

篠津運河中流地区における管水路設計 —泥炭性軟弱地盤における管水路改修計画—

札幌開発建設部 札幌北農業事務所 第1工事課 ○藤井 幸基
高谷 智文
田守 空良

泥炭性軟弱地盤に埋設された管水路は時間の経過に伴い、変状等が進行して機能低下することがある。篠津運河中流地区の農業用水は、国営篠津中央土地改良事業（昭和60年度～平成18年度）等により造成された用水施設より配水されているが、経年的な変状が生じている箇所もある。本報は、泥炭性軟弱地盤に起因した変状の実態を踏まえ、配慮すべき管水路設計の内容について報告するものである。

キーワード：泥炭、管水路、挙動、経年劣化

1. 地区の概要

本地区は、北海道江別市、石狩郡当別町及び同郡新篠津村に位置する4,962haの農業地帯であり、水稻を中心に小麦、大豆、ブロッコリー、レタス、ゆり等を組み合わせた農業経営が展開されている。

地区内の用水施設は、国営篠津中央土地改良事業（昭和60年度～平成18年度）、国営南美原土地改良事業（昭和57年度～平成6年度）等により造成されたが、経年的な劣化等により、施設の維持管理に多大な費用を要している。

このため、本事業では、水需要の変化や用水管理の合理化に対応した用水再編とともに、用水施設の整備を行い、農業用水の安定供給と維持管理の軽減を図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資するものである。



写真-1 道路横断部での管水路離脱

2. 地区の課題

これまでの事業により整備された用水施設における本地区の課題は、以下となる。

- (1) 管水路については、泥炭性軟弱地盤が広く分布する地層形態のため、荷重条件の異なる道路横断や基礎構造の異なる分水工部等との境界部で不同沈下が生じ漏水事故が発生している（写真-1、写真-2）。
- (2) 空気弁等の付帯施設については、経年変化による施設劣化が確認されている。
- (3) 揚水機については、経年変化による施設劣化が確認されている。

本報告では、緊急的な維持管理に苦慮している上記の課題(1)に係る発生要因の検証結果と沈下対策について報告する。



写真-2 分水工部における漏水

3. 漏水の発生要因の検証

(1) 前歴事業における軟弱地盤対策

前歴事業における管水路の基礎工法の検討にあたっては、地盤の状態、荷重条件及び使用管種の特性を十分に考慮し、構造的に安定した工法を選定している。

本地区の管水路基礎工法は、軟弱地盤における大口徑管水路基礎工法として一般的な均等支持に必要な基床厚に置き換えて施工している。基床厚を置き換えて施工することにより、不均一な沈下を回避して管水路の全体ユニットが地盤沈下にある程度順応（等沈下）させることで、管体の破損や離脱を防止することができる。

なお、泥炭性軟弱地盤が広く分布する本地区では、荷重増加に伴う圧密沈下軽減のため、基礎構造には単位体積重量が軽いセメント改良土基礎を用い施工されている（図-1）。

また、上載荷重の条件が変化しやすい箇所（道路横断部や杭基礎構造の構造物接続部等）では、不同沈下の発生が懸念されることから、可とう継手や伸縮継手を使用する等、地盤沈下に追従する対策を講じている（図-2）。

(2) 現況（管水路の変状と沈下量）

前歴事業で整備された管水路の被害状況として、上載荷重の条件が変化しやすい箇所（道路横断部や杭基礎構造の構造物接続部）では、可とう管の許容偏心量超過により、フランジ部等からの漏水が生じており、営農及び維持管理に苦慮している（図-3）。

