

# 農業用水用ダクティル鋳鉄管（AL1種）の 現地施工について

札幌開発建設部 札幌南農業事務所 第1工事課

○石田 咲子  
正野 俊晃  
河田 雅博

農業用パイプラインの施工において材料強度の高いダクティル鋳鉄管（AL1種）は、管体土工を簡素化することにより、コスト縮減のほか、将来の補修・更新整備が容易になると考えられている。本報告は、道央用水（三期）地区のパイプライン工事において、当該管の現地施工を実施した事例を紹介する。

キーワード：基礎技術、設計・施工

## 1. はじめに

国営かんがい排水事業「道央用水地区」は、夕張川と千歳川流域に拓けた6市5町にまたがる29,010haの水稲作を中心とした農業地帯である。地域の用水施設は、代かき期間の短縮、深水かんがいに必要な用水が確保されておらず、また、施設の老朽化が進行している。

このため、新たに建設された夕張シューパロダム及びクォーベツダムを水源として、「道央用水（三期）地区」において、川端ダム頭首工から取水し安平川及び千歳川に農業用水を供給する道央注水工の整備や頭首工の改修、揚水機場及び用水路の整備等を行っている。

このうち、本発表の施工現場である幹線用水路は、長沼町等の農地約2,000haへ農業用水を供給することを目的とした延長約3kmの用水路である。

## 2. 目的

道央用水（三期）地区のパイプラインは、通水量や水圧、現地条件をもとに経済比較を行い、管径・管種を選定し工事を実施しており、ダクティル鋳鉄管のうち低圧部は、DD種を活用してきたところである。

しかしながら、近年、他県においてDD種より安価な工法として、AL1種の採用事例が生じている。

AL1種は、管厚を厚くし材料強度を増すことで、現地発生土を活用した埋め戻しが可能となるものであり、土工断面を小さく出来ることから、施工コスト縮減と工期短縮を図ることができ、地区完了後の補修、更新整備が容易になると考えられる。

しかしながら、AL1種については、当地区のような積雪寒冷地や軟弱地盤における施工実績が少ないことから、現地において、従来管種の施工と併せてAL1種の比較施工を行い、その安全性や施工性について検証を行うものである。

## 3. ダクティル鉄管（AL1種）の特徴

AL1種は、従来管に比べて厚肉で材料強度が高いものであるため、基礎部に良質土を用いることなく現地発生土で埋戻しが可能となるほか、土工断面を従来よりも狭くすることが可能となり、DD種で施工する場合に比べて、経済的に有利になると考えられているものである。

表-1 AL1種とDD種の構造比較

管種	呼び径	管厚	重量	内面塗装
AL1種	1,000mm	15mm	2,160 (kg/6m)	シリカエポキシ樹脂 塗装
DD種	1,000mm	9mm	1,842 (kg/6m)	モルタルライニング

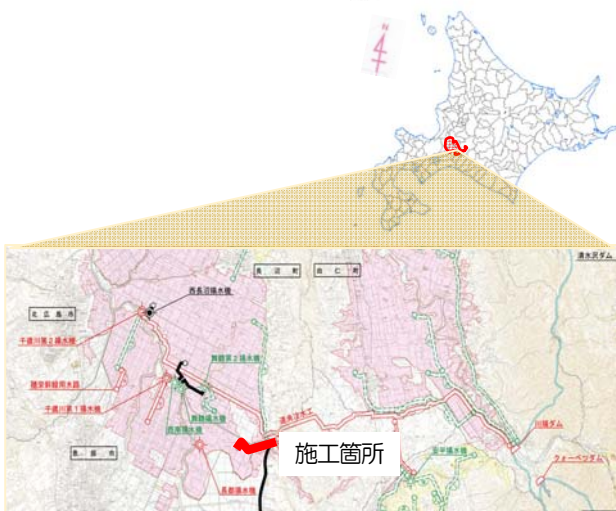
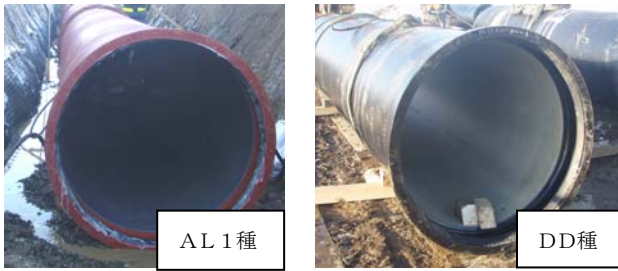


