

水中構造物の合理的な解体工法の開発

— デメテル工法 —

松下君俊・植松勝之・藤沢 勤

デメテル工法*1は、陸上からモニタ画面で水中の状況を把握し、陸上の工事と同様に水中構造物を解体する工法である。

河川などの水中構造物の解体は、仮設締切り工を施工し、ドライな状態で工事を行うことが一般的であるが、安全性、工期および工費に多くの課題がある。

本工法では、水中構造物の位置と解体機械の相対的な位置関係をコンピュータ処理により、リアルタイムにモニタ画面に表示し、オペレータは運転席にいながらにして水中の状況を容易に把握でき、陸上部と同じように解体作業ができる。

キーワード：水中工事、情報化、環境、生産性向上、構造物解体

1. はじめに

これまで、河川などの水中に位置する構造物の解体は、構造物の周囲に仮設締切り工を施工し、その中を排水した後、ドライな状態で工事を行うことが一般的であった。しかし、このドライ工法では、耐水压性能の確保や近接構造物への解体工事に伴う変位抑制などのため、仮設締切り工が必然的に大規模なものになることから、安全性の確保や自然環境保全および工期・工費などに関して多くの課題があり、合理的な工法を開発することが強く望まれていた。

近年になって、地盤沈下に伴う既設橋梁の沈下や、河川の計画流量の見直しによる堤防高さの変更等が多くの既設橋梁で必要とされ、新しい橋梁の建設と既設橋梁の撤去工事が進められている。このような状況下で、撤去工事の理化学工法を開発することは特に重要な課題となっている。

今回開発した工法（デメテル工法）は、水上の栈橋上に設置したバックホウなどの建設機械の先端に、油圧ブレイカや解体手段に応じた破碎装置を装着して、遠隔システムを利用し、陸上と同様に水中の構造物を解体する方法である。対象構造物が一定以上の深さの水中にある場合、従来の方



写真—1 デメテル工法機

法では、オペレータがブレイカなどの位置、方向などの姿勢と構造物の相対的な位置関係を直接目視によって把握することができず、陸上工事で用いられる解体装置による方法は不可能であった。水中カメラなどにより、視覚的にリアルタイムに確認できれば良いが、水中の解体工事では水の濁度が大きく、非常に困難である（写真—1参照）。

新しく開発された方法は、

*1 デメテル：Demeter（ギリシャ神話に出てくる多産、結婚の女神）The New Demolish Method for the Structure in the Water

- ① 竣工書類および現地における測量調査などから対象構造物の座標データの確定
- ② GPSや3次元デジタルカメラ、もしくは自動追尾トータルステーションなどの測量システムによる施工機の座標および方向の確認
- ③ 施工機に取付けられたブーム角度計、スライドアームシリンダストロークセンサ、バケットシリンダストロークセンサなどの各種センサによる機械の姿勢、および中心位置からの破碎装置の相対位置と姿勢の確認

等を行うことにより、水中の構造物の位置と解体装置の相対的な位置関係を数値化し、その結果をコンピュータ処理によりリアルタイムにモニタ画面に表示して、オペレータが運転席にいながらにして水中の状況を容易に把握することを可能にした。この結果、オペレータは陸上の解体工事と同様に水中における解体工事を容易に行うことができるようになった。

また、本工法は、破碎された部分と未破碎の部分をモニタ画面により、視覚的に識別することが可能であり、オペレータが容易に作業の進捗具合を把握できるようになっている。さらに、ブレーカ等により破碎された構造物ガラ撤去状況の確認が、超音波ソナー水中モニタリングシステムに

より数量的に把握できるなど、新技術を利用した様々な点で改良、改善がなされている。

2. 工法概要

本工法のシステム構成は、図-1に示すとおりである。施工機には、ブレーカ等の座標を把握するためのブーム角度センサ、アームシリンダストロークセンサ、スライドシリンダストロークセンサ、バケットシリンダストロークセンサ、本体傾斜センサが搭載されている。これらのデータを計測ボードを介し、ボックスコンピュータにより演算することで、ブレーカ等の座標を算出している。一方、施工機が走行や旋回した場合は、2組の自動追尾トータルステーションにより対象構造物との相対関係を把握するため、無線により位置および方向のデータを施工機に送信し、これらと同じくボックスコンピュータで処理し、運転席内の6.5インチディスプレイに表示している。