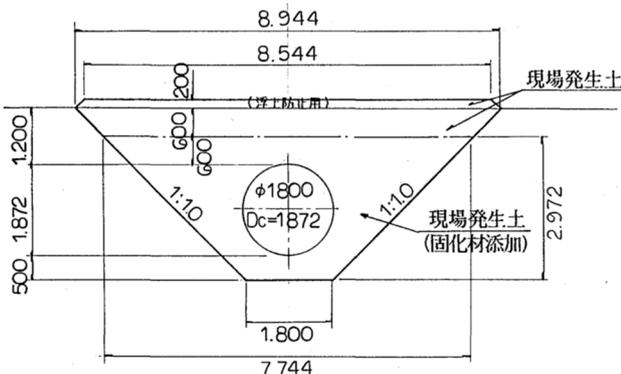


図-1 直管部の基礎構造(改良土基礎)

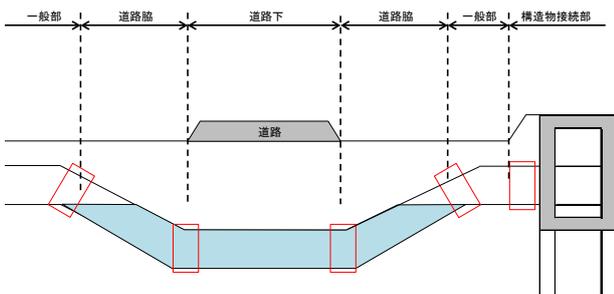


図-2 道路横断部の可とう継手等の使用箇所概念図

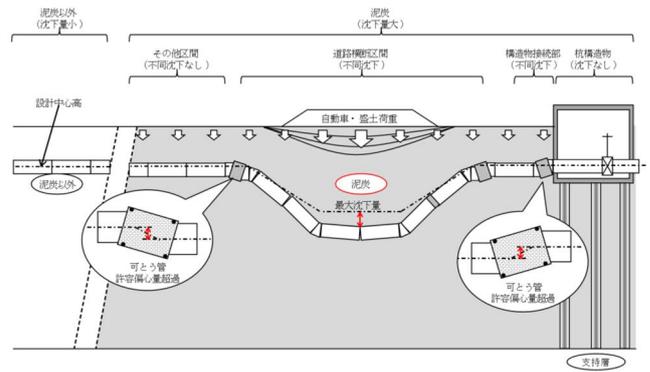


図-3 管内変状イメージ

表-1 管内調査結果

No.	箇所	管種・管径	沈下量
1	道路横断部	FRPM・SP φ1800	0.55m
2	分水路工部	FRPM φ1650	0.75m

なお、漏水事故が発生している道路横断部と構造物接続部で管内計測調査（管内目視、継手間隔測定、たわみ量調査、沈下量測定）を実施した結果、最大沈下量は道路横断部で55cm、構造物接続部で75cmの沈下が確認されている（表-1）。

(3) 変状要因の推察

沈下は、漏水事故の発生箇所から、上載荷重の変化に起因していると推察したうえで考えられる事象について調査した。

a) 積雪荷重の増加

前歴事業の設計時点（平成6年度）から現在までの積雪荷重の変化を調査した。

本地区近傍に位置するアメダス新篠津観測所では、設計時点における過去10年間の最大積雪深は153cmであったが、平成23年度（2012年1月）に記録的な大雪により最大積雪深は増加している（図-4）。

また、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」昭和61年5月 P86では、設計時点における雪の単位体積重量（標準値）が3.0kN/m²とされていた¹⁾が、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」平成21年3月 P289以降は3.5kN/m²とされている²⁾。これらを考慮すると、前歴事業から現在までに、考慮すべき積雪荷重は1.63倍に増加する結果となった（表-2）。

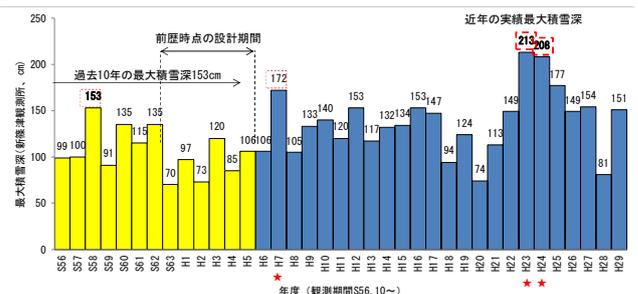


図-4 最大積雪深の推移(新篠津観測所)

