

## ● 技術レポート 1

# クッションリングを使用した呼び径1100mmカーブ推進施工報告

鹿児島県大隅耕地事務所  
技術主幹 園田 喜一

## 1. はじめに

鹿児島県営特殊農地保全整備事業では、シラスを主成分とした特殊土壌地帯の畑地を中心に据えた農地保全事業として、昭和61年より農地の浸食防止工と区画整理を実施しており、農地保全という観点から効果を上げているところである。しかし、下流水田部ではシラス台地上に開かれているため、依然として素掘りの用排水路・農地などの侵食が激しく、現在も多大な被害が発生している。これらを解消し、優良農地を確保し、農業経営の安定に資するため、本事業では、下流水田部の受益面積およそ111haの田之浦地区へのかんがい用水施設として建設された約6,800mの開水路の幹線用水路をパイプライン化し、田之浦地区における用水路系の確立を目指した。

今回、この幹線用水路のパイプライン化工事のうち約1,700mをダクタイトル推進管を使い施工した。このうちの1スパンにおいて、長距離カーブ推進を実施したので、その施工結果を報告する。

## 2. 田之浦幹線用水路

田之浦地区は鹿児島県西部の曾於郡志布志町、松山町、末吉町の3町にまたがっている。この地区に用水する田之浦幹線用水路は水源を安楽川上流（末吉町）の頭首工とし、安楽川右岸沿いを二面、三面張水路で下流の志布志町へ、途中から素掘りの水路トンネルで志布志町、松山町に導水される総延長6,800mの水路である。

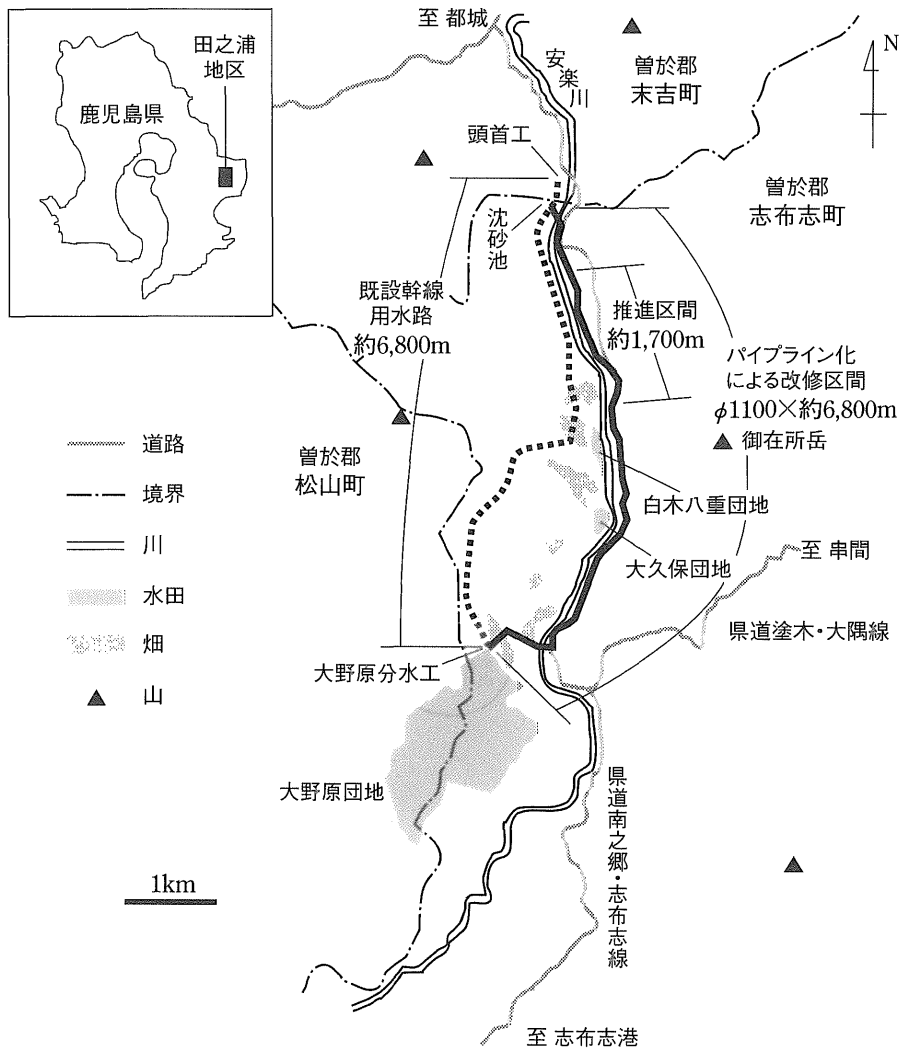
受益地の中心をなすのは、安楽川右岸に拓ける標高100m～195mのシラス台地の水田地帯（大野原団地103.4ha）で、当該地区は南北に5つの台地に分かれ台地間には標高差約40mの谷間があり、現在は配水路のパイプライン化により各ほ場に給水栓が設置されている。また、これとは別に安楽川右岸沿いに飛地（白木八重団地3.6ha、大久保団地3.6ha）の2団地があり、当該地区の配水路は素掘りの開水路を利用している。