図-1 現地施工位置図



AL1種

DD種

AL1種のメリット

AL1種は、従来管に比べ厚肉とし強度を高めたものであり、管材料費は高いが

- ・基礎部を発生土による埋戻しが可能であること
- ・良質土を使用しないため、土工断面を狭くできること

などから、工事費の低減や工期の短縮が期待できる。

AL1種と従来断面比較イメージ図 (φ300、土被り600)

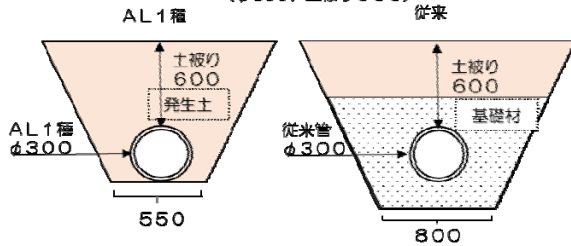


図-2 AL1種の特徴

4. 施工断面の検討

従来工法であるDD種では、現地の地質等を踏まえ、管底500mmから管頂までを砕石基礎、管頂からは購入土で施工することとしており、掘削深3,541mm、施工幅5,449mmとなっている。

一方、AL1種は本来、管底を直接基礎とするものであるが、今回は沈下防止シート布設のため、管底200mmの基礎を施工し、耕地として使用するため地表面から1,000mmまでは購入土で施工する。それ以外は現地発生土による埋め戻しとしており、掘削深3,241mm、施工幅5,199mmとDD種に比べて掘削深300mm、施工幅で250mm断面が小さくなっている。

なお、現地発生土は、火山灰質砂及び腐植土で構成されており、含水比が48%と高いことから、事前に行った室内試験結果に基づき、締め固め70%を施工管理の基準として、実施することとした。

これにより、AL1種は、DD種に比べ、管材料費は高価になるものの、断面の縮小、基礎材置き換えの減、発生土処理量の減などから、DD種の施工費を100%とした場合AL1種の施工費は92%となり、土工費が安価になることで、施工費合計ではDD種に比べて約8%安価となっている。

