

6. 河 川

6.1 概要

1993年7月12日22時17分に発生したマグニチュード7.8の北海道南西沖地震は1月15日の釧路沖地震に続き今年2回目の大地震となった。北海道南西部では、1983年の日本海中部地震の際に江差(えさし)で震度4を記録して以来10年ぶりのことである。

この地震は、道南の各地で崖崩れ、地割れ、陥没、液状化などにより道路、港湾、河川等各施設に多大な被害をもたらした。また、桧山(ひやま)支庁管内奥尻(おくしり)町では地震の被害のみならず津波、火災をも伴い多くの犠牲者を出す大惨事となった。

河川管理施設では、北海道南西部の一級河川(尻別川(しりべつがわ)、後志利別川(しりべしとしべつがわ))2水系11河川、および二級河川(朱太川(しゅぶとがわ)、大野川(おおのがわ)、厚沢部川(あっさぶがわ)等)7水系14河川で被害が発生した。今回の地震による堤防、護岸、樋門等の復旧に要する費用は総額約112億円にも達した。

本報告では北海道開発局¹⁾および北海道の調査資料をもとに河川管理施設の被害について述べるものとする。

6.2 堤防

6.2.1 被害の概要

今回発生した地震による直轄河川および北海道の管理する河川の被害発生位置を図6.2.1に示した。また、河川別に堤防被害状況を表6.2.1に整理した。

桧山支庁管内を流れる後志利別川は北海道の南西部に位置し、その源を長万部(おしゃまんべ)岳(標高972m)に発し山間急流部を南に流れ日本海に注いでいる。その流域面積は720km²、幹線流路延長は80kmにのぼる。流域市町村は今金(いまがね)町、北桧山(きたひやま)町、瀬棚(せたな)町の一部の3町より形成され流域内人口は約15000人である。

一級河川後志利別川および各河川の堤防の被害は、後志利別川で18箇所6580m、一級河川水系(ボン目名(めな)川、オチャラッペ川等)で9河川3814mとなり2級河川(大野川、木古内(きこない)川、厚沢部川等6水系10河川)を含めた被害延長は18416mにもなる。

一方、後志支庁管内の尻別川もまた北海道の南西部を流れ、フレ岳西方にその源を発し羊蹄(ようてい)山麓、ニセコの山間部をぬけ、日本海に注いでいる。流域面積は1640km²、幹線流路延長は126kmである。その流域市町村は6町3村、約4万2000人の人口を有している。その流れは典型的な蛇行河川である。

