

厚幌導水路の復旧工事における施工計画

室蘭開発建設部 胆振東部農業開発事業所 ○平山 宏次郎
阿部 信宏
春田 恵太

平成30年北海道胆振東部地震で被災した厚幌導水路は、本年度から復旧工事に着手している。復旧工事に際して、短期間で被災区間の特定、復旧工法の設計を行っており、現場に合わせた施工方法と施工管理計画について工事の中で検討する必要があった。本稿では、厚幌導水路の復旧工事における施工方法や施工管理計画の検討内容について報告する。

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、災害復旧、農業用パイプライン

1. はじめに

平成30年9月6日に発生した「平成30年北海道胆振東部地震（以降、胆振東部地震）」では、厚真町、むかわ町、安平町において多くの農業水利施設が被災した。事業実施中の国営かんがい排水事業「勇払東部地区」（図-1）で整備した厚幌導水路では、広範囲に渡り被災し、特に泥炭などの軟弱地盤の区間で被害が顕著であった。

本稿では、今年度実施した厚幌導水路の復旧工事における施工方法や施工管理計画の検討内容について報告する。

2. 国営かんがい排水事業 勇払東部地区の概要

国営勇払東部土地改良事業は、北海道の胆振地方東部に位置する勇払郡厚真町および同郡むかわ町を受益（3,290ha）とする。本地域の農業は、水稻を中心として、水田の畑利用等による小麦、大豆、野菜等を組み合わせた営農体系を主としている。

本地域の農業用水は、従来、厚真川とその支流河川ならびに国営厚真土地改良事業（昭和37～46年度）で造成した厚真ダムに依存し、同事業とその関連事業によって整備された頭首工、揚水機および用水路などの農業水利施設により利用されてきた。しかし、近年は、河川流況の不安定化、営農の近代化のための用水不足、さらに、用水施設の経年劣化や維持管理費用の増大など、農業経営に係る諸問題が顕在化していた。

このため、本事業では、厚幌導水路等の用水施設および幹線排水路の整備を行い、関連事業において造成される厚幌ダムに新たな水源を求め、支線用排水路等の整備やほ場の大区画化など区画整理を行うことにより、農業用水の安定供給、用水管理の合理化および排水の向上を図り、農業生産性の向上および農業経営の安定に資するものである。



図-1 勇払東部地区 被災箇所

3. 厚幌導水路の概要

厚幌導水路は、厚真ダムと厚幌ダムで確保した農業用水を地区全体受益の約2/3に相当する2,011haの水田に用水共有を行う幹線用水路である。

延長は約29kmであり、口径2200～900mmの強化プラスチック複合管（以下、FRPM管）を主とするオープンタイプのパイプラインである。導水路の高位部には14箇所の分水工（開水路）が配置され、支線用水路、末端用水路を通じて受益水田に用水供給される。

厚幌導水路の路線位置は、厚真川左岸の河岸段丘と沖積低地を東西方向に通過した後、南北方向に丘陵地を縦断している。

4. 厚幌導水路の復旧方法

本事業は災害復旧事業であるため、原型復旧が原則となる一方で、従来施設通りの効用が求められる。泥炭性軟弱地盤区間において、現況工法と同じ柔構造継手管路を敷設するには地盤改良の費用が高く農作物への影響も懸念されたため、経済性に優れた鎖構造継手管路（S型ダクティル鋳鉄管）を採用した。

なお、S型ダクティル鋳鉄管は、強度低下を引き起こした地盤の変異に追従するとともに、継手の離脱防止に対応しており、災害防止の観点や復旧早さ、施工実績も優れている。

5. 既設管の処分方法

本年度の厚幌導水路復旧工事は既設管撤去から行った。災害復旧区間の大部分はFRPM管が埋設されており、撤去後の処分方法を検討する必要があった。

FRPM管は資源化可能なプラスチックが主材であるが、ガラス繊維やモルタルを含んでいるため混合廃棄物として処分する必要があり、受け入れ先が限定された。

近傍の処分場は口径2000mm、管長6mの大口径管をそのまま受け入れることができず小割にする必要があった。

そこで、現場での破碎が可能か判断するために先行工事で試験的に破碎作業を行った。当初は人力によるエンジンカッター切断を想定していたが、固い筒状の物体に刃を当てると跳ね返りの危険あり、時間や費用もかかることから、重機による破碎を選定した。破碎の際は散水や仮囲いによる飛散防止や、鉄板による養生を施した（図-2）。

