

6. 下水道施設の被害状況

6. 1 下水道施設に関する被害の全体概要

今回の地震は、北海道内の下水道施設に多大なる被害^{1), 2)}を与えた。北海道庁の集計によると、道内の下水道施設で災害査定を受けたのは12市町であり、そのうち処理場・ポンプ場の被害は2町、管渠・マンホールの被害は12市町であり、災害査定額は約27.1億円（平成15年12月19日現在）であった。災害査定を受けた自治体と災害査定額を表6.1に示す。液状化による管渠・マンホールの浮上がりが下水道施設の主な被害であり、管渠敷設時の埋戻し部の地盤沈下も各地で発生していた。

表 6.1 市町村別の災害査定額の一覧

		管 渠		ポンプ場		処 理 場		被災額合計 (千円)
		延長 (m)	被災額 (千円)	箇所数 (箇所)	被災額 (千円)	箇所数 (箇所)	被災額 (千円)	
日高支庁	新冠町	213	18,619	—	—	—	—	18,619
	浦河町	3,057	268,231	—	—	—	—	268,231
	豊頃町	7,804	865,727	1	1,204	1	5,217	872,148
十勝支庁	浦幌町	154	17,394	—	—	—	—	17,394
	池田町	140	15,227	—	—	—	—	15,227
釧路支庁	釧路市	3,568	477,626	—	—	—	—	477,626
	釧路町	2,631	225,805	—	—	—	—	225,805
	厚岸町	763	68,410	—	—	—	—	68,410
	浜中町	423	47,198	—	—	—	—	47,198
	阿寒町	1,958	244,585	—	—	—	—	244,585
	音別町	3,382	422,187	—	—	1	21,016	443,203
	標茶町	148	10,324	—	—	—	—	10,324
合 計	24,241	2,681,333	1	1,204	2	26,233	2,708,770	

注) 下水道施設への直接的な被害はなく地盤沈下のみが発生した場合の道路の復旧費は含まれていない。

6. 2 調査の概要

平成15年9月26日～28日（北海道庁、十勝川流域下水道（帯広市）、豊頃町、鶴川町）、平成15年10月7日～8日（北海道庁、鶴川町、釧路市、釧路町、音別町、豊頃町）、平成15年10月22日～23日（釧路町、阿寒町、音別町、豊頃町）の3回に分けて下水道施設の現地調査を行った。1度目の調査では下水道施設の被災状況の確認を主目的とし、2度目、3度目の調査では既往の知見を踏まえ、被災原因の推定、調査計画の策定、復旧方法の検討を主目的とした。今回の地震では、平成5年釧路沖地震^{3), 4), 5)}、平成6年北海道東方沖地震^{5), 6)}によって下水道施設に被害のあった自治体での被害も報告されていることから、今後の再発防止についても考慮すべく、2度目、3度目の調査では以下の事項も包括することとした。

- (1) 平成5年釧路沖地震、平成6年北海道東方沖地震において、下水道施設に被害のあった箇所との比較（被災地区の傾向）
- (2) 被害に及ぼす地形・地質的要因の把握（既往の調査結果の確認）
- (3) 改良土を埋戻し材料として使用した箇所の効果の確認
- (4) 被害箇所の埋戻し施工実態（埋戻し材料、現場の密度）の把握（被害との関係）

調査方法としては、①管渠・マンホールに被害はなかったものの埋戻し部の地盤沈下が生じた鶴川町、②釧路沖地震、北海道東方沖地震で管渠・マンホールに被害のあった釧路市ならびに釧路町、③改良土を埋戻し材料として使用した音別町、④被害の大きかった豊頃町、⑤碎石を埋戻し材料として使用した阿寒町、以上の6市町を対象として被災現場の確認ならびに自治体担当者からの情報収集を行った。

6. 3 調査結果

6. 3. 1 鷓川町

鷓川町の鷓川処理区の地盤は、西側がごく軟弱な泥炭地盤であり、東側はシルトや粘土層が卓越した地盤である。開削工法で施工した管渠において、管頂から 10cm 上まで山砂を基礎用材料として使用し、その上部から路盤下までの埋戻し材料は火山性砂礫（写真 6.1）を使用していた（図 6.1）。

管渠・マンホールの躯体に対する被害として目立ったものはなかったが、開削工法で敷設された箇所において、掘削範囲が最大 50cm ほど地盤沈下（写真 6.2）し、鷓川処理区内の約 3km の町道が通行不能となった。被害箇所は泥炭層の卓越する鷓川処理区の西側に集中しており、管渠敷設時の掘削深が大きいほど沈下量が大きい傾向にあった。