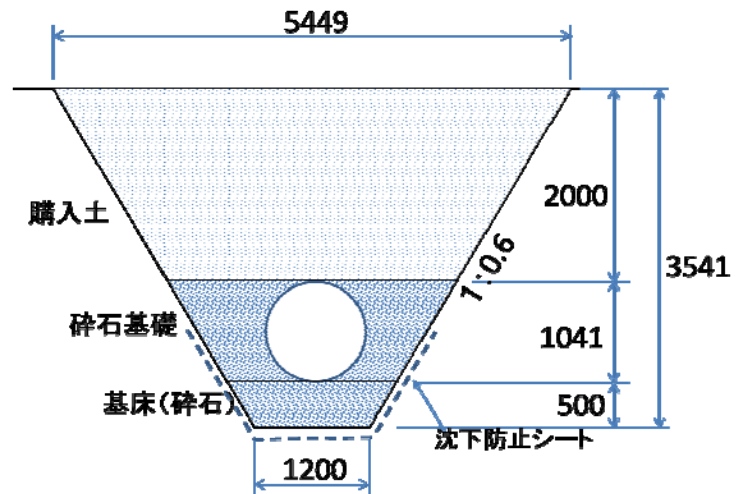


図-3 DD種の施工断面

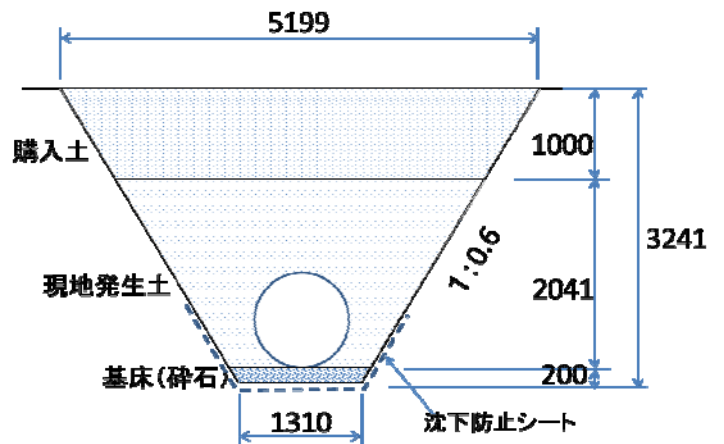


図-4 AL1種の施工断面

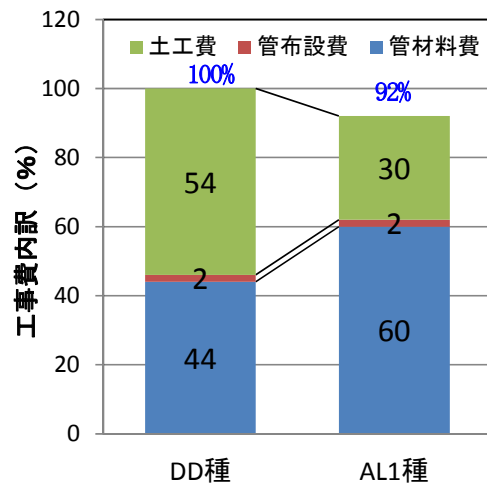


図-5 AL1種とDD種の施工経済性比較

## 5. 試験方法

### (1) 計測箇所とスケジュール

試験施工におけるAL1種の施工範囲は30m区間（6m×5本）とし、比較対照区をDD種の18m区間（6m×3本）にも設け、中央の1本を供試管として、ひずみ計測をもとにした許容応力の確認、施工時のたわみ率の測定を行うとともにAL1種には土圧計を設置し、設計土圧の検証を行うこととした。

また、軟弱地盤への対応として、沈下量について検証するとともに、施工方法が変わることから施工性についても検証した。

試験施工は、平成28年12月5日から9日にかけて実施し、施工中は埋戻しによる影響等を把握するため、①管頂まで、②管頂+1.0mまで、③地表までの3段階に区分して、ひずみ、鉛直土圧、管の沈下量等の計測を実施した。