現況水路では、頭首工から320mの所に沈砂池があり、上流からの土砂、ごみの排除を行

っている。また、大野原分水工に至る間には白木八重分水工、大久保分水工の2ヵ所の分水工がある。改修計画では、頭首工から沈砂池に至る間は開水路のまま改修し、沈砂池と大野原分水工の間を用水管理、施設維持管理、水理設計面などを勘案し、自然流下のパイプ

ライン形式とした。パイプラインの口径は、 $0.9\text{m}^3/\text{s}$ の設計流量時に、大野原分水工での動水位が確保できる呼び径1,100mmとした。また、パイプラインのルートは、施工および維持管理の面から、安楽川左岸の県道に沿って南下するルートとした。

図1 田之浦幹線用水路ルート図



### 3. 推進工事概要

自然流下のクローズドタイプのパイプラインでは、パイプラインの管頂と動水こう配線との余裕水頭は最小でも0.5m程度以上を確保する必要がある。改修工事では、路線や地形の制約からどうしても土かぶりが大きくなる区間があり、土かぶりが概ね5mを越える1,700mの区間について推進工法を採用した。

その他の区間は開削工法を基本とし、河川横断箇所は水管橋を採用した。

今回報告する工事は、図2の中の第6工区で、推進工区の最下流に当たり、推進延長が424mと長く、さらに曲率半径200mのカーブ推進となっていることが特徴である。

本工事の概要は表1の通りである。

図2 推進工事区間

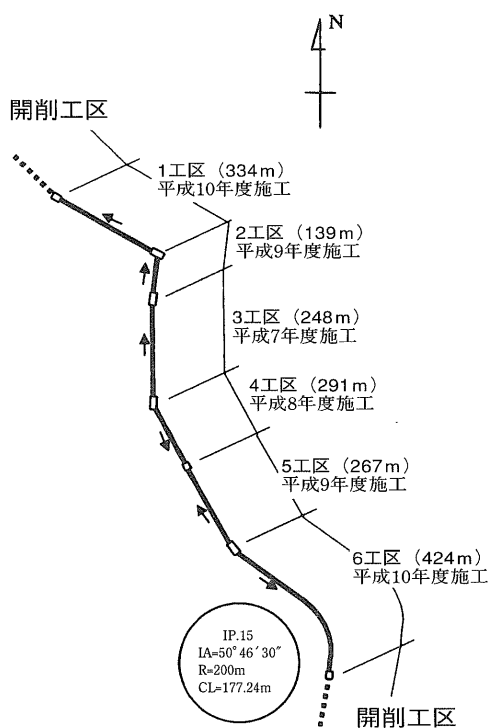


表1 推進工事の概要

工事件名	特殊農地保全整備事業田之浦地区10-2工区
路線名	田之浦幹線用水路
施工期間	平成10年10月9日～平成11年3月25日
布設内容	呼び径1100mmU形推進工法用ダクタイトル鉄管 推進延長416.48m 土かぶり4.0～15.1m
挿入曲線	単曲線 R(曲線半径)=200m CL(曲線長)=177.24m IA(交角)=50°46'30"
土質条件	シラス。φ5～30の軽石混在。N値5～50。
推進工法	泥水加圧推進工法(超泥水加圧推進工法)
立坑築造	矢板式、親杭横矢板式