破碎されたFRPM管は処分場受け入れを認められたため、各現場で飛散防止と養生を行い、FRPM管の処分を行った。

6. 石灰系固化材改良土の管理方法

基本事業で使用していた基礎材（切込砂利）について、液状化の検討を行ったところ、液状化に対する抵抗率を表すFL値が1未満であり、液状化の可能性があることが明らかになった。

そのため、基礎材の再検討を行った結果、他地域で採取出来る良質な切込砂利及び、本地域で採取可能な火山灰に石灰系固化材を添加した基礎材が使用可能であり、経済的に有利となる石灰系固化材を添加した火山灰を基礎材として使用することとした。なお、厚幌導水路の被害が顕著であった泥炭性軟弱地盤の区間においても、軽量の基礎材を採用することで、増加加重が軽減されることで沈下が抑制される。

液状化対策として採用した石灰系固化材を添加した火山灰の改良基準値は、切込砂利の締固め I の地盤反力係数 $e' = 2,000\text{kN/m}^2$ に相当する一軸圧縮強度 $qu=100\text{kN/m}^2$

（材齢 3 日）とし、室内試験結果より石灰系固化材の添加量を 30kg/m^3 として設定した。各施工現場においては、品質管理として通常の管路工事で実施する現場密度の測定に加え、一軸圧縮強度を管理する必要があった。

ここでは先行工事で実施した品質管理方法を報告する。当該工事では、特記仕様書で示した管理基準締固め度 $Dc=85\%$ 及び基礎材の一軸圧縮強度 $qu=100\text{kN/m}^2$ を管理するために試験盛土を行っている。

試験範囲は管体基礎部（基床部～管頂部+0.3m）で、盛土層厚 20cm、転圧回数をタンピングランマーまたは振動ローラーで 2・4・6 回行い、各転圧回数ごとに砂置換法による土の密度試験（ $\phi 15 : 1$ 孔/回）及び衝撃加速度試験（10 点/箇所）を実施し、転圧直後の締固め度と含水比及び衝撃加速度（I）を算出した。なお、衝撃加速度試験は転圧後 3 日（ $\sigma 3$ ）でも実施し、一軸圧縮強度を推定することを目的とした。

前段に実施した室内配合試験により、管理基準締固め密度 $Dc=85\%$ 以上を満足する $Dc=85\%$ 時の一軸圧縮強度を求めた結果 $qu=62.7\text{kN/m}^2$ となり、液状化対策のための一体化強度として必要な 100kN/m^2 を満足しない結果となった。

そのため、一軸圧縮強度 $qu=100\text{kN/m}^2$ を満足する締固め度を求めた結果、 $Dc=88.6\%$ となり、現場では $Dc=88.6\%$ 以上の密度管理を行うこととした。

ただし、密度試験は一軸圧縮強度を担保するものではないため、寒地土木研究所が開発し、固化材により改良した盛土材料の品質管理に広く用いられている「衝撃加速度試験」により、現場における一軸圧縮強度 qu を推定することとした。

衝撃加速度試験は、室内試験により求めた一軸圧縮強度と衝撃加速度の関係から、現場において迅速、簡易、安価に一軸圧縮強度を求める事ができる試験である。

室内試験結果より、当該工事で使用する基礎材料が一軸圧縮強度 $qu=100\text{kN/m}^2$ を満足するためには、「 $Dc=88.6\%$ 」時における衝撃加速度「 $I=81.4G$ 」以上が必要となる結果となったことから、これらを満足するための転圧方法を試験転圧結果より設定した。

表-1 に各転圧回数毎の Dc 、 I を示す。その結果、タンピングランマー、振動ローラーともに 4 回転圧をするこ

埋戻し材料	転圧機種	転圧回数	①現場密度 Dc			②衝撃加速度 I	
			乾燥密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	締固め度 (%)	転圧直後 (G)	転圧 3 日後 (G)
石灰系固化材改良土	タンピングランマー	2 回	1.126	26.7	84.0	39.7	61.2
		4 回	1.213	26.7	90.5	56.6	90.9
		6 回	1.250	26.2	93.2	70.5	99.9
石灰系固化材改良土	振動ローラー (ハンドタイプ)	2 回	1.114	26.0	83.1	36.2	56.9
		4 回	1.190	25.7	88.8	50.7	82.8
		6 回	1.208	26.6	90.1	54.6	87.9