地盤沈下した箇所において、アスファルト舗装を剥がし碎石路盤を確認したところ、碎石路盤の上部に埋戻しに用いた火山性砂礫が噴出したこと（写真 6.3）が確認された。同じ箇所でも直径 1cm ほどの金属棒を路盤下まで差し込んだところ、路盤下では貫入抵抗はほとんどなく、埋戻し部がゆるい状態であることが確認された。

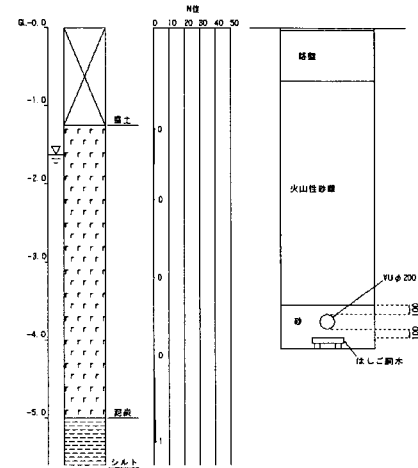


図 6.1 鷓川町の被災箇所における施工断面図

6. 3. 2 釧路市

釧路市で被害のあった箇所は、泥炭層のある低地ならびに斜面に盛土した地域であり、釧路沖地震、北海道東方沖地震で被害のあった地区⁵⁾と重複する傾向が見られた。

現地調査を行った美原地区は泥炭層のある地区であり、継ぎ手の破断等で管まわりの土砂による管渠の閉塞や、管渠の浮上がりによる管路勾配の異常など、流下阻害を起こしている箇所があった。管渠敷設時に掘削した範囲の地盤沈下

（写真 6.4）も発生していた。また、現地調査では噴砂を確認できなかったものの、釧路市の泥炭層のある別の地区では地表面まで砂が噴出（写真 6.5）したとの情報も得られた。被害のあった管渠は、開削工法で地表下約 3m の深さに敷設され、管渠の基礎部も含め路盤下まですべて山砂を埋戻し材料として使用（図 6.2）していた。埋戻し材料として使用した山砂が液状化したことが、被害の主な要因と考えられる。

また斜面に盛土した地域の被害は、釧路市からの情報によると、マンホール接合部の管口破損やマンホールの傾斜ということであり、地震により盛土地盤自体が動いたことが管路の被害に結びついたものと考えられる。

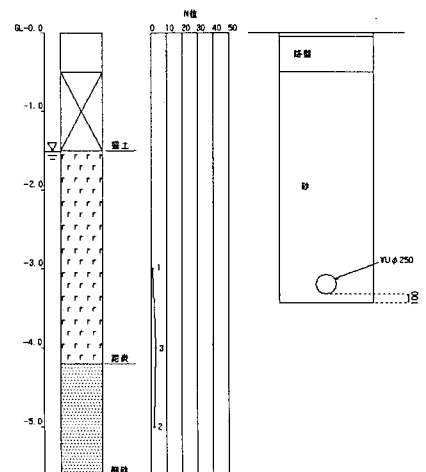


図 6.2 釧路市美原地区の被災箇所における施工断面図

6. 3. 3 釧路町

釧路町で被害のあった東陽地区は、釧路市で被害のあった美原地区から約 4km の地区で、美原地区同様、泥炭層があり地下水位の高い地区であった（図 6.3）。東陽地区は平成 8～11 年に造成した地域であり、路盤下まで砂を埋戻し材料に使用しているうえ、道路部全面において泥炭を砂に置き換えていた。

東陽地区の各地でマンホールの浮上がり（写真 6.6）、地表への噴砂（写真 6.7）、道路周辺の不等沈下（写真 6.8）、汚水管のたわみ（写真 6.9）や破損等が発生しており、流下不能となり仮設ポンプで対応している箇所もあった。管渠の埋戻し材料や泥炭層の置き換えに使用した砂だけでなく、その下の細砂層も含めて液状化した可能性も考えられる。

また、北海道東方沖地震で被害の大きかった桂地区は、美原地区、東陽地区からそれぞれ約 2km と近接しており、地盤条件や管渠の埋設条件も美原地区と同様であったが、今回の地震で顕著な被害は発生していなかった。