また、施工後の時間経過や積雪、凍結融解、通水による影響等を把握するため、表-2のように、通水後1年（平成30年4月）まで計測することとしている。

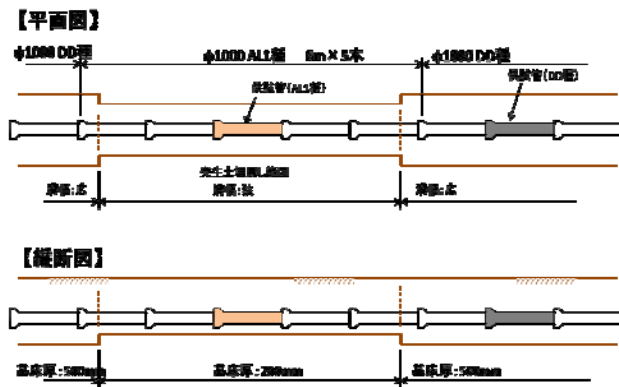


図-6 AL1種及びDD種の施工範囲（平面・縦断面図）

表-2 観測スケジュール

観測項目		ひずみ	鉛直土圧	管高 (沈下量)	備考
施工中	管布設後	ゼロ点		ゼロ点	H28.12中旬
	埋戻し後① (管頂まで)	○	ゼロ点	○	
	埋戻し後② (管頂+1.0m)	○	○		
	埋戻し後③ (地表まで)	○	○	○	
長期的 変化	埋戻し1ヶ月後	○	○	○	H29.1中旬
	埋戻し2ヶ月後 (積雪時)	○	○	○	H29.2中旬
	通水後	○	○	○	H29.4下旬
	埋戻し1年後	○	○	○	H29.12中旬
	通水1年後	○	○	○	H30.4下旬

### (2) 計測項目

#### ① 許容応力の確認

AL1種、DD種ともに、供試管の円周方向32箇所のひずみを計測し、測定したひずみの最大値から応力を求め、発生した応力値と許容応力とを比較することで管の構造安全性を検証した。

なお、ひずみゲージについては、工場において管に貼り付け、ケーブルを付けた状態で搬入し布設するとともに、小型の物置を設置しケーブルを収納し、積雪等の影響を受けずにデータの計測が可能となる状況とした。

