

9. プラズマカッター工法の開発

(鋼管矢板、鋼管杭の水中切断装置の開発)

川崎製鉄(株)：*藤田 勉・赤秀 公造
江面 行正

1. はじめに

近年、道路、鉄道の立地難から河川や港湾内での橋梁、トンネルの建設が目立っている。この場合には、橋長が大きくなることが多く、水中に基礎を設ける必要がある。基礎工法としては図1に示されるような施工性に優れている仮締切兼用鋼管矢板井筒が多用されている。この工法では、仮締切として使用した鋼管矢板壁の水底近くで、不要となる上の部分を水中または土砂中で切断し撤去する必要がある。

従来、鋼管矢板の本管についてはディスクカッタなどの切断工法が開発されてきた。しかし、小径鋼管にモルタルを充填した継手部の切断は容易ではないため、従来は継手を予めガスカットし空所に止水材を充填するプレカット工法を採用していた。しかしこの工法では、杭打設時の高止まりなどにもなう位置のずれや、漏水トラブルなどの不都合が生じる場合があり、解決されるべき課題とされていた。これまでも本管と継手の切断法が検討されていたが、切断上の問題があり十分なものでなかった。

継手を予めプレカットする必要がないノンプレカット工法の確立を目指し鋼管矢板の本管と継手部を水中で同時に切断する方法を求めて各種の実験研究を重ねた結果、継手をと石カッタで切断し、本管をプラズマアークで切断する技術を確立することができた。本報告ではこの鋼管矢板水中切断工法および装置(プラズマカッター)の概要について述べる。

2. と石カッタを用いた切断実験

2.1 実験方法

水槽内ではと石カッタによる切断実験を行った。供試体の継手は外径 165.2mm、厚さが 9mmの鋼管であり、管内に圧縮強度 240kgf/cm²のモルタルを充填した。供試体の本管は外径 800mm、厚さが16mmである。

2.2 実験結果

と石カッタによる水中切断実験結果を図2に示す。と石カッタに作用している単位厚さ当りの切削力が大きくなると、継手の切断所要時間は短くなるが、と石カッタの磨耗量が大きくなる。切削力を25kgf/mm程度にすると直径方向の磨耗量も少くなり、1枚のと石で左右1組以上の継手を切断することができ、かつ継手の切断所要時間も約10分程度となり切断条件としては適正である。

3. プラズマアークを用いた水中切断実験

3.1 実験装置

実験にはHyperthem社製HT-400Sのプラズマアーク切断装置を用いた。電源本体から中間ステーションを経て

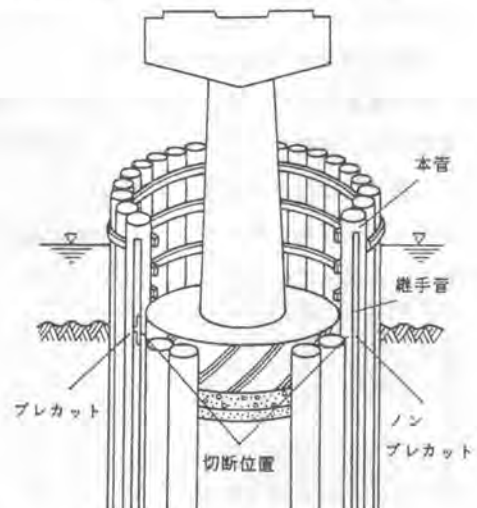


図1. 鋼管矢板基礎構造

ケーブルを延長し、水深約30m までの切断が可能なように改造されている。

図3は大水深までの模擬切断実験が可能な水圧タンクを示す。タンクの側面にはプラズマトーチの取付座がある。タンク内には供試体を載せる走行台車があり、台車の速度はタンク外部の駆動装置により制御することが可能である。また、タンク内には水が満たされていて、かつ内圧の調節が可能である。実験中に使用したガスは窒素または酸素であり、切断時の電流は酸素で260A、窒素では400Aである。供試鋼板は厚さ5mmから27mmにいたる勾配のついた楔形とし、500～3000mm/minの速度範囲で走行させて板厚に対する限界切断速度を求めた。実験には水道水または海水を用いた。厚肉鋼管の切断性を調査するために、厚さ42mmの鋼板を用いた切断実験を同様にを行った。水圧は1.0 kgf/cm²とした。