3. 施工機の特徴

本工法の施工機は、図-2に示すとおり油圧ショベルをベースマシンとし、ロングブームとロングスライドアームを装着している。また、フロントの姿勢を把握するために、センサ付きシリンダ、ブーム角度センサ、本体傾斜センサを装着している。本機の仕様は、表-1に示すとおりである。

(1) ストロークセンサ付き油圧シリンダ

作業上、水中になることから、アーム、スライドおよびバケットシリンダには水中仕様のセンサ付きを採用した。ストローク検出部は、磁気センサとピストンロッドの表面に設けられた磁性スケールで構成されており、ピストンロッドが移動すると磁気センサ内の各磁気抵抗素子を通過するバイアス磁石からの磁束密度が変化し、これにより、各素子の

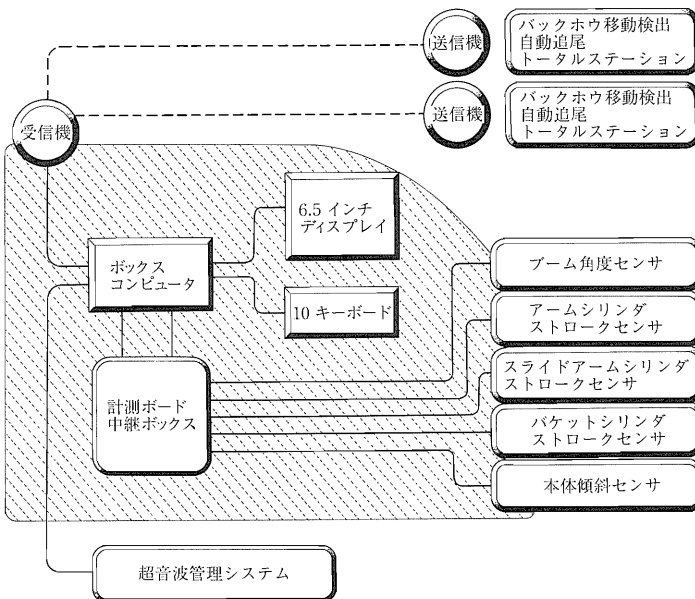


図-1 システム構成図

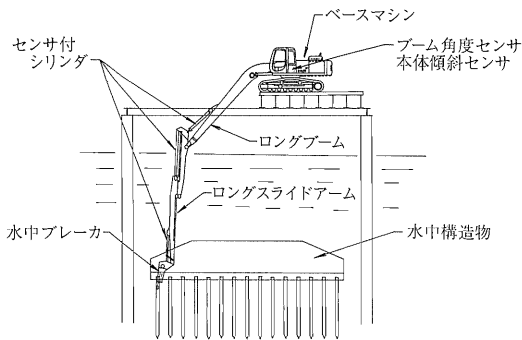


図-2 施工機

表-1 施工機の仕様

油圧ショベル形式	日立 EX 220 LC-5
全 装 備 質 量	27,000 kg
エ ン ジ ン 型 式	日野 H 07 C-TD
定 格 出 力	118 kW/2,000 min ⁻¹
最大作業深さ	13,640 mm
最大作業半径	13,500 mm
スライドストローク	2,000mm
ブレーカ形式	OUB 308 (0.45 クラス)