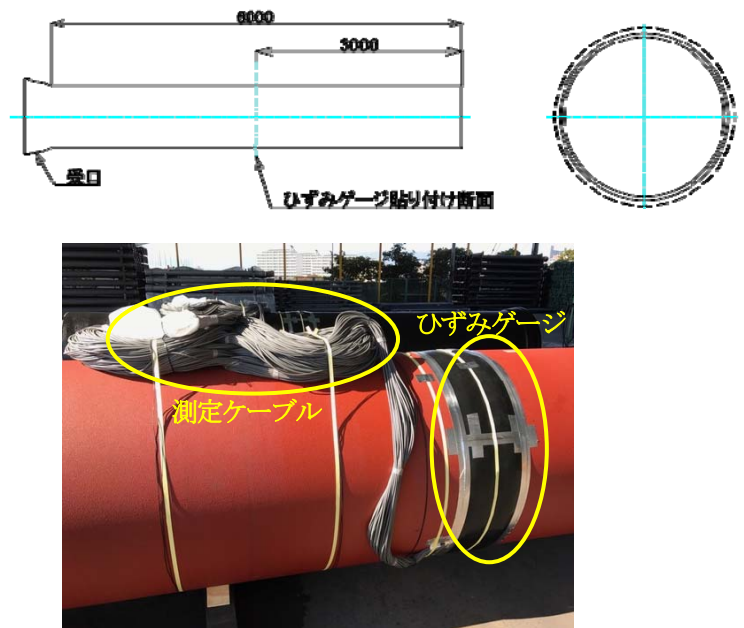


図-7 ひずみゲージ設置状況

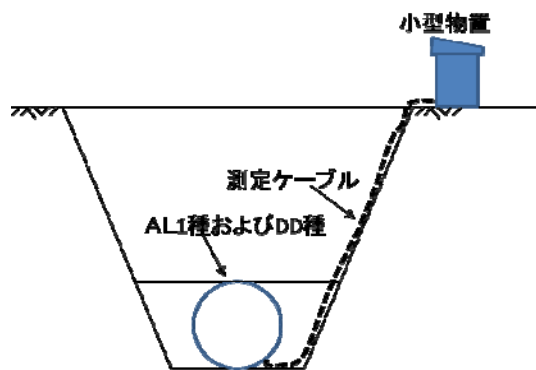


図-8 計測機器の設置・格納状況



## ② 設計土圧の検証

AL1種において、設計値の確認及びその後の変化を確認するため、鉛直土圧を計測することとした。

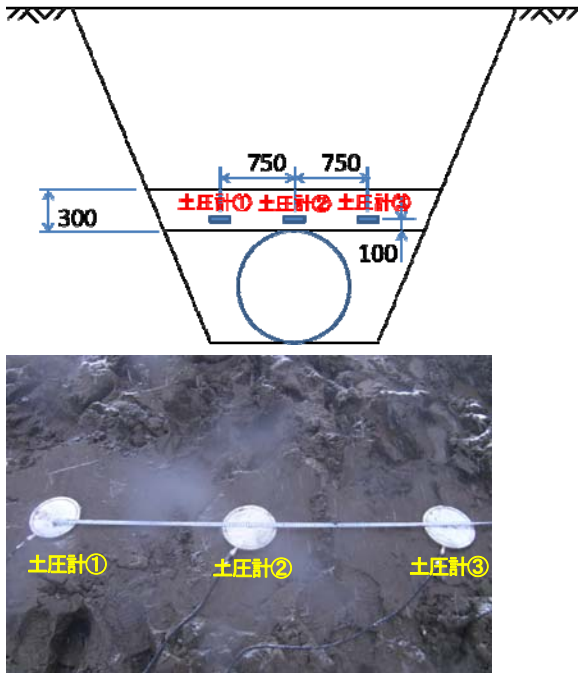


図-9 土圧計の設置状況

## ③ たわみ率の検証

AL1種及びDD種において、埋戻し完了時にたわみ率について計測し、設計たわみ率以下であることを確認する。

なお、施工完了後のたわみ率の経時変化については、ひずみ分布をもとに推定することとした。



図-10 たわみ率の計測状況 (AL1種)

## ④ 沈下量の検証

当地区は軟弱地盤であり、表-1に示すようにAL1種はDD種に比べて重量が重いことから、沈下量についても図-11に示すようにAL1種区間で3箇所、DD種区間においても3箇所計測し、沈下傾向を分析する。

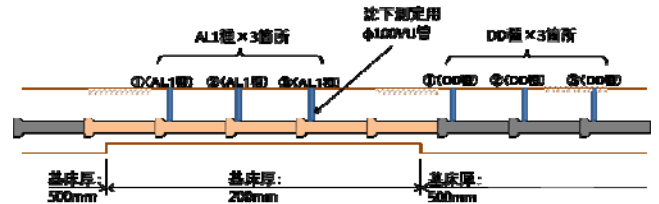


図-11 沈下測定管の設置状況

## ⑤ 施工性の確認

AL1種区間とDD種区間の施工性を比較検証するため、掘削、沈下防止シート、基床、管布設、埋戻しの作業毎に時間を計測することとした。

## 6. 施工状況

試験施工の区間については12月5日より掘削を開始し、12月7日から9日にAL1種及びDD種の布設、計測を行っており、その状況写真を図12~13に示す。



図-12 AL1種、DD種 管布設状況



図-13 AL1種 管側部埋戻し状況

## 7. 施工中の試験結果および考察

### (1) 許容応力の確認

管布設時をゼロ点とし、埋戻し過程の円周方向ひずみについて、図-14に示す。

管頂までの埋戻し時には、いずれも若干縦長方向への変形が認められる。その後の土被り増加に伴って横長方向への変形が進み、埋戻し完了時の最大曲げひずみは、AL1種では管底部で $210 \times 10^{-6}$ 、DD種では管頂部で $326 \times 10^{-6}$ と発生土で埋め戻したAL1種の方が最大ひずみは小さかった。

また、ひずみ量にヤング率を乗じることで、発生応力を求めることができ、その式を以下に示す。

$$\text{発生応力}(\sigma) = \text{ひずみ}(\varepsilon) \times \text{ヤング}(E) \times 0.7$$

ダクタイル鋳鉄管のヤング率 ( $E$ ) =  $1.6 \times 10^5 \text{N/mm}^2$  であることから、発生応力は、AL1種で $23.5 \text{N/mm}^2$ 、DD種で $36.5 \text{N/mm}^2$ となっており、ダクタイル鋳鉄管の許容応力 ( $\sigma_{\text{max}}$ )  $189 \text{N/mm}^2$ の12%、19%と、いずれも十分な構造安全性を有していると言える。