また、供試鋼板の背面に粘性土または砂が存在する場合の切断実験を行った。水槽には海水を満たし、トーチの水深を100 mmとした。

3. 2 実験結果

水道水（海水）中において水圧が変化した場合の切断速度と限界切断板厚の関係を図4に示す。限界切断板厚は切断速度の増大とともに減少するが、水圧が0.01→2kgf/cm²へと増大した場合も多少減少する。プラズマガスの比較では、酸素と窒素で切断能力に顕著な相違は認められない。なお、42mmの厚肉鋼板を対象とした実験では水圧1.0 kgf/cm²のとき140 mm/minの切断速度であった。厚肉鋼管に対しても、他の工法に比較し優れた切断性能を発揮する見通しを得ることができた。

海水中ではその導電性からプラズマエネルギーの分散が予想され、プラズマ切断の実用は極めて困難となる。ところが本実験では水道水と海水では大きな差は認められなかった。これは海水中でのプラズマ状態の維持をねらってトーチ先端外周部のセラミックスに絶縁効果を持たせたこと、ノズル近傍での水によるピンチ効果を働かせたことによる。

海水中において厚さ19mmの鋼板の背面に粘性土または砂が存在する場合の切断実験結果を図5に示す。いったん溶融した金属が、鋼板背面にある緻密な粘性土または砂の影響を受けて図中に模式的に示されるように切断溝部の表面上まではねかえり、凝固する場合がある。しか

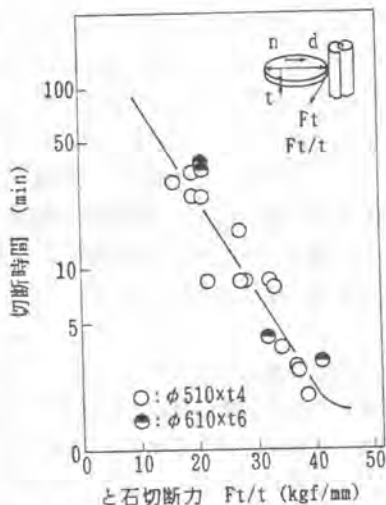


図2. 継ぎ手切断時間と石切断力

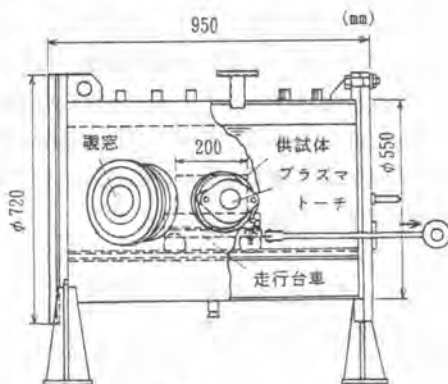


図3. 水圧タンク内での実験

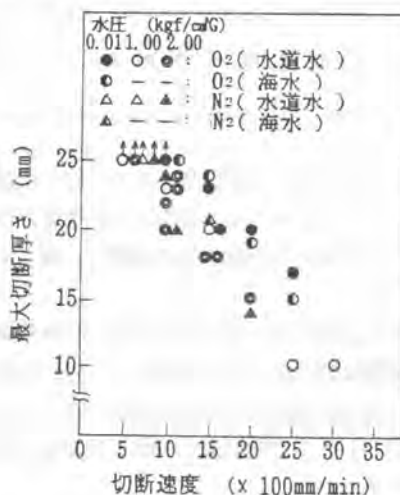


図4. 水中切断速度と切断可能板厚

し、窒素プラズマ切断では800 mm/minの切断速度で、また酸素プラズマ切断では400～600 mm/minの切断速度領域で再凝固金属が切断溝の表面で再溶着することなく、完全切断が可能である。また、窒素プラズマで切断速度を1200 mm/minと大きくした領域では、熱量不足から熔融金属の流れが不完全となり、局部的に再溶着部を形成する。しかし、酸素プラズマ切断では酸化がより進行しているため本切断工法に適している。