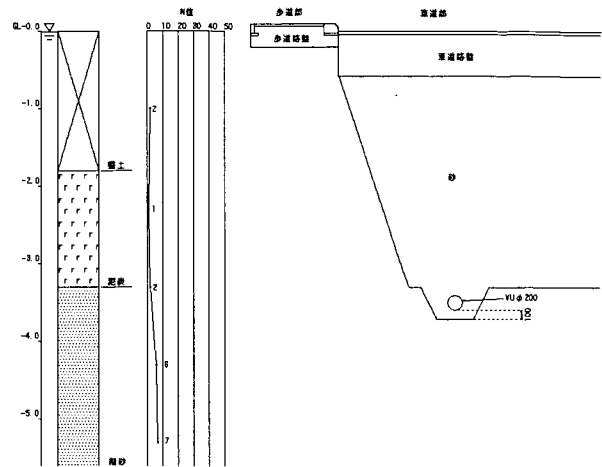


図 6.3 釧路町の被災箇所における施工断面図

6. 3. 4 音別町

音別町で現地調査を行った川東地区は、泥炭層がある地下水位の高い地区であり、開削工法で地表下約 5m に管渠を敷設し、発生土を埋戻し材料として使用していた。一方、同一地区内において、軟弱地盤の圧密沈下を抑えるため、発泡ビーズとセメントとシルト質の残土とを混合した改良土を埋戻し材料として使用した区間もあった。改良土を使用していない区間では、管頂から 10cm 上まで山砂を基礎用材料として使用し、その上部の埋戻し材料は火山灰混じりの砂と思われる良質の発生土であった（図 6.4）。一方改良土を使用した区間では、管頂から 10cm 上までセメント混合した砂を基礎用材料として使用して、その上部の埋戻し材料は、発泡ビーズとセメントとシルト質残土とを混合した改良土（単位体積質量 1.1t/m³）（図 6.4）であり、現場強度 100kPa で施工管理されていた。

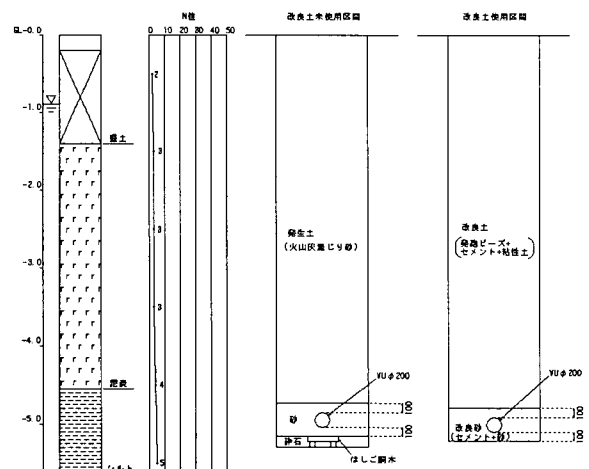


図 6.4 音別町川東地区の被災箇所（改良土未使用）および無被害箇所（改良土使用）における施工断面図

改良土を使用した区間では被害は確認できなかったが（写真 6.10）、改良土を使用してい

ない区間では、液状化によるマンホールの浮上がり（写真 6.11）、掘削範囲の地盤沈下、地表への噴砂が発生しており、流下不能になっている箇所もあった。

6. 3. 5 豊頃町

豊頃町は旧十勝川河道や河口部の周辺地域であり、泥炭層が厚く堆積した軟弱地盤の地域と、泥炭層がほとんどないN値30以上の砂礫層が主な地盤となっている地域があり、被害のあった地域は、泥炭層のある地域に集中していた。

マンホールの浮上がり、埋戻し部の地盤沈下、地表への噴砂が豊頃町内の各地で発生しており、流下不能のため仮設ポンプ等で対応している箇所もあった。管渠内のTVカメラによる確認はできなかったが、管渠の浮上がり、たわみ、破損等が発生している⁴⁾と考えられる。

2度目の調査で現地調査を行った豊頃地区の被災区間は、厚さ30cmの砕石基礎（粒径0～40mm）の上に、管頂10cm上まで山砂を基礎用材料として使用し、その上部から路盤下までを火山性砂利（粒径0～120mm）で埋戻しをしていた（図 6.5）。同じ豊頃地区で被災のあった箇所でも、掘削深が5m程度の区間では、最大1m程度のマンホールが浮上がり（写真 6.12）、管渠敷設時に掘削した範囲で50cm程度の地盤沈下（写真 6.13）を生じている一方、掘削深2m以下の区間では、泥炭層のある軟弱地盤であってもマンホールの浮上がりや地盤沈下は発生していなかった（写真 6.14）。

