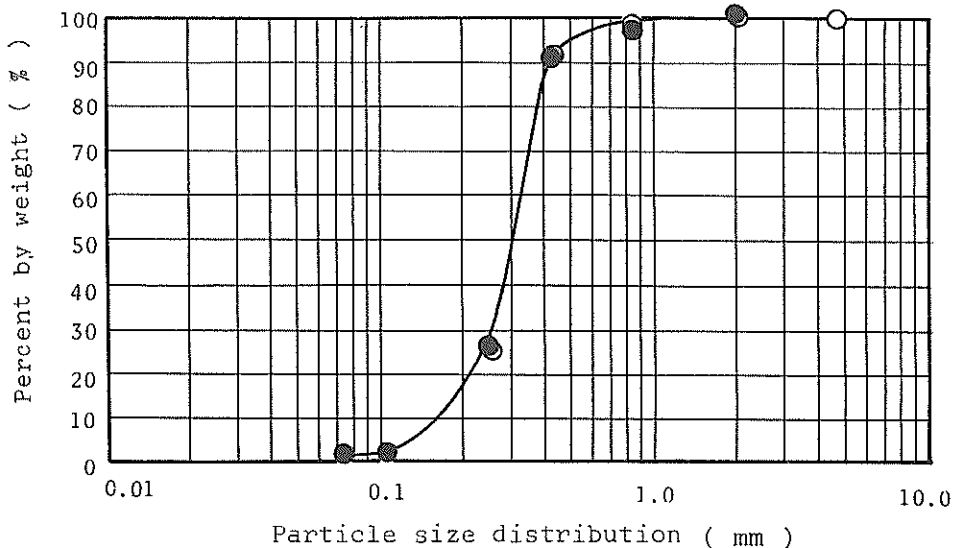


図-3 供試土砂の粒径加積曲線

地均し鋼板を装着した台車を前後に4～5回往復させてフラットに仕上げ、静かに水を張った。なお、土面上、数cmの深さまで水を張ったときの模擬地盤のせん断力は、ペーン試験機で測定した結果約0.8～0.9 kgf/mm²であった。

b) 不規則地盤

マウンドあるいは溝のあるケース、いわゆる不規則地盤の作製は次のように行った。水を張る前まではa)と同様にフラットに仕上げた後、地盤上の一部に角材で造った囲みの中へ砂を入れ適当な堅さまで固めた。この囲みを取り去ることによってフラット地盤上にマウンドを構築した。

溝は、土砂攪拌時にあらかじめ角材を埋めておき、a)と同様な方法で土面がフラットに仕上がったところで角材を静かに抜き取るというやりかたで作製した。なお、マウンドは、ドラグヘッド中心線から進行方向に向かって左側に、溝は右側にそれぞれ作製した。また、いずれの場合も、水槽内の水を抜いた状態で造っているために水を張った状態では型崩れが起きるが、この時点でのマウンドの高さ、幅、長さ等の計測は、後で述べる側方VTR記録によって計測した。ただし、溝は水中での深さ計測が不可能であったので、本報告では初期設定深さで代用している。

(2) 実験条件の設定

計測器の調整及びVTRの準備の後、ドラグヘッド接地圧、曳引速度等を所定の値に設定した。なお、ドラグヘッド接地圧は、予備実験によりドラグアーム上のウエ

イトを載せない状態では、接地状態が不十分であることが解ったため、本実験ではすべてウエイトを1個載せた状態で行っている。

接地圧は均しブレードのない状態で0.599(tf/m²)、ブレード装着状態で0.388(tf/m²)であった。この際、これ以上の接地圧を掛けることは、表面を均すことに対する意義が認められなかったこと、実際の浚渫土砂はシルト質であること等を考慮して行わなかった。またドラグヘッド曳引速度は0.13m/s～0.27m/s(実機1ノット～2ノット)とした。

(3) 実験

上記のような実験条件を設定した後、ドラグヘッドをスタート台に載せ、ポンプを送水状態とした。各連続計測は送水運転と同時に開始し、15～20秒後に台車をスタートして浚渫実験を行った。

3.2 計測項目

本実験における計測項目、測定装置及び測定方法を表-1に示す。連続データはすべてデータレコーダに収録し、実験終了後パーソナルコンピュータによって解析処理を行った。

本実験におけるドラグヘッド曳引抵抗の測定原理は以下のとおりである。

ドラグヘッド及びドラグアームに作用する力は図-4のように表すことができる。同図において、A点及びB点はベアリングによって結合されている。また、A点及びロードセルは台車に固定されている。

土面反力のドラグヘッドへの作用点をOとし定常浚渫

表-1 計測項目および計測器

計測項目	使用計測器および計測法
ポンプ吸入圧	差圧変換器による連続記録
ポンプ吐出圧	圧力変換器による連続記録
曳引抵抗	ロードセルによる連続記録
清水およびスラリー流量	電磁流量計による連続記録
平均スラリー流量	計量槽(スケール目測)
平均含泥率	計量槽(ブルーミングにて重量測定)
上面浚渫状況	ビデオカメラによって撮影
側面浚渫状況	ビデオカメラによって撮影
掘削跡	掘削断面をトレースした後、紙テープに記録

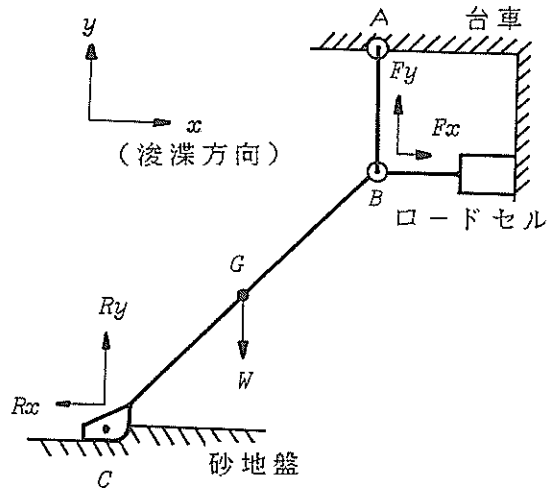


図-4 曳引抵抗測定法

状態について考えるものとすれば、 x 、 y 方向の力の釣合により次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} Fx - Rx &= 0 \\ Ry + Fy - W &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)から $Fx = Rx$ となり、ロードセルの張力が直接ドラッグヘッドの曳引抵抗を表すことになる。

実際にはドラッグヘッド前端にばね秤を取り付け、曳引抵抗と同じ方向に引っ張ったときのロードセル出力とばね秤の読みからキャリブレーションカーブを作成し、これによって曳引抵抗を算出した。

次に、掘削断面の測定であるが、これは以下に述べるような方法で行った。

浚渫実験終了後、実験装置及び台車を停止させ、浚渫断面が崩れないように静かに水槽内の水を排水した。その後、薄型のアクリルプレートを砂中に挿入しプレート上に断面をトレースした。トレースされた浚渫断面記録はカーブリーダーにより1mmごとのデジタルデータに変換され、これを解析に使用した。

4. 実験の結果と考察

本実験の目的は、従来のカリフォルニアタイプドラッグヘッドに均しブレードを装着したときの基本的な浚渫特性、ドラッグヘッド上の土砂の挙動及びドラッグヘッドに加わる力等がブレードのない状態と比較してどのように変化するかということ調べることである。お互いの比較

を容易にするために、これらの実験は主としてフラットな細砂地盤に対して行った。このほかに、ブレードの地ならしに係わる側面を調べるため、マウンドあるいは溝のある、いわゆる不規則地盤についても浚渫実験を行っている。

したがって、以下に述べる実験結果は主としてフラットな地盤に対して得られたものであり、不規則地盤に対する結果は4.5においてのみ述べられている。表-2は、実験結果一覧である。また、写真-4、写真-5にブレードのない場合のドラッグヘッド、ブレード装着時のドラッグヘッドによる浚渫中の模様をそれぞれ示した。

4.1 ドラッグヘッド上の土砂の挙動

実験に細砂を使用した理由の一つは、ドラッグヘッド周囲の土砂の挙動が観察できるという点にある。今回の実験ではドラッグヘッド上部及び側面にドラッグヘッドとともに移動できるVTRカメラを設置し、ドラッグヘッド及び土砂の挙動を浚渫全行程にわたってVTRに収録している。この結果は付図-1.1~1.3に示されている。

これによると、均しブレードを付けないときのドラッグヘッド周辺の土砂は、ヘッド前端部で盛り上がった後ドラッグヘッド中心から左右に分離してヘッド側面に流れ込み、ドラッグヘッド側方及び後方の比較的吸引速度の高い部分で吸引されていることがわかる。このためヘッド上面には、土砂の流れをほとんど見る事ができない。また、側方へ落下しない土砂はヘッド内側あるいは後端でも吸引され、全体的に率の良い浚渫が行われたといえる。

均しブレード装着時のドラッグヘッド周辺の土砂は、ヘッド前端と均しブレード付近で盛り上がった後ヘッドと均

表-2 実験結果一覽表

テスト番号	均 板有無	地盤 形状	曳引速度 V _h (m/s)	送		水		時		浸		時	含泥率 C _v (%)	備考
				流量Q _{sw} (l/min)	吸入圧h _{sw} (mAq)	吸入圧h _{sw} (mAq)	吐出圧h _{sp} (mAq)	流量Q _m (l/min)	吸入圧h _{sw} (mAq)	吐出圧h _{sp} (mAq)	流量Q _m (l/min)			
T1-001	無	I	0.143	2435	5.36	1066	2159	5.65	1336	5.80	0.887	1.146	8.7	※地盤形状
T1-002	有	I	0.143	2475	5.53	1045	2223	5.65	1274	6.42	0.898	1.113	6.7	I: フラット
T1-003	有	I	0.130	2463	5.40	1035	2265	5.71	1235	5.30	0.920	1.116	6.9	II: フラット+マウンド
T1-004	有	I	0.130	2495	5.53	1025	2277	5.92	1236	5.96	0.913	1.129	7.7	III: フラット+マウンド+器
T1-005	有	I	0.200	2471	5.51	1009	2083	5.66	1312	8.84	0.843	1.173	10.3	を表す。
T1-006	有	I	0.200	2475	5.41	984	2157	5.80	1246	6.33	0.872	1.171	10.2	
T1-007	有	I	0.270	2515	5.63	942	2110	6.14	1148	7.27	0.839	1.223	13.3	接地圧: 均し板有
T1-008	有	I	0.270	2526	5.54	959	2154	6.22	1156	7.97	0.853	1.202	12.0	0.338 (tf/m ²)
T1-009	有	II	0.270	2515	5.54	943	2205	6.17	1136	—	0.877	1.199	11.8	接地圧: 均し板無
T1-010	有	II	0.130	2507	5.56	931	2313	—	—	—	0.923	1.129	7.7	0.599 (tf/m ²)
T1-011	有	III	0.130	2519	5.60	957	2348	6.40	1150	—	0.932	1.161	9.6	
T1-012	有	III	0.130	2507	5.66	920	2384	—	—	—	0.951	1.119	7.1	
T1-013	有	III	0.270	2475	5.53	952	2153	—	—	—	0.870	1.195	11.6	
T1-014	無	I	0.270	2459	5.52	947	2055	6.04	1124	6.61	0.836	1.236	14.1	
T1-015	無	I	0.200	2479	5.66	914	2162	6.04	1149	5.67	0.872	1.186	11.1	
T1-016	無	I	0.130	2471	5.53	929	2258	6.08	1159	5.46	0.914	1.149	8.9	
T1-017	無	III	0.130	2475	5.63	915	2248	6.03	1115	—	0.908	1.165	9.8	
T2-A11	無	I	0.133	2446	5.35	952	2123	5.29	1287	4.81	0.868	1.143	8.5	
T2-A12	無	I	0.133	2506	5.61	865	2157	5.63	1132	5.64	0.861	1.152	9.1	
T2-A21	無	I	0.170	2498	5.45	886	2153	5.85	1126	5.88	0.862	1.185	11.0	
T2-A22	無	I	0.200	2498	—	—	2134	—	—	6.47	0.854	1.205	12.2	
T2-A31	無	I	0.240	2498	5.60	863	2186	6.17	1018	6.07	0.875	1.213	12.7	
T2-A32	無	I	0.270	2494	5.47	864	2201	6.40	976	6.47	0.883	1.201	12.0	
T2-A41	無	I	0.200	2472	5.20	858	2127	5.80	1080	6.16	0.860	1.203	12.1	
T2-A42	無	I	0.270	2513	5.40	864	1960	5.47	1115	6.46	0.780	1.234	13.9	
T2-B11	有	I	0.131	2517	5.36	885	2290	5.89	1086	7.50	0.910	1.153	9.1	
T2-B12	有	I	0.131	2513	5.42	859	2339	6.34	1095	6.83	0.931	1.167	10.0	
T2-B21	有	I	0.170	2506	5.65	878	2242	6.40	974	7.58	0.895	1.159	9.5	
T2-B22	有	I	0.200	2506	5.42	868	2004	5.19	1246	7.46	0.800	1.194	11.5	
T2-B31	有	I	0.240	2506	5.53	858	2175	5.99	1042	7.76	0.868	1.213	12.7	
T2-B32	有	I	0.270	2506	4.90	838	2053	5.30	1081	7.76	0.819	1.215	12.8	
T2-B41	有	I	0.170	2513	5.13	851	2082	5.23	1036	7.26	0.828	1.158	9.4	
T2-B42	有	I	0.130	2517	5.42	859	2079	5.20	1203	7.33	0.826	1.147	8.8	

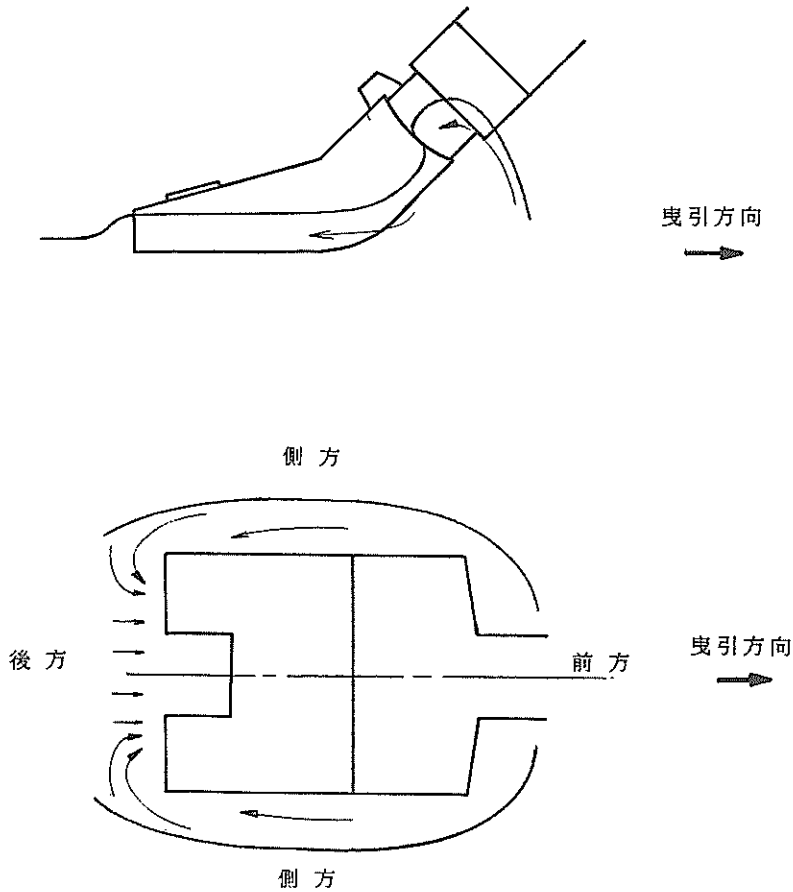


図-5 ブレード非装着ドラグヘッド周辺の土砂の挙動

しブレードの結合付近から吸い込まれるものと、外側へ押し出されるものに分かれる。また、ヘッド上面を大きく覆った土砂は、ヘッド中央部へは流れず均しブレード側へ流れ込んだ後ドラグヘッド後端で吸引されている。ただし、ブレード側方における吸引は、ブレード非装着時ドラグヘッドに比較すると明らかに少ない。

模型実験で使用したブレードは、その上面に図-2に見られるような補強部材が取り付けられている。浚渫中この部分に土砂が滞留し、この滞留のために前方からの土砂は外側へ押し出されるような土砂の流れとなっている。効率の良い浚渫を行うための解決策としては、できるだけ土砂を中央部へ落とし込むような形状の補強材兼用フィンブレード上面に取り付けることも一つの方法として考えられる。

以上に述べたブレード有無による平均的な土砂の挙動

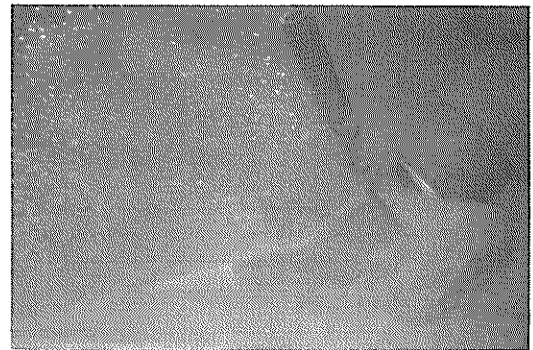


写真-4 ブレード非装着ドラグヘッドによる浚渫状況

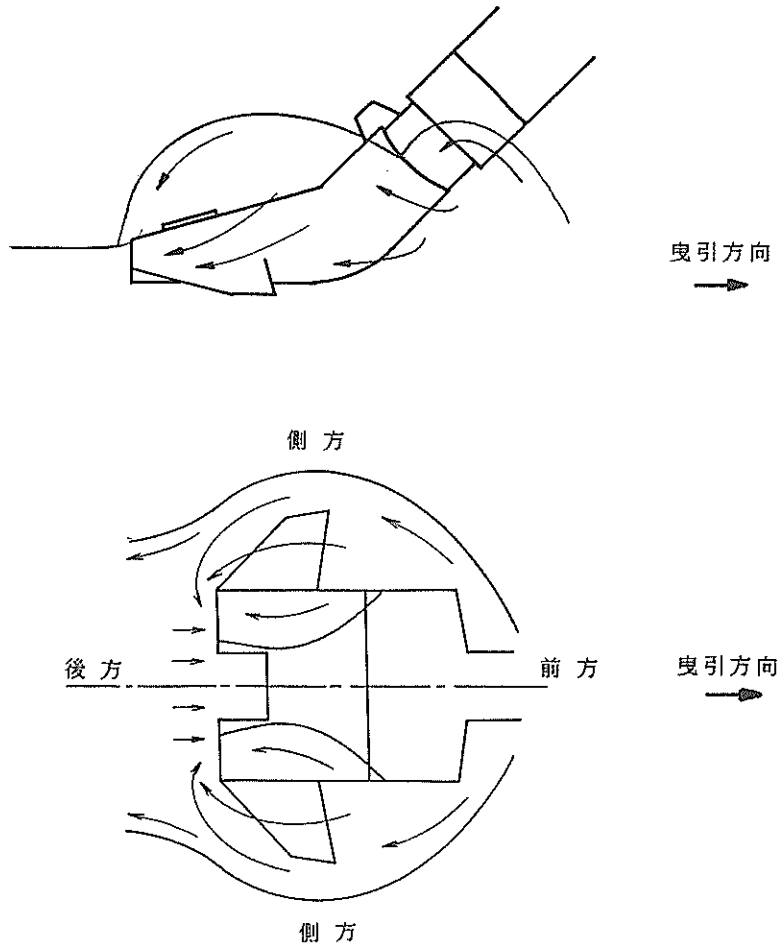


図-6 ブレード装着ドラグヘッド周辺の土砂の挙動



写真-5 ブレード装着ドラグヘッドによる浚渫状況

および土砂吸引の状況を図化して示したのが図-5及び6である。

4.2 浚渫特性の比較

表-2の実験結果一覧のうち地盤形状の項目で、Iはフラット地盤、IIはフラット地盤とマウンド、IIIはフラット地盤とマウンド及び溝のあるケースに対応する浚渫結果であり、付図-2.1~2.8に示す連続測定結果を平均し取りまとめたものである。ただし、含泥率は連続計測を行っていない。

以下に、均しブレードのない場合、ブレードを装着した場合に対する基本的浚渫特性の差異を述べる。

(1) 含泥率と流量低下

含泥率 C_{η} は、図-7に示すように曳引速度が増すにつれて増加する。その増加傾向は、均しブレードのない場合、ブレードの装着時にかかわらずほぼ同様である

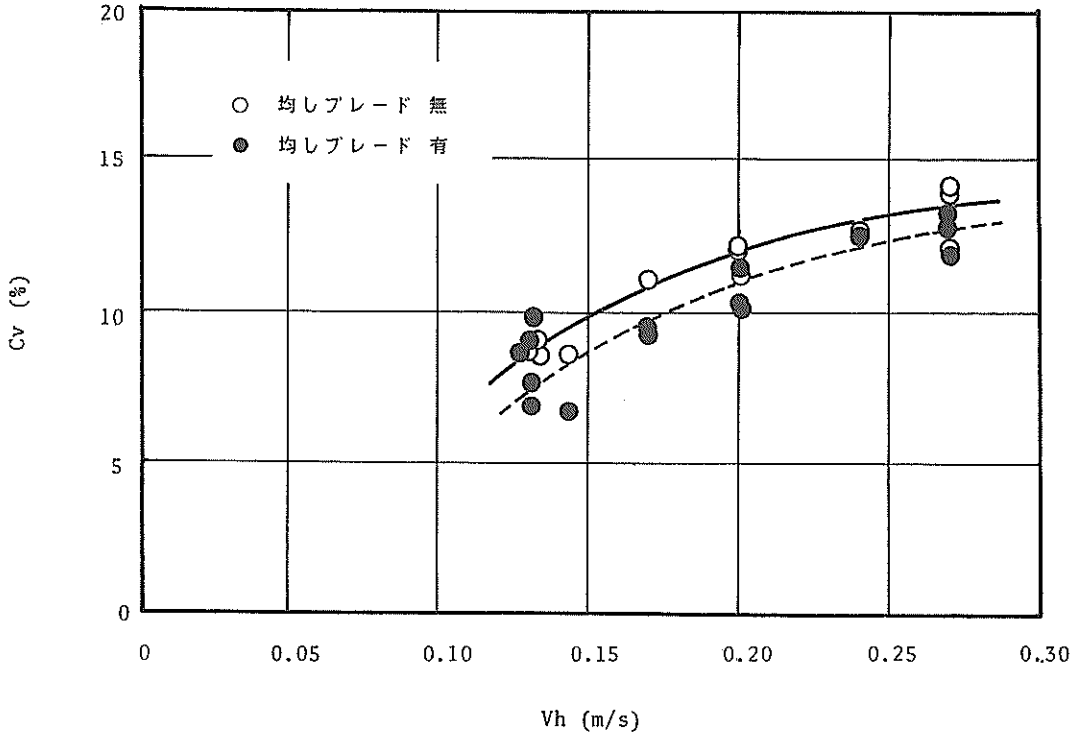


図-7 曳引速度に対する含泥率の変化

が、均しブレードを装着することにより約10%低下する。これはブレードを付けることによって土砂の落下位置が吸引中心より若干遠くなるのが原因であると思われる。すなわち、浚渫断面からもわかるように、供給土量としてはブレードのある場合のほうが大きいけれども有効吸引範囲への土砂供給は逆にブレードのない場合のほうが若干大きいと考えられる。

含泥率の増加割合は、ブレード装着、非装着にかかわらず曳引速度が増すにつれて小さくなる。実際のドラッグサクソン浚渫による砂地盤浚渫では、3~3.5ノットにピークが存在することが確認されており^{2,3)}、本模型実験結果もピークを予想させる傾向となっている。ただし、ここでいう C_v は、真容積濃度である。

図-8(A)は、土砂混合時の含泥率に対するポンプ流量低下の傾向を示しているが、図のようにほぼ直線となりブレード装着、非装着の差はほとんどない。このような傾向は、吸入口にクリアランスのある浚渫時に特有のパターンであり、吸入口形状による差及び埋没抵抗等の流量低下に関係する抵抗分が両者ともほぼ同じことを意味している。供試土砂が細砂であるためドラッグヘッド埋没抵抗は、かなり小さいと判断される。埋没抵抗の理

論的計算については後述するが、参考までに、流量低下に埋没抵抗が大きく関係してくるケースとして、図-8(B)を示した。これは、S56年度に第五港湾建設局所属のドラッグサクソン浚渫船「清龍丸」で行った実験において、軟泥を浚渫した際の結果である。⁴⁾

(2) 時間当たり揚土量の変化

次に含泥率 C_v を用いて見掛け含泥率 C_a を求めると、

$$C_a = (\gamma_s - \gamma_w) / (\gamma_a - \gamma_w) \cdot C_v \dots (1)$$

ここで、

γ_s : 供試土砂の真比重量

γ_w : 清水の比重量

γ_a : 地盤の見掛け比重量

である。

この C_a に土砂吸引中の流量 Q_m を掛けると時間当たり揚土量 Q_{SH} が求められる。 Q_{SH} をドラッグヘッド曳引速度 V_h に対して示したものが図-9である。浚渫時の流量低下にブレードの有無による差異がないために、 Q_{SH} も C_v とほぼ同様の傾向を示しブレードのない場合のほうが10%ほど高い結果となっている。