表-2 最大積雪深における積雪荷重の変化

区分	単位	前歴	現況	備考
積雪深	cm	153	213	気象観測データ（新篠津）
雪の単位体積重量	kN/m ³	3.0	3.5	設計基準の改定による変更
積雪荷重	kN/m ²	4.59	7.46	1.63倍（△2.87kN/m ² ）

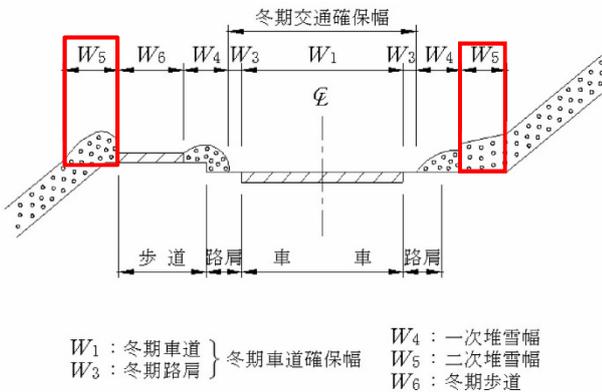


図-5 道路脇の積雪状況

b) 道路脇の積雪荷重について

次に機械除雪作業を勘案した積雪地域の道路の幅員構成について調査した。基本概念を図-5に示す。

一次堆積幅(W_4)とは「新設除雪」などによって側方に寄せられた雪を一時的に堆雪する部分であり、二次堆雪幅(W_5)とは「拡幅除雪」などによって長期にわたって雪が堆積している状況を示す。

ここで、長期にわたって雪を堆積しておく「二次堆雪幅 W_5 」に「二次堆雪対象除雪幅 W_6 」分の堆雪が載荷すると仮定すれば、

$$(W_5 + W_6) / W_5 = (3.75 + 4.75) / 3.75 = 2.27$$

となり、すなわち二次堆雪幅の範囲に2倍量相当の積雪荷重が作用すると仮定できる(図-6)。

なお、道路脇の積雪深を当初想定の2倍程度と仮定すると、積雪荷重は、前歴事業の設計時点から3.25倍となる(表-3)。

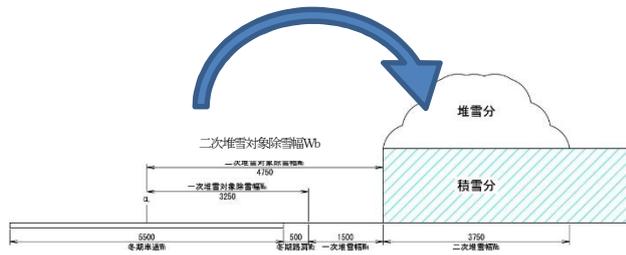


図-6 想定される道路脇の積雪概念図

表-3 最大積雪深と除雪による積雪荷重の変化

区分	単位	前歴	現況	備考
積雪深	cm	153	213	気象観測データ（新篠津）
雪の単位体積重量	kN/m ³	3.0	3.5	設計基準の改定による変更
積雪荷重	kN/m ²	4.59	7.46	1.63倍（△2.87kN/m ² ）
積雪荷重 (除雪による堆雪考慮)	kN/m ²	-	14.92	3.25倍（△10.33kN/m ² ）