なお、豊頃町の処理場・ポンプ場の被害は、場内のマンホールの浮上がり（写真 6.15）や、施設建設時の埋戻し部の地盤沈下（写真 6.16）が生じたほかは、最終沈殿池開口蓋の落下等軽微なものであった。

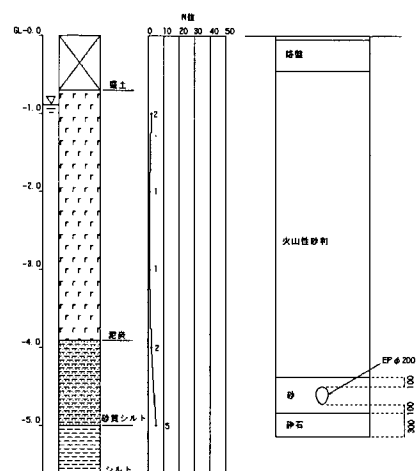


図 6.5 豊頃町豊頃地区の被災箇所における施工断面図

6. 3. 6 阿寒町

阿寒町で被害のあった箇所は、粘性土が厚く堆積した地盤であり、他の被災地区とは異なり泥炭層はなかった。しかし地下水位は高く、透水性の低い軟弱な地盤であることは共通しており、管渠の埋戻し部以外では周辺に液状化の被害は全く見られなかった。

現地調査を行った中央地区の被災があった区間では、開削工法で地表下約5mに管渠を敷設し、山砂を埋戻し材料として使用していた（図 6.6）。一方この区間の下流に接続する別の区間では、北海道東方沖地震で被災し、掘り返して切込砕石（粒径80mm以下）

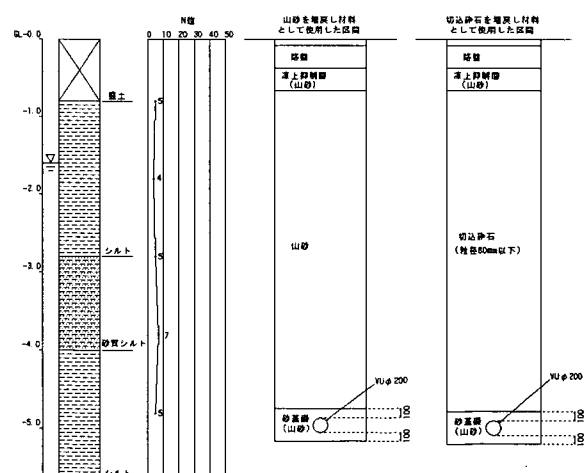


図 6.6 阿寒町中央地区の被災箇所および隣接する砕石埋戻し箇所における施工断面図

を埋戻し材料として使用した区間もあった（図 6.6）。山砂を使用した区間では、埋戻し部が平均で 50cm ほど地盤沈下（写真 6.17）し、局所的に大きく陥没しているところも数箇所あった。流下不能のため仮設ポンプ等で対応している箇所もあり、管渠の浮上がり、たわみ、破損等が発生している⁴⁾と考えられる。しかし切込砕石を使用した区間では、汚水の流下に支障はなく地盤沈下は 1~2cm 程度と被害は軽微であった。なお、山砂を使用した区間、切込砕石を使用した区間ともに、マンホールの浮上がりはほとんど確認されなかった。

6. 3. 7 十勝川流域下水道

十勝川流域下水道は、帯広市周辺の 1 市 3 町で構成され、処理場の十勝川浄化センターは帯広市にある。十勝川流域下水道関連の管渠・マンホールでは特に被害は確認されていないが、十勝川浄化センター内で最終沈殿池汚泥かき寄せ機のチェーンフライトの破損（写真 6.18）等軽微な被害が確認された。

6. 4 分析・考察

以上のように、今回の地震における下水道施設の被害は、管渠・マンホールが大半であり、処理場・ポンプ場の被害は比較的軽微なものであった。被害のあった管渠・マンホールの多くは、開削工法にて敷設されており、砂基礎部も含めて埋戻し部が、以下の要因により液状化したことが被害の主な原因であると考えられる。

- (1) 地下水位が高く、埋戻し部の飽和領域が大きかった。
- (2) 埋戻しがゆるい状態であった。
- (3) 原地盤の透水性が低いため、埋戻し部がほぼ非排水状態で地震動による繰返しせん断を受けた。

