

東京湾横断道路建設工事における 地中接合防護凍結工法

(株) 精研 凍結本部 正会員 富田 一隆

1. はじめに

東京湾アクアラインの海底トンネル部（図-1参照）は、浮島取付け部立坑、川崎人工島及び木更津人工島から8台の泥水式シールドマシンを掘進させて、東京湾海底下で地中接合することにより建設された。地中接合に関しては、両シールドマシン間にかかる土水圧に耐えうる強度及び止水性を確保する必要があったため、接合方法・防護方法の検討が重ねられ、その結果、強度及び止水性に優れ、施工実績のある凍結工法による防護方法が採用された。その際の工費・工程を縮減させるため、新たな技術開発検討を行ない、凍結改良範囲を従来工事の改良範囲に比べて極小範囲とすることに成功した（図-2参照）。それを可能とした技術開発・凍土の造成管理について以下に述べる。

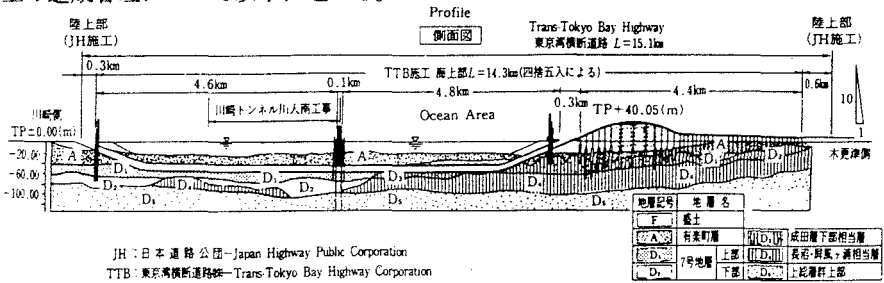


図-1 東京湾横断道路一般図

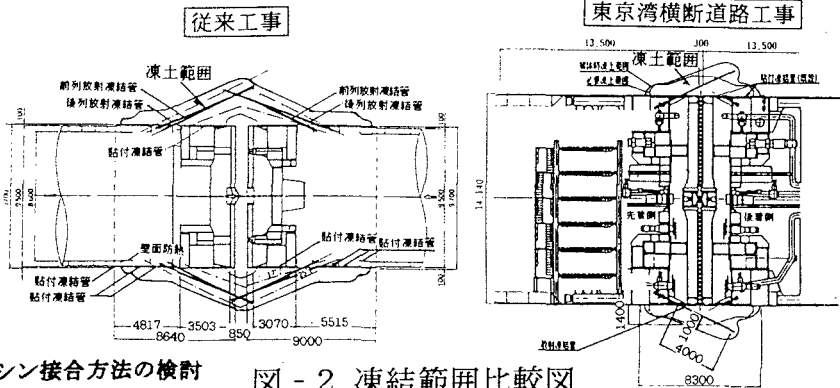


図-2 凍結範囲比較図

2. シールドマシン接合方法の検討

2-1 接近距離と接合精度

土圧、水圧をシールドマシンの周辺に造成する凍土で受け持つことになるため、凍土範囲を小さくするには両シールドマシンが精度良く接近、停止することが望ましい。このためにシールド工では、先着シールド機内より水平探査ボーリングを行なって、磁気センサーを用い先端部のターゲットを連続測定し、方向制御装置にて随時方向修正しつつ掘進・停止し、トータルステーションを用いて相互位置の確認を行なった。また、接合直前にシールドマシンのセンターカッターを引き込みカッター面ぎりぎりまで接近させるという技術が開発され、計画接近精度の面盤間距離500mm、芯ずれ50mm、角度ずれ0.8°を満足する非常に良い精度で完了した。

キーワード；凍土、シールド、地中接合

連絡先；〒112東京都文京区小石川 1-12-14（日本生命小石川ビル7階）

TEL03-5689-2351 FAX03-5689-2363

2-2 シールド間の開放区間・期間の短縮

地山（凍土）が開放されている区間の縮少は2-1の接近距離・精度によるところが大きい、さらにシールドマシンのカッターリングフレームを残置して解体・覆工することにしたことにもよる。これにより開放区間は面板間のみとなり、凍土造成厚を縮少する事が可能となる。また、チャンパー内充填物（固化泥水）を撤去し、地山開放部を鉄板等で塞ぐ仮覆工（一次止水工）が終了するまでの開放期間も、従来、凍結工法採用の場合、信頼性が高いがゆえに仮覆工はバルク