推進工法の選定にあたっては、主に以下の項目について施工性、経済性、安全性などを検討した。

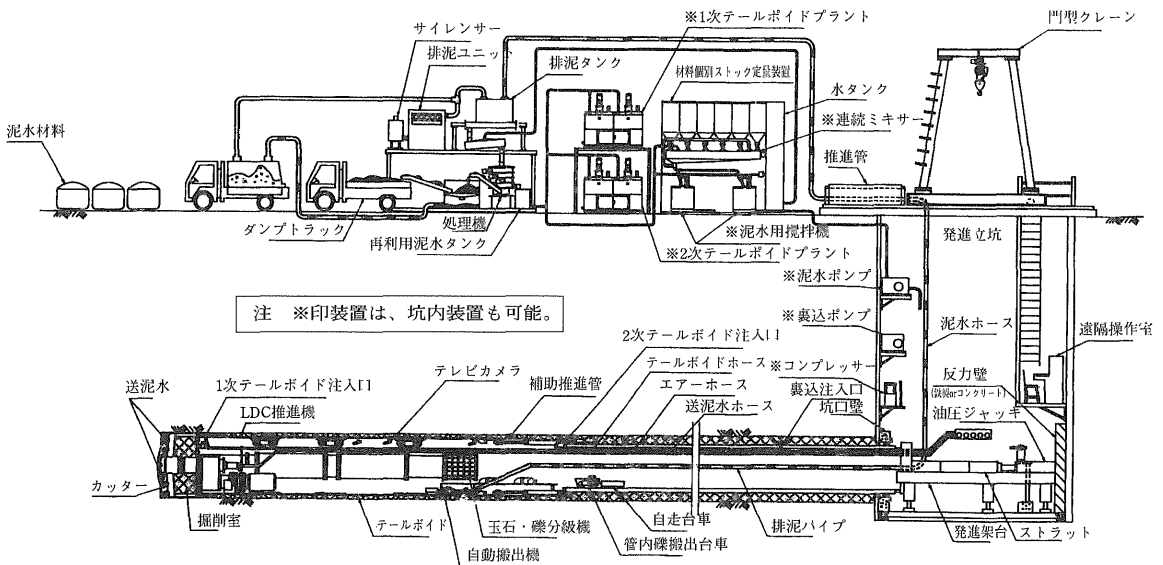
- (1) 推進延長が長距離である。
- (2) 土質はシラス層が主体であるが、一部、熔結凝灰岩層を通過する。
- (3) 土かぶりが深い。

長距離推進に対する実績、経済性ならびにカーブ推進区間での施工性を考慮し、

超泥水加圧推進工法を採用した。超泥水加圧推進工法は、地山掘削土砂と送泥水が混合攪拌されてできる液状体（超泥水）を利用して切羽とテールボイドの安定をはかる工法である。カッター攪拌室で生成された超泥水をオーバーカットされたテールボ

イドに充填加圧し、切削面の崩壊を積極的に防ぐとともに推進管と地盤との直接接触を防止し、管と地盤との摩擦抵抗力を極端に小さくさせることで、著しく小さい推進力で施工できることが一つの特徴となっている。

図3 超泥水加圧推進工法



#### 4. 推進管とクッションリング

推進管は、多くの実績があるU形ダクタイトイル推進管を使用した。推進管は先頭管を除き、すべて植え込みボルトレスのものを使用した。推進管の管種選定にあたっては、元押し推進力を以下の式により求め、管の許容推進力を考慮して4種管に決定した。

$$F = F_0 + R \cdot S \cdot L = 337.4 \text{tf} < 820 \text{tf}$$

(4種管の許容推進力)

- F : 元押し推進力 (tf)
- F<sub>0</sub> : 初期抵抗力 (=8.2tf)
- R : 管周面抵抗力 (=0.2tf/m<sup>2</sup>)
- S : 管外周長 (=3.952m)
- L : 推進長 (=416.48m)

また、カーブ区間の推進管の管長は、曲率

半径から求まる継手位置での屈曲角が施工余裕をみて、U形継手の許容屈曲角の半分に収まるよう、次式から2.9mに決めた。カーブ以外の区間では、管長6mの管を使用した。

$$L = 2 \cdot R \cdot \sin(\theta / 2) = 2.9 \text{m}$$

L : 管長 (m)

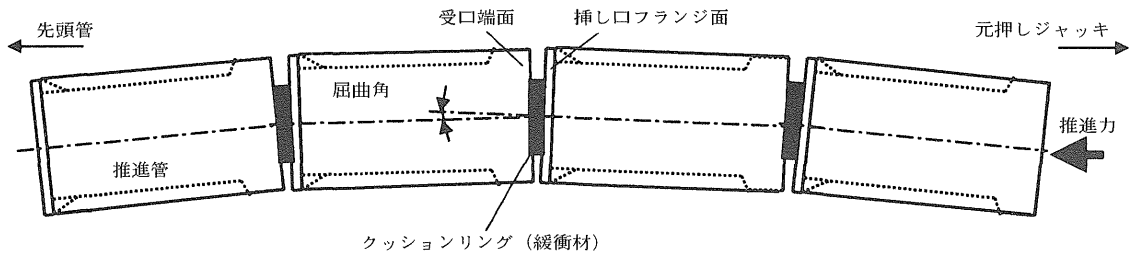
R : 曲率半径 (=200m)