4. 新型水中切断装置：プラズマカッター

新しく開発した水中切断装置の主仕様を表1に、切断機本体を写真1に示す。プラズマアーク切断とと石切断を一体に組込んだ設計である。と石カッタで継手を、プラズマアークで本管を切断する切断方法に大きな特徴がある。切断手順を図6に示す。鋼管内に切断機本体を挿入し、所定の高さ位置にクランプ支持し、一方の継手をと石カッタで切断し、切断部を半周旋回し他方の継手を同様にと石で切断する。この間、本管の断面は一部しか切断されていないため構造体としての剛性は十分あり、と石カッタのかみこみトラブルの発生は抑制される。その後、プラズマトーチを管内壁に接近させ、かつ旋回させながら鋼管を一周切断する、このようにして、鋼管矢板の本管と継手は安全、確実に能率よく水中切断が可能となる。

表1 プラズマカッターの主仕様

本管	直径 ϕ 800 ～ 1500 mm 厚さ 8 ～ 42 mm
継手管	直径 165.2 ～ 200 mm
プラズマ装置	電流 100 ～ 400 A トーチ移動速度 200 ～ 2000 mm/min
と石切断装置 センサ	切断時間 ～ 10 min/継手 エンコーダなど

図7に新型水中切断装置を用いた確性試験の方法を示す。 ϕ 800 mm x t16 mmの鋼管に圧縮強度240 kgf/cm²のモルタルを中詰めした継手管を溶接し、深さ4 mの水槽中に設けた。

切断には酸素プラズマを用いた。試験結果では、切断所要時間は継手が18分、本管が2.7分で合計21分であった。写真2は切断後の状況を示し、継手と本管の切断高さが同一レベルで精度よく一致しており、確実な切断が可能であった。