また、一般的に軟弱な地盤では地震動が大きくなる傾向にあることから、泥炭地盤では地震動が増幅され、それにより泥炭層が堆積した地域に被災箇所が集中したと考えられる。

6. 5 まとめ

過去の釧路沖地震、北海道東方沖地震でも同様の被害が生じ被害のあった地区が重複する傾向も見られるため、これまでの研究成果等をふまえ^{7), 8), 9)}、被災防止の観点から今回被害のあった箇所と同様の地盤条件の箇所では、①埋戻し部の締固め（締固め度 90~95%以上）、②砕石による埋戻し（平均粒径 D50 が 10mm 以上かつ 10%粒径 D10 が 1mm 以上）、③埋戻し部の固化（一軸圧縮強度が 50~100kPa 以上）、のいずれかの対策を行うのが望ましいと考えられる。現在の耐震設計^{10), 11)}では、液状化の恐れがある地盤に敷設する管路については検討の対象としている一方、液状化の恐れがない地盤に敷設する重要な幹線以外の管路では、埋戻し部が液状化することについて考慮されていない。そのため、今回の地震で被災したような泥炭層の堆積した地区でも、重要な幹線以外の管路については埋戻し部が液状化しないための対策はほとんどされていない。したがって、これまでの地震による被害状況を踏まえ、現在用いられている耐震対策指針の改定を検討する予定である。なお、今回管路の液状化被害を受けて敷設替えが行われる災害復旧箇所の多くは、埋戻し材料にセメント改良土（一軸

圧縮強度 100kPa 以上) を用いる予定¹²⁾ である。

参考文献

- 1) 藤生和也、吉田敏章、行方馨：平成 15 年度十勝沖地震による下水道施設の被害に関する現地調査，月刊下水道，Vol. 26 No. 13，pp. 79～83，2003
- 2) 吉田敏章、行方馨、佐々木哲也、石原雅則：平成 15 年度十勝沖地震の緊急調査速報，土木技術資料，第 45 巻 第 11 号，pp. 4～9，2003
- 3) 建設省土木研究所：平成 5 年（1993 年）釧路沖地震災害調査報告，土木研究所報告，第 193 号，1994
- 4) 建設省土木研究所：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査，土木研究所資料，第 3275 号，1995
- 5) 松尾修、古関潤一、佐々木哲也、林裕士：1993 年釧路沖地震，1994 年北海道東方沖地震及び 1994 年三陸はるか沖地震による下水道管路施設の被害調査，土木研究所資料，第 3498 号，1998
- 6) 田中修司、榊原隆：北海道東方沖地震下水道施設被害調査報告，下水道協会誌，Vol. 32 No. 380，pp. 101-106，1995
- 7) 松尾修、佐々木哲也、田本修一：下水道管路埋戻し材料の繰返し強度特性に関する実験報告，土木研究所資料，第 3701 号，2000
- 8) 田村敬一、佐々木哲也：下水道施設の液状化対策に関する調査，平成 13 年度下水道関係調査研究年次報告書集，国土技術政策総合研究所資料，第 64 号，pp. 281～286，2002
- 9) 善功企、山崎浩之、長澤啓介：事前混合処理土の動的強度・変形特性，第 27 回土質工学研究発表会講演集，pp. 933～934，1992
- 10) 社団法人日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説，1997 年版，1997
- 11) 社団法人日本下水道協会：下水道の地震対策マニュアル，1997
- 12) 水道新聞社：十勝沖地震特別座談会，日本下水道新聞，1706 号，2004

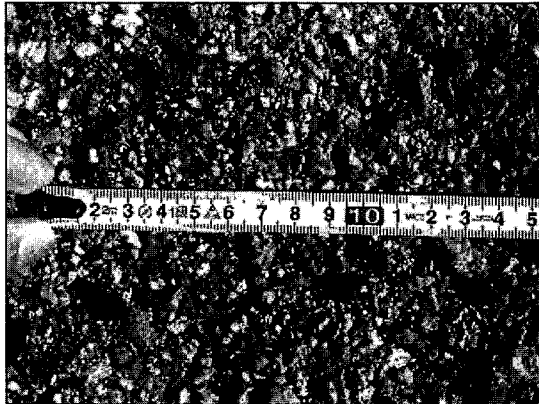


写真 6.1 鵜川町 火山性砂礫 (埋戻し材料)