4.3 浚渫断面の比較

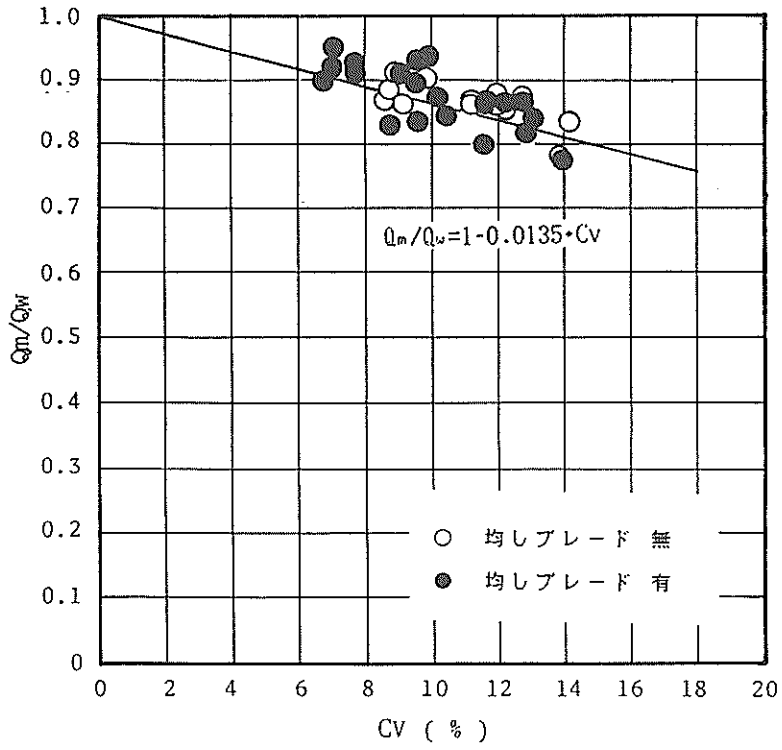


図-8(A) 流量低下

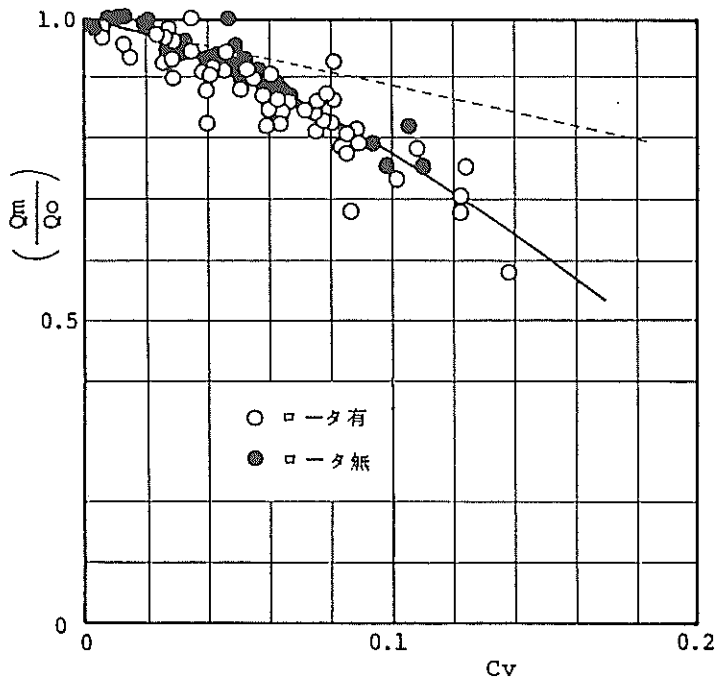


図-8(B) 軟泥に対する流量低下(85年度実船試験)

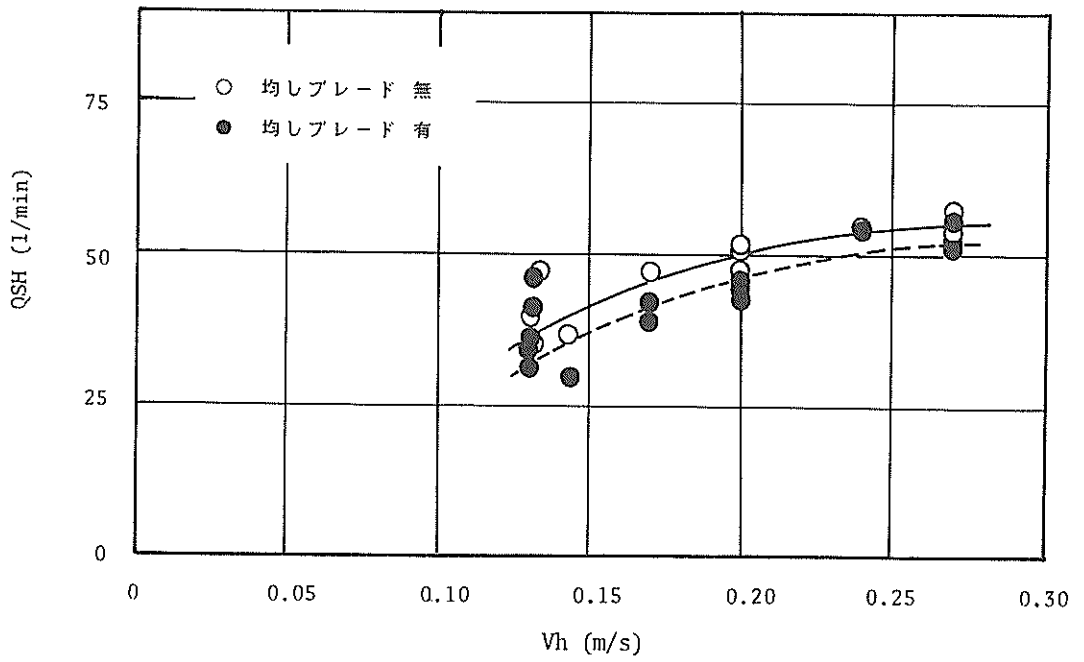


図-9 曳引速度に対する揚土量の変化

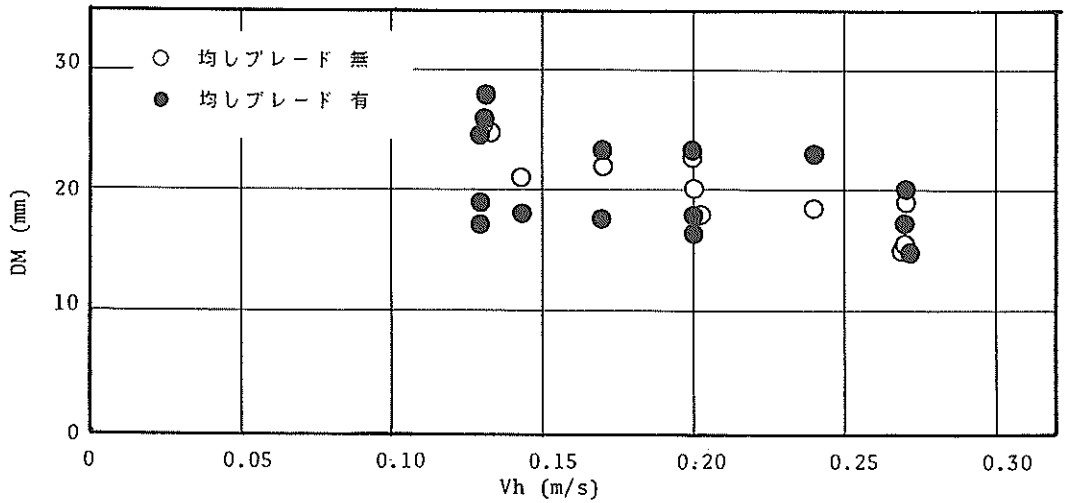


図-10 平均掘跡深さ

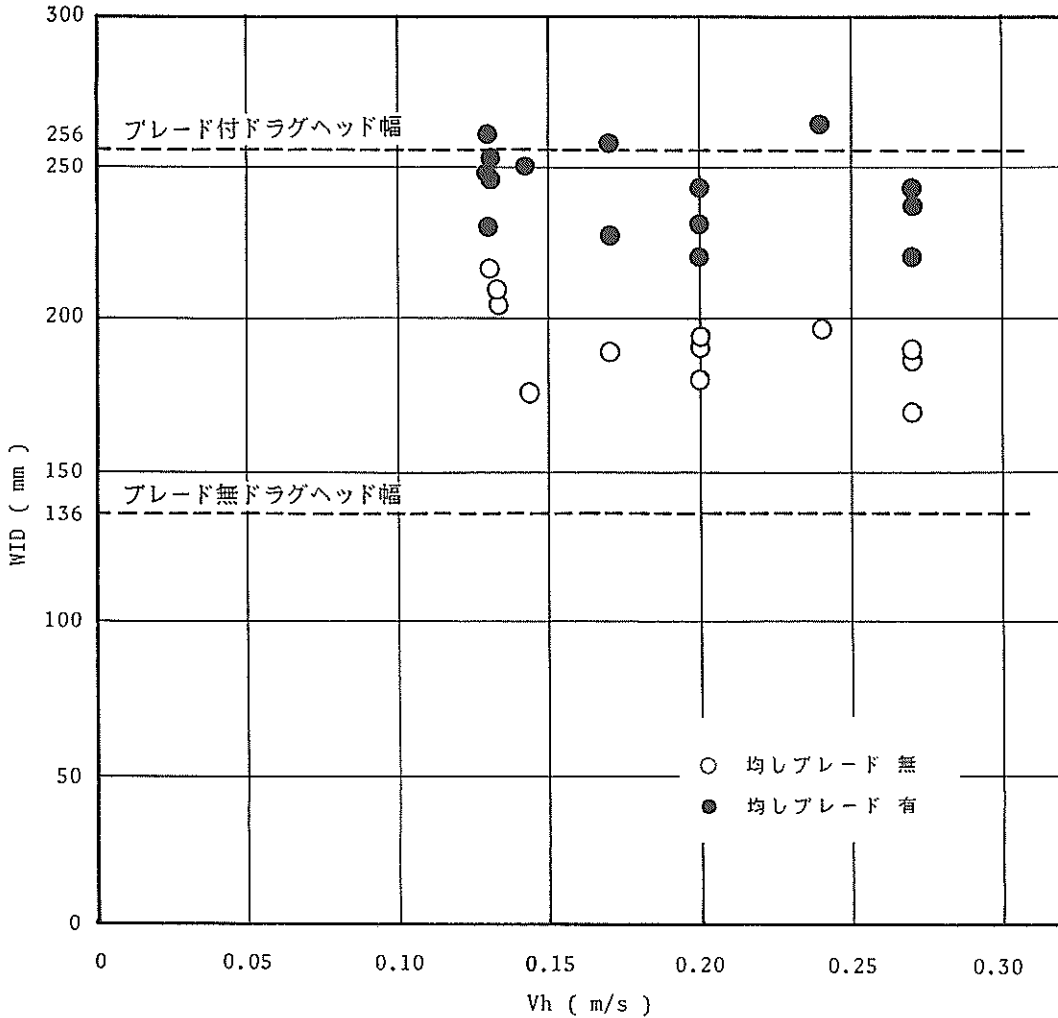


図-11 掘 跡 幅

次に掘り跡の状況を試みる。付図-3.1~3.3は各テストケースの浚渫後の掘り跡断面を示している。

このうち、地盤がフラットである基本ケースについて平均深さを求め、曳引速度に対して示すと図-10が得られる。一部特異な点(0.13m/s)を除いて考えると、ブレードの有無にかかわらずほぼ一定の深さを保っている。

一方、図-11は掘り跡の幅を示したものであるが、ブレードの有無で差が大きい。ブレードのある場合には掘削幅はほぼその物理的幅を越えることはなく、曳引速度の増加につれて若干低下する傾向がみられる。反対に、ブレードなしの場合は、今回の曳引速度範囲ではすべてのケースについてドラグヘッド幅以上の掘り幅となっている。すなわち、ドラグヘッドサイドからの吸引効果が

大きく、かつ、この効果は曳引速度の増加とともに徐々にではあるが低下する傾向があることがわかる。したがって、ドラグヘッドそのものの形状寸法からいえば、均しブレードを取り付けることにより横幅は1.9倍に広がっているが、浚渫時の掘り跡にはそれが直接的に表れていないことになる。平均的にみれば図-11から、曳引速度0.13m/s(1ノット時)から0.27m/s(2ノット時)までの本実験範囲内において1.2~1.3倍にしかない。

掘り跡断面積は、図-12に示すようにブレードのある場合のほうが若干大きい結果となっている。しかしながら、曳引速度への依存する割合は小さい。

このように、掘り跡断面は掘り跡の幅の差ほど顕著で

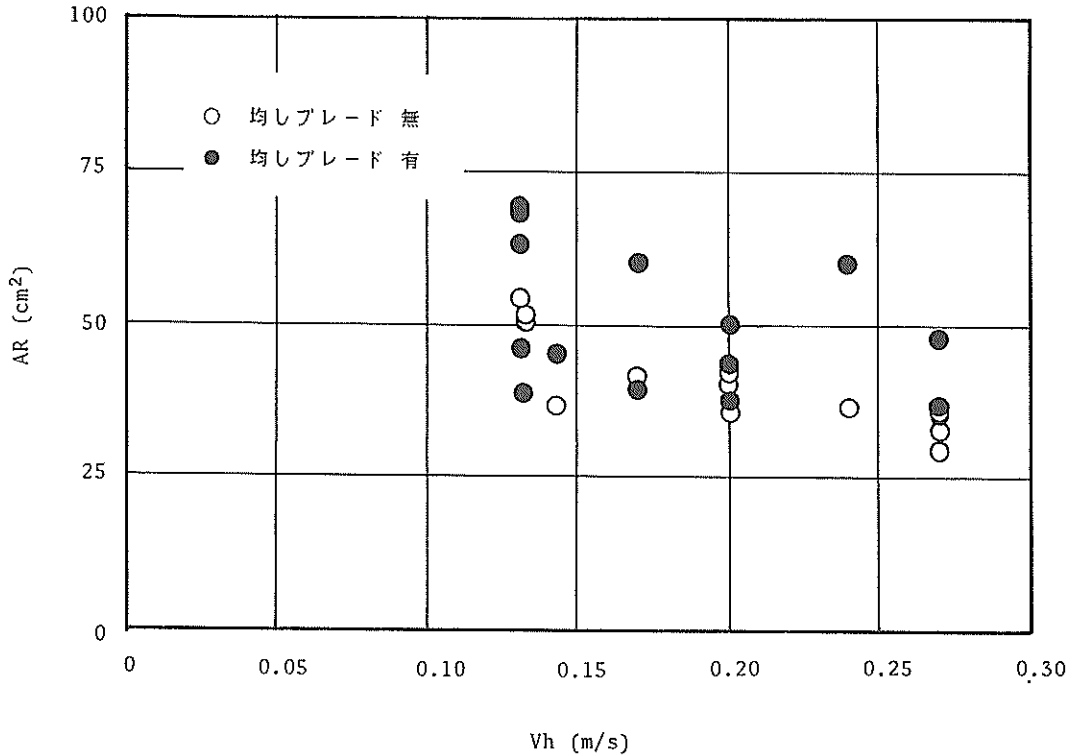


図-12 平均掘跡断面積

はなく、ブレード付きの場合は付図の断面形状からわかるように側面でのスロープが非常に緩やかとなっている。また、若干ながらブレード付きのほうが掘削断面積が大きいにもかかわらず浚渫土量からいえば図-9でわかるように明らかにブレードなしのほうが高い値を示している。これは、ブレードで掘り起こした土砂の一部が未吸引のままドラグヘッドサイドに取り残されている結果であると考えられる。付図の掘り跡断面をみると、両サイドに取り残されて盛り上がった部分が顕著に表れている。

以上みてきたように、通常のドラグヘッドにおいては側面部から流入する水流にのせて土砂を吸引する能力すなわちスコアリング能力が非常に大きい(この様子はVTRでよくわかる)。このため、曳引速度の小さい範囲ではその物理的幅以上の掘り幅となっている。しかしながら、このサイド部にならしブレードを取り付けることによりその能力が減少し、逆にブレード上の一部の土砂は吸引されず取り残されていく傾向を示すことがわかる。この結果、掘り幅もせいぜいブレードの幅が最高となり、ブレードなしの場合と比較するとそれほど横方向の掘り幅が増えたことにはならないという結果になって

いる。ただし、これは今回使用したルーズな細砂に対していえることであり、含水比の低いシルトや粘性土の場合はブレードなしの場合でも横幅はほとんど広がらないため^{5,6,7)}、形状寸法通りの拡大は期待できる。しかしながら、このような場合は後述の曳引抵抗の増加がかなり問題となってこよう。

ドラグヘッドに対する時間当たりの供給土量は、掘削断面(浚渫断面)積に曳引速度をかけた量で定義される。この量を QST とし、これに対する4.2で定義される揚土量 QSH の比を曳引速度に対してプロットしたのが図-13である。ブレードのない場合ほぼ1.0、すなわち完全吸引状態をキープしていることがわかる。一方、ブレードがある場合はほとんどが1.0以下、すなわち吸引残しがある状態を示している。これはドラグヘッドの有効吸引範囲外への土砂供給およびスコアリング能力の低下による吸引濃度減少に起因するものと考えられる。この低下割合は曳引速度の増大とともに大きくなる傾向を示す。

図-14は図-13に示すデータをスラリー濃度という観点から表現したものである。ここで、 C_{at} は浚渫断面

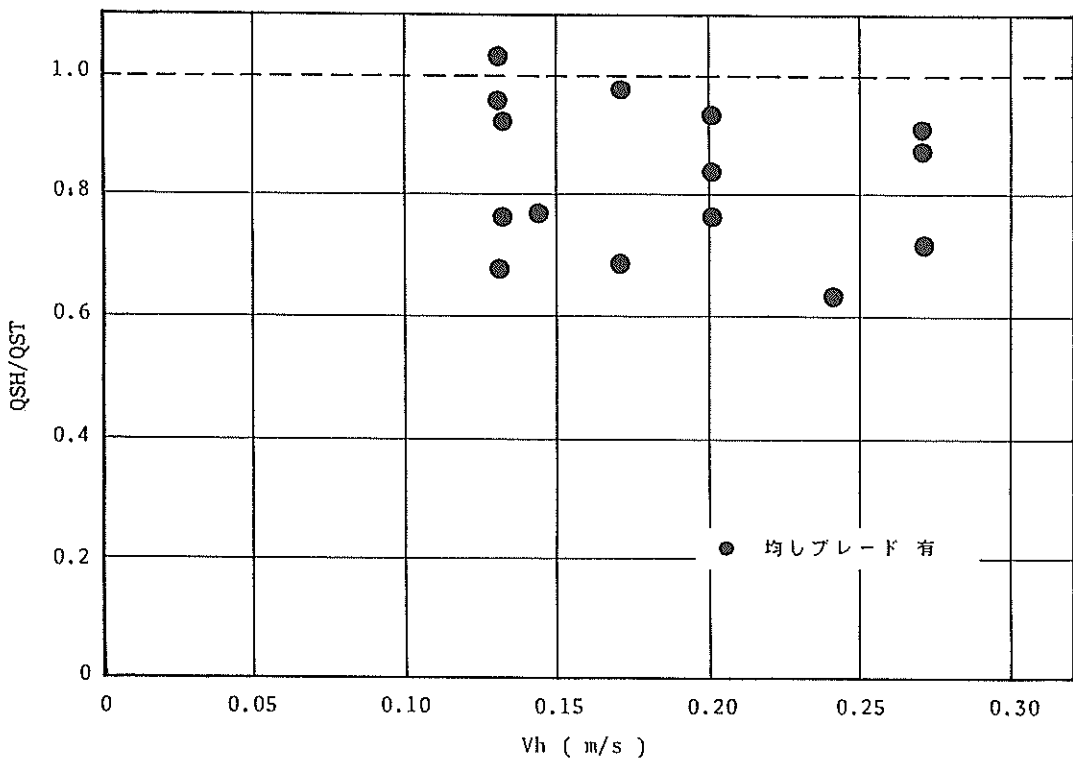
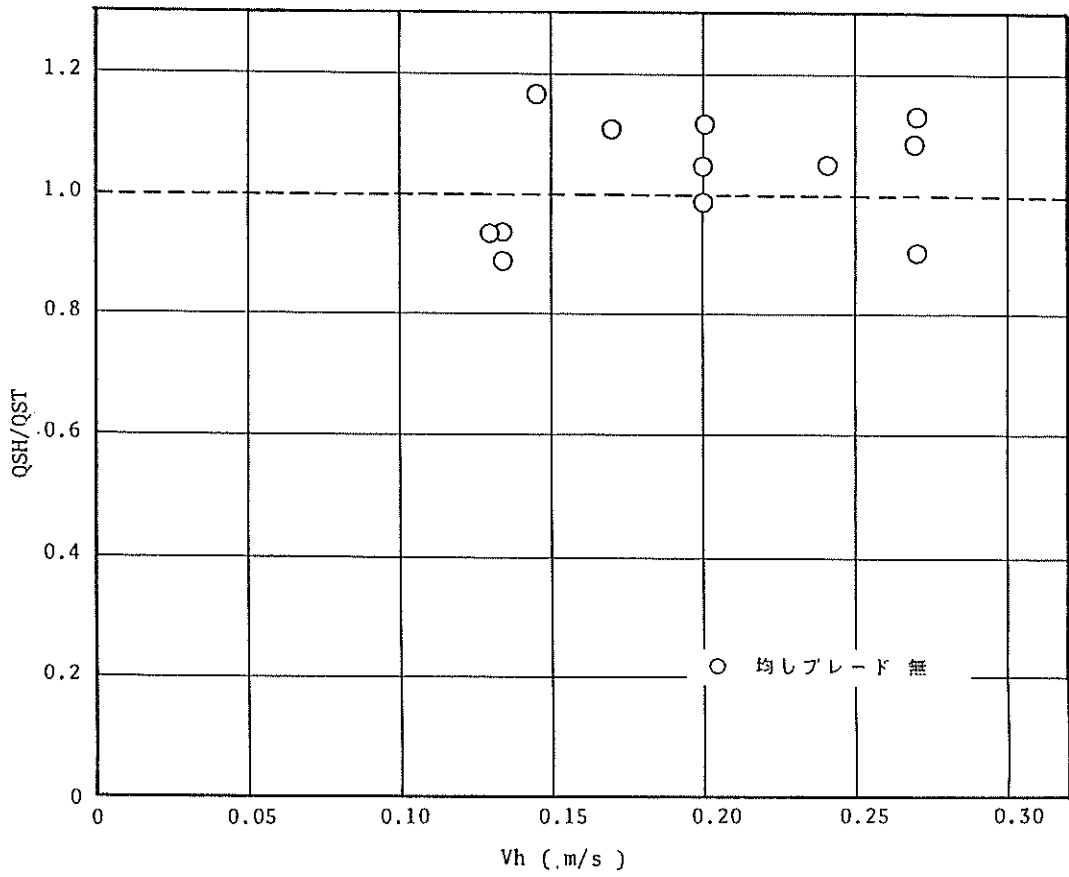