抵抗値も変化し、磁気センサから 90 度の位相差を有する正弦波信号が出力される。これを、矩形波信号に変換して出力する。分解能は、0.5 mm である。

(2) 自動追尾トータルステーション

施工機のカウンタウエイト上に、位置とブーム

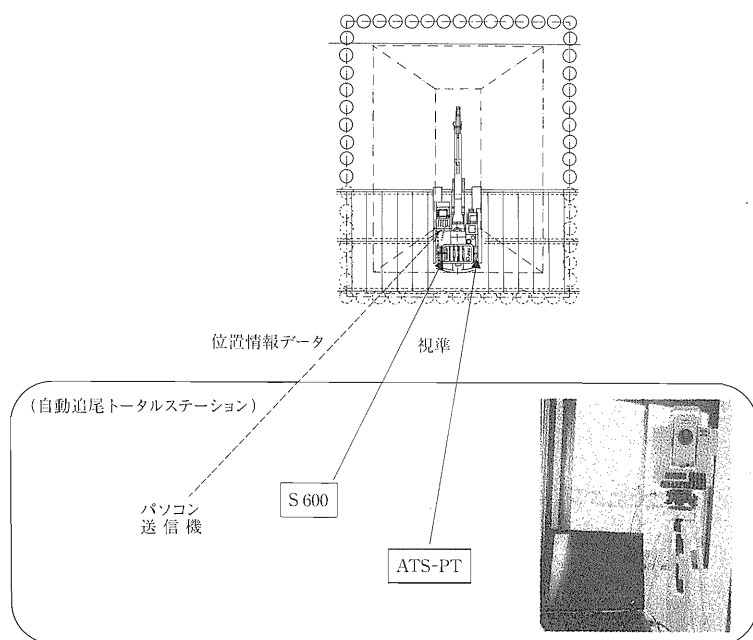


図-3 追尾システム

の方向を把握するために 2 個のターゲットを装着している。このターゲットを各々追尾することで、施工機が走行、旋回しても対象構造物との相対関係が常に把握可能であり、このデータは、無線により施工機に送信される (図-3 参照)。

(3) モニタリング

施工機の運転席には、テンキーボードと 6.5 インチディスプレイが操作しやすい位置に装着されている。オペレータはテンキーボードにて初期設定等を行い、ディスプレイを見ながら解体作業を行う (写真-2 参照)。

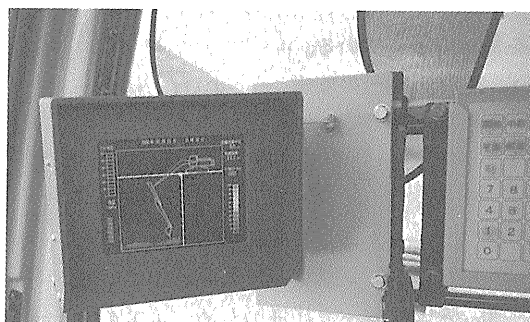


写真-2 ディスプレイとテンキーボード

ディスプレイは側面、平面を切替式で表示しているほか、拡大・縮小も可能である。平面画面では、対象構造物の高さ方向のデータを等高線で色分けして表示しているので、容易に作業の進捗状況が把握できる。更に、対象構造物を細分化したブロックとして表示しており、このブロック内をブレーカ先端が通過したことで解体完了として把握し、表示を変えている (図-4、図-5 参照)。

このブロックの大きさについては、

- ① ブレーカにより破碎されるコンクリート塊の大きさ、
- ② ブレーカ先端の位置設定精度、
- ③ 対象構造物の大きさ、などを考慮し、実験結果を踏

まえて決定した。

(4) 出来高管理

ボックスコンピュータには、フラッシュメモリが装着されている。対象構造物の解体進捗状況をリアルタイムにCSV形式で保存し、このフラッシュメモリを事務所などのパソコン汎用の表計算ソフトを用いて処理することで出来高管理が容易に行える。

(5) 安全、環境への配慮

水中の栈橋上に施工機を設置させ、水中構造物の解体作業を行うことから、安全、環境への配慮を種々実施している。

(a) 安全への配慮

- ① 施工機の安定性を確保することから、作業半径13mで警報を発し、13.5mで自動停止する。
- ② ブレーカの空打ち防止のため、ブームの押付け圧をディスプレイに表示している。
- ③ 水中ブレーカ仕様のため、エアをブレーカ先端から出しながら作業する。この際、エアの供給が低下するとブレーカの故障の原因となるため、運転席にエア圧低下警報を装備している。
- ④ 水中で、ホースが切れると、作動油が流失する恐れがあるが、水中では、流失したことが確認できなく、そのまま使用するとポンプの焼付きを招く恐れがあるため、作動油油

量低下警報を装備している。

(b) 環境への配慮

- ① エンジンは、排出ガス対策型クリーンエンジンを搭載している。
- ② 作動油は生分解性作動油を使用しているため、ホースの破損により作動油が水中に流失しても、微生物の働きにより、水と炭酸ガスに分解され環境汚染防止を図っている。