写真 6.2 鵜川町 地盤沈下の状況



写真 6.3 鵜川町 埋戻し土の噴出状況
(植樹帯わきに火山性砂礫が噴出)



写真 6.4 釧路市 美原地区の地盤沈下



写真 6.5 釧路市 鶴野東地区の砂質土噴出
ならびに汚水マスの浮上がり



写真 6.6 釧路町 マンホール浮上がり



写真 6.7 釧路町 置換え砂の噴出

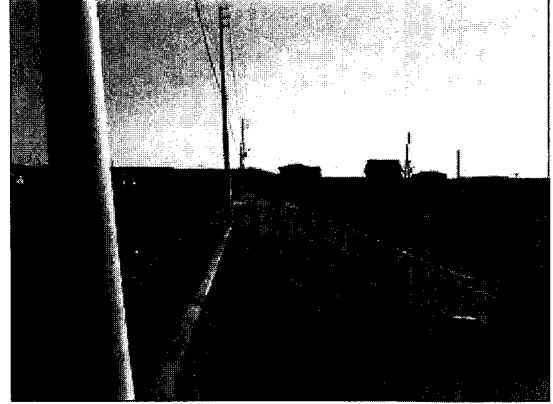


写真 6.8 釧路町 道路周辺の不等沈下



写真 6.9 釧路町 汚水管のたわみ状況
(手前側と奥の方で勾配が異なっている)



写真 6.10 音別町 改良土使用区間
(被害はなかった)

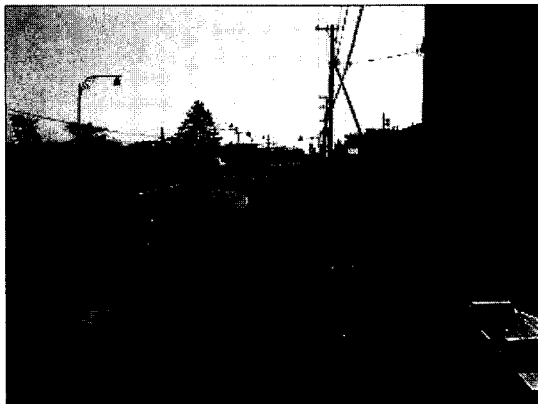


写真 6.11 音別町 改良土未使用区間における
マンホールの浮上がり



写真 6.12 豊頃町 マンホールの浮上がり
(掘削深が 5m程度の区間)



写真 6.13 豊頃町 地盤沈下の状況
(掘削深が 5m 程度の区間)

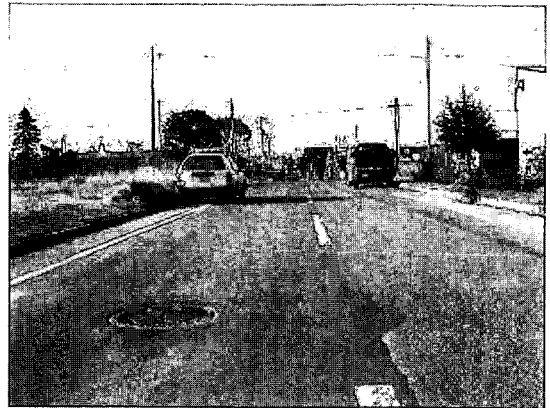


写真 6.14 豊頃町 地盤沈下は発生していない
(掘削深が 2m 程度の区間)



写真 6.15 豊頃町 処理場内マンホールの
浮上がり



写真 6.16 豊頃町 ポンプ場埋戻し部の
地盤沈下



写真 6.17 阿寒町 中央地区の地盤沈下

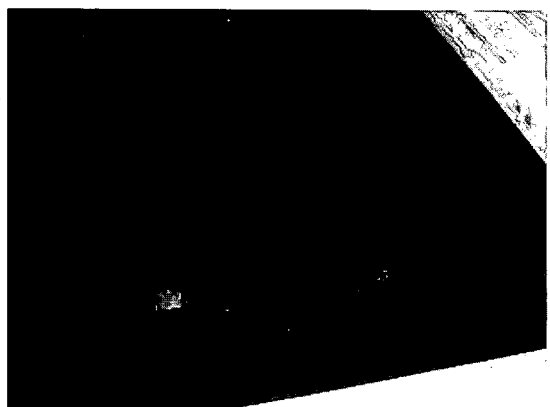


写真 6.18 十勝川浄化センター 最終沈殿池
チェーンフライトの破断