表-1 転圧機種・回数毎の Dc 及び I

とで、 $D_c=88.6\%$ 以上、 $I=85.2G$ 以上満たす結果となり、4回転圧により施工を実施することとし、現場密度 $DC=88.6\%$ 、衝撃加速度 $I=85.2G$ を施工管理基準値として、これらを満足するよう施工管理を行った。

7. S型管継手の管理

胆振東部地震により、厚幌導水路では特に曲管部の継手離脱によって大きな被害が発生した。災害復旧にあたっては、泥炭性軟弱地盤層を中心に大きな伸縮性、可とう性および離脱防止機構を有するS形ダクタイル鉄管（鎖構造継手）を採用している。

S型管継手を管路屈曲部に用いる際、日本ダクタイル鉄管協会発行の「NS形・S形ダクタイル鉄管管路の設計」や「S形ダクタイル鉄管 接合要領書」1)に示された標準的な施工と異なる部分があることから、勇払東部地区における施工管理基準や配管ルールを日本ダクタイル鉄管協会と打合せのもとに設定した。

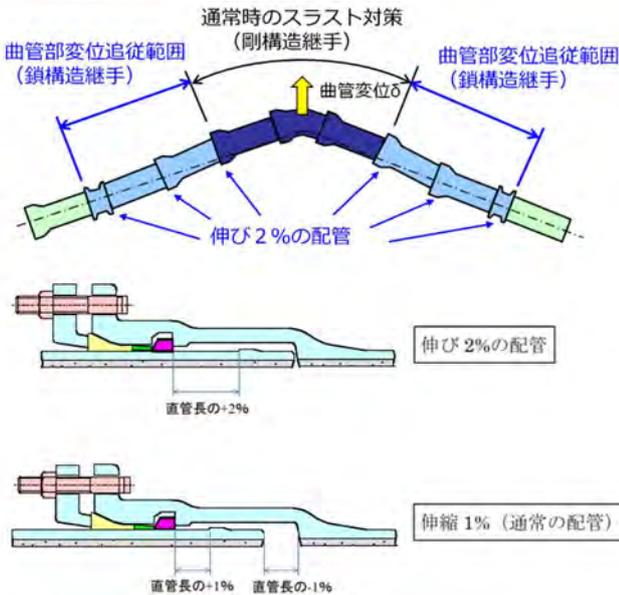


図-2 曲管部変位追従範囲内の継手施工

7.1 曲管部変位追従範囲内のS形継手の施工方法

S形継手の標準的な接合は、日本ダクタイル鉄管協会発行の「JDPAW01S形ダクタイル鉄管 接合要領書」1)に従って有効長の±1%の伸縮を確保した状態であるが、地震動において屈曲部に近いほど抜けだし量が大きくなる傾向であった。そのため、勇払東部地区の設計・施工において曲管部変位追従範囲内のS形継手は、曲管部の大きな地盤変位に対応するため、+2%の伸出しを確保することとした（図-2）。

呼び径1100～1500は通常のジョイント間隔 $Y=60\text{mm}$ 、呼び径1600～2600は通常のジョイント間隔 $Y=50\text{mm}$ としたディスタンスピースを用いて施工することで、+2%の継手伸び出し量を確保する（図-3）。

これに伴い、曲管部変位追従範囲内のS形直管の長さ

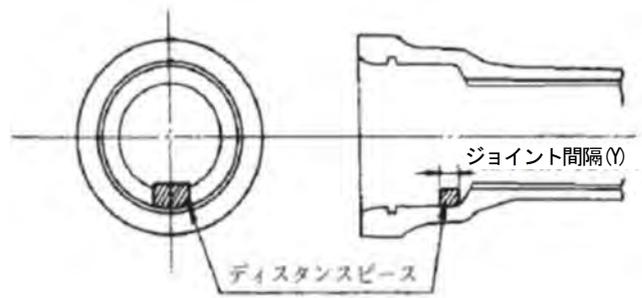


図-3 ジョイント間隔(Y)とディスタンスピース

は、有効長の1%分（5m管では50mm、6m管では60mm）短くなるため、工事配管図もそれを考慮して作成した。

7.2 S形継手の施工管理基準

農林水産省土木工事施工基準に記載されたダクタイル鉄管の継手形式はT形、K形、U形の3種類であり、S形継手は記載されていないため、S形ダクタイル鉄管のジョイント間隔（Y）の許容値は、日本ダクタイル鉄管協会の基準を採用した。