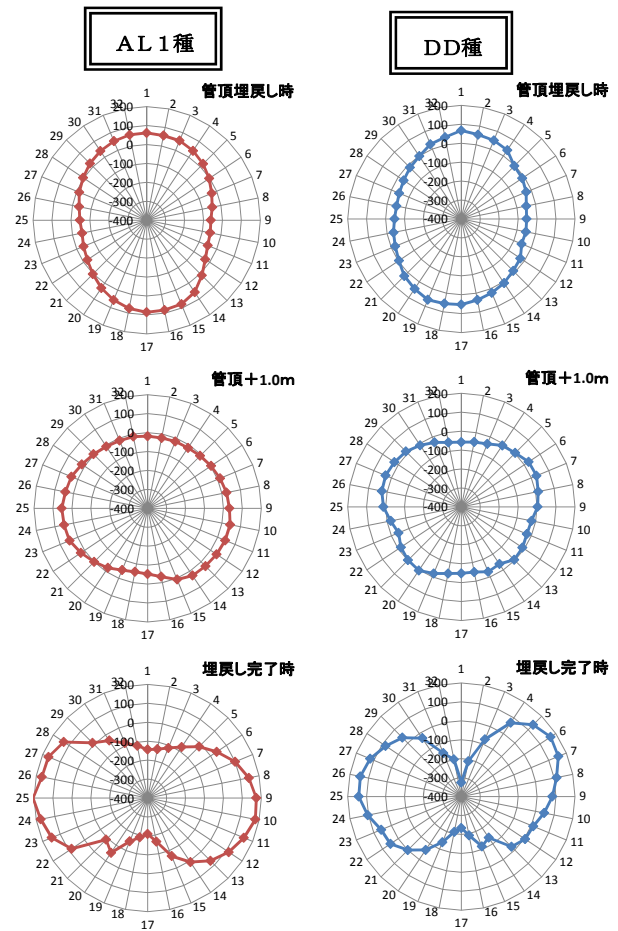


図-14 管のひずみ分布

### (2) 設計土圧の検証

AL1種の鉛直土圧について、管頂埋戻し時をゼロ点とし、管頂+1.0m埋戻し時、埋戻し完了時の鉛直土圧について、図-15に示す。

土被りに応じて土圧は増加し、管頂部(土圧計②)がやや大きい分布を示しているが、埋戻し完了時には設計土圧 ( $36 \text{kN/m}^2$ ) と同程度の鉛直土圧が計測された。

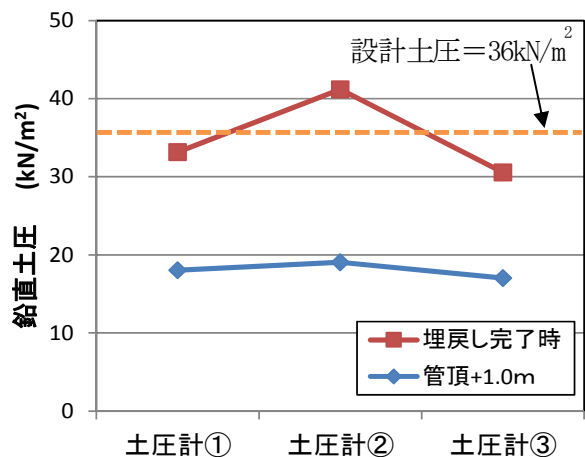


図-15 AL1種における鉛直土圧分布

### (3) たわみ率の検証

埋戻し完了時に管内面から供試管のたわみ率を測定した結果、たわみ率はAL1種で約0.3%（水平たわみ1,014mm、内径1,011mm）とDD種よりも低く、設計たわみ率3%と較べても十分に安全な値であった。