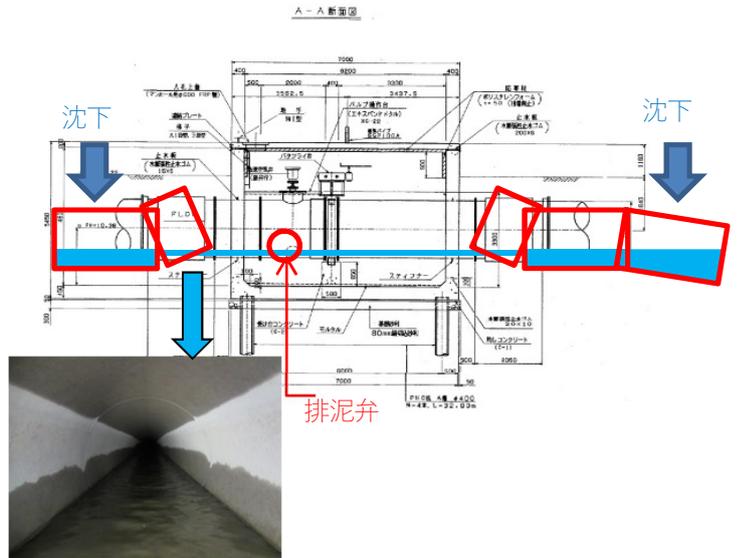


図-7 管水路部の滞水状況

c) 時期別上載荷重の最大値の変化

管水路の上載荷重は、時期別の上載荷重の最大値を考慮して設定する必要があり、前歴事業においては、かんがい期の上載荷重（水重、群衆荷重）を考慮して設計を行っていた。

一方、近年、経年的な地盤沈下の進行から、非かんがい期に管路内の用水を落水することが困難となっており、かんがい期よりも非かんがい期の上載荷重（水重、積雪荷重）の方が大きくなっているものと推察される(図-7)。

(4) 変状要因推察のまとめ

管路の変状要因は、①積雪荷重の増加に伴う荷重条件の増加、②時期別上載荷重の最大値の変化に伴い、地区内に広範囲に広がる泥炭性軟弱地盤が不同沈下したものと推察される。

このため、本地区においては、不同沈下により漏水事故が発生している道路横断面、構造物接続部を要整備箇所として選定している(図-8)。

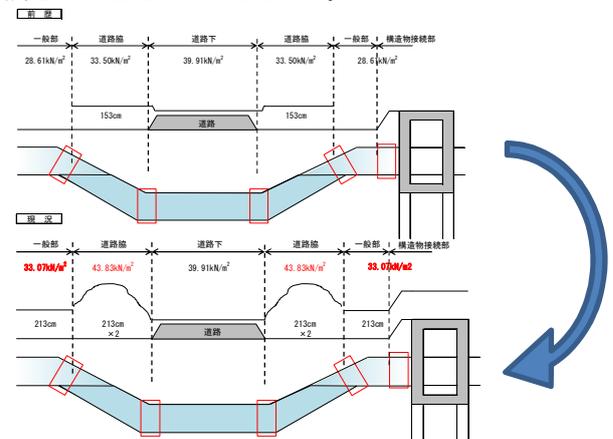


図-8 荷重条件の比較図（構造物接続部含む）

表-6 道路横断部(L=20m)経済比較 (φ2000mm・φ1800mm)

管径	管種	規格	延長 (m)	概算工事費 (比率)	備考
φ2000	①鋼管	STW490 t=22mm	20.0	1.07	※大変位吸収鋼管 (3箇所) を含む
	②DCIP-S	2種	20.0	1.00	
φ1800	①鋼管	STW490 t=22mm	20.0	1.03	※大変位吸収鋼管 (3箇所) を含む
	②DCIP-S	2種	20.0	1.00	

【道路横断部】

- ・ガラス繊維強化ポリエチレン管 (PEGF) : たわみ量が小さく地盤追従性に劣る
- ・鋼管 : 大変位吸収鋼管を3箇所設置することで、検討区間長内での想定沈下量を吸収可能。
- ・ダクタイル鋳鉄管 (DCIP-S形) : 検討区間長内で想定沈下量を吸収可能
- ・強化プラスチック複合管 (FRPM) : 検討区間長内で想定沈下量を吸収できず