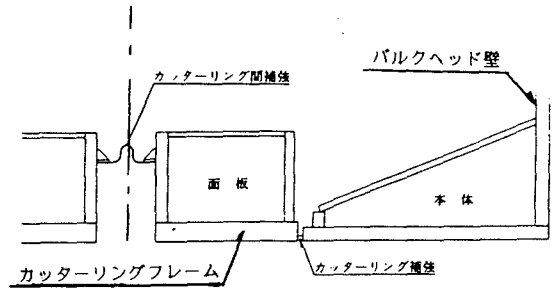


図-3 接合部概念図

ヘッド壁解体後に行われ長期間となっていた。本工事では、地震等による万一の不具合の発生を考慮しバルクヘッド壁を残置した状態でチャンパー内で仮覆工作業を行ない、その後バルクヘッド壁の解体、セグメントによる一次覆工を行なうことで、開放期間の短縮及び安全性の向上を計った。

3. 凍結範囲及び凍土管理法の検討

3-1 改良範囲の検討

凍土は構造部材として取り扱い可能なことと、温度計測により改良範囲、強度、止水性が確認できる事より構造計算して改良範囲を決めることができる。本工事での必要凍土厚はカッターリングフレームを支点とし開放部凍土を両端固定梁として検討した。算定式は表-1で表されるため、せん断により必要凍土厚を決定した。ここで、凍土に掛かる荷重 $p=80.0\text{tf/m}^2$ 、安全率 $SF=3$ とし、凍土の強度は凍土平均温度 -10°C 、塩分濃度3%の場合、砂凍土の曲げ強度 $\sigma_{cb}=40\text{tf/m}^2$ 、せん断強度 $\sigma_{cs}=55\text{tf/m}^2$ 、梁長 L を 0.5m として算定すると必要凍土厚は 1.10m となる。これにフード厚 0.1m 、加熱作業による解凍厚 0.1m シールドマシンの芯ずれ量 0.05m 加算して造成凍結厚 $t=1.4\text{m}$ とした。凍結土量は約 450m^3 となり、従来方式による梁間 3.0m 、造成凍土厚 3.3m 、凍結土量 2350m^3 に比べ凍結土量を約2割に抑える事ができた。

(表-1) 必要凍土厚算定表

	曲げ	せん断
必要凍土厚 T	$T_b = \sqrt{\frac{SF \times p \cdot L^2}{2 \times \sigma_{cb}}}$	$T_r = \frac{SF \times p \cdot L}{2 \times \sigma_{cs}}$
	$T_b = 1.732 \cdot L$	$T_r = 2.182 \cdot L$

3-2 造成凍土の管理

凍結工法では測温管と呼んでいる管内に温度センサーを設置して造成凍土の確認・監視を行う。本工事における温度センサー設置位置を図-4に示す。温度測定によって凍土の形状、凍土内の温度分布、強度などが判定でき、また貼付け部に設置した温度センサー (AA~AJ, BA~BJ) で止水性が確認できる。本工事では凍土造成の判定、凍土の維持管理に表-2の温度管理基準を設けて管理した。結果は良好で温度は基準値内に収まり、安全性を確保する事ができた。

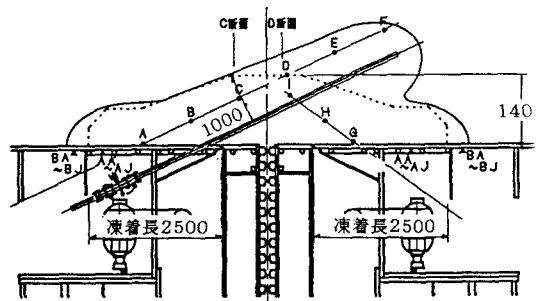


図-4 温度センサー位置図

(表-2) 温度管理基準表

判定項目	判定内容	測温場所	判定温度
(凍着部)			
凍着範囲	凍着範囲が2.5m以上	BA~BJ	-1.85°C 以下
凍着平均温度	凍着部平均温度	AA~AJ、A、G	-10°C 以下
(凍土部)			
造成凍結厚	(造成凍土厚1.4m)		
	測温点C点の片側凍土厚が1.0m	C	-11.8°C 以下
	必要凍土厚(図中の点線)が凍結	D	-1.85°C 以下
凍土平均温度	温度分布図より求まる凍土平均温度	C、D断面	-10°C 以下
	凍土中の温度	B、H、I	-10°C 以下