図-13 曳引速度とQSH/QSTの関係

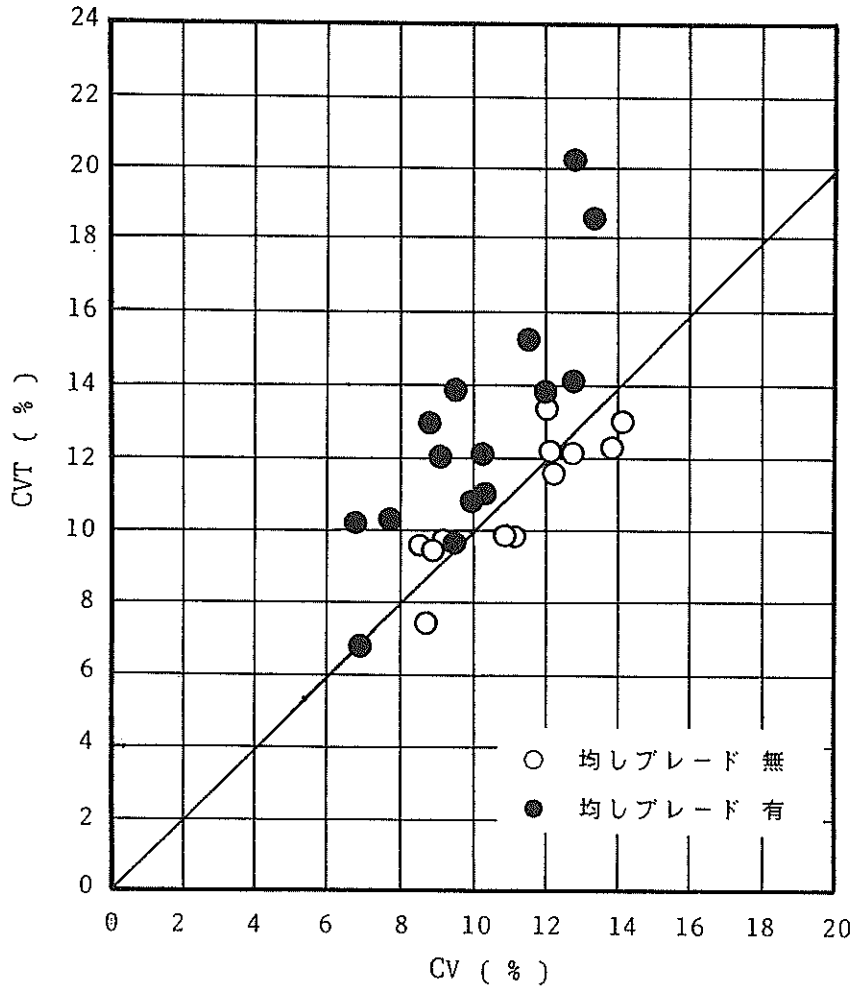


図-14 CVとCVTの関係

表-5 掘跡計測一覽表 No.1

テスト番号	均し板有無	地盤形状	曳引速度 V/t (m/s)	含油率 C _o (%)	波濤時流量 Q _m (l/min)	最大掘深 WTD (mm)	最大掘深 DX (mm)	平均掘深 DM (mm)	平均断面積 AR (cm ²)	掘土量 Q _{st} (l/min)	供給土量 Q _{st} (l/min)	備考
TI_001	無	I	0.143	8.7	215.9	176.0	30.5	21.0	36.9	37.0	31.7	テスト番号末尾の -a, -b, -c, -d は、各々 -a : フラット部断面トレース -b : マウンド部断面トレース -c : 溝部断面トレース -d : マウンド部+溝部断面トレース を表す。 ※地盤形状 I : フラット II : フラット+マウンド III : フラット+マウンド+溝 を表す。
TI_002	有	I	0.143	6.7	222.3	251.0	28.6	17.9	45.0	29.5	38.6	
TI_003	有	I	0.130	6.9	226.5	229.5	24.2	16.9	38.8	31.0	30.2	
TI_004	有	I	0.130	7.7	227.7	248.0	27.8	18.7	46.3	34.4	36.1	
TI_005	有	I	0.200	10.3	208.3	231.0	25.7	16.3	37.9	42.4	45.4	
TI_006	有	I	0.200	10.2	215.7	243.0	25.9	17.7	43.0	43.4	51.6	
TI_007	有	I	0.270	13.3	211.0	243.0	31.1	19.8	47.9	55.3	77.6	
TI_008	有	I	0.270	12.0	215.4	219.5	6.1	16.6	36.3	51.3	58.8	
TI_009-a	有	II	0.270	11.8	220.5	151.0	12.4	8.7	13.1	51.6	42.0	
TI_009-b	有	II	0.270	11.8	220.5	151.0	12.4	8.7	13.1	51.6	42.0	
TI_009-c	有	II	0.270	11.8	220.5	151.0	12.4	8.7	13.1	51.6	42.0	
TI_009-d	有	II	0.270	11.8	220.5	151.0	12.4	8.7	13.1	51.6	42.0	
TI_009AV	有	II	0.270	11.8	220.5	151.0	12.4	8.7	13.1	51.6	42.0	
TI_010-a	有	II	0.130	7.7	231.5	197.0	25.9	15.3	30.1	35.0	21.9	
TI_010-b	有	II	0.130	7.7	231.5	197.0	25.9	15.3	30.1	35.0	21.9	
TI_010AV	有	II	0.130	7.7	231.5	197.0	25.9	15.3	30.1	35.0	21.9	
TI_011-a	有	III	0.130	9.6	234.8	253.0	48.6	30.0	75.8	44.4	52.8	
TI_011-b	有	III	0.130	9.6	234.8	253.0	48.6	30.0	75.8	44.4	52.8	
TI_011-c	有	III	0.130	9.6	234.8	253.0	48.6	30.0	75.8	44.4	52.8	
TI_011-d	有	III	0.130	9.6	234.8	253.0	48.6	30.0	75.8	44.4	52.8	
TI_011AV	有	III	0.130	9.6	234.8	253.0	48.6	30.0	75.8	44.4	52.8	
TI_012-a	有	III	0.130	7.1	238.4	278.0	28.6	19.8	55.0	33.4	74.3	
TI_012-b	有	III	0.130	7.1	238.4	278.0	28.6	19.8	55.0	33.4	74.3	
TI_012-c	有	III	0.130	7.1	238.4	278.0	28.6	19.8	55.0	33.4	74.3	
TI_012-d	有	III	0.130	7.1	238.4	278.0	28.6	19.8	55.0	33.4	74.3	
TI_012AV	有	III	0.130	7.1	238.4	278.0	28.6	19.8	55.0	33.4	74.3	
TI_013-a	有	III	0.270	11.6	215.3	333.0	34.4	19.5	65.0	49.4	126.6	
TI_013-b	有	III	0.270	11.6	215.3	333.0	34.4	19.5	65.0	49.4	126.6	
TI_013-c	有	III	0.270	11.6	215.3	333.0	34.4	19.5	65.0	49.4	126.6	
TI_013-d	有	III	0.270	11.6	215.3	333.0	34.4	19.5	65.0	49.4	126.6	
TI_013AV	有	III	0.270	11.6	215.3	333.0	34.4	19.5	65.0	49.4	126.6	
TI_014	無	I	0.270	14.1	205.5	170.0	29.2	19.1	32.5	57.1	52.6	
TI_015	無	I	0.200	11.1	216.2	190.0	27.8	18.6	35.3	47.4	42.4	
TI_016	無	I	0.130	8.9	225.8	215.5	39.4	25.3	54.5	39.6	42.5	
TI_017-a	無	III	0.130	9.8	224.8	202.0	44.5	26.8	54.2	43.6	50.2	
TI_017-b	無	III	0.130	9.8	224.8	202.0	44.5	26.8	54.2	43.6	50.2	
TI_017-c	無	III	0.130	9.8	224.8	202.0	44.5	26.8	54.2	43.6	50.2	
TI_017-d	無	III	0.130	9.8	224.8	202.0	44.5	26.8	54.2	43.6	50.2	
TI_017AV	無	III	0.130	9.8	224.8	202.0	44.5	26.8	54.2	43.6	50.2	

表-3 掘跡計測一覽表 No.2

テスト番号	均 板有無	地盤 形状	曳引速度 V/h (m/s)	含泥率 C_p (%)	波深時流量 Q_m (l/min)	最大掘幅 WID (mm)	最大掘深 DX (mm)	平均掘深 DM (mm)	平均断面積 AR (cm^2)	掘土量 Q_{sh} (l/min)	供給土量 Q_{st} (l/min)	備 考
T2-A11	無	I	0.133	8.5	212.3	204.0	36.4	24.7	50.5	35.8	40.3	※地盤形状 I：フラット II：フラット+マウンド III：フラット+マウンド+溝 を表す。
T2-A12	無	I	0.133	9.1	215.7	209.0	37.7	24.8	51.8	38.7	41.4	
T2-A21	無	I	0.170	11.0	215.3	189.0	33.6	21.9	41.4	47.0	42.2	
T2-A22	無	I	0.200	12.2	213.4	179.5	39.3	22.8	40.9	51.5	49.1	
T2-A31	無	I	0.240	12.7	218.6	197.0	30.6	18.5	36.2	54.7	52.1	
T2-A32	無	I	0.270	12.0	220.1	190.0	27.9	15.4	35.8	52.1	58.1	
T2-A41	無	I	0.200	12.1	212.7	185.5	36.0	20.1	42.7	50.7	51.2	
T2-A42	無	I	0.270	13.9	196.0	186.0	28.4	15.8	29.4	53.9	47.7	
T2-B11	有	I	0.131	9.1	229.0	246.0	43.2	28.0	69.1	41.1	54.3	
T2-B12	有	I	0.131	10.0	233.9	254.0	37.5	25.1	63.8	46.1	50.1	
T2-B21	有	I	0.170	9.5	224.2	258.0	35.7	23.4	60.2	42.0	61.4	
T2-B22	有	I	0.200	11.5	200.4	219.5	34.7	22.8	50.0	45.6	60.0	
T2-B31	有	I	0.240	12.7	217.5	263.5	35.5	22.8	60.1	54.4	86.5	
T2-B32	有	I	0.270	12.8	205.3	237.0	24.2	14.9	35.3	52.0	57.1	
T2-B41	有	I	0.170	9.4	208.2	226.5	26.3	17.3	39.0	38.8	39.8	
T2-B42	有	I	0.130	8.8	207.9	260.5	41.0	26.2	68.3	36.0	53.3	

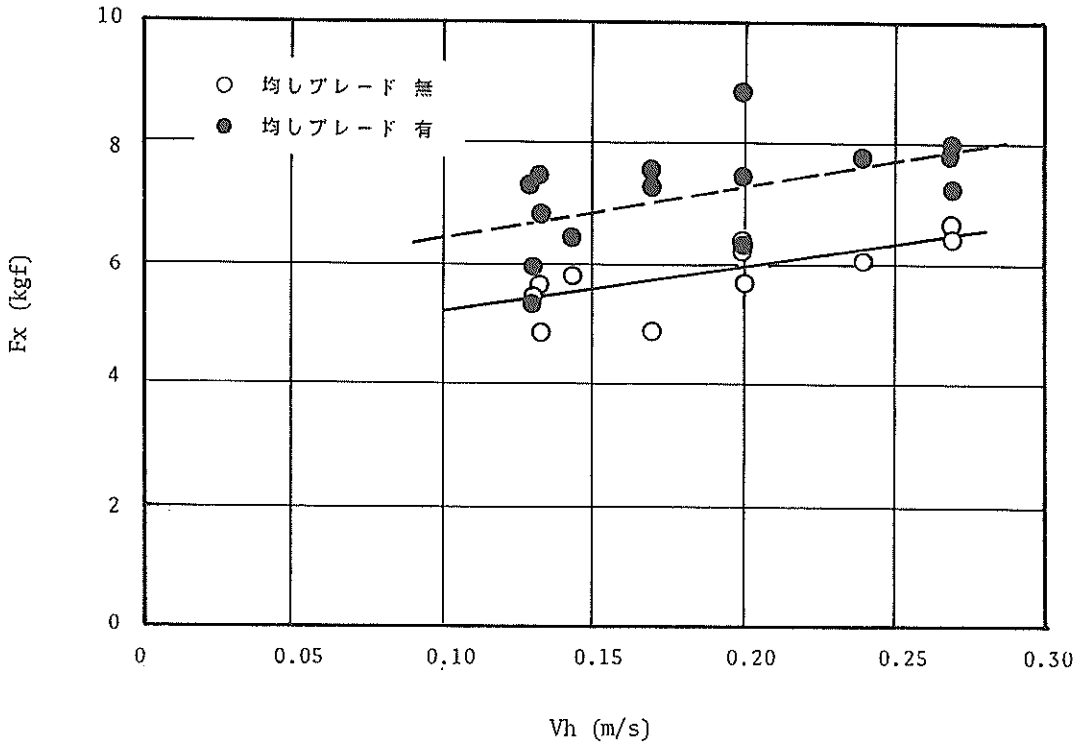


図-15 曳引速度に対する曳引抵抗の変化

で示された土砂はすべて吸引されたと仮定して計算した含泥率である。ブレードがない場合は、ほぼ完全吸引を行っているために、スラリー実濃度（含泥率） C_s と1対1の対応をしているけれども、ブレードのある場合は1対1に対応しないケースがほとんどであるということがわかる。

なお、この掘り跡計測一覧は表-3に示されている。

4.4 曳引抵抗の比較

次に曳引抵抗の違いをみってみる。この曳引抵抗 F_x の連続計測記録は付図-2.1~2.8に示されている。また、この平均値については表-2にとりまとめられている。

これらのデータを基本ケース（フラット地盤）に対し、曳引速度と関係づけると図-15が得られる。データのばらつきは大きいですが、平均的にみればブレードを取り付けることによりブレードがない場合の曳引抵抗に対して約20%の増加がみられる。曳引抵抗自体、船速の増加につれて直線的に増加する傾向を示しているが、増加傾向におけるブレード有無の差は今回の実験範囲ではほとんどない。

ドラグヘッド曳引抵抗は、掘削、運土抵抗とともにドラグアーム及びドラグヘッドに対する流体抵抗を含んだ

ものである。この流体抵抗が曳引抵抗のなかでどの程度の割合を占めるのか調べてみた。測定結果が図-16に示されている。曳引速度のほぼ2乗に比例して増加し、本実験範囲内で0.1~0.4 kgfであった。これは曳引抵抗全体の10%以下である。

4.5 マウンド及び溝中でのドラグヘッドの挙動

図-17はドラグヘッド走行線上に設けられた人工的なマウンド及び溝の構築図を示しており、この部分でドラグヘッドがどの程度の均し効果をもつかについて調べたものである。テストT1_009~T1_013は均しブレード併用時の実験ケースであり、テストT1_017は均しブレードのない場合の実験である。

マウンドは実機で約1 m（模型65 mm）の高さを目標にしたが、水を水槽に張った状態で型くずれを起こし、水中では図-17に示す高さになったものである。実機換算で70~90 cmの高さのマウンドとなっている。また、ドラグヘッド中心からのマウンドピークまでの距離も一定にすることはできなかった。また、溝については実機で40~60 cmの深さに設定したが、水を張った状態での深さは測定できなかった。

したがって、これらの特殊ケースについては適当にマ

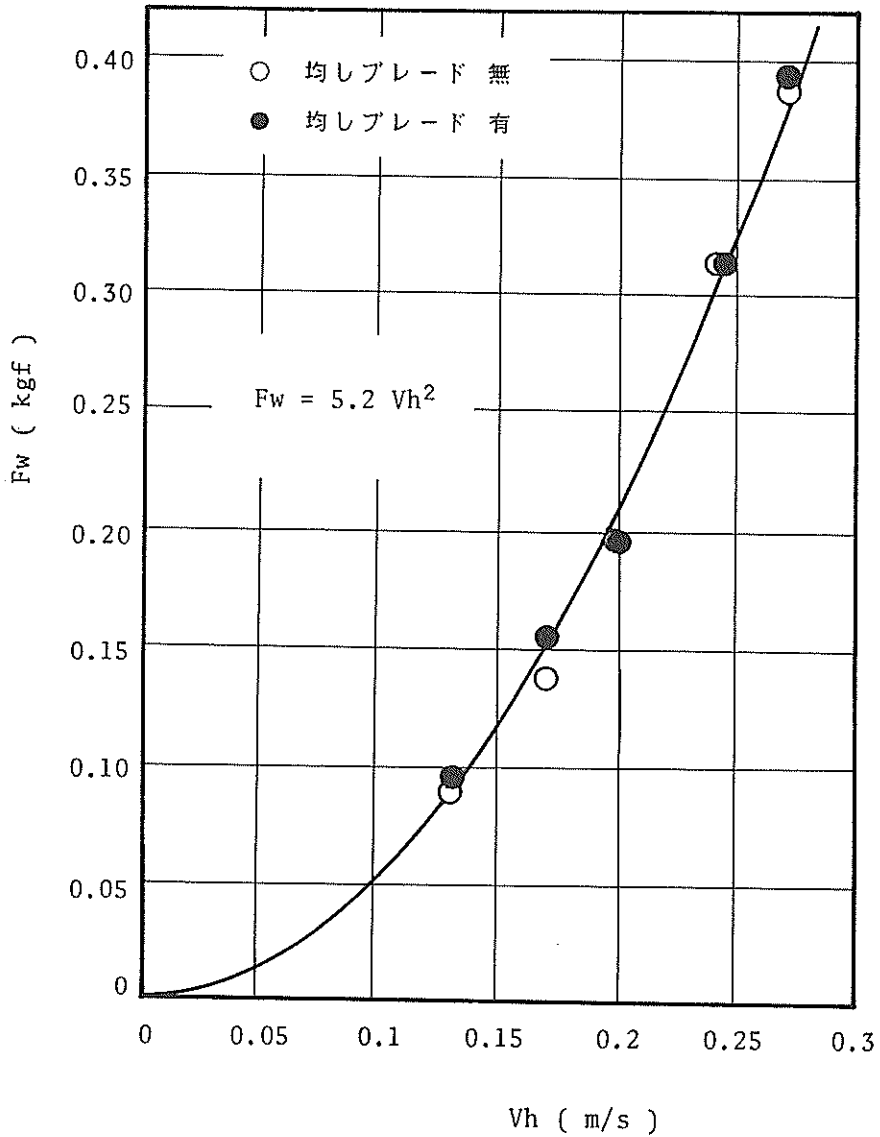


図-16 ドラグアームおよびドラグヘッドの流体抵抗

ウンドと溝を製作したと考えたほうが良い。また、これらのマウンドや溝は浚渫開始点から終了点まで引き続いているものではないために、表-2に示す種々の計測結果平均値は参考程度の意味しかない。この場合、図-18及び20に示す連続計測データが意味を持ってくる。

このようなマウンド及び溝のある土盤を浚渫した場合

の掘り跡断面の例は図-19及び21に示されている。これらの図のそれぞれの右側に示された矢印の部分が断面測定箇所である。なお、この図において、マウンドの始まっている点は必ずしも浚渫開始点ではない。さらに、溝がある場合の開始点はマウンド開始点から前方約30~50cmのところであり、溝の終わる点の後方約30

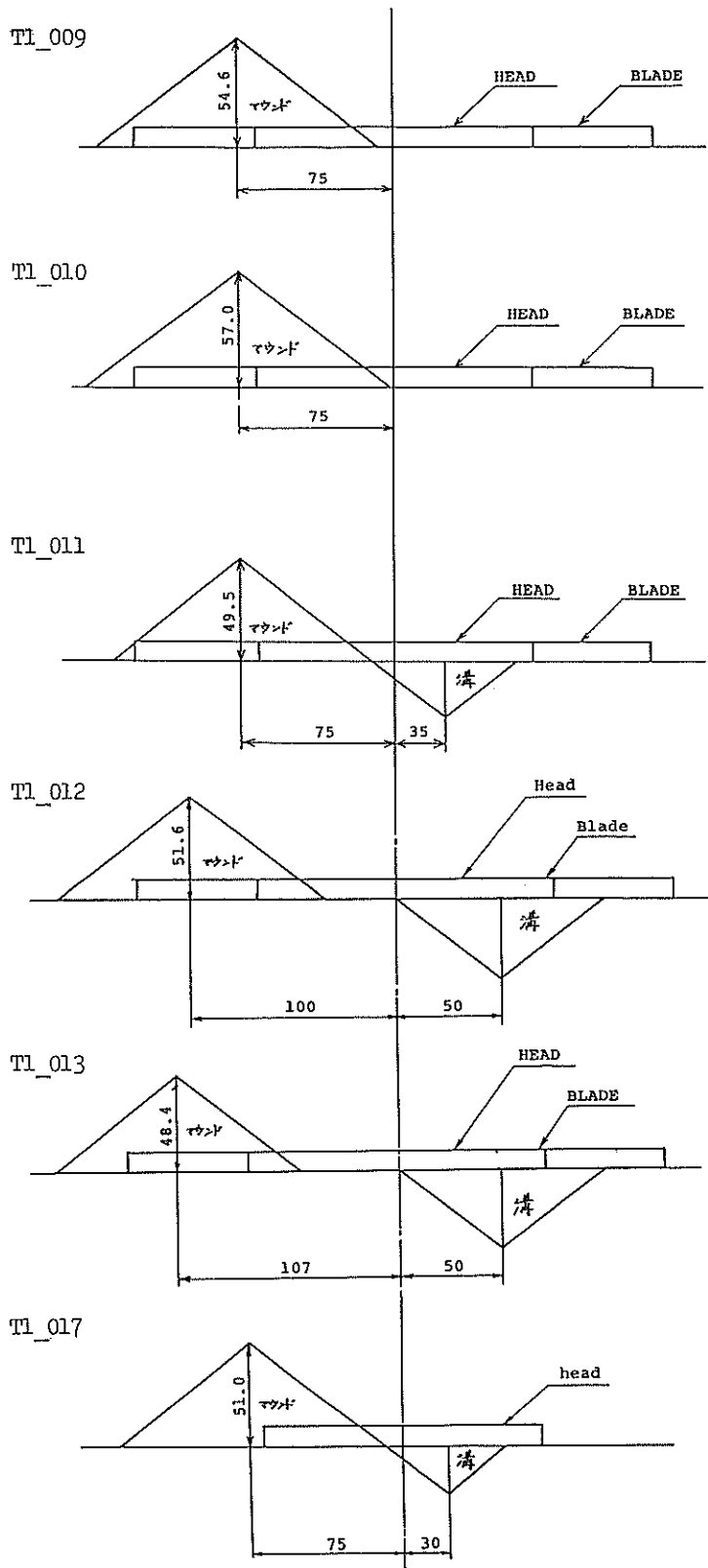


図-17 マウンドおよび溝の形状

T1_017 (Vh=0.13m/s ブレード無 フラット+マウンド+溝)

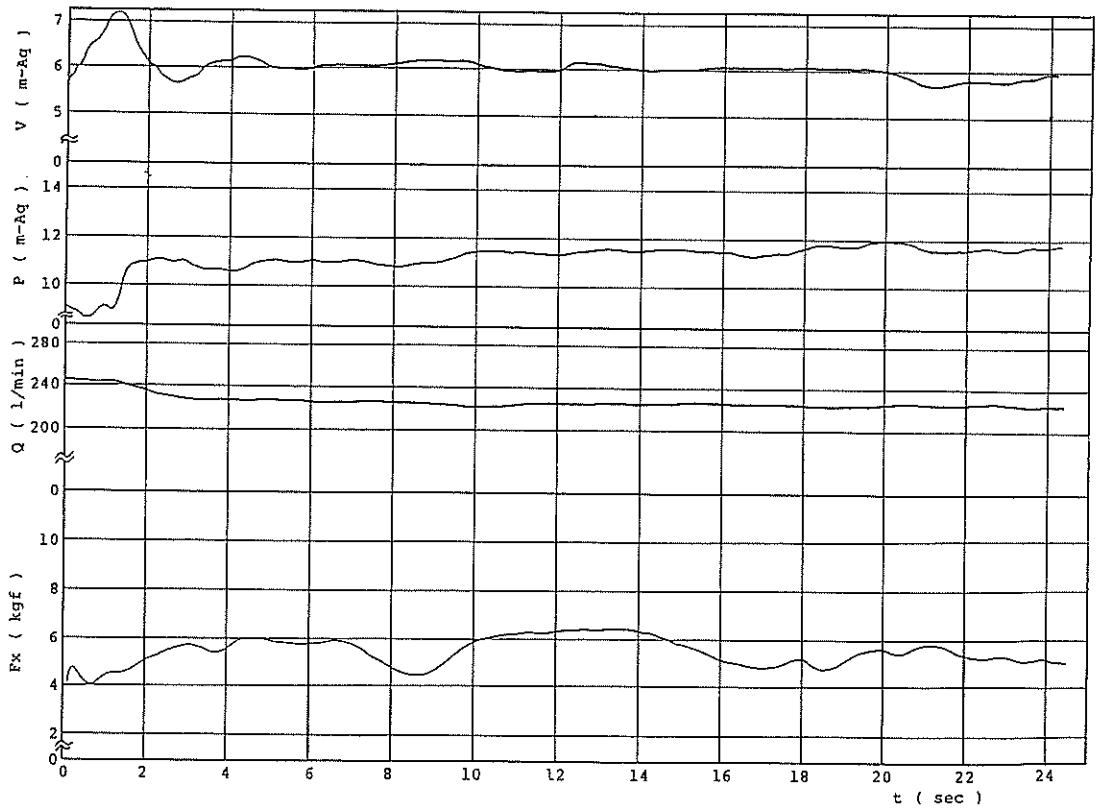
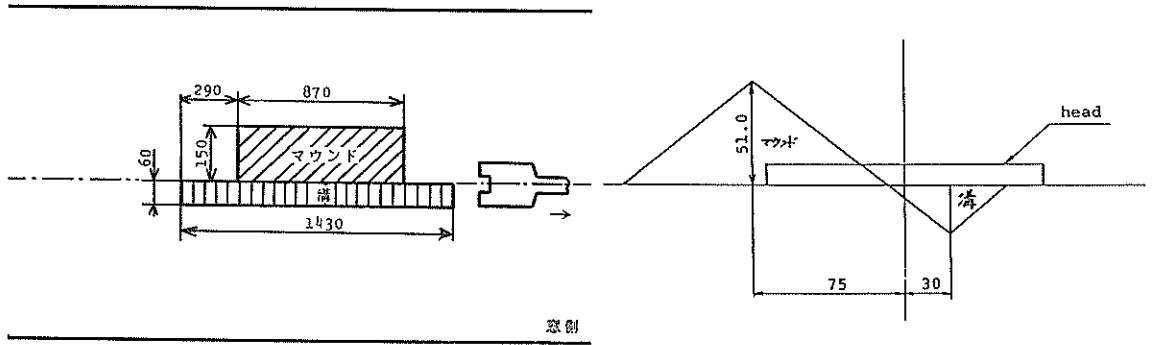