また、耐震継手は継手の離脱を防止する機構を備えているため、埋戻し後の値を示す（参考）規格値は規定しないこととした。（表-2）

JDPA技術資料「NS形・S形ダクタイル鉄管管路の設計と施工」（表-3）によると、呼び径2000 S形継手の設計照査用最大伸縮量は±50mmであるが、真直配管時の最大伸縮量は±77.5mmである。この差は許容曲げ角度まで屈

（単位：mm）

規格	ジョイント間隔(Y)の標準値	ジョイント間隔(Y)の許容値			
		通常施工	曲管部変位追従範囲	管理基準値	(参考) 規格値
S形	1100	80	20	+10 -10	規定しない
	1200	80	20	+10 -10	規定しない
	1350	80	20	+10 -10	規定しない
	1500	80	20	+10 -10	規定しない
	1600	75	25	+12 -12	規定しない
	1650	75	25	+12 -12	規定しない
	1800	75	25	+12 -12	規定しない
	2000	80	30	+14 -14	規定しない
	2100	80	30	+14 -14	規定しない
	2200	80	30	+14 -14	規定しない
	2400	85	35	+16 -16	規定しない
2600	85	35	+16 -16	規定しない	

表-2 ジョイント間隔管理基準値の伸び縮みの振り分け

呼び径	真直配管時最大伸縮量 ^① (mm)	設計照査用最大伸縮量 ^② (mm)	離脱防止力(kN)	地震時や地盤沈下時の最大曲角	配管施工時の許容曲げ角度
1100	±78.5	±61	3300	7°	1°40'
1200	±78.5	±62	3600	7°	1°30'
1350	±78.5	±60	4050	6°30'	1°30'
1500	±81	±60	4500	5°50'	1°30'
1600	±72.5	±50	4800	5°	1°30'
1650	±72.5	±50	4950	4°50'	1°30'
1800	±75	±50	5400	4°40'	1°30'
2000	±77.5	±50	6000	4°20'	1°30'
2100	±80	±51	6300	4°10'	1°30'
2200	±80	±50	6600	4°	1°30'
2400	±82.5	±50	7200	3°50'	1°30'
2600	±85.5	±50	7800	3°40'	1°30'

表-3 S型直管の継手性能

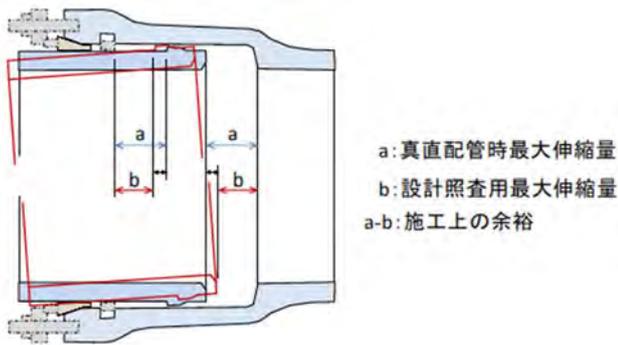


図-4 施工上の余裕

曲したときの継手の開きに相当し、許容曲げ状態でも±1%の伸縮が可能な継手寸法であることを示している。

一方、配管設計においては許容曲げ角度の1/2 (=設計曲げ角度) 以内で曲げ配管を行う場合がある。これを踏まえ、管理基準値は「設計曲げ角度に屈曲した状態での最大伸縮量から、真直配管時の最大伸縮量まで」が施工上の余裕と考え(図-4)、円周4箇所 の平均値がおおむねこの範囲内に納まるように定めた。したがって、この管理基準値以内で施工されれば、通常施工の継手では±1%の伸縮が確保され、曲管部変位追従範囲内の継手では+2%の伸び出しが確保されるので、曲管部変位追従範囲の必要本数には影響しない。

7.3 S形継手管路の工事始・終点の端部閉塞

工事起・終点のS形継手の端部閉塞にあたっては、管内は空虚の状態とし、工事起・終点にはS形直管の受口または挿し口を配置することを原則とした。工区境はS形直管の継手位置に合わせて調整する方が経済的な場合があるので、状況に応じて考慮した。土砂や地下水の流入を防ぐためのフタを設置した。

端末の配管材料は次年度以降の工事起・終点に移設し流用する。ただし、ゴム輪は再使用しないこととする。

S形受口の場合S形受口にロックリングおよびバックアップリングを装着せず、K形短管2号を接続し、フランジふたで閉塞ロックリング、バックアップリングを装着しないため、ゴム輪が入り込みすぎないようにボルト締付トルクによる管理は行わない。そのため、挿し口と受口端面の間隔は20mm以上を確保し、全周均等になるよう締め付ける(図-5)。