θ : 継手の曲げ角度 (=0.83° U形継手の許容屈曲角1.66°の半分)

カーブ推進区間の継手には、次の2つの目的から図4に示すようなクッションリングと呼ばれる緩衝材を挿し口フランジ面と受口端面との間に装着した。

- (1) 推進力による応力集中の緩和
- (2) 先導管に対する追従性の向上

図4 カーブ推進区間のクッションリングの配置



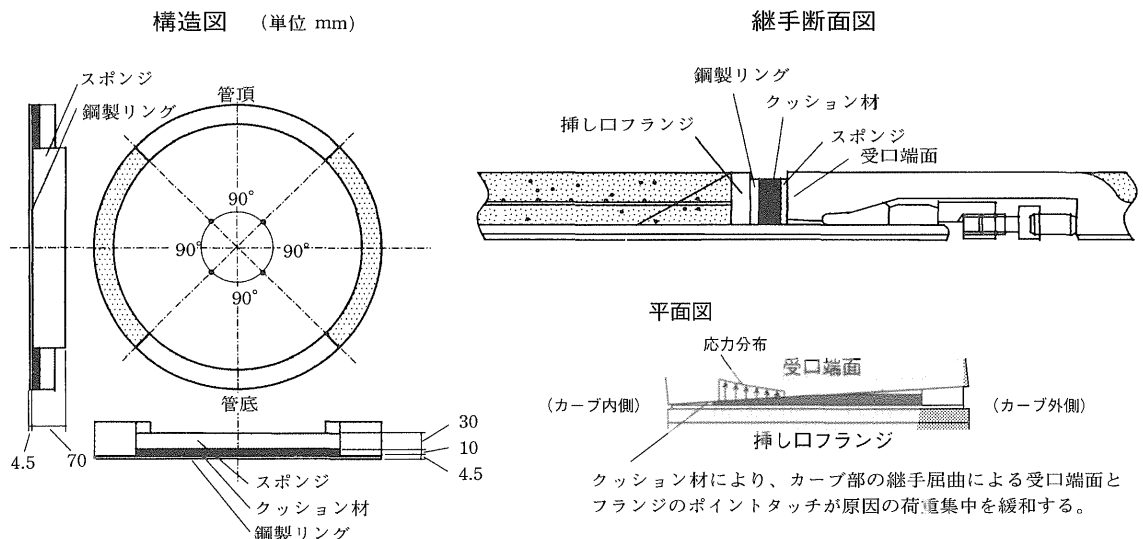
クッションリングは、図5の構造図に示すように3つの部品から構成されている。それぞれの材質と機能について表2に示す。また、クッションリングのセットは、図5の継手断面図に示すようにあらかじめ挿し口側に預け入れておき、立坑内の発進架台上でクッション材が上下に配置されるように調整して継手接合を行った。

ダクタイトル推進管の許容抵抗力は、継手に屈曲が生じると推進力伝達範囲が円周上の一部に集中し、応力集中が発生して低下する。この低下量は、継手の屈曲角の大きさに影響され、屈曲角が大きいほど許容抵抗力からの

低下量は大きくなる。

このクッションリングは、継手の屈曲により生じる応力集中をクッション材の変形により分散、低下させる。一方、水平面内のカーブ推進では、クッション材を上下に配置することにより、推進力伝達範囲を円周上の2カ所に分散する。その状況を図5の平面図に示す。また、図6に示すように、推進力伝達部と管中心軸との距離がクッションリングがない場合に比べ小さくなり、推進力の伝達によって生じる継手を真っ直ぐに戻そうとする偶力が小さくなり、先導管に対する追従性が向上する。