図-18 不規則地盤における連続記録

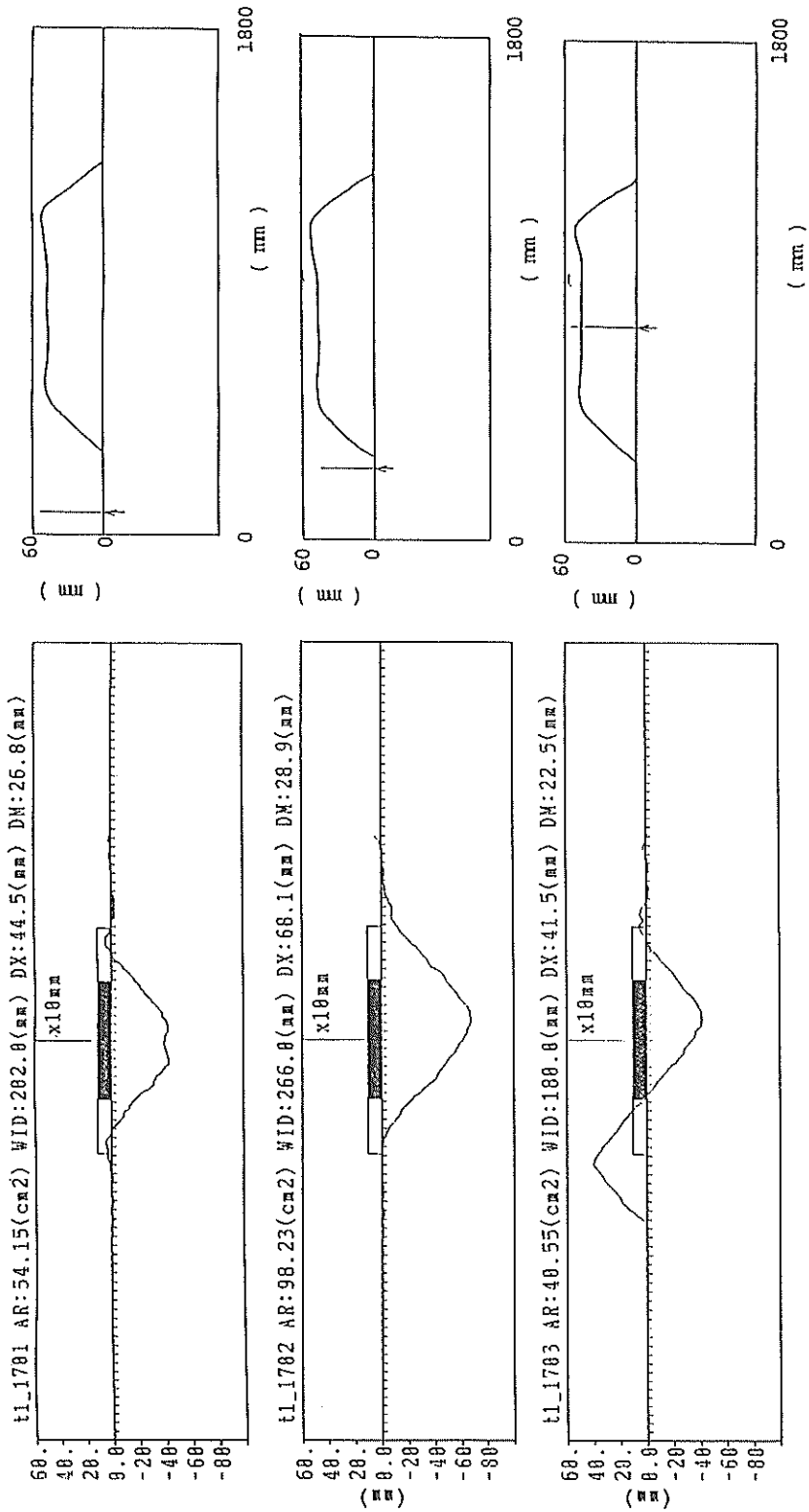


図-19 不規則地盤における波濫断面

T1_011 (Vh=0.13m/s ブレード有 フラット+マウンド+溝)

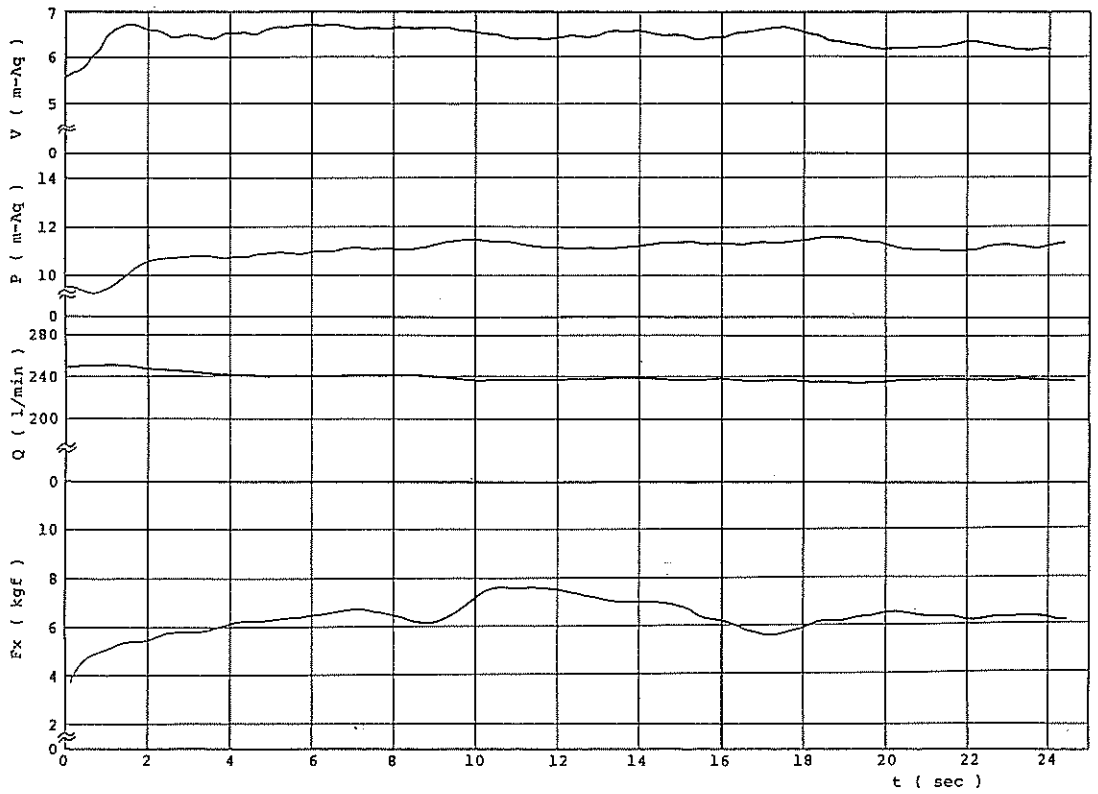
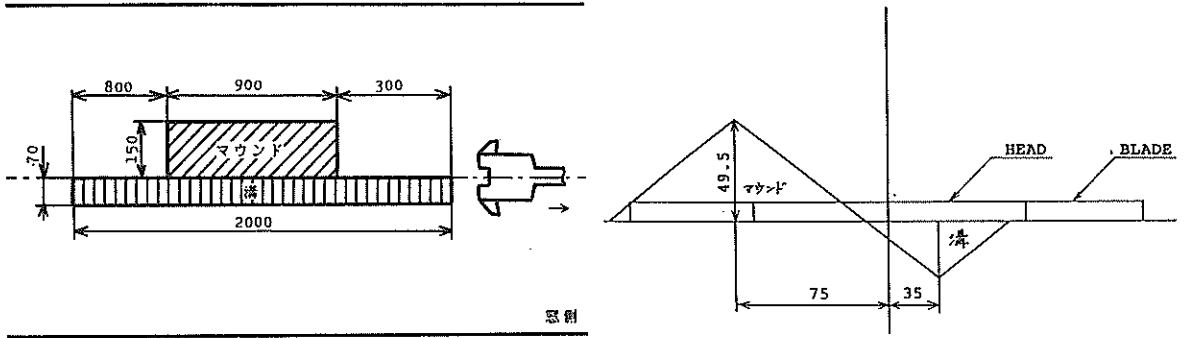


図-20 不規則地盤における連続記録

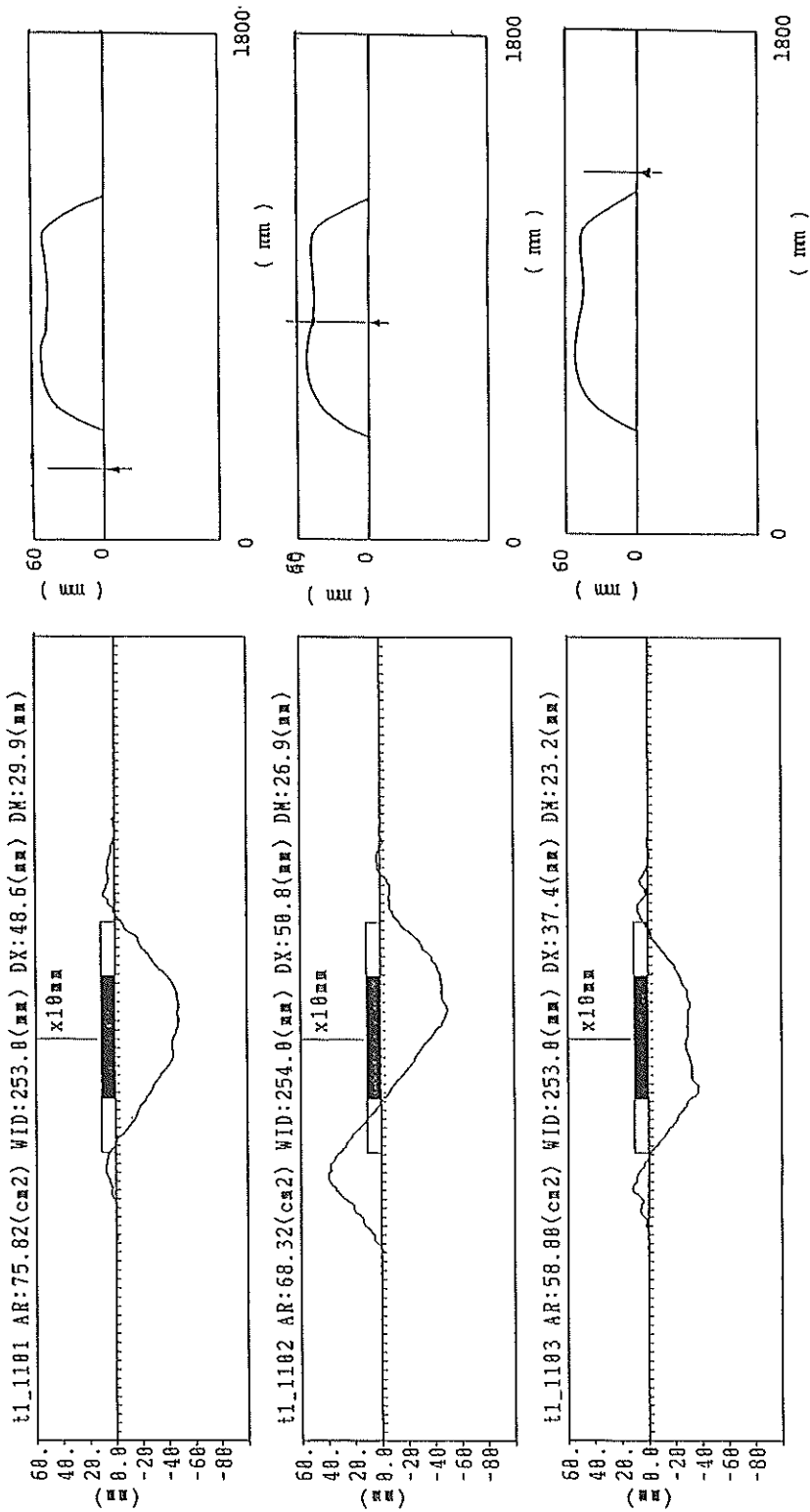


図-21 不規則地盤における波葉断面

～50 cmのところである(図-18, 20参照)。

したがって、溝とマウンドがある場合には浚渫開始直後はフラット地盤、その次に溝のみが存在し、それからマウンドと溝が現れることになる。

マウンド中心部の掘り跡断面をみると、浚渫後のマウンドのピークの高さはそれほど大きな低下は示していない。全般的にみると10～20mm低下しているといえるであろう。一方、浚渫方向に直角方向のマウンド面ピークのドラグヘッド中心からの距離を、設定マウンドと浚渫断面とで比べてみると、約90mm程度外側へ押しやられていることがわかる。

すなわち、マウンドがドラグヘッド中心から外れている場合には、マウンドが外側へ押し出される効果のほうが目立っており、これを低くならずという効果はそれほど大きくないといえる。これも、均しブレードのサイド部での砂の吸引及びかき寄せ効果がほとんどないためと考えられる。均しブレードのないテストT1_017についてはデータが1個しかないが、外側へ押し出される量は約60mmと少なくなっている。

一方、溝上ではドラグヘッドは浮いた形となっており、下方からの土砂の吸引はほとんど行われていない。側面から見たVTR記録からドラグヘッドの手前側、つまり進行方向に対して右側が溝底から浮いていることが確認されている。

今回の模型ドラグヘッドはスィベルジョイントにより左右方向に約1～2 kgfの力が存在すればドラグヘッドが左右に移動する構造となっている。掘り跡及びVTR記録を見ると、マウンド等による力がドラグヘッドに偏心的にかかっても、ドラグヘッド中心はほとんどずれていない。したがって、溝への落下も生じていない。

次にマウンドにドラグヘッドが突入したときの曳引抵抗の変化を調べてみる。これは図-18及び20の連続記録例に示されている。

T1_011を例にとると、これはマウンドと溝があり、スタートして7秒ほどして溝に入ってくる。このためドラグヘッドの片側(進行方向右側)が浮いた状態となり F_x が低下する。さらに進むと今度はマウンドにドラグヘッドの左側が入るため F_x が増加する。またマウンドを過ぎると再びフラットな地盤に対する値に復帰していることがわかる。このようにフラットでない土盤に対しては曳引抵抗が大きく変化し、これは吸入負圧及び吐出圧にも若干の変化を与えている。

マウンドや溝の形状が必ずしも統一されているとはいえないため、各ケースごとの大小関係を論ずるには無理があるが、平均的にみるとマウンド面へドラグヘッド片

側が入り込む場合に約2 kgf、またフラットな地盤に溝が存在すると約2 kgfのそれぞれ増加、減少がみられると考えてよいだろう。図-15に示すように曳引速度に依存するが均しブレードありの場合6～8 kgfという曳引抵抗がある。したがって、今回使用した砂のマウンド(実機で1 m程度)に突き当たった場合、25～35%の曳引抵抗の増加となることが考えられる。つまり、フラット地盤におけるならしブレードのないドラグヘッドの曳引抵抗を基準に考えると50%程度の増加は考えておかなければならないということになる。

なお、付図-4.1～4.4に不規則地盤に対する実験ケースの連続記録を示した。

4.6 管内吸引状態と埋没抵抗の検討

送水状態におけるポンプ吸入口に取り付けた吸入負圧センサーの値を hvw とすると、 hvw は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} hvw &= -hu \\ &- (\lambda \cdot ls / d + \Sigma f) Vw^2 / 2 / g \\ &= -hu - K \cdot Vw^2 / 2 / g \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

ここで、

- hu : 吸入実揚程
- λ : 管摩擦損失係数
- ls : 吸入管長
- d : 吸入管径
- Σf : ドラグヘッド、ベンド、バルブ等の損失係数の和
- Vw : 吸入管内速度
- g : 重力加速度

である。一方浚渫中の吸入負圧 hvm は、次のようになる。

$$\begin{aligned} hvm &= -hu \cdot \gamma m / \gamma w \\ &- hs (\gamma m / \gamma w - 1) \\ &- K \{ 1 + \beta (\gamma m / \gamma w - 1) \} Vm^2 \\ &/ 2 / g - d \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで、

- γm : スラリの比重量
- γw : 清水の比重量
- hs : 浚渫深度
- β : 土質係数
- Vm : スラリー流速
- d : 埋没抵抗

である。測定位置の関係及び吸入実揚程、浚渫深度については図-22に示す。

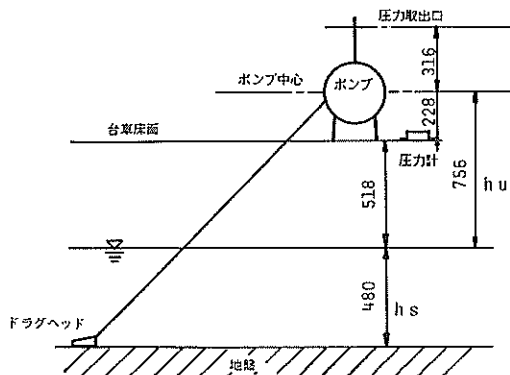


図-22 吸入揚程および測定位置

今、送水時の吸入抵抗と送泥時のそれとの差を e_x とすると、式(2)及び(3)より

$$\begin{aligned}
 e_x &= h_{vw} - h_{vm} \\
 &= (h_s + h_u)(\gamma_m / \gamma_w - 1) \\
 &\quad + (\gamma_m / \gamma_w - 1) \cdot K \cdot V_m^2 / 2 / g + d \\
 &\dots\dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

式(4)の第1項は吸入管内土砂分に対する懸垂揚程、第2項は管摩擦等の損失における土砂の混入による増加分を表している。ここで、 h_{vw} と h_{vm} それぞれの経時変化によってまず K 値を求めておき、 h_{vm} が得られたときの流速を式(2)に代入して得ることができる。

これらのことを連続データを使用して表現したのが図-23及び24である。各実験ケースとも真ん中の図が h_{vm} と h_{vw} それぞれの経時変化を示している。浚渫が始まるとともに h_{vm} が増加するが、管内流速も下がってくるために h_{vw} は低下してくる。更に流速が低下するとこのために h_{vm} も徐々に低下する場合が多い。このようにときでも図に見られるように土砂の吸入状況を代表する e_x の変化は安定している場合もあり、逆に増加することもある。すなわち、土砂吸引状況を的確に判断するためには h_{vm} のみではなく、流速低下をも考慮した e_x の変化を把握しておくことが重要である。

土質係数は一般的に、水平管においては妥当な値(例えば細砂にたいして3程度)を示すけれども本実験のような傾斜した吸入管ではかなり低い値になると考えられる。ここでは従来のカルフォルニアタイプドラッグヘッド

では、砂地盤浚渫時に埋没抵抗がほとんどないと仮定してブレードなし状態の h_{vm} から β を逆算してみた。結果が図-25に示されているが、濃度に対してほとんど変化は見られず平均すると約1.7という値が得られる。なお、曳引速度が0.27m/sが上がってくるとブレードなし状態でも吸入抵抗が増加する傾向があったために、 β の算出は0.2m/s以下に対して行った。

この β を式(3)に代入するとブレードあり状態に対する h_{vm} の測定値から埋没抵抗 d が得られ、ブレードなしの通常ドラッグヘッドに対する埋没抵抗に関する量的比較が可能となる。結果を図-26に示す。

両者ともほとんど差はなく、曳引速度0.2m/sまでは $d=0$ と見なすことができる。しかしながら、0.27m/s(2ノット)に速度が上昇すると d が増加し始める傾向が両者とも顕著に見られる。

砂地盤の場合の埋没抵抗は本結果に見られるようにほとんど考慮する必要はないと考えられるが、シルトや軟泥のようにドラッグヘッドの埋没が大きくなると吸入抵抗に占める割合はかなり大きくなる。その場合ここに示すような方法で埋没抵抗に対する量的検討を行うことが重要となってくる。

5. 結 論

本実験の結果以下に述べるような知見が得られた。

(1) 均しブレードがない場合、ヘッド前端で盛り上がった土砂がドラッグヘッド側面に沿って流れ込みドラッグヘッド周囲の吸入速度が高い部分で吸引される。側方へ落下しない土砂はヘッド内側あるいは後端でも吸引され全体として効率の良い浚渫が行われている。

均しブレードを装着した場合は、ドラッグヘッド前端部及び均しブレード前面で盛り上がった土砂はブレード側方及びブレード上面を大きくおおいながら後方に流れる。土砂の吸引が顕著に観察されるのはドラッグヘッド左右後端であり、ブレード側方における吸引はブレードなしのドラッグヘッドに比べ明らかに少ない。

(2) 掘り跡断面の幅、深さ、断面積はそれぞれ曳引速度が増加するに従って若干低下する傾向を示す。掘削深さについてはブレード有無による差は見い出せない。

掘り跡断面において大きく異なるのは掘削幅である。ブレードをつけた場合、浚渫幅はその物理的幅を超えることはなく、曳引速度の増加につれて若干低下する。ブレードがない場合は、今回の実験範囲(実験機1~2ノット)においてすべてのケースについてドラッグヘッド幅以上の浚渫幅を示した。これはブレードによって側方吸引位置がドラッグヘッド吸引中心から遠くなったことによる

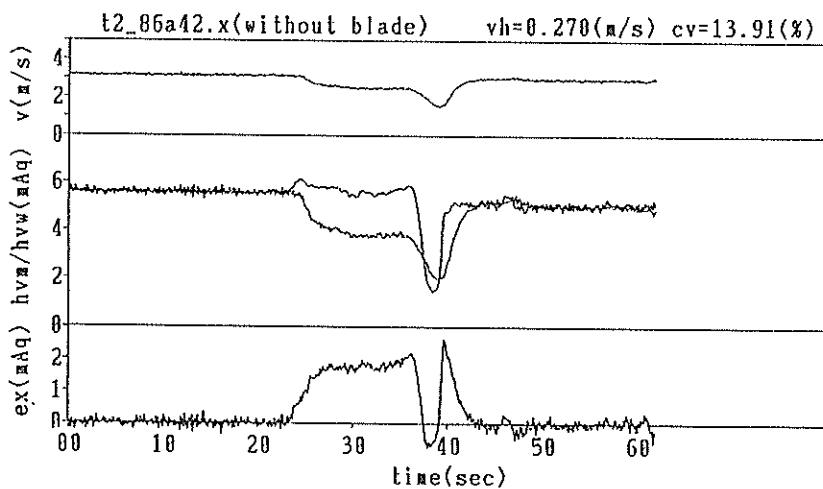
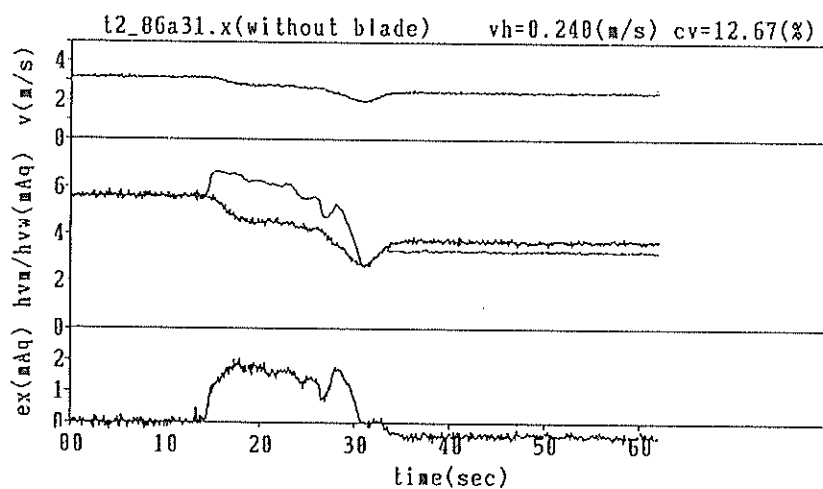
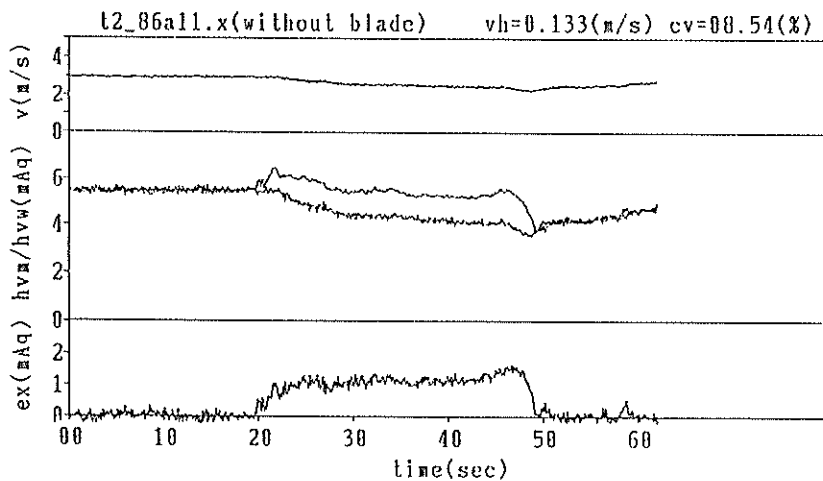