上に述べた確性実験を行った後で、実際の建設現場に

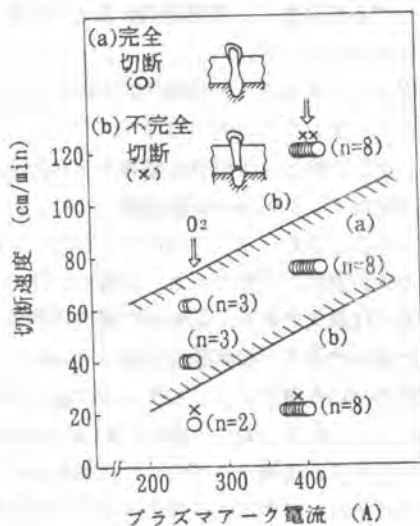


図5. 背面に粘性土がある場合の水中切断

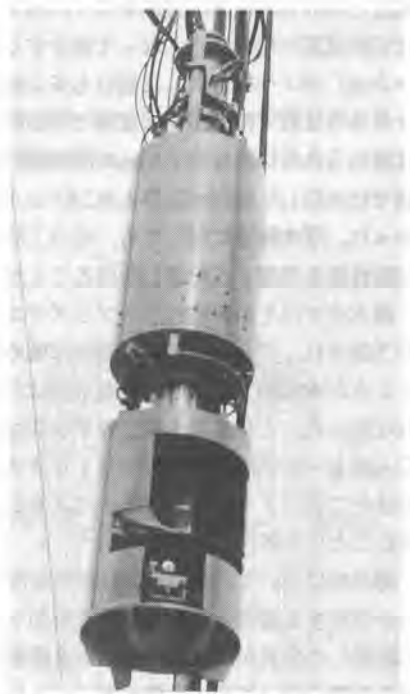


写真1. 水中切断装置（プラズマカッター）

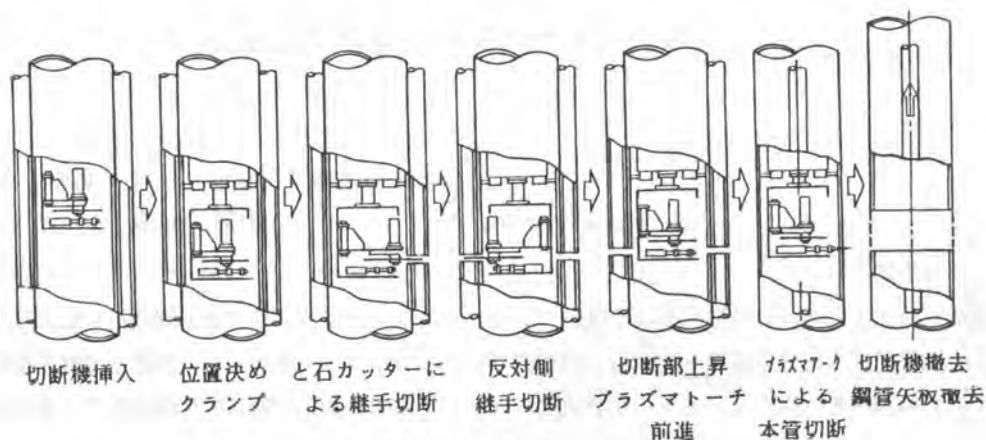


図6. 切断手順



写真2. 水中切断後の鋼管矢板

適用された。橋梁、トンネルなどに用いられるノンプレカット鋼管矢板基礎などについてすでに50箇所を超える切断工事実績を有するまでに至っている。水中での高い性能を発揮するプラズマアーク切断技術を備えていることから、大径鋼管矢板の水中切断²⁾にも適用された。今後、25mmを超える厚肉の大径鋼管杭、鋼管矢板の水中切断の必要が生じて、優れた特徴をもつ本切断工法がよくその要請に応じてくれるものと期待される。

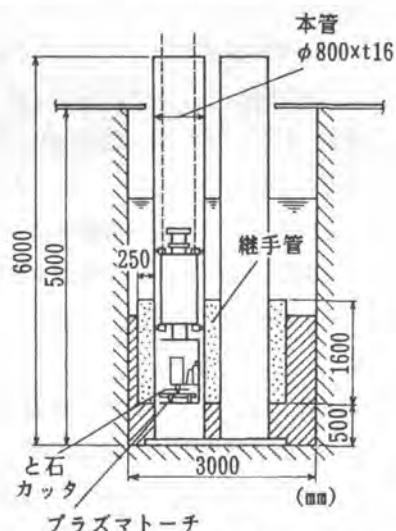


図7. 新型水中切断装置の確信実験 (プラズマカッター)

5. おわりに

仮締切兼用鋼管矢板井筒の本管と継手の水中切断の基本実験を行って、と石カッターとプラズマアーク切断を併用した水中切断工法・装置を新たに開発した。鋼管矢板の本管と継手を、確実に同一レベルで高能率で切断できることが確認された。これにより継手の切断位置を予めプレカットする必要がなくなり、作業能率などに優れるノンプレカット形式の鋼管矢板の採用が容易となった。すでに50箇所を超える全国各地で切断使用実績を有するまでに至った。本装置は鋼管矢板の他に鋼管杭の高能率水中切断にも適用できる。

なお、切断機本体の製作に際しご協力をいただいた俣昭栄の関係各位に感謝の意を表す。

参考文献:

- 1) 久保田信雄, 高木武康, 柄川伸一, 松岡 彰 : 基礎工, 20 (1992) 2, 30