S形挿し口の場合S形挿し口にS形継ぎ輪を接続し、K形短管2号+フランジふたで閉塞する。

7.4 S形継手管路における調整管

IP間などで管路の長さを調整する場合、所定の長さに切断した調整管を使用する。呼び径1100~1600の場合S形直管を現地切管することが可能である。1種管を所定の長さに切断し、切管用挿し口リングを使用して挿し口突部を形成した後、前後のS形継手と接続する。

Hirayama Kojiro, Abe Nobuhiro, Haruta Keita

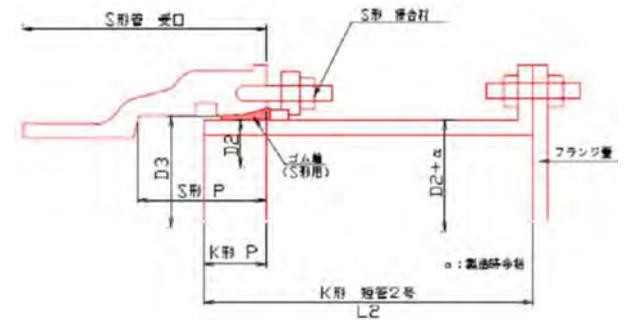


図-5 S型受け口で終点の場合

呼び径1650~2600の場合S形直管は現地切管ができない。そこで寸法調整にはUF形管(PF種)を用い、所定の長さに切断し挿し口溝加工を行う。調整管の挿し口にはUF-S形を介してS形管路と接続する。

7.5 曲管部変位追従範囲内の継ぎ輪について

原則として曲管部変位追従範囲内に継ぎ輪は設けないものとした。曲管部変位追従範囲内のS形継手は、標準施工とは異なり直管有効長の2%の伸び出しを確保し、曲管の許容変位に応じた本数を配置している。

結び配管等でこの区間内に設置せざるを得ない場合、継ぎ輪部での伸び出し量は安全側に考慮しない(設計上必要な継手本数には含めない)ものとする。なお、S形継ぎ輪の標準間隔(y1)は図-6、表-4のとおりであり、伸び出し量は継ぎ輪片側で直管有効長の1%、両側で2%となる。

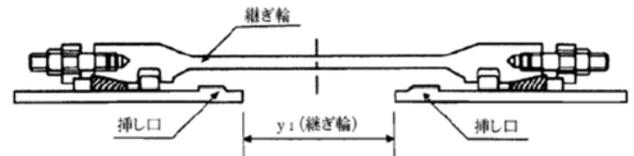


図-6 耐震区間における継ぎ輪

接合形式	呼び径	標準間隔
		継ぎ輪 y_1
S形	1000~1200	300
	1350	310
	1500	320
	1600・1650	325
	1800	330
	2000	335
	2100~2400	350
	2600	370

表-4 S型継ぎ輪の標準間隔

7.6 S型継手管路の施工

S型ダクタイル鋳鉄管の採用は、北海道開発局の農業用パイプラインとして初めてであり、日本ダクタイル鋳鉄管協会の協力を得て、工事に先立って設計・施工上の留意点や施工管理基準についての説明会を開催するとともに、各工事現場への接合指導員の派遣・巡回を継続し、工事作業員への指導を実施してもらっている。

(図-7)

8. おわりに

本稿は、直轄災害復旧事業「勇払東部地区」の施工管理についてまとめたものである。本年度の復旧工事は呼び径1350～2000の大口径が対象であり、順次、管敷設等の復旧工事を進めている（図-8）。農業事業では経験のないS型管を使用した復旧工事であるが、メーカーと施工業者等の全面協力のもと、無事に今年度工事の完了を迎えることができた。今後も、一刻も早く営農者が安心して農業を行えるようスピード感をもって事業推進を行っていきたい。

最後に、直轄災害復旧事業「勇払東部地区」の計画策定及び事業推進に関して、ご理解ご尽力いただいている関係者の皆様に厚く御礼申し上げたい。

参考文献

- 1) 日本ダクタイル鋳鉄管協会発行：NS形・S形ダクタイル鋳鉄管管路の設計、S形ダクタイル鋳鉄管 接合要領書、JDPAW01S形ダクタイル鋳鉄管 接合要領書、
- 2) 農林水産省：「土木工事施工管理基準（平成31年3月28日改訂）」



図-7 指導員による現場説明会



図-8 災害復旧の様子