図-23 ex の連続波形

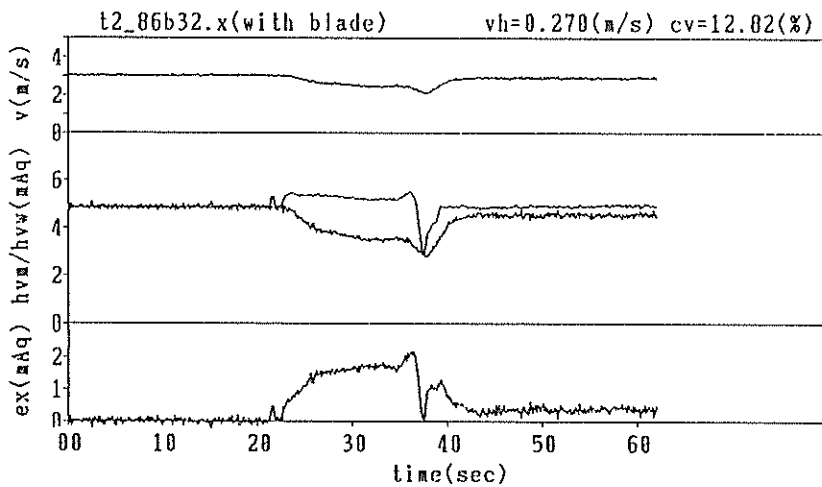
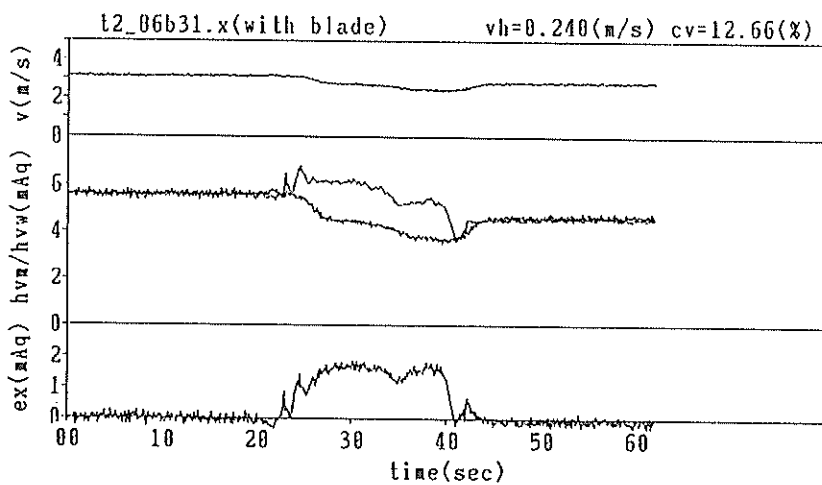
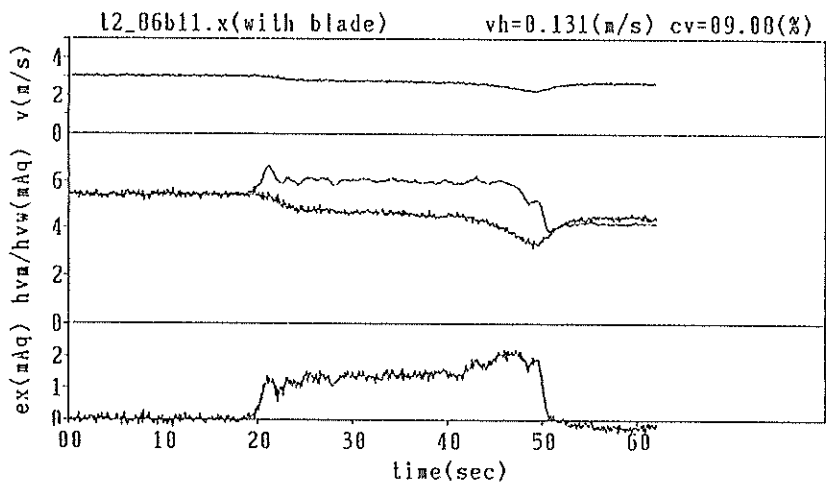


図-24 ex の連続波形

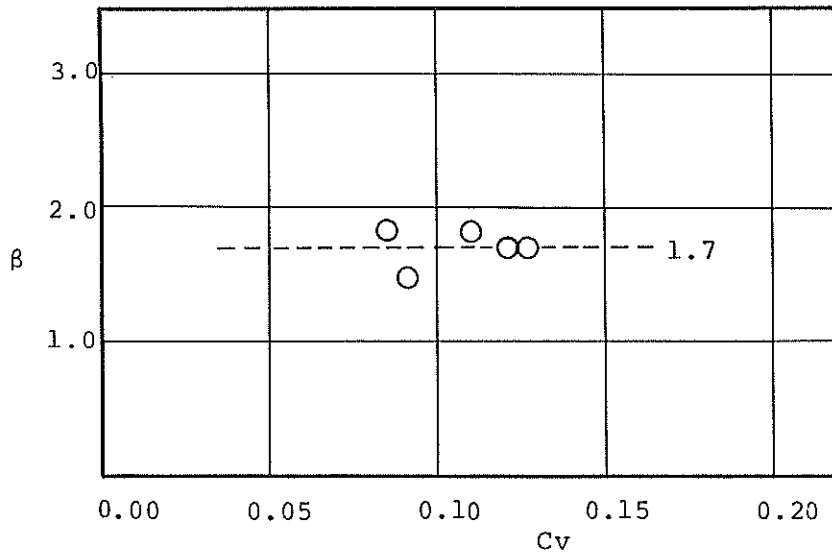


図-25 土質係数

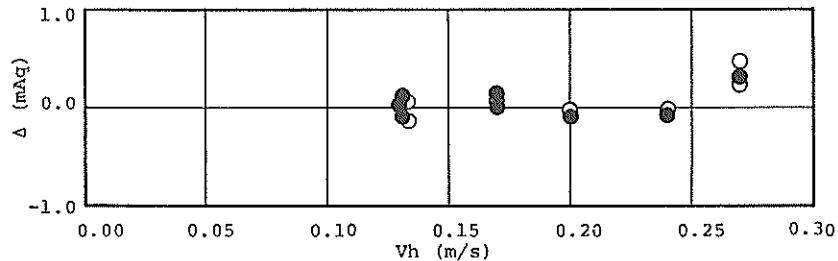


図-26 埋没抵抗

サイド吸引能力の大幅な低下並びにブレード側方への過大な土砂供給によるものと考えられる。

ドラッグヘッドそのものの形状寸法からいえばブレード有無による横幅比は、約1.9であるが、浚渫幅にはそれが直接反映されず平均して1.2~1.3程度に低下する。結果的にブレード両端に供給された土砂の多くは掘り残しとして両サイドに堆積することになる。

(3) 浚渫時のポンプ流量の低下傾向はスラリー濃度(含泥率)の増加にたいして直線的であり、ブレード有無の差はほとんどない。このような低下傾向は吸入口にクリアランスのある浚渫時に特有のパターンであり、ドラッグヘッド埋没抵抗はかなり小さいと考えられる。

しかしながら、埋没抵抗は曳引速度が0.27m/sになると若干増加する傾向を示す。なお、埋没抵抗計算時に

使用した土質係数 β は、ほぼ45度の傾斜管においてバンド等の損失も含めるという条件下で約1.7であった。

(4) 含泥率(真容積濃度)は曳引速度が増すにつれて増加する。増加割合は速度が増すにつれて小さくなる。ドラッグサクソン浚渫船による砂地盤浚渫では、3~3.5ノットで濃度にピークが存在することが確認されており、本実験結果もピークを予想させる傾向となっている。

この増加傾向にブレード有無による差は認められないが、ブレードをつけたほうがブレードなしに比べ含泥率が10%ほど低下する。これは、供給土量としてはブレードのある場合のほうが大きいけれども、吸引可能範囲への土砂供給は逆にブレードのない場合のほうが若干大きいと考えられるためである。本実験における含泥率範囲は7~14%(14~28%見掛け含泥率)であった。

(5) ドラグヘッドに対する時間当たりの供給土量は掘削断面に曳引速度をかけた量で定義される。これに対する揚土量の比はブレードのない場合ほぼ1.0, すなわち完全吸引状態をキープしている。ブレードがある場合は、有効吸引範囲外への土砂供給及び濃度低下等のためにかなり低下し、低下割合は曳引速度の増大とともに大きくなる。

(6) ドラグヘッド曳引抵抗は曳引速度に対しほぼ直線的に増加し、当然予想されるようにブレードのある場合のほうが高い値を示す。砂地盤を用いた本実験では、平均して20%ほど高くなっている。

(7) 以上の平坦地盤に対する浚渫実験の外に、人工的なマウンド及び溝を作製しこのような不規則地盤中でのブレードの地均一的側面を調べてみた。人工的なマウンドや溝は水を張ると同時に型削れをおこなうために、もとより定量的なデータは得られないが定性的には次のようなことがわかった。

a) マウンド中心がヘッド中心から外れている場合、浚渫後のマウンド中心は浚渫前の原位置よりかなり外側へおしだされる。したがって、ブレード上に効率的なかきよせ機能を持たせないと外側の土砂を低く均し、かつ中心部へ寄せて溝へ落としこんだり吸引させやすくすることは難しいといえる。

b) 溝部においては、ドラグヘッドが浮いた状態になり、また前記のようにマウンドからの土砂のかきよせが不足しているために、下方からの吸引はほとんど行われていない。

c) 人工マウンドは実機で1 m程度の高さとなる。このようなマウンドにつきあたる場合、曳引抵抗はフラット地盤中に比べて25~30%増加する。つまり、フラット地盤におけるならしブレードのないドラグヘッドの曳引抵抗を基準に考えると50%程度の増加は考えておかなければならないということになる。

6. あとがき

最近の港湾工事においてドラグアクション浚渫船の取り扱う土質はほとんどシルト質軟泥である。したがって、本実験で細砂を使用したことはここに述べる結果を軟泥に応用する上で埋没抵抗の取扱い等を含め若干の支障となるかもしれない。しかしながら、細砂を使用することによる実験上のメリットは大きく、従来型ドラグヘッドと均しブレード併用ドラグヘッドの基本的浚渫特性の比較、ブレードの有すべき基本的条件等はかなり明らかになったといえよう。

今後各建設局において均しブレードの実用化を図っ

て行く場合、本資料を参考にすることによって対象土質に応じた目的を限定した実験を追加すれば良いことになる。また、港研としても今後幅広型ドラグヘッドのマルチアクションに関する研究、曳引速度が大きい場合のダストパン浚渫機構等の研究を考えているが、本研究で明らかになった種々の知見はこのような研究にとっても重要な基礎データになり得ると考えられる。

(1987年3月31日受付)

参 考 文 献

- 1) 岡山義邦, 浜田賢二, 村上幸敏: ポンプ浚渫船の動揺時浚渫特性に関する模型実験, 港湾技研資料, No. 385, 1981. 6, pp. 1~35.
- 2) T. YAGI and Y. OKAYAMA: Dredging effects of water-jet and teeth with the drag head, Proc. First International Symposium On Dredging Technology, 1975, pp. F4-39~50.
- 3) 近藤他6名: 第一特浚丸の硬砂質土浚渫時における能力と負荷, 港湾技研資料, No. 168, 1973. 9, pp. 1~26.
- 4) 岡山義邦, 浜田賢二, 村上幸敏: 前面開口型ドラグヘッドによる軟泥浚渫現地実験(表層浚渫における安定板の利用効果), 港湾技研資料, No. 422, 1982. 6, pp. 1~30.
- 5) Y. OKAYAMA and K. HAMADA: A Study on the Drag Head Applied for Ooze, Proc. Third International Symposium on Dredging Technology, March 1980, pp. 421~436.
- 6) 浜田賢二, 斉藤勝, 八木得次, 佐藤義博: へどろ浚渫における模型前面開口型吸い込みヘッドの形状効果, 港湾技研資料, No. 302, 1978. 9, pp. 1~26.
- 7) 岡山他5名: 前面開口型ドラグヘッドによる軟泥浚渫現地実験, 港湾技研資料, No. 344, 1980. 6, pp. 1~48.

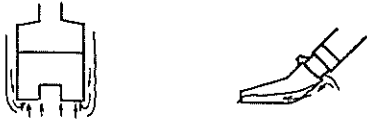
記 号 一 覧 表

AR	: 掘削断面積 (cm ²)
Ca	: 見かけ含泥率
Cv	: 真容積濃度 (含泥率)
Cvt	: 掘削断面から求めた真容積濃度 (含泥率)
DM	: 平均掘削深さ (mm)
DX	: 最大掘削深さ (mm)
d	: 吸入管内径 (mm)
ex	: 送水時と送泥時の吸入負圧の差 (mAq)
Fw	: 流体抵抗 (kgf)

F_x : 曳引抵抗 (kgf)
 g : 重力加速度 (9.8m/s^2)
 h_{pm} : 浚渫時吐出圧 (mAq)
 h_{pw} : 送水時吐出圧 (mAq)
 h_{vm} : 浚渫時吸入圧 (mAq)
 h_{vw} : 送水時吸入圧 (mAq)
 h_s : 浚渫深度 (m)
 h_u : 吸込実揚程 (m)
 l_s : 吸入管長 (m)
 Q_m : 浚渫時流量 (l/min)
 Q_{SH} : 時間当たり揚土量 (l/min)
 Q_{ST} : 時間当たり供給土量 (l/min)

Q_w : 送水時流量 (l/min)
 V_h : 曳引速度 (m/s)
 V_m : 送泥時吸入管内流速 (m/s)
 V_w : 送水時吸入管内流速 (m/s)
 WID : 最大浚渫幅 (mm)
 β : 土質係数
 γ_a : 地盤の見掛け比重量 (kgf/m^3)
 γ_s : 供試土砂の比重量 (kgf/m^3)
 γ_w : 清水の比重比 (kgf/m^3)
 λ : 管内摩擦損失係数
 Σf : 吸入管系の損失係数の和
 d : 埋没抵抗 (mAq)

T1_001 [$V_h=0.143$ (m/s) ブレード無]



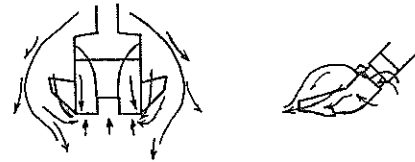
T1_005 [$V_h=0.200$ (m/s) ブレード有]



T1_002 [$V_h=0.143$ (m/s) ブレード有]



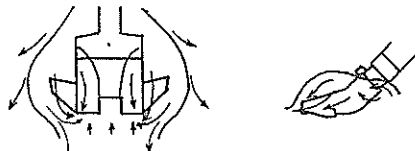
T1_006 [$V_h=0.200$ (m/s) ブレード有]



T1_003 [$V_h=0.130$ (m/s) ブレード有]



T1_007 [$V_h=0.270$ (m/s) ブレード有]



T1_004 [$V_h=0.130$ (m/s) ブレード有]

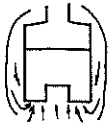


T1_008 [$V_h=0.270$ (m/s) ブレード有]

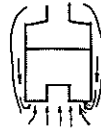


付図-1.1 観察結果 (その1)

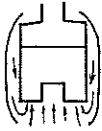
T1_014 [$V_h=0.270$ (m/s) プレード]



T2_A11 [$V_h=0.133$ (m/s) プレード無]



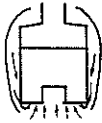
T1_015 [$V_h=0.200$ (m/s) プレード無]



T2_A12 [$V_h=0.133$ (m/s) プレード無]



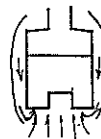
T1_016 [$V_h=0.130$ (m/s) プレード無]



T2_A21 [$V_h=0.170$ (m/s) プレード無]

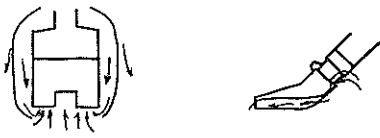


T2_A22 [$V_h=0.200$ (m/s) プレード無]



付図-1.2 観察結果 (その2)

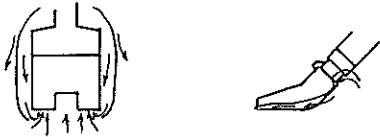
T2_A31 [$V_h=0.240$ (m/s) プレード無]



T2_B21 [$V_h=0.170$ (m/s) プレード有]



T2_A32 [$V_h=0.270$ (m/s) プレード無]



T2_B22 [$V_h=0.200$ (m/s) プレード有]



T2_B11 [$V_h=0.131$ (m/s) プレード有]



T2_B31 [$V_h=0.240$ (m/s) プレード有]



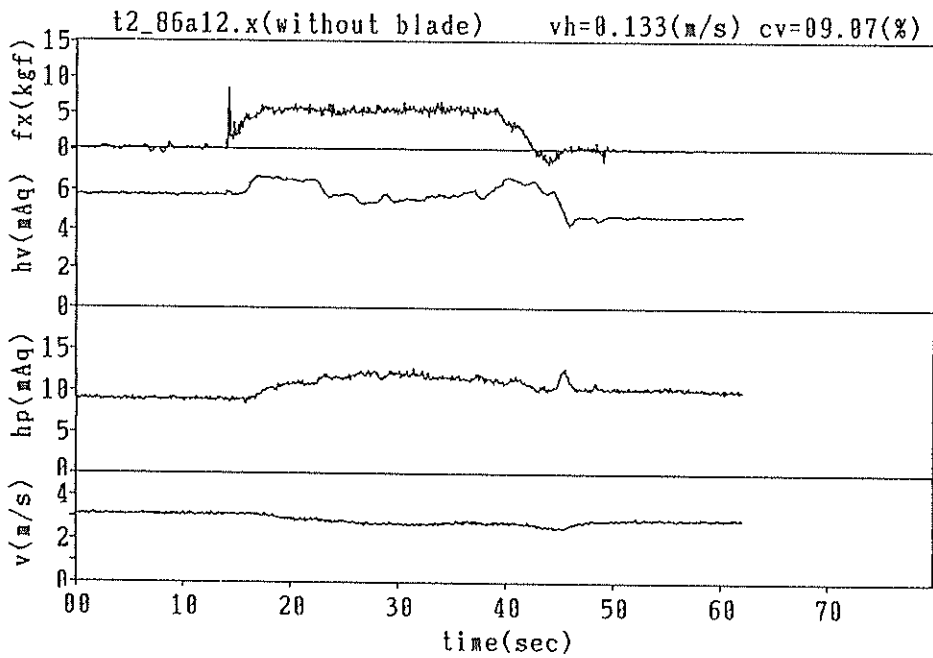
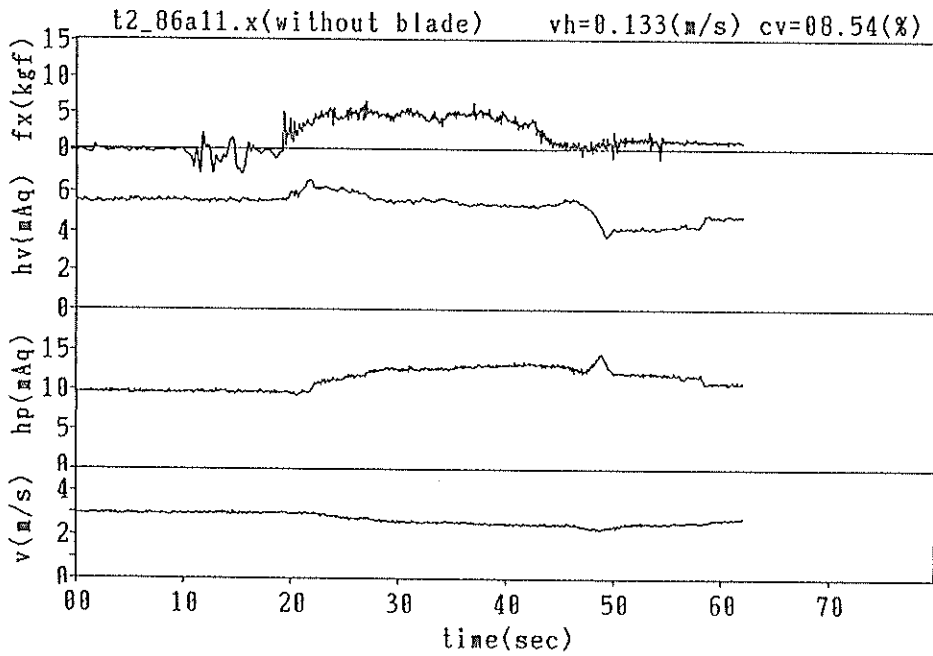
T2_B12 [$V_h=0.131$ (m/s) プレード有]



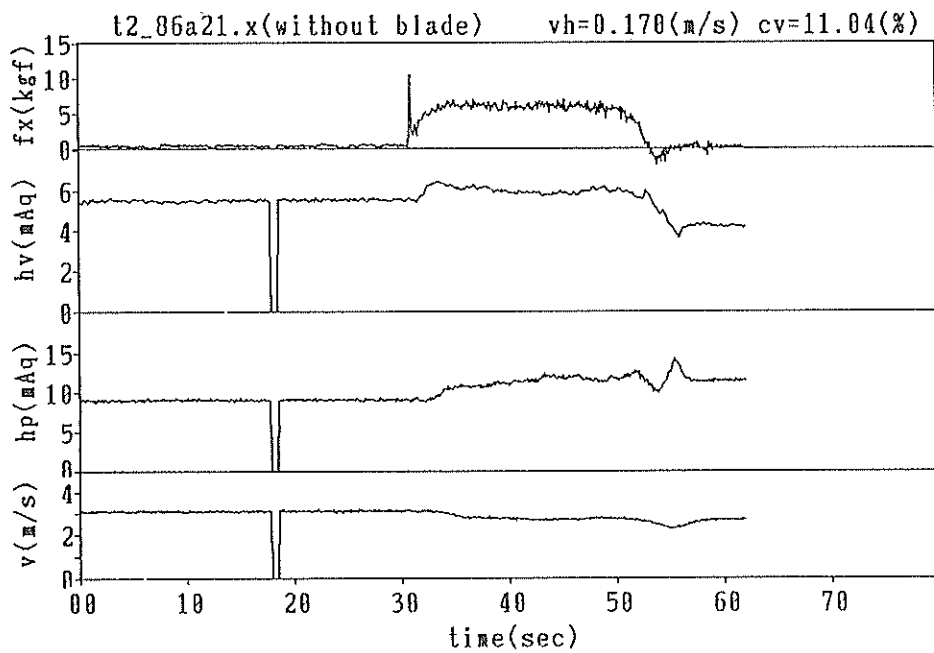
T2_B32 [$V_h=0.270$ (m/s) プレード有]



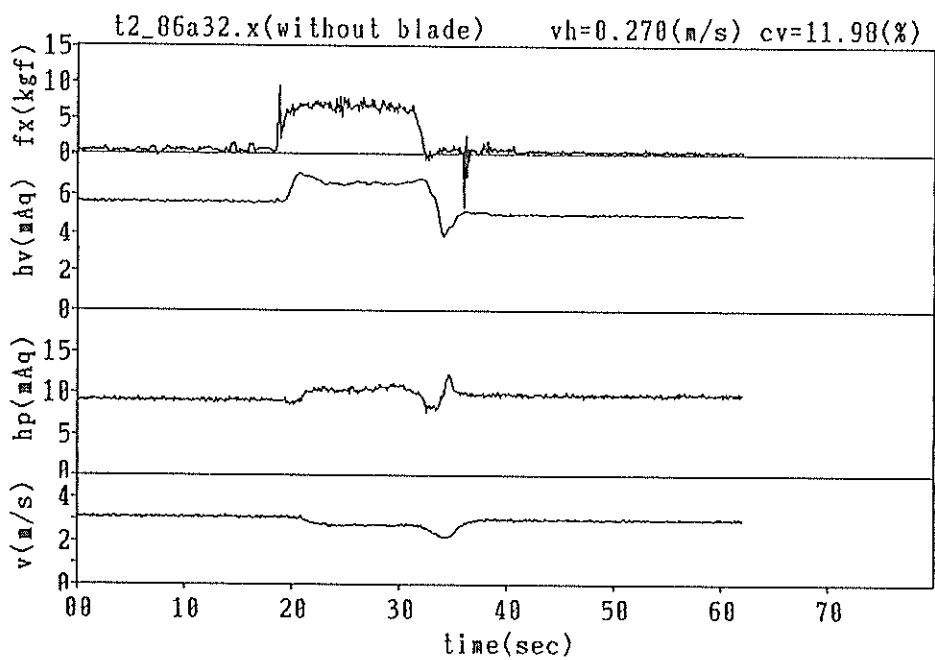
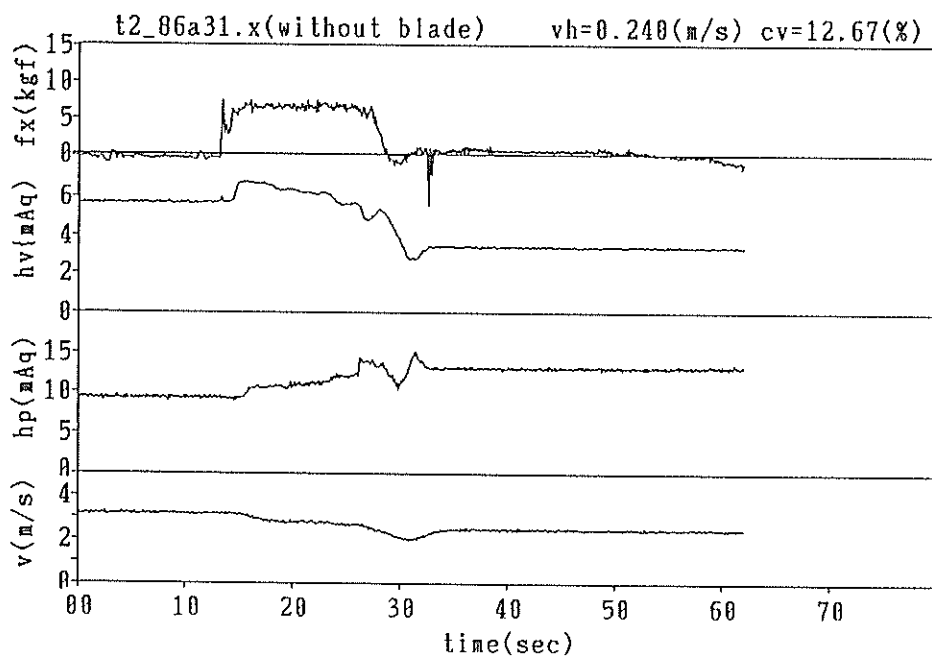
付図-1.3 観察結果 (その3)