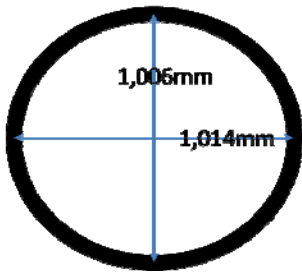


図-16 AL1種におけるたわみ率の検証

### (4) 沈下量の検証

管布設時をゼロ点とし、管頂埋戻し時、埋戻し完了時の管の沈下量について、図-17に示す。

管頂埋戻し時の沈下量はいずれも5mm以下、埋戻し完了時（土被り2.0m）の沈下量は25mm前後であり、AL1種とDD種に大きな違いは認められない。

なお、③（DD種）は、今回の計測時には埋戻しが完了せず欠測となったが、埋戻し完了後時に計測する予定である。

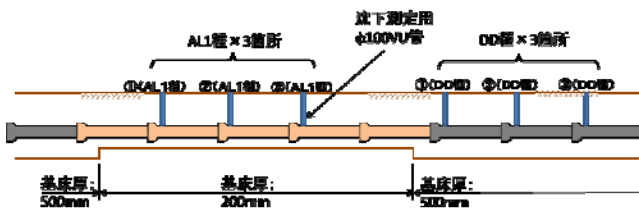
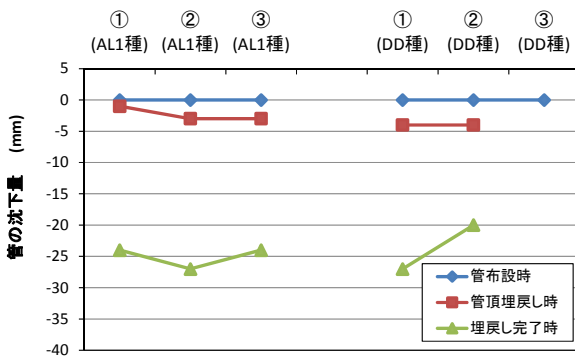


図-17 管の沈下量

### (5) 施工性の比較

AL1種とDD種の延長1mあたりの施工時間を図-18に示す。掘削と管布設に要する時間は両者同等であったが、基床と埋戻しの施工時間が大幅に短縮された結果、合計時間はDD種の85分に対して、AL1種では62分と

なり、施工時間が約3割短縮された結果となった。

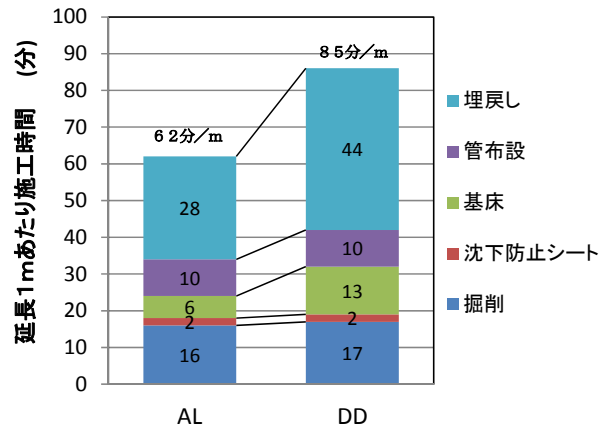


図-18 施工時間の比較

## 8. まとめ

今回、実施したAL1種の現地施工においては、現地発生土による埋め戻しでも十分な構造安全性を有することが確認できた。

AL1種は、管強度が高いこともあり、ひずみ、たわみ、発生応力等の各項目においてDD種と同等以上であるとともに、DD種に比べて施工時間の短縮に繋がるなど良好な結果が得られた。また、管重量が重いことで懸念された管の沈下についても、沈下防止シートを敷設したことにより、埋戻し時点ではDD種と大差ない状況であった。

今後は、積雪や凍結、融解、通水等の影響を検証するため継続して観測を行い、長期的な安定性についても検証する予定である。

謝辞：本実験の計画実施にあたり、国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チームにご指導・ご助言を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」(農業農村工学会)