図5 クッションリングを用いた継手接合状態

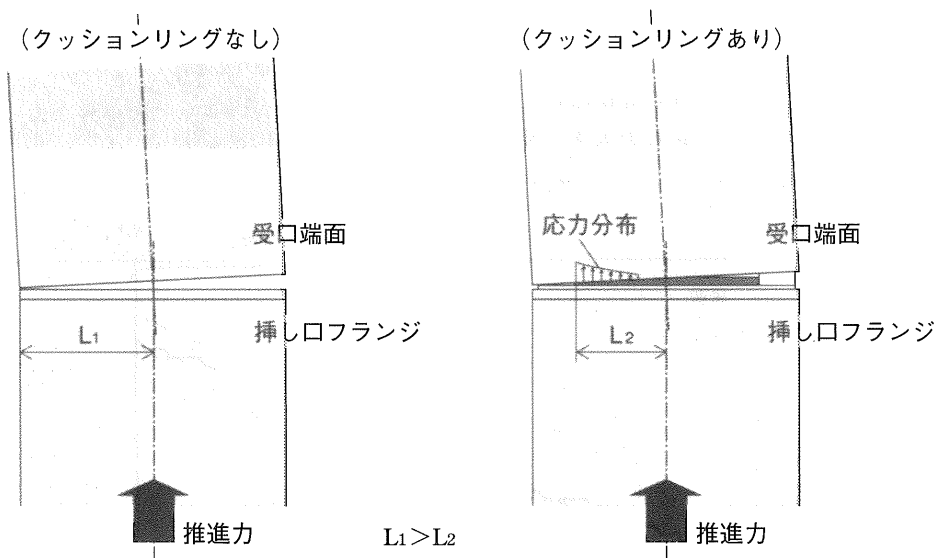


クッション材により、カーブ部の継手屈曲による受口端面とフランジのポイントタッチが原因の荷重集中を緩和する。

表2 クッションリングの構成部品

名称	材質	機能
クッション材	スチロール樹脂	屈曲による推進力の集中を、クッション材の変形によって緩和する。
スポンジ	発泡ウレタン	継手の開口側に土砂が侵入するのを防止する。 継手圧縮側では2mm程度に圧縮される。
銅製リング	SS 400	クッション材やスポンジをリング形状に保持する。

図6 推力伝達部と管中心軸との距離



## 5. 施工結果

施工結果の概要を表3に示す。

表3 推進結果の概要

推進日数	39日 (11月11日～12月21日、うち2日間休み)
平均日進量	約9m/14時間
到達精度	上下 -12mm (下) 左右 5mm (左)
最大推進力	310tf
継手ローリング量	最大 0.9°
継手屈曲角度	最大 1.50°

### (1) 日進量

日進量は約9mと、他の直線部のみの工区とほぼ同程度の結果となった。これは、2.9m管の接合時においても6m管用の発進立坑のスペースを利用して、2本1組として接合、推進する

ことで、段取り替えの時間を最小限とする工夫によるところが大きい。また、クッションリングは、重さ約9kg程度であり、立坑投入前に地上で挿し口フランジ部に容易に人力で装着することができた。

### (2) 施工精度

施工精度確保のため、直線部では常時レーザー測量を行い、先頭の推進機械部でオペレータが修正ジャッキを操作し、方向を制御した。また、カーブ区間においては、推進距離50cmごとに測量を行い、推進線形の正確を期した。カーブ推進区間においてやや蛇行がみられるものの、全継手とも継手の許容屈曲角の範囲内に収まった。