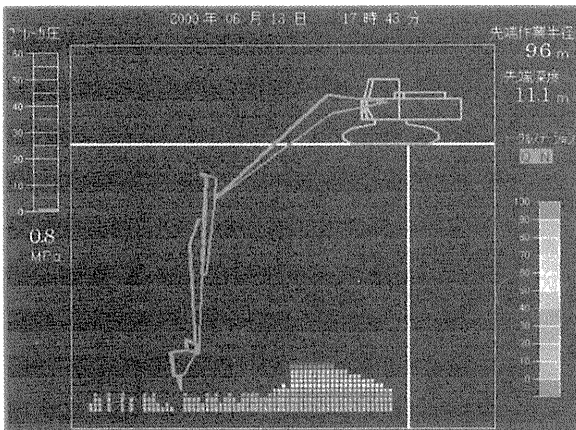
4. 導入効果

本機による工法は、京成電鉄押上線旧荒川橋梁下部工解体工事に採用された(写真—3参照)。

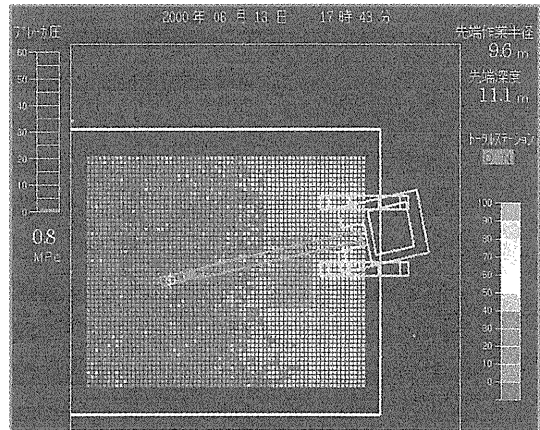


写真—3 解体状況

本工法による導入効果は以下のとおりである。



図—4 側面画面



図—5 平面画面

(1) 技術的効果

- ① 締切り内に作業員が入ることなく、すべての作業が水上の栈橋上から可能であり、高い安全性が得られる。
- ② 水中における解体作業なので騒音振動が大幅に低減できる。
- ③ 解体工事の破碎、搬出などの各工種結果が、コンピュータによりデジタル化されて保存されており、効率的な工事管理が可能である。
- ④ 施工機は、あらかじめ測量データをもとに作業範囲をコンピュータで制御できるので、重要な施設の近傍でも、施設に影響を与えることなく安全な工事ができる。

この工法は、オペレータを介して手動運転によるものであるが、今後、収録したデータをもとに学習機能や各種フィードバック制御などの一定のアルゴリズムの適用開発等を経て、将来的には、解体工事の自動化への道を開く可能性があると考えている。

(2) 経済的効果

従来、一般的に行われている仮締切り排水によるドライ環境下のブレーカ解体工法とデメテル工法の工費比較を図-6に示す。デメテル工法によれば、解体直接工では、水中解体のため若干コス

ト高となるものの、仮設工の大幅な簡素化が可能なたためトータルでは工費で約30%の経済化が計られる試算結果となった。同様に、工期においても、図-7に示すように締切り工事の簡素化によりおよそ40%の短縮が可能との試算結果を得た。

(3) 他工法との比較

構造物の解体工法には、デメテル工法に採用している水中ブレーカ工法の他に、ワイヤソーによる解体工法など、幾つかの工法がある。

京成電鉄押上線旧荒川全橋梁下部工解体工事において、当初計画では、フーチング部の撤去をデメテル工法と全周回転ケーシング工法で行う予定であった。橋脚部は、すべて水中ワイヤソー工法で行う予定であったが、一部の橋脚部の中には、船舶衝突事故時の補強工事により各種の補強工が付帯されている箇所があり、水中ワイヤソー工法の適用が困難であったため、急遽デメテル工法により施工した。

以上のことから、各々の解体工法を、必ずしも同一条件下で比較することはできないが、工事実績の比較を参考データとして表-2、表-3に示す。表は単に破碎のみでなく撤去工を含んだ比較であるが、デメテル工法は、水中ワイヤソー工法や全周回転ケーシング工法と比較して、いずれも1日あたりの施工量は優れており、水中解体工法