表-6の結果より、適用可能な管種の中で道路横断部は鋼管及びDCIP-S形管となる。以下に道路横断部 (L=20m) 経済比較 (φ2000mm・φ1800mm) を示す (表-6)。

結果、道路横断部の使用管種はDCIP-S形管となる。

(3) 沈下対策のまとめ

a) 一般管路部

FRPM管 φ1800及びφ2000 (6.0m管) の許容設計曲げ角度は、0° 50' であり、許容変位量は1本当たり8.7cmと算定され、圧密沈下量の7.9cm以上であるため、継手(受口)で吸収でき問題ないとする。

- ・許容変位量 $\delta = 600\text{cm} \times \tan 0^\circ 50' = 8.7\text{cm}$
- ・圧密沈下量7.9cm ≤ 許容変位量8.7cm・・・ok(継手で沈下を吸収できる)

b) 構造物との接合部

想定沈下量75cmを満たす特注の可とう管は非常に高額なことから、沈下対策は2つの継輪 (鎖構造の耐震用継手:DCIP-S形, NS形) により行う。

継輪には2箇所の継手があり、直管の2倍の屈曲角が得られるため、より安全性が高くなる。継輪による変位吸収のイメージを図-9に示す。

c) 分水部

本管敷設に伴う増加荷重による管体の沈下量に対して、2つの継輪 (鎖構造の耐震用継手:DCIP-S形, NS形) を用いた沈下対策を行う。なお、沈下対策に用いるDCIP-S形継輪は、離脱防止機能を付けると可とう性がなくなり、沈下に追従できなくなり、スラスト力対策による一体化区間には設置できないため、留意する必要がある。

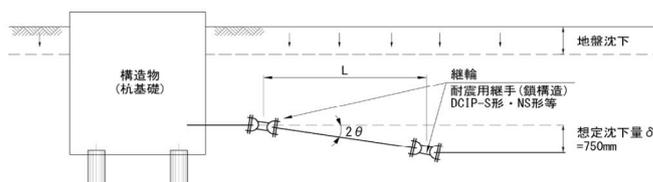


図-9 構造物との接合部の沈下対策

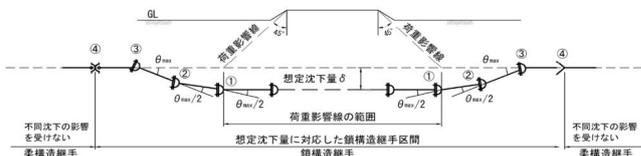


図-10 道路横断部の沈下対策

d) 道路横断部

道路横断部は重要度が高いことから、荷重影響線範囲内は鎖構造の耐震管 (S形, NS形) を使用する。また、道路荷重影響線範囲内と一般部では沈下量に差が生じるため、道路荷重の影響範囲外において沈下対策を行う (図-10)。

6. おわりに

今回報告したのは、管水路設計の一部であり、管種の決定以降も「管径の決定」「損失水頭の確認」「スラスト対策」「耐震設計」「基礎工法」等の検討を行っている。本地区は泥炭性軟弱地盤による沈下等に悩まされている地区事情があり、その対策を行うべく本検討を行った。新設の管水路設計とは異なり、管理する中で生まれる課題が明確であるが故に、前歴事業で十分に行ったと思える対策でも自然の変状には耐えられない実情がある。

今回設計した路線が次年度より工事実施となるが、安全かつ安定的な用水供給が行える工事を実施するとともに、沈下対策の効果を検証するためのデータの蓄積を行っていく必要がある。

更新事業は今後増えていくと思うが、本稿を含め実施地区の検討内容や現場実態などの実績を蓄積し、今後の事業計画策定や事業推進の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」, p. 86, 昭和61年5月
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課：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」, p. 289, 平成21年3月
- 3) 農林水産省農村振興局整備部設計課：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」, pp. 133-134, 令和3年6月