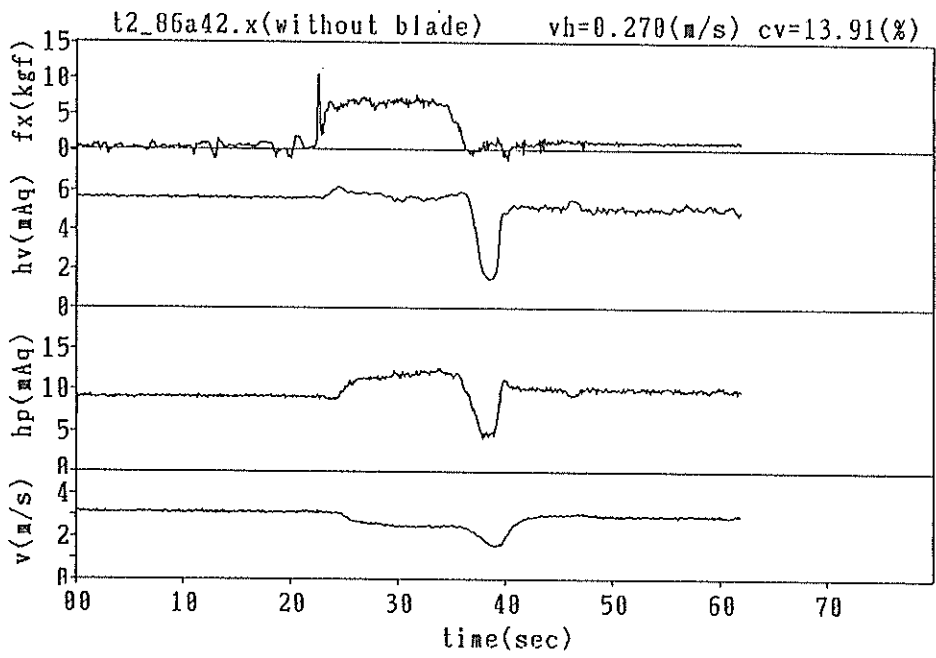
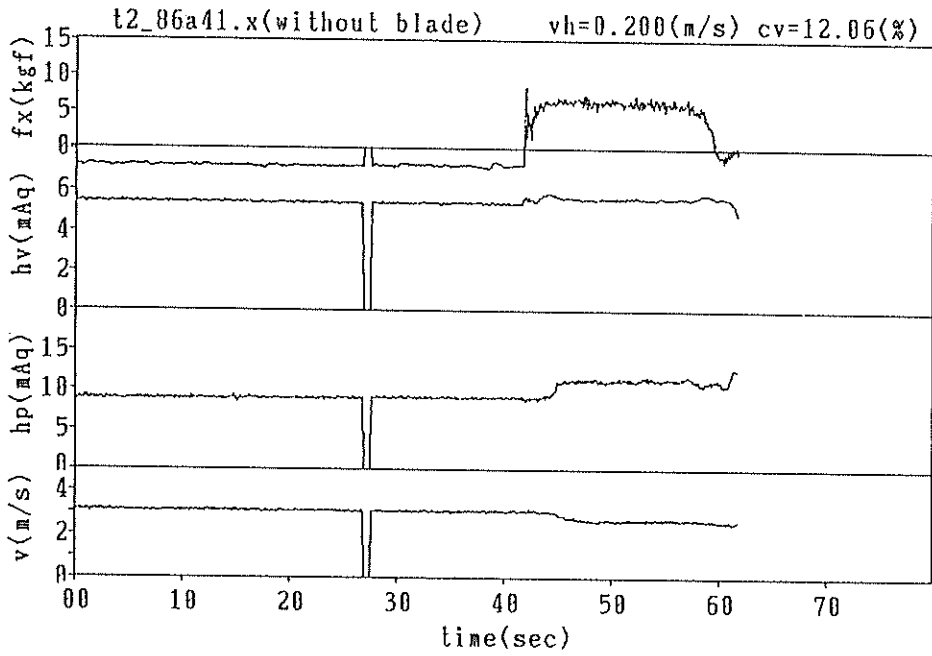
付図-2.1 連続記録 (その1)



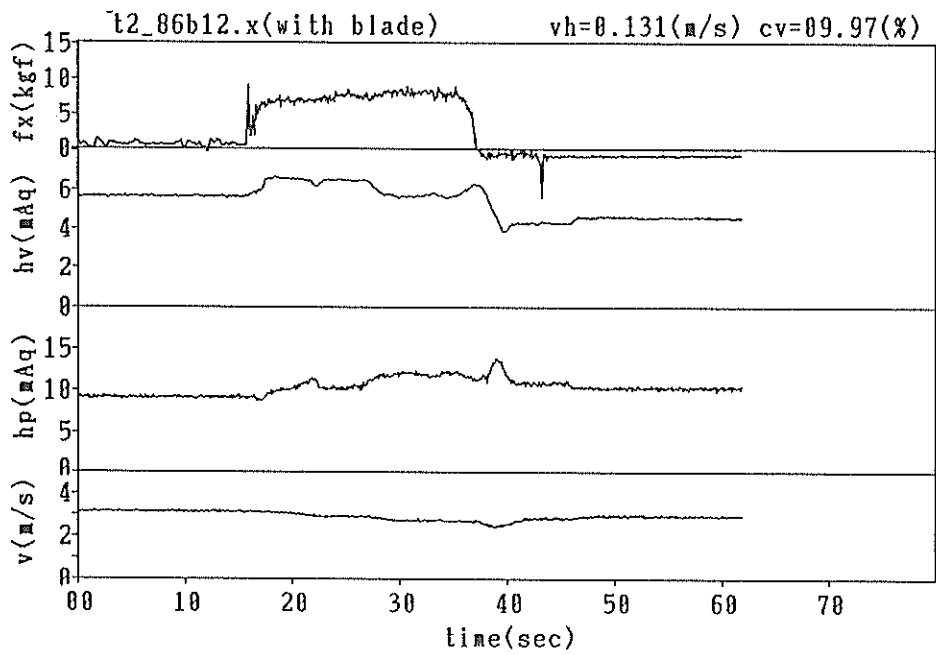
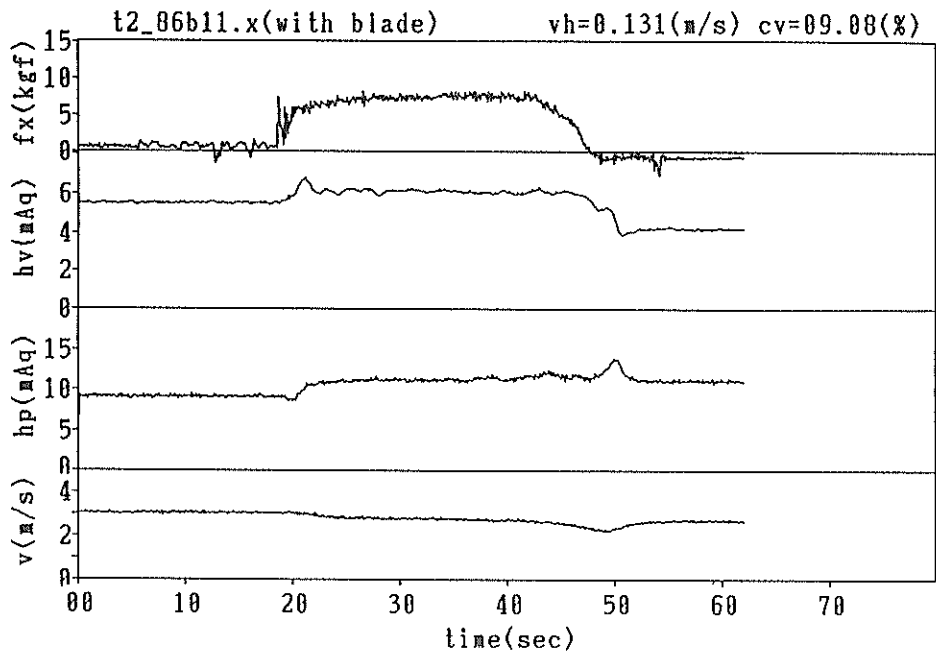
付図-2.2 連続記録 (その2)



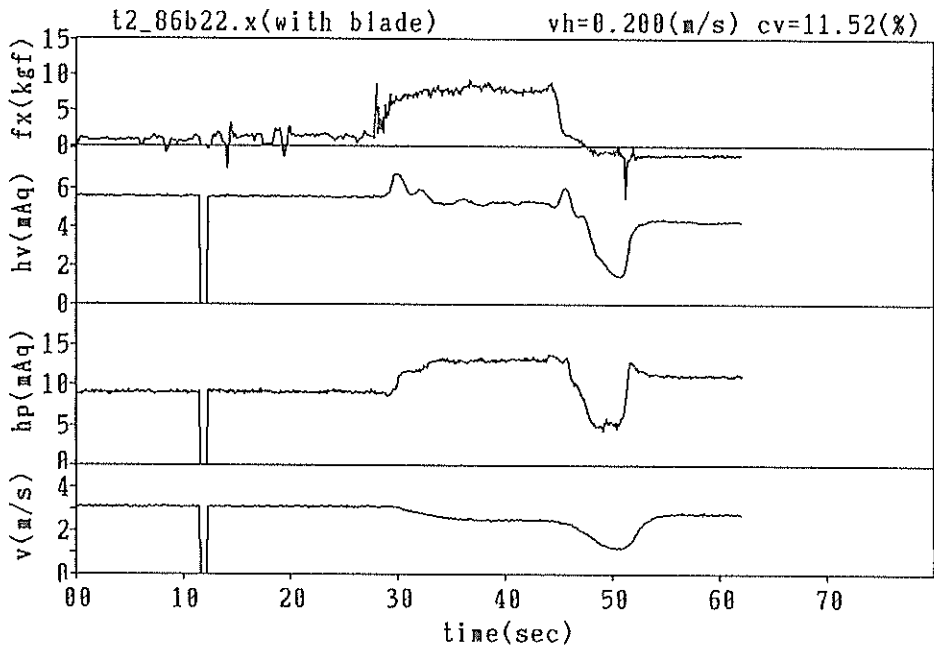
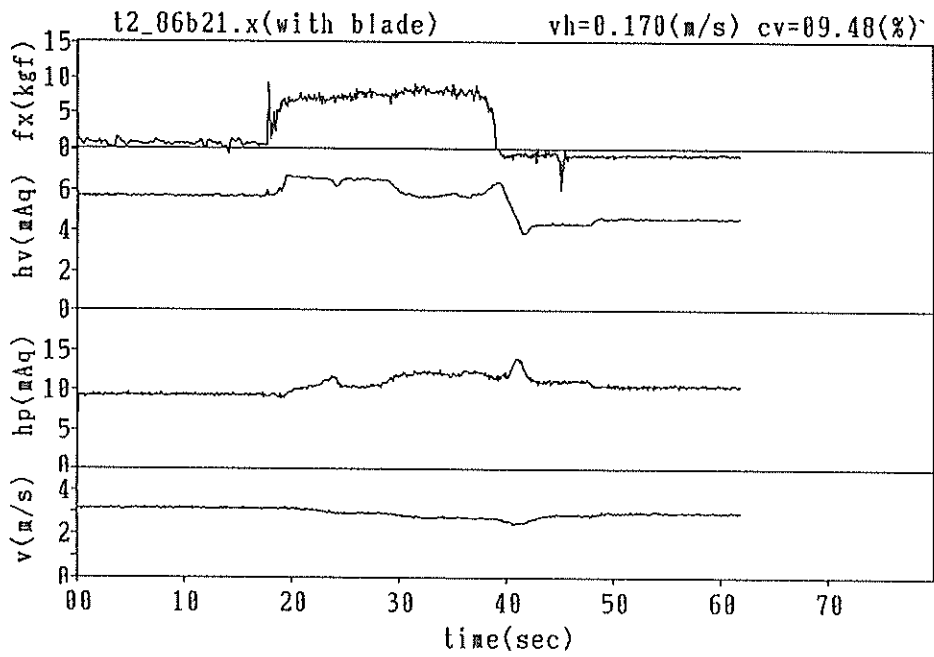
付図-2.3 連続記録 (その3)



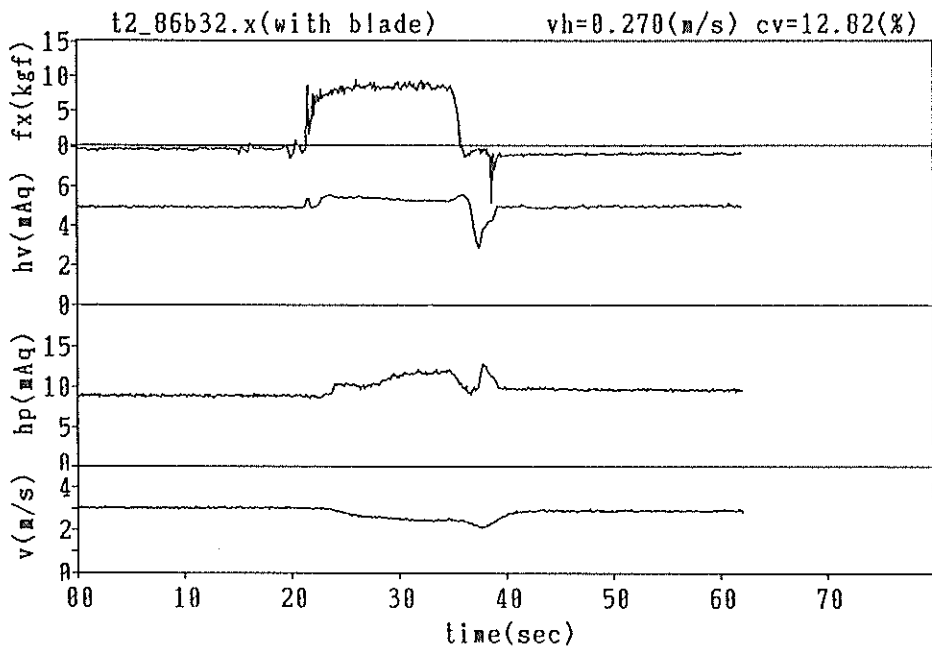
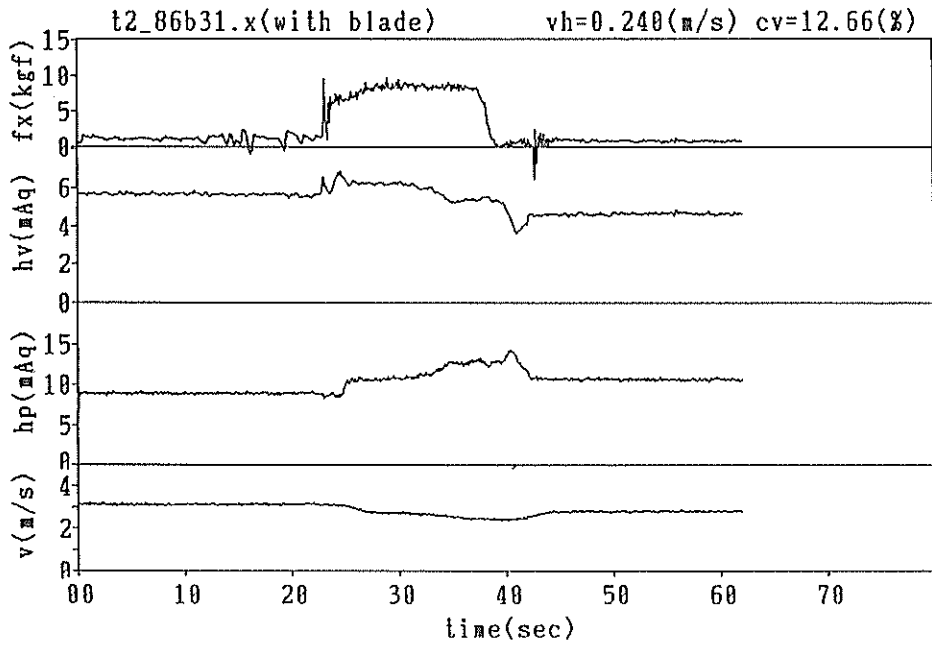
付図-2.4 連続記録 (その4)



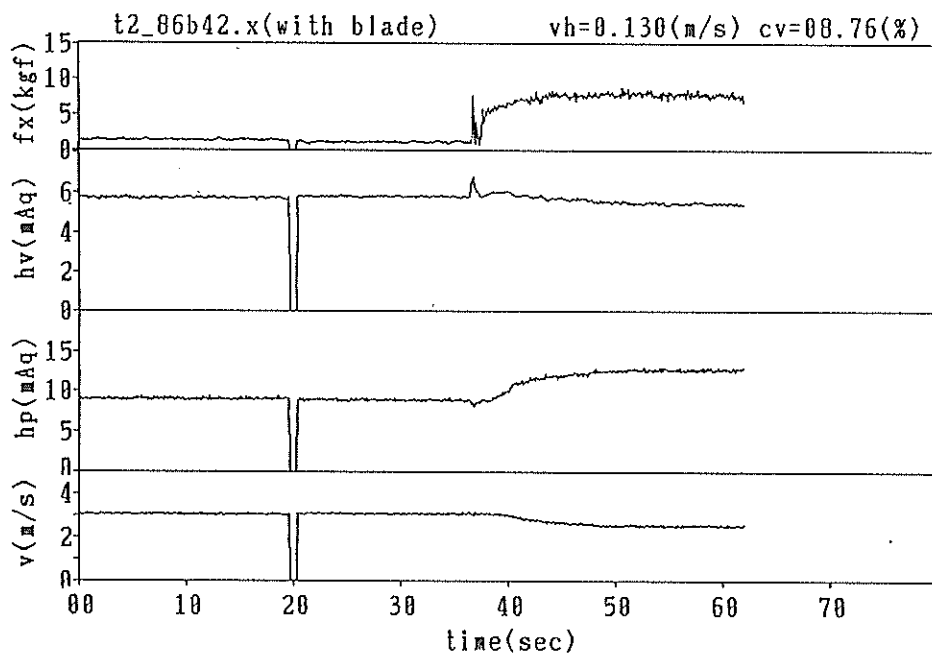
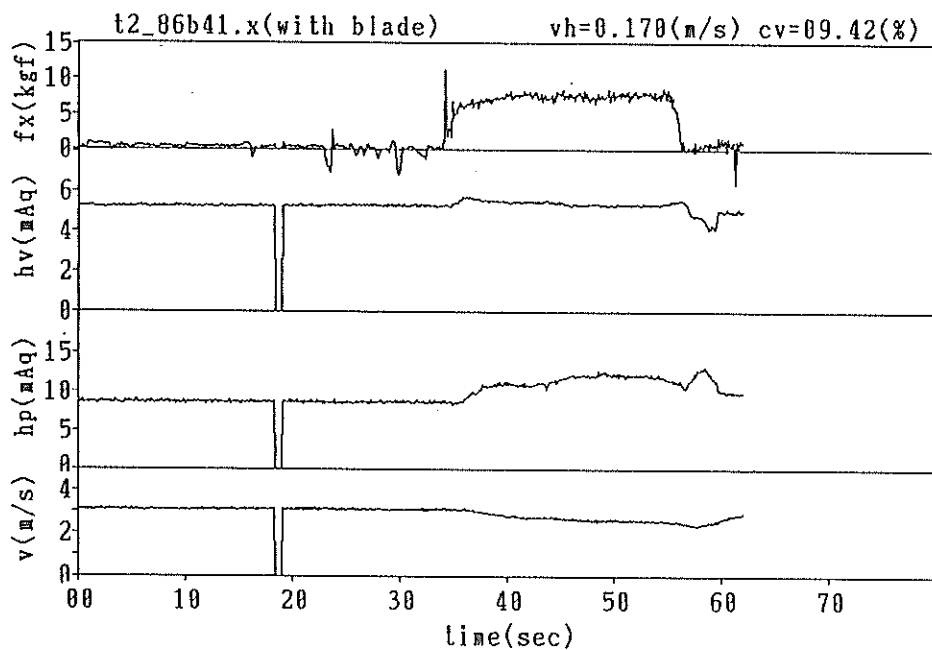
付図-2.5 連続記録 (その5)



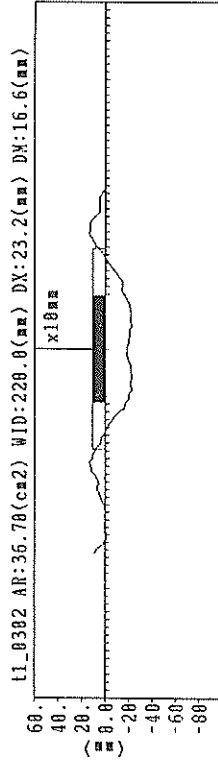
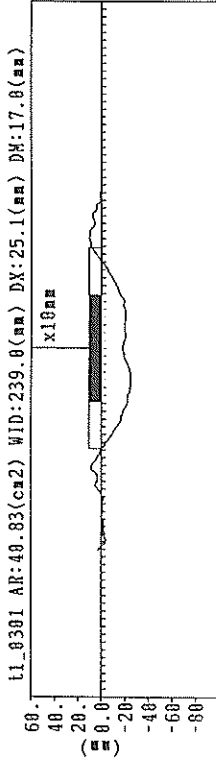
付図-2.6 連続記録 (その6)



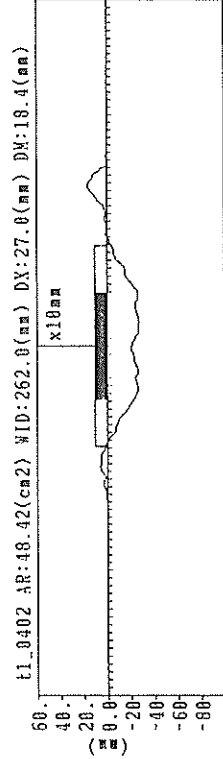
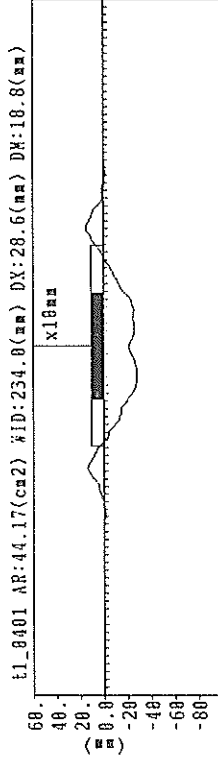
付図-2.7 連続記録 (その7)



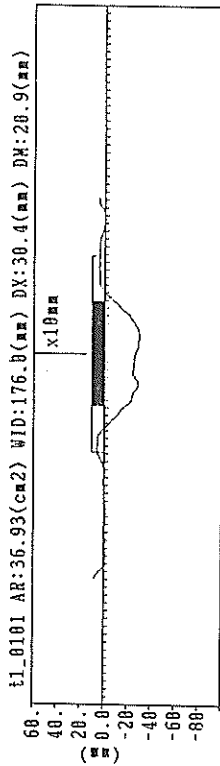
付図-2.8 連続記録 (その8)



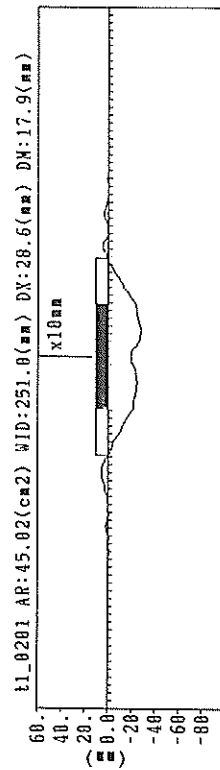
附图-3.3 掘迹断面 (T1_003)