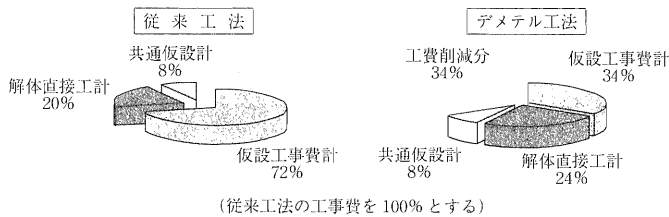


図-6 工費比較

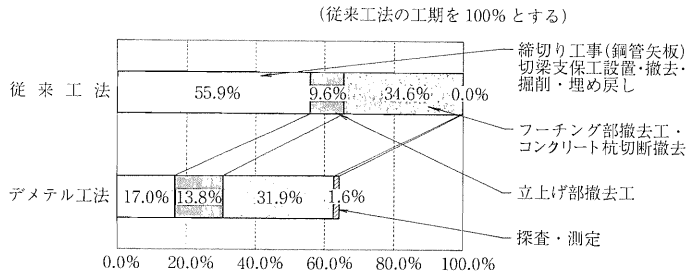


図-7 工期比較

表—2 橋脚部の解体施工実績比較例

	デメテル工法	水中ワイヤソー工法
対象構造物の概要	A 橋脚 ・補強仮設鋼矢板 5t ・無筋コンクリート 101 m ³ ・鉄筋コンクリート 135 m ³	B 橋脚 ・無筋コンクリート 85 m ³
主な施工機械	デメテル機, テレスコ式パイプコラム, ダンプ	ワイヤソー装置, 水中コアボーリング機, 100 t クレーン, トレーラ, 油圧破碎機
施工日数(日)	26	16
施工能力(m ³ /日)	9.1	5.3

表—3 フーチング部の解体施工実績比較例

	デメテル工法	全周回転ケーシング工法
対象構造物の概要	B フーチング ・鉄筋コンクリート 236 m ³	A フーチング ・鉄筋コンクリート 233 m ³
主な施工機械	デメテル機, テレスコ式パイプコラム, ダンプ	全周回ケーシング掘削機, 100 t クレーン, 油圧破碎機
施工日数(日)	38	48
施工能力(m ³ /日)	6.2	4.9

施工機械の重量等が大きくなり、栈橋工等の規模が大きくなる。これらを考慮すれば、デメテル工法は、施工性が良く汎用性に富んだ工法である。

5. おわりに

デメテル工法は、水中構造物の解体作業において、従来、最も困難であった目視による施工ができないという致命的な点を、可視化を通じて施工可能にしたものとして、今後の解体作業に大きなメリットを与えるものと思われる。

特に、近年における建設産業は、社会資本投資の進展から国土の整備が充実され、これまでのような新設一辺倒の環境から徐々に変革を迫られてきつつある。すなわち、建造物の新設から既設構造物の維持補修を主とした延命化、さらには、既設構造物の老朽化に伴う更新化の必要性が向上

し、これまでとは若干、様子を異にした場面に展開しつつある状況にあるといえる。

例えば、道路橋においては、2011年には供用年数50年以上のものが全体の10%を超えると予測されている。このような建設産業の場面展開に伴って、構造物の撤去・解体工事の比重は大きなものとなると予測される。

維持補修や更新化工事の場合、供用中の直近構造物基礎への影響回避のため、地中構造物の撤去には剛性の高い締切り工事が必要となり、工期・工費の増加要因となっている。デメテル工法はこれらの問題解決が期待できる高い機能を備えている。

水中構造物の解体工事の合理化工法としてデメテル工法を開発し、その現場適用に関して報告したが、今後は、この分野の技術開発をさらに進めべく検討を進める予定である。

【筆者紹介】

松下 君俊(まつした きみとし)
京成電鉄株式会社
鉄道本部
特別工事部
課長



植松 勝之(うえまつ かつゆき)
株式会社奥村組
東京本社
機械部
部長



藤沢 勤(ふじさわ つとむ)
日立建機株式会社
関東支社
業務部応用開発グループ
技術課
課長