### (3) 推進力

推進力は、図7に示すように、計画推進力に沿い、ほぼ推進延長に比例する形で推移した。途中に大きな土質の変化はなく、また、カーブ区間により推進力が大きく変化するこ

ともなかった。最大推進力は、310tfと計画推進力の337.4tfを若干下回った。

写真1 発進立坑

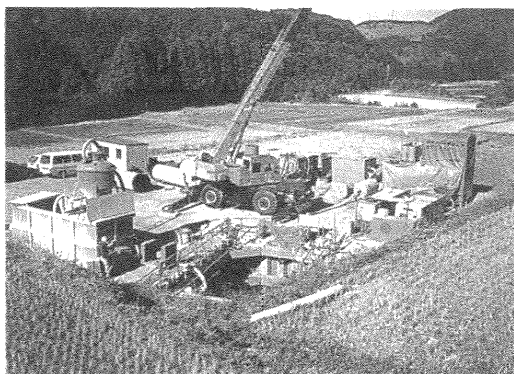
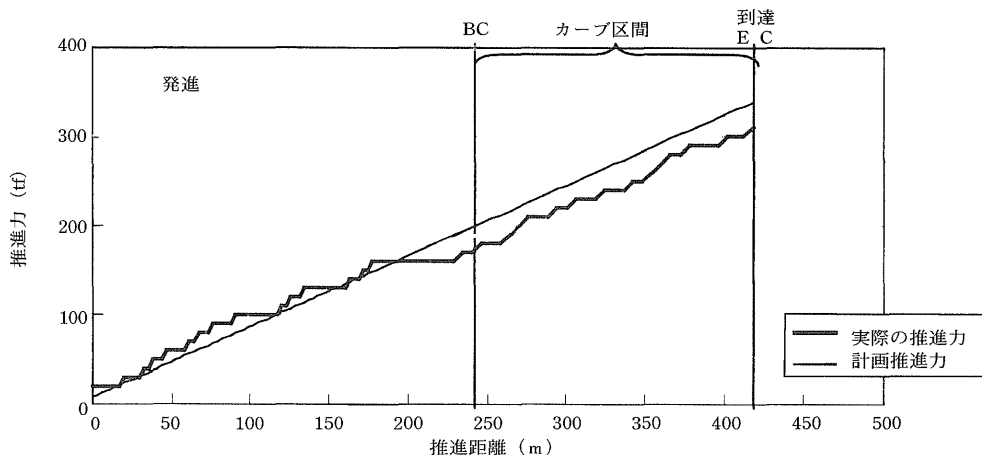


図7 推進力の推移



### (4) クッションリング

推進中にクッション材がどのように変化するか、表4に示すように3回にわたり調査した。調査方法は、クッションリングを装着した全継手（63ヵ所）の胴付間隔を管内から測定し、図8に示すように、あらかじめ測定したZ'寸法とP寸法から逆算して、推進時のクッション材厚さを推定した。クッション材厚さ（図9に示すカーブ内側位置の厚さ）と推進距離、継手屈曲角の関係を図10と図11に示す。なお、図10のBC点付近でクッション材厚さが急増した点がいくつか見られるが、これらの継手ではカーブと逆方向に屈曲し、クッション材と受口端面の

間の空隙が逆算した厚さに含まれたためと考えられる。

写真2 推進状況

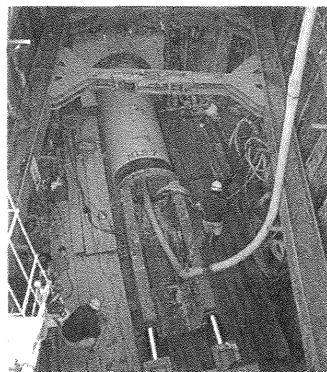


表4 クッションリングの調査時

測定時	時期	測定日	推進本数	推進距離	推進力
1回目	先頭管がBC点に到達する直前	12月 1日 (火)	69本	247m	160tf
2回目	先頭管がEC点に到達する前	12月17日 (木)	97本	390m	290tf
3回目	到達後	12月28日 (月)	102本	424m	310tf

図8 クッション材厚さの推定 (単位 mm)