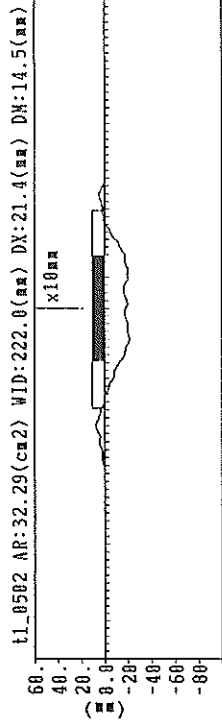
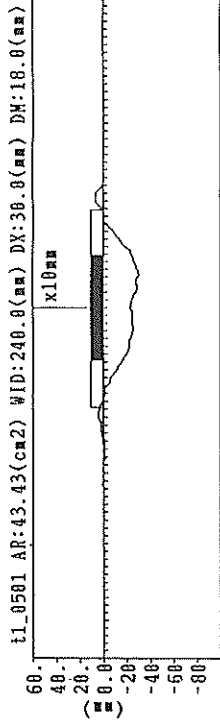
附图-3.4 掘迹断面 (T1_004)



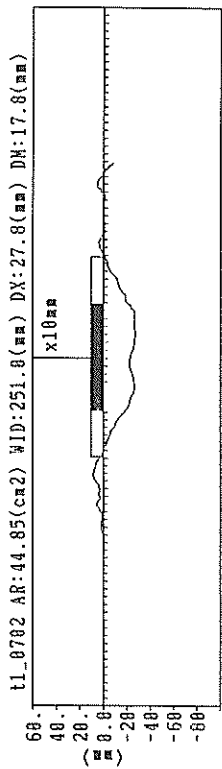
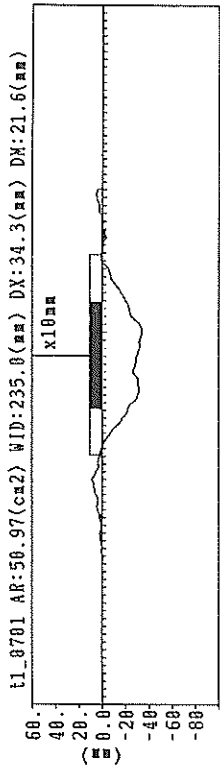
附图-3.1 掘迹断面 (T1_001)



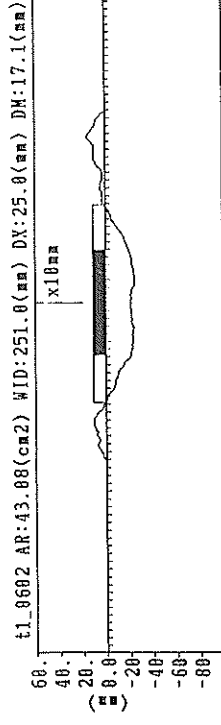
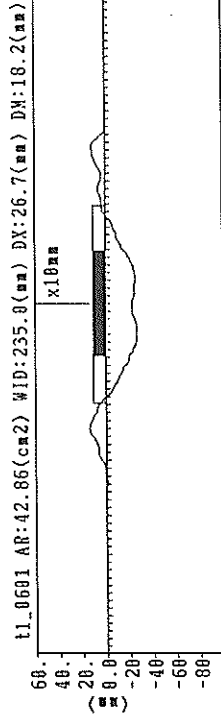
附图-3.2 掘迹断面 (T1_002)



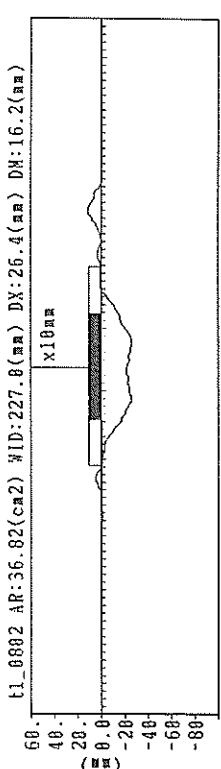
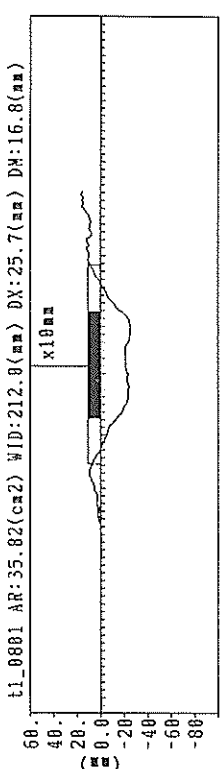
·付圖-3.5 掘跡断面(T1_005)



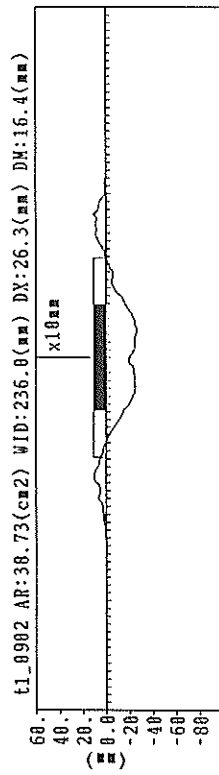
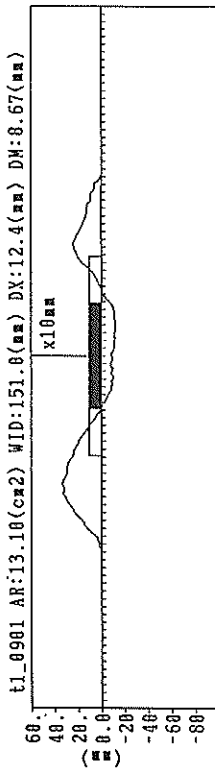
付圖-3.7 掘跡断面(T1_007)



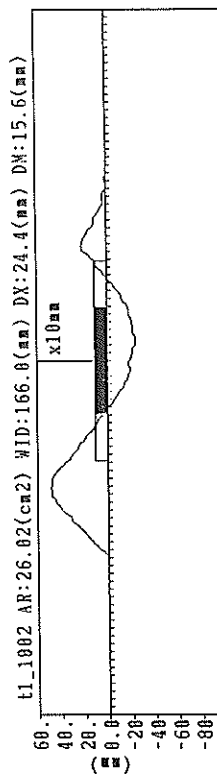
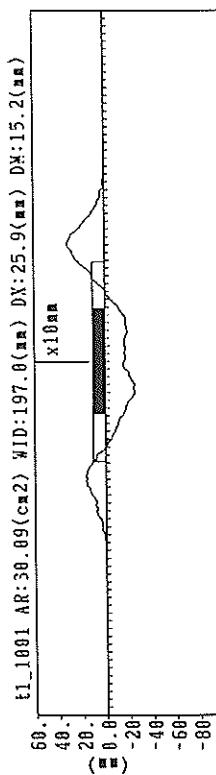
付圖-3.6 掘跡断面(T1_006)



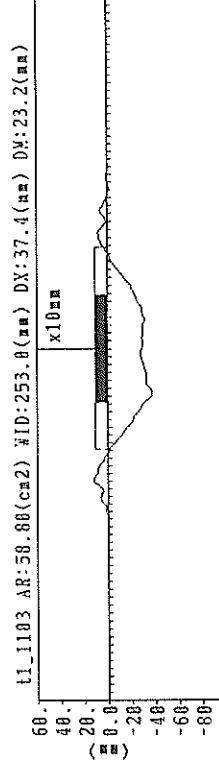
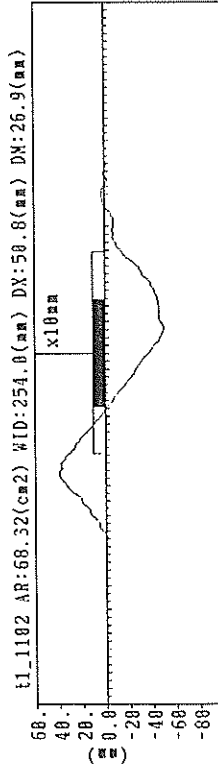
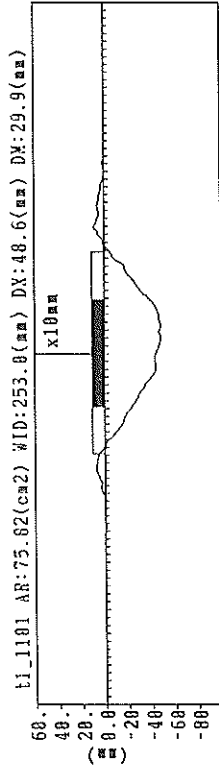
付圖-3.8 掘跡断面(T1_008)



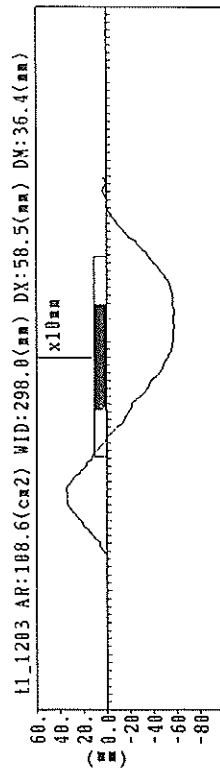
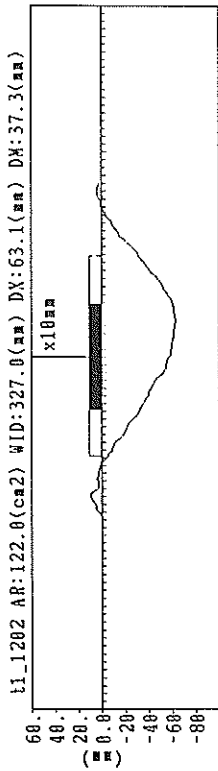
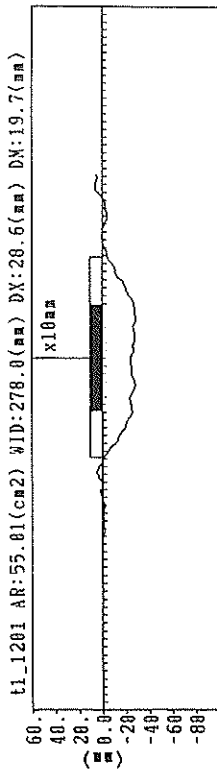
付図-3.9 掘跡断面(T1-009)



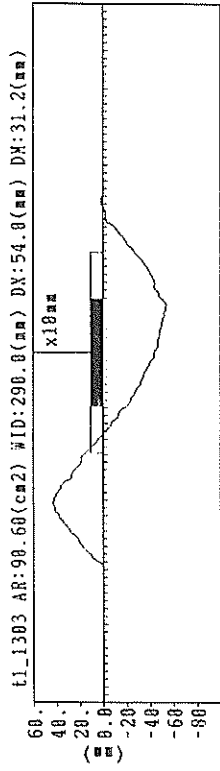
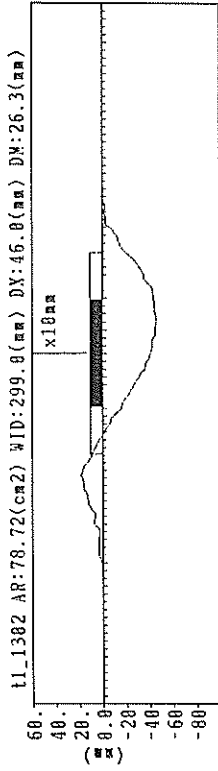
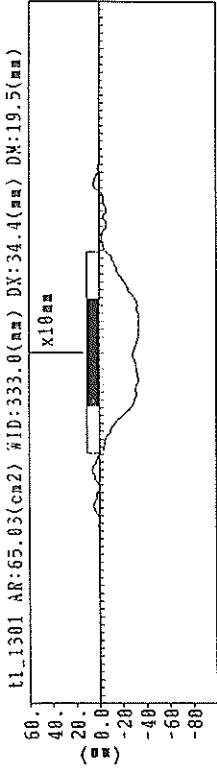
付図-3.10 掘跡断面(T1-010)



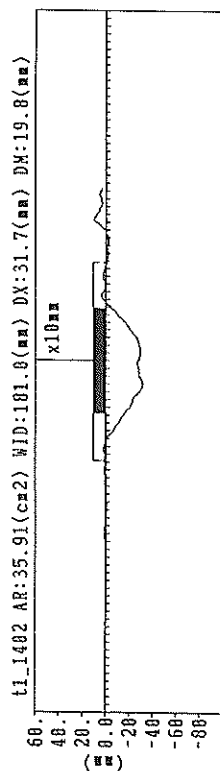
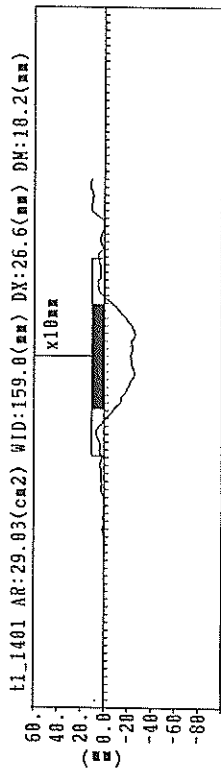
付図-3.11 掘跡断面(T1-011)



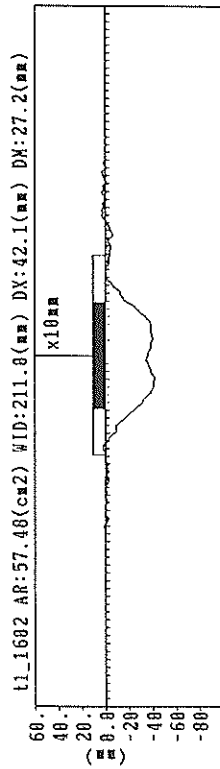
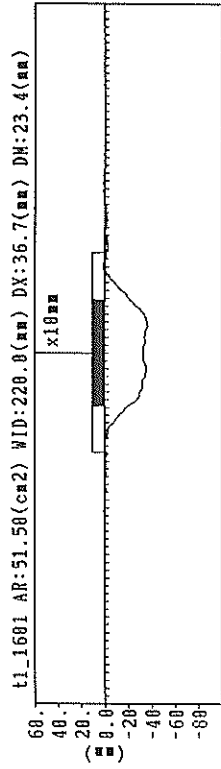
付図-3.12 掘断断面 (T1-012)



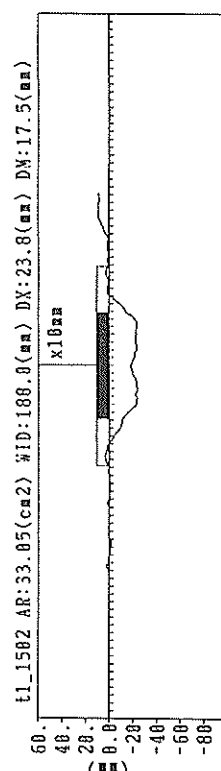
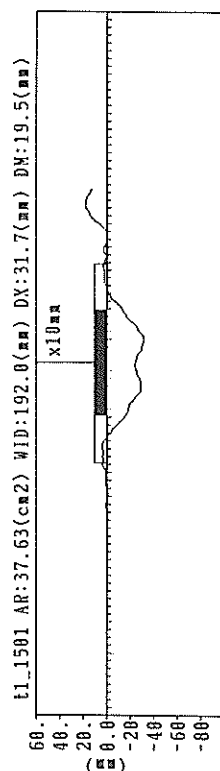
付図-3.13 掘断断面 (T1-013)



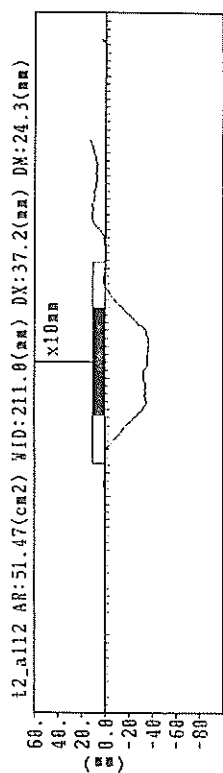
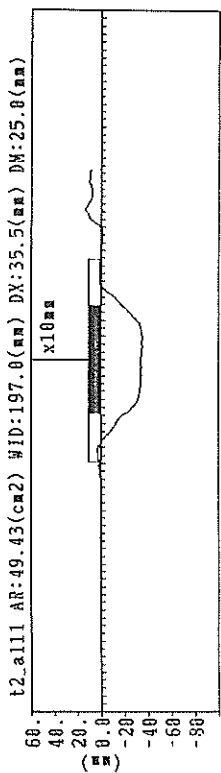
附图-3.14 掘迹断面(T1-014)



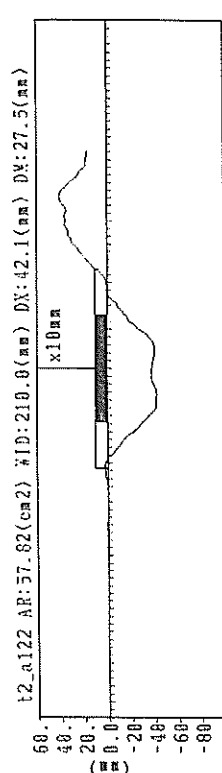
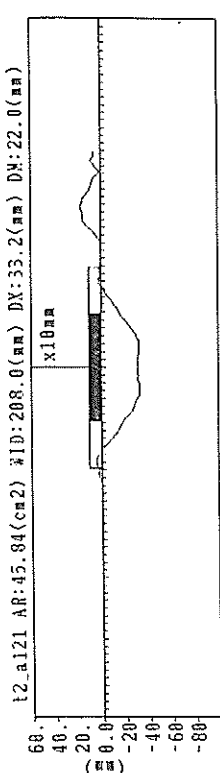
附图-3.16 掘迹断面(T1-016)



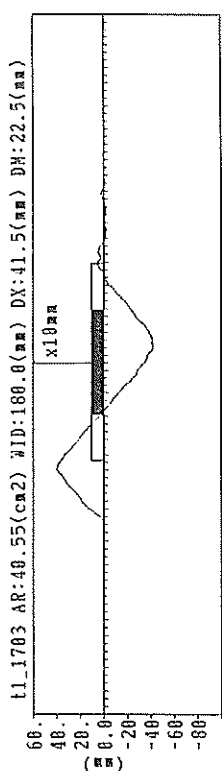
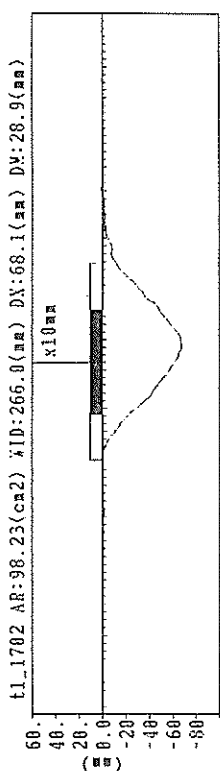
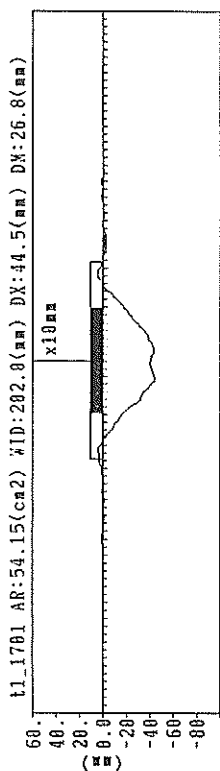
附图-3.15 掘迹断面(T1-015)



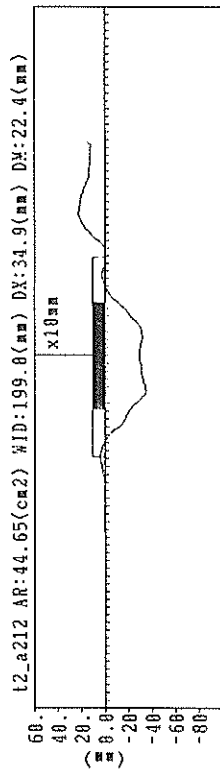
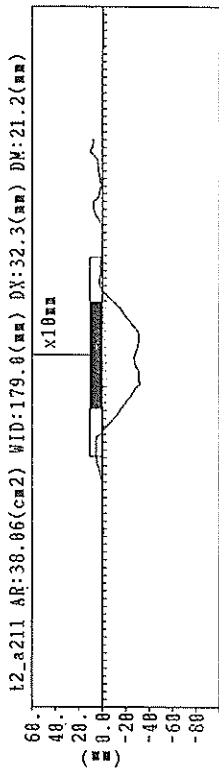
付図-3.18 掘跡断面 (T2-A11)



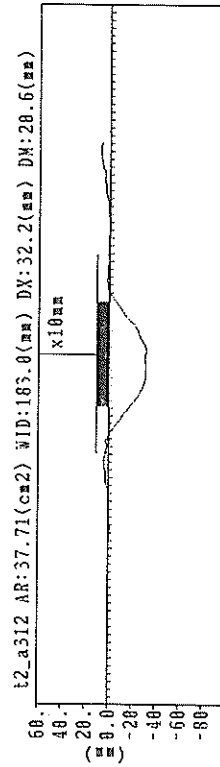
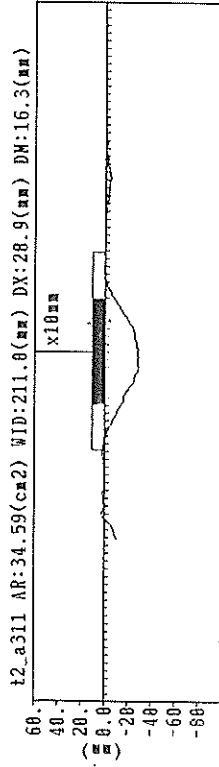
付図-3.19 掘跡断面 (T2-A12)



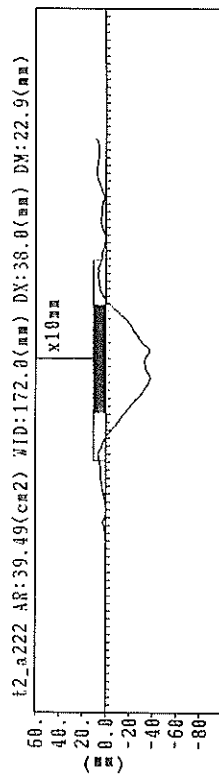
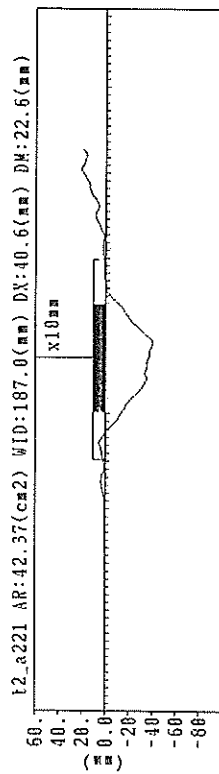
付図-3.17 掘跡断面 (T1-017)



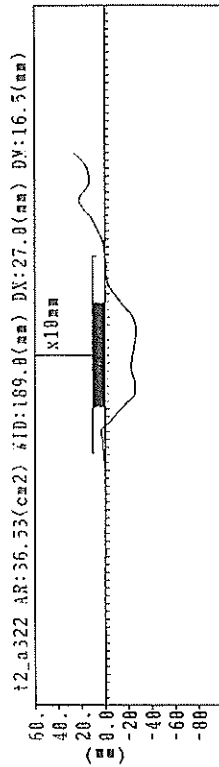
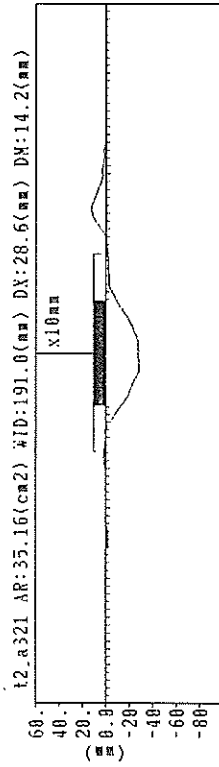
付圖 - 3.20 掘跡断面 (T2_A21)



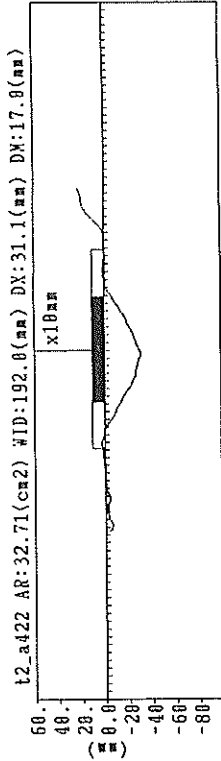
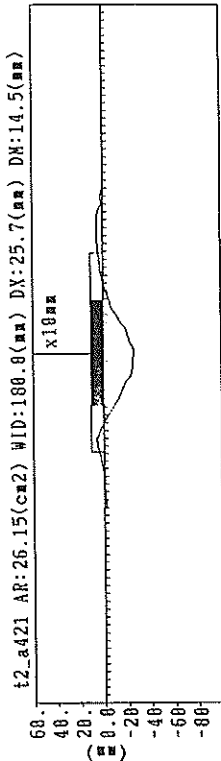
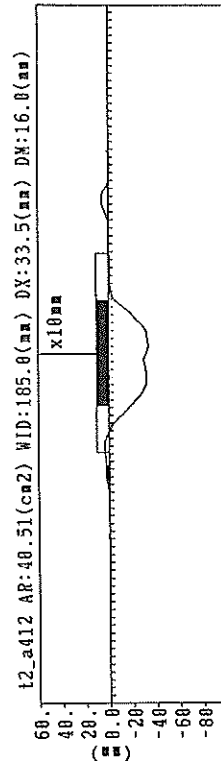
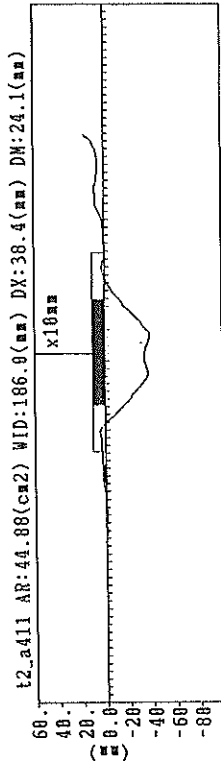
付圖 - 3.22 掘跡断面 (T2_A31)