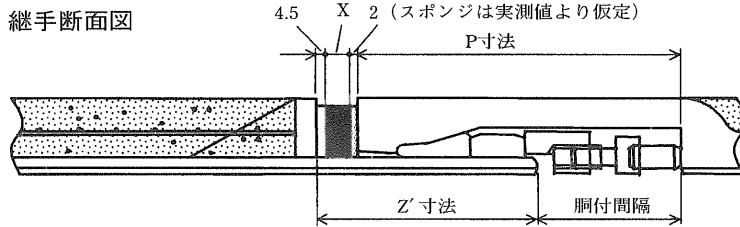


図9 カーブ内側位置のクッション材厚さ

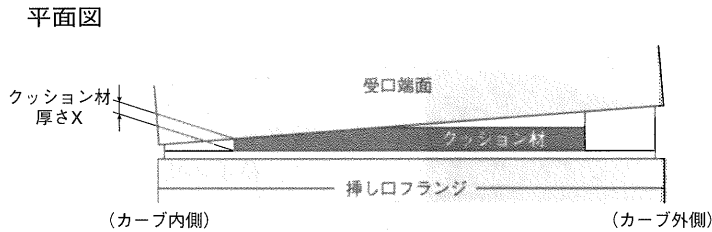


図10 推進距離とクッション材厚さ

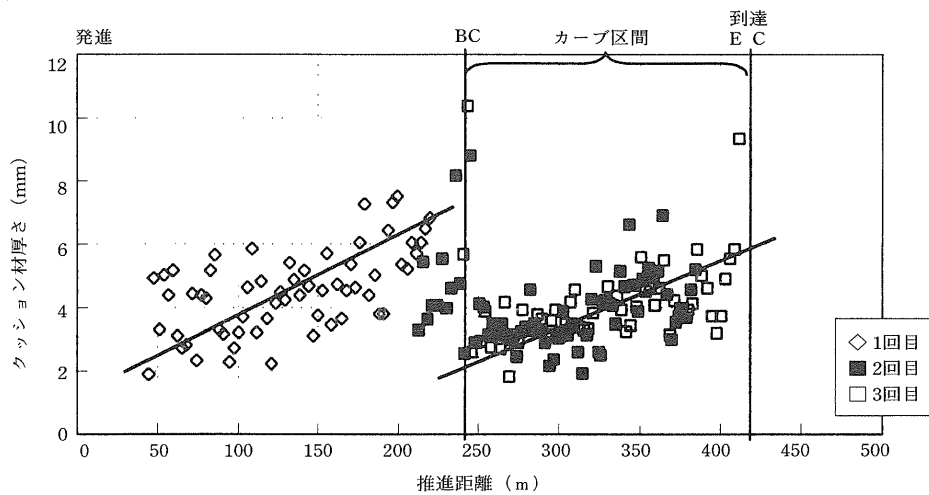




図11 継手屈曲角とクッション材厚さ

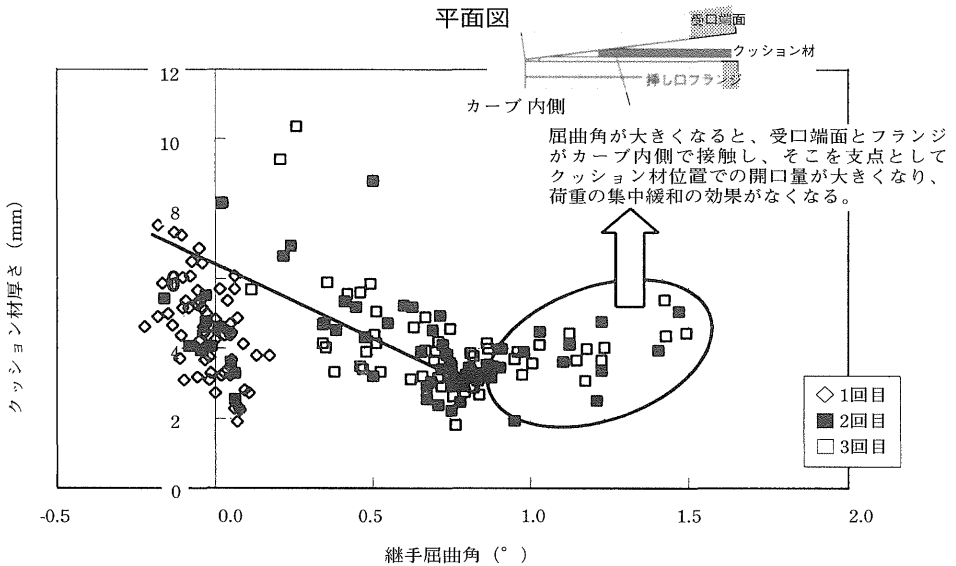
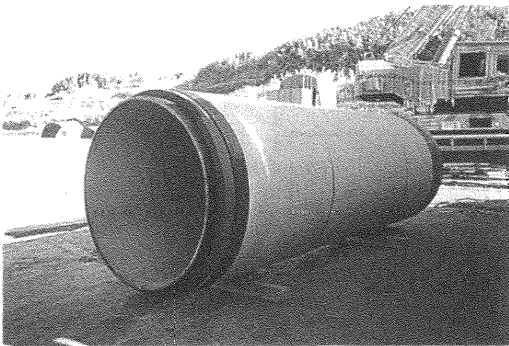


写真3 クッションリングを預けたU形ダクタイトル推進管



調査の結果、次のことが判った。

- ・ 図10より先頭の推進機械から発進立坑に向けて、各継手位置での推進力が増加するに従い、クッション材厚さも減少していた。
- ・ 図11の2回目の結果より、BC点通過直後にクッション材厚さが階段状に減少していることから、継手屈曲による応力集中をクッション材の緩衝作用で円周方向に分散させていると推測される。
- ・ 図11の2回目と3回目の結果から、継手の屈曲角が増加するに伴い、クッション材が圧