付圖 - 3.21 掘跡断面 (T2_A22)

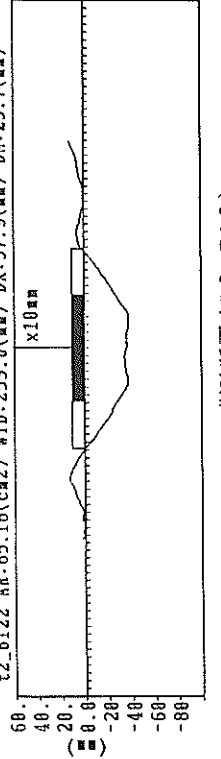
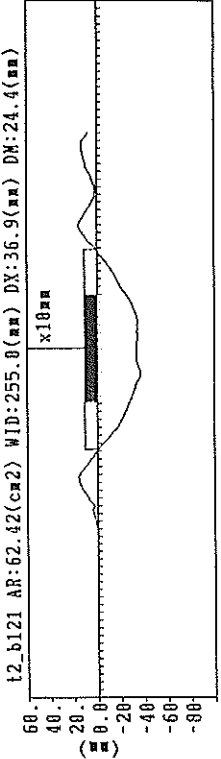
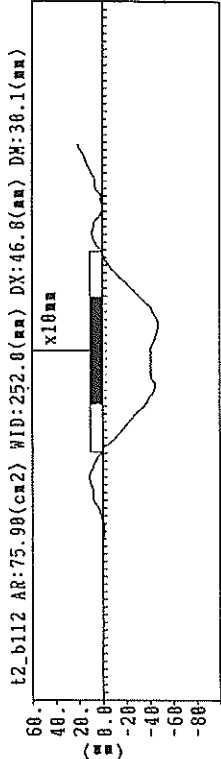
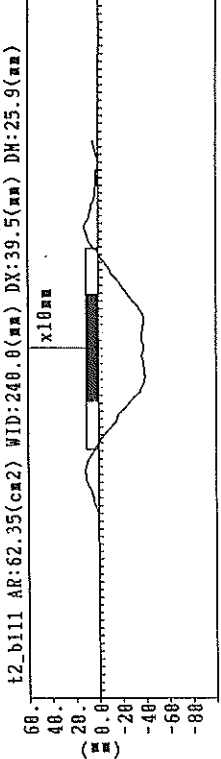


付圖 - 3.23 掘跡断面 (T2_A32)



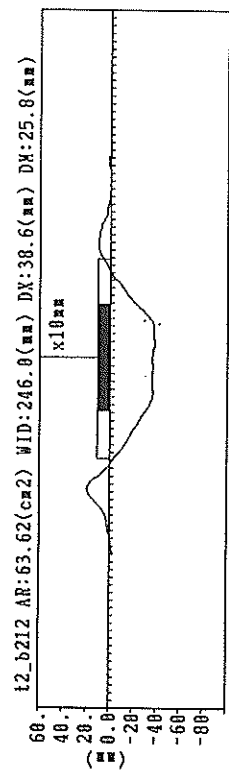
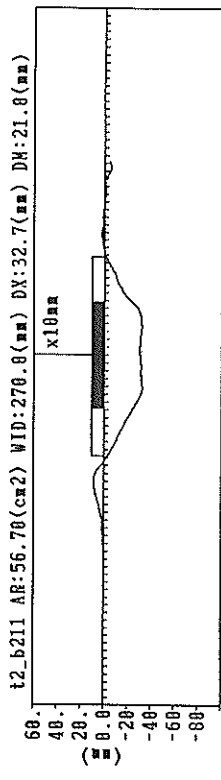
付図-3.24 掘跡断面 (T2-A41)

付図-3.25 掘跡断面 (T2-A42)

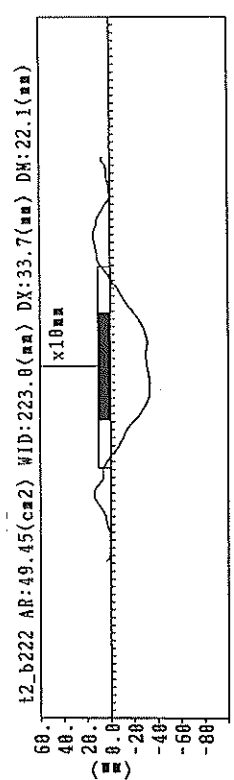
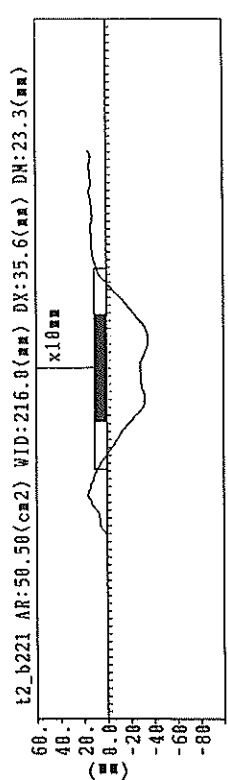


付図-3.26 掘跡断面 (T2-B11)

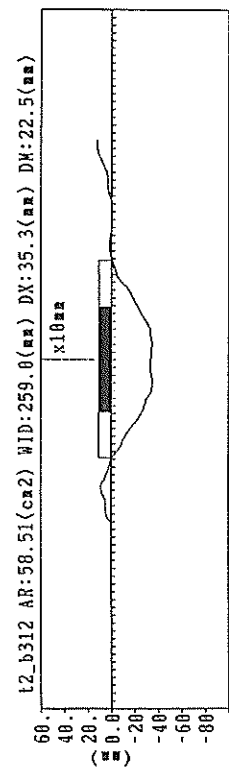
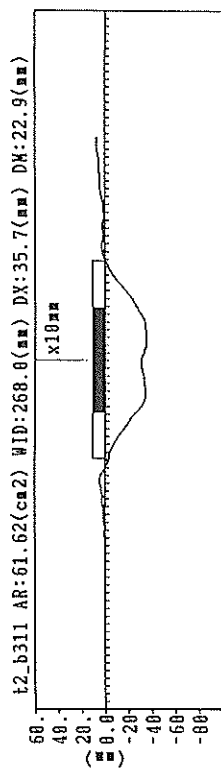
付図-3.27 掘跡断面 (T2-B12)



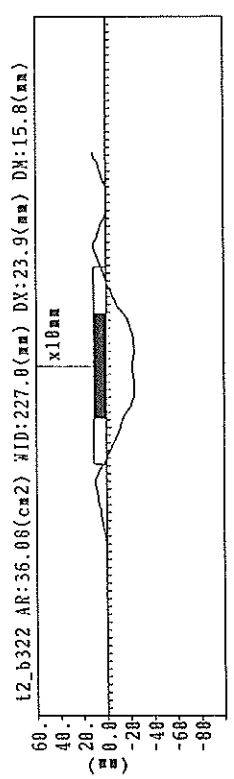
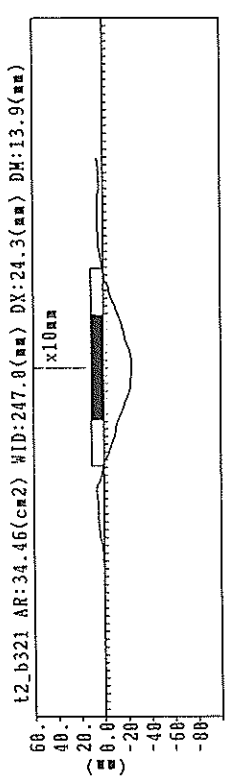
附图—3.28 掘迹断面(T2-B21)



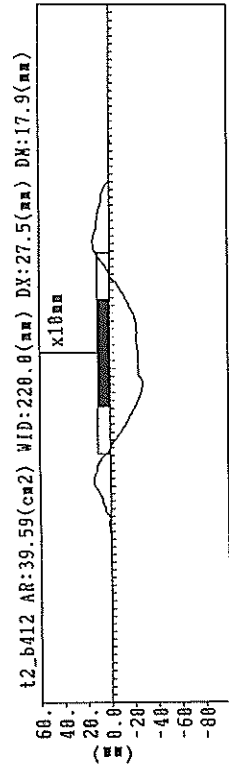
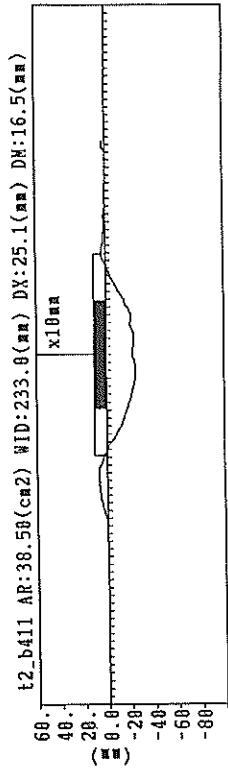
附图—3.29 掘迹断面(T2-B22)



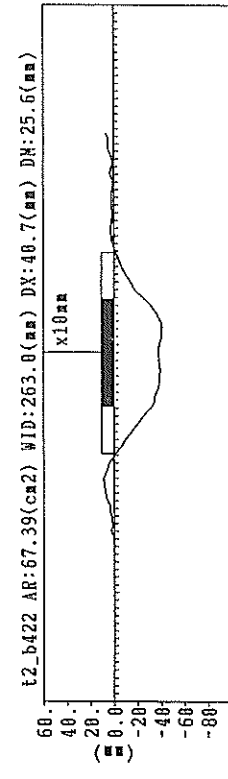
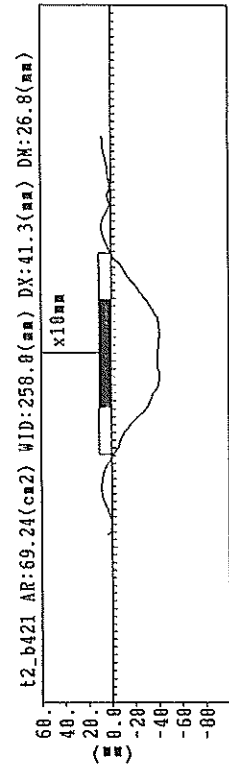
附图—3.30 掘迹断面(T2-B31)



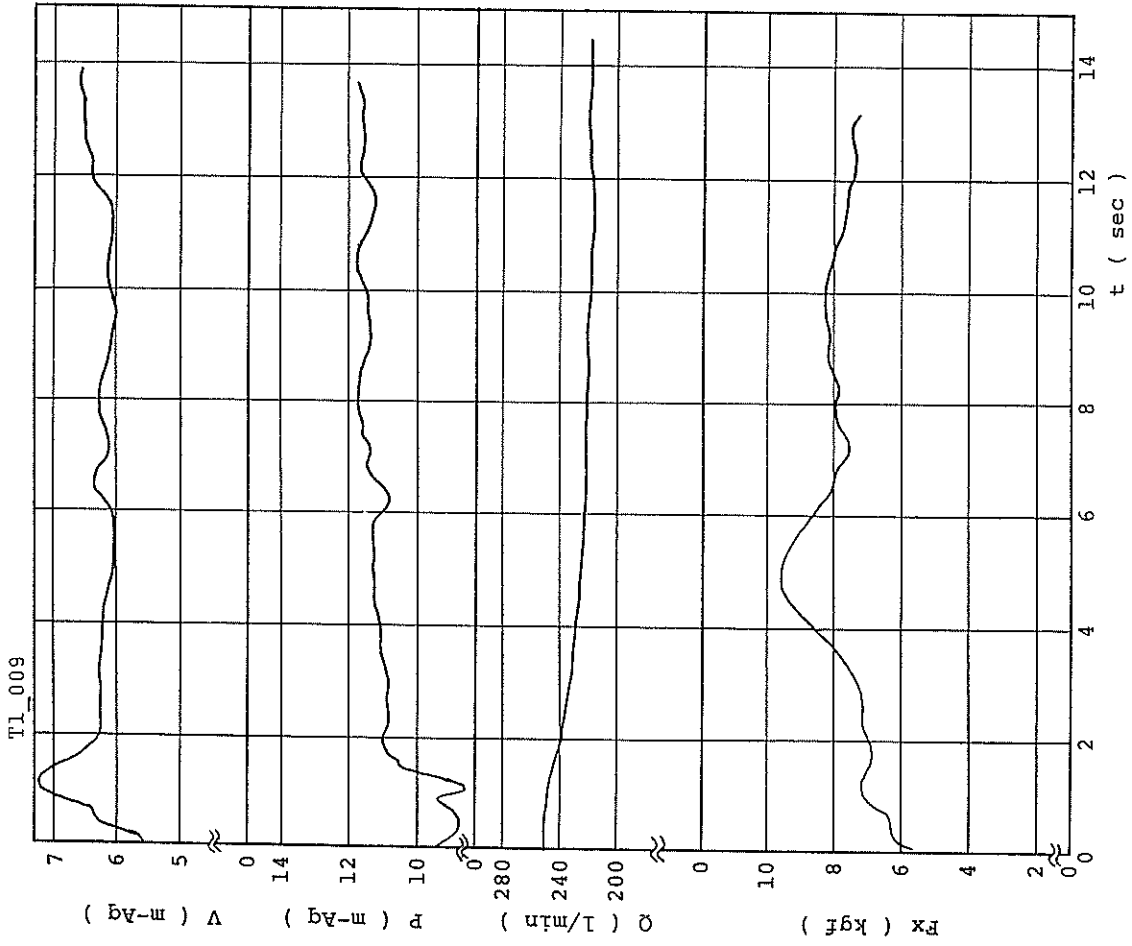
附图—3.31 掘迹断面(T2-B32)



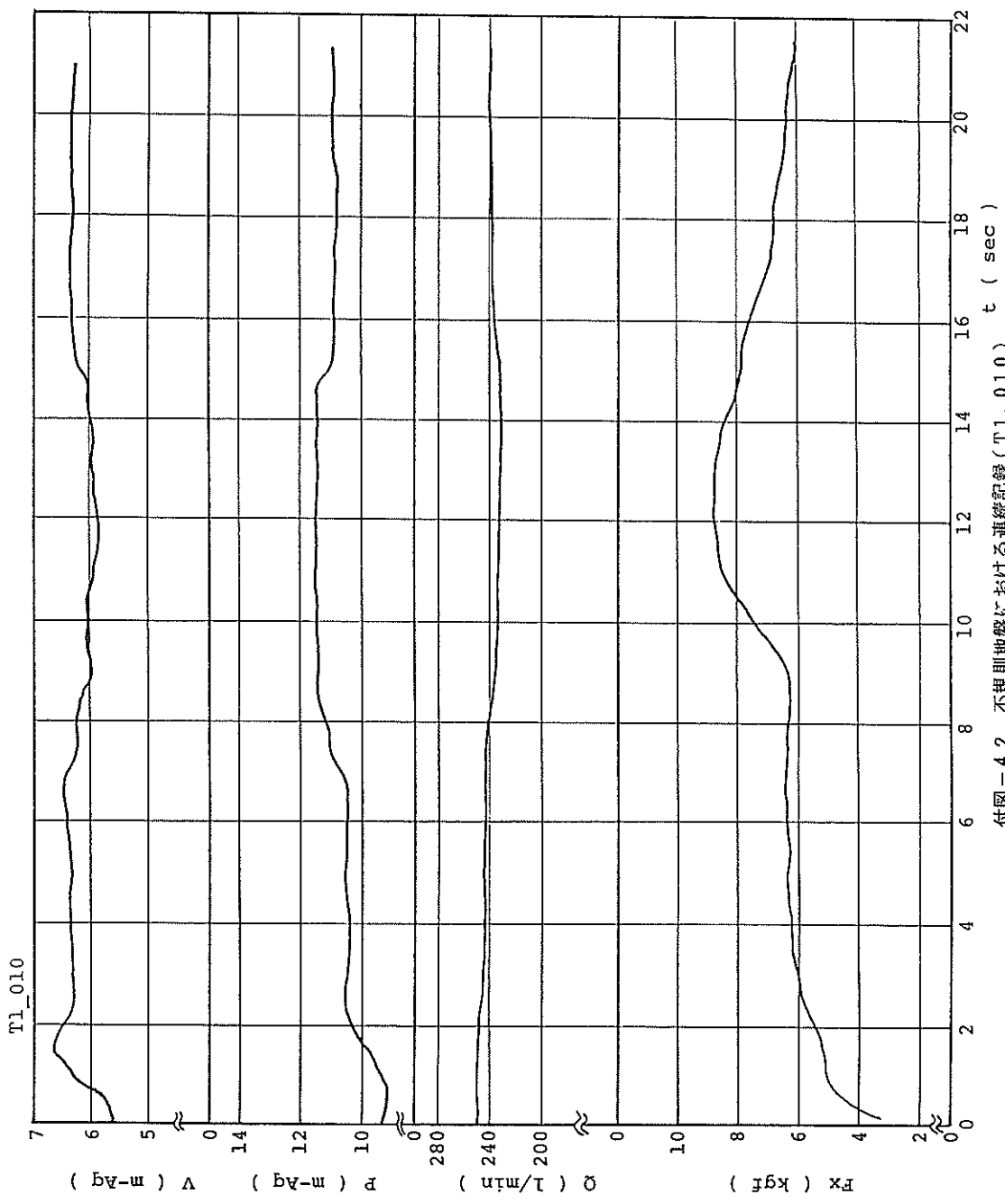
付圖 - 3.32 掘跡断面 (T2-B41)



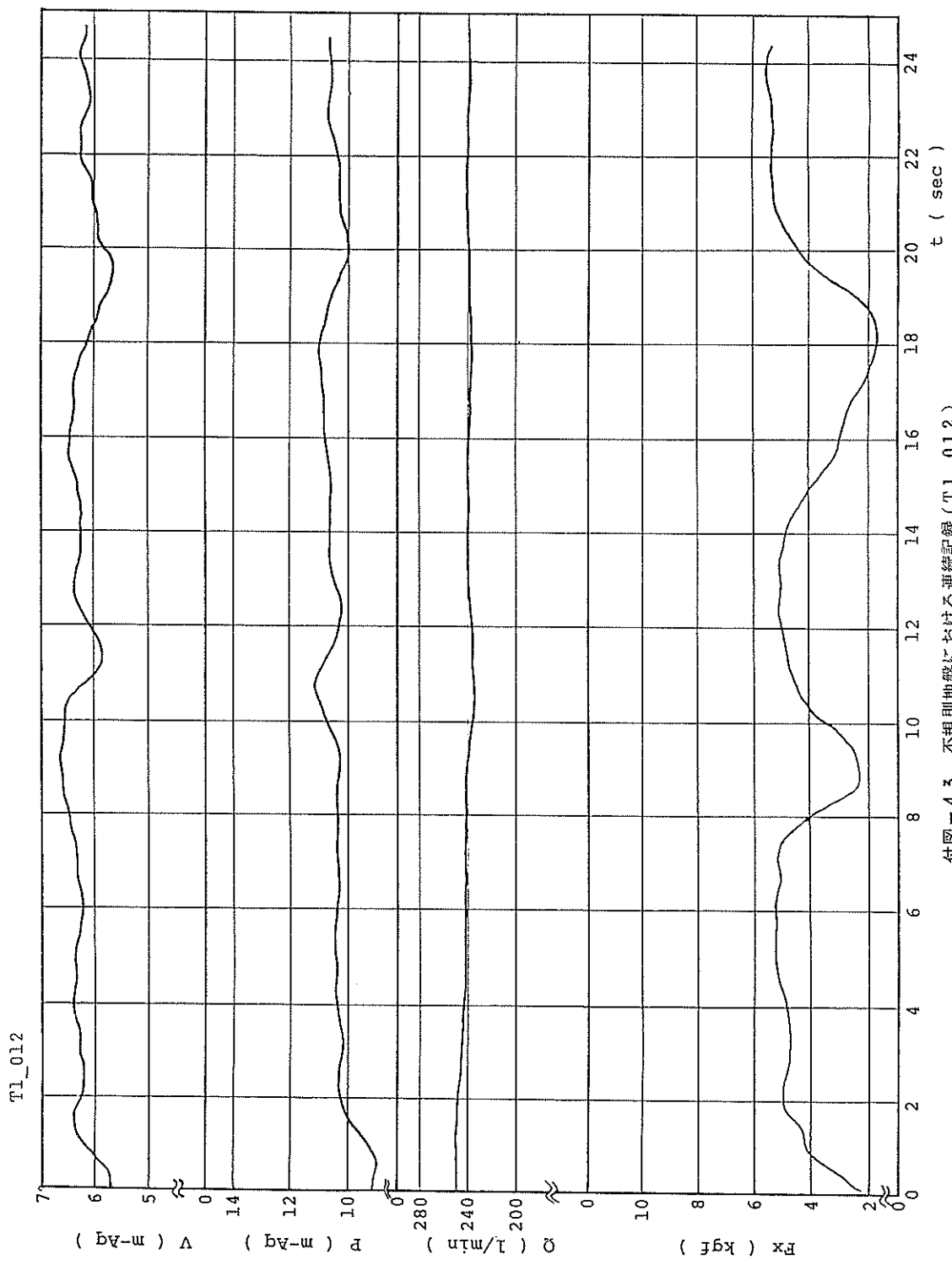
付圖 - 3.33 掘跡断面 (T2-B42)



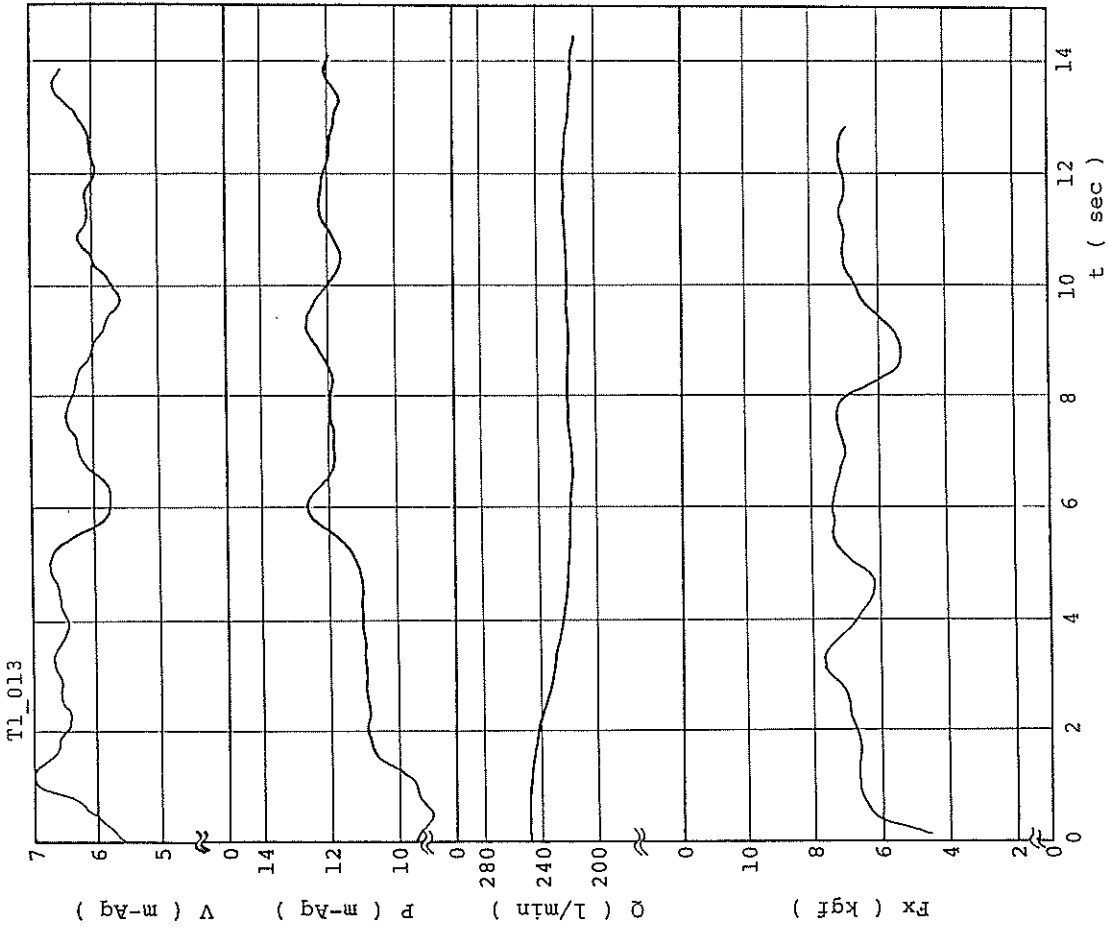
付図-4.1 不規則地盤における連続記録 (T1-009)



付図-4.2 不規則地震における連続記録(T1-010) t (sec)



付図-4.3 不規則地震における連続記録 (T1-012)



付図-4.4 不規則地盤における連続記録(T1-013)

港湾技研資料 No. 586

1987・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.