縮され、応力緩和に有効に作用していた。ただし、設計値（許容屈曲角の半分）以上に継手が屈曲すると受口端面とフランジがカーブ内側で直接接触し、そこを支点としてクッション材位置での開口量が大きくなり、荷重の集中緩和の効果なくなっていた。施工時の屈曲角度の誤差を考慮すると、さらにクッション材の厚さを厚くするなどの配慮が今後は必要であろう。

#### (5) ローリング量

ローリング量は、表4に示す1回目の調査時に、継手上部にテープで合いマークを付け、3回目の調査時に、合いマークのずれ量を計測し、角度に換算したものである。継手のローリング量と推進距離の関係を図12に示す。

先頭マシンでは、ローリング防止のため、常にマシンの水平を観察しながら、カッターの回転方向を正逆反転して推進した。その結果、ローリング量は、最大でも1°に満たないわずかなものであった。また、カーブ区間の影響で継手がローリングする傾向も見られなかった。ローリング量が小さいことから、クッション材の配置は施工中においても計画通り維持できていた。

図12 推進距離とローリング量

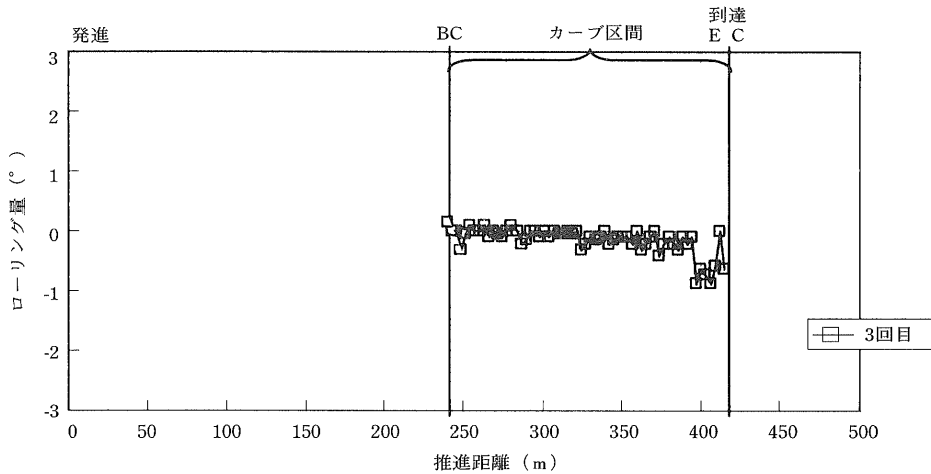


写真4 到達立坑での先頭管

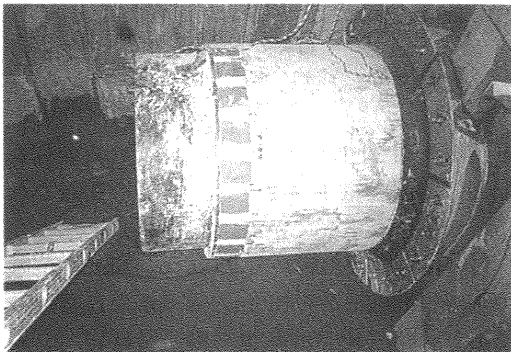
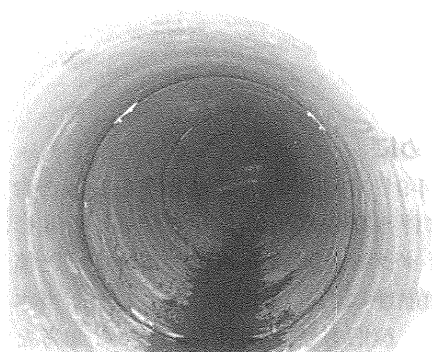


写真5 カーブ部の推進管内状況



先頭管のみ、ローリング反力をとる目的で植え込みボルトタイプ推進管を用い、推進機械の植え込みボルトをフランジ穴に通して、ナットは取り付けずに施工した。

## 6. おわりに

今回の田之浦幹線水路呼び径1100mm推進工事の第6工区では、長距離で曲率半径200mのカーブがある難易度の高い推進工事であったにもかかわらず、超泥水加圧推進工法とダクタイル推進管（クッションリングを含む）の組み合わせで、安全、确实、短期間での工事を実現できた。

また、クッションリングの調査についても、カーブ推進工法におけるクッション材の効果と課題をある程度定量的に捉えることができたものと考えている。

長距離・カーブ推進の推進工事が多くなりつつあるなか、本報告が関係各位の設計施工の一助となれば幸いである。