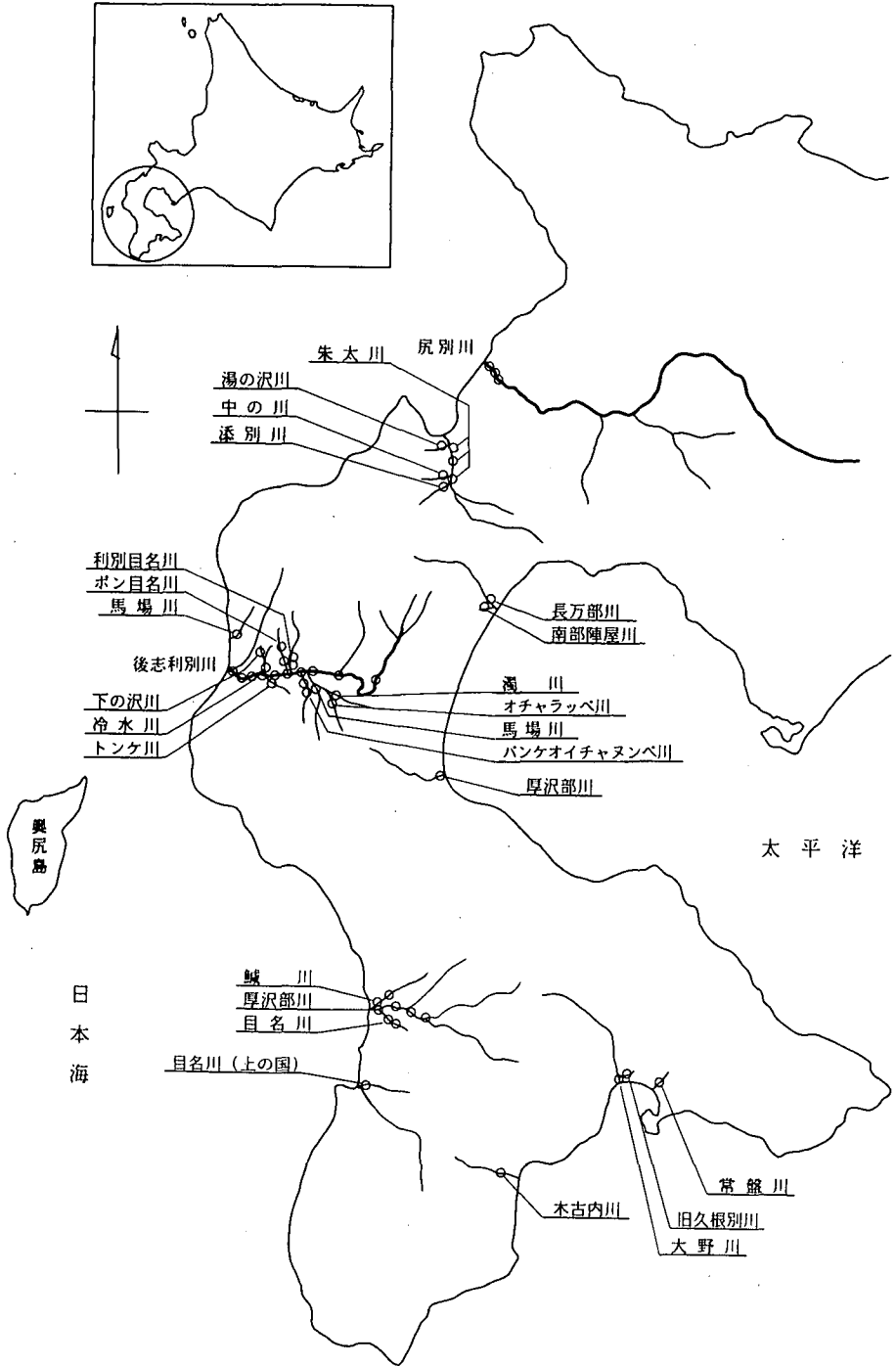


図 6.2.1 北海道南西沖地震被害発生位置図

表 6.2.1 河川別堤防被害状況

級	水系名	河川名	被災箇所数	被災延長(m)	復旧に要する費用(百万円)
1	尻別川	尻別川(直)	6	2 335	1 098
2	朱太川	朱太川(道)	10	979	535
		湯の沢川(道)	1	68	12
		中の川(道)	1	40	8
		添別川(道)	2	299	17
1	後志利別川	後志利別川(直)	18	6 580	5 067
		ボン目名川(道)	7	692	55
		利別目名川(道)	7	694	117
		オチャラッペ川(道)	8	632	123
		パンケオイチャヌッペ川(道)	11	723	93
		馬場川(道)	5	302	29
		濁川(道)	4	253	31
		トンケ川(道)	7	297	44
		下の沢川(道)	2	161	18
		冷水川(道)	1	60	4
2	大野川	大野川(道)	5	1 109	260
		旧久根別川(道)	4	609	114
2	木古内川	木古内川(道)	3	134	18
2	厚沢部川	鍼川(道)	5	331	57
		厚沢部川(道)	12	3 057	950
		目名川(道)	6	1 188	171
2	常盤川	常盤川(道)	2	320	23
2	長万部川	長万部川(道)	1	40	9
		南部陣屋川(道)	2	226	6
2	遊楽部川	遊楽部川(道)	2	1 008	17
計	9水系	25河川	132	22 137	8 876

(道)の被災延長および復旧に要する費用中には護岸も含む。

ここでの堤防の被害は一級河川の尻別川で6箇所2 335 m, 2級河川の朱太川水系(朱太川, 湯の沢川, 中の川等)では4河川14箇所1 386 mの被害をうけた。今回の地震での両地域の被害総延長は22 137mにもなる。これらの河川堤防の復旧に要する費用は約89億円にも達した。

そこで, 両地域での各河川の被害状況を図6.2.2~6.2.6の横断図および写真6.2.1~6.2.6に示した。被害は図および写真に示すように天端の沈下と法面の縦断亀裂が多い。特に被害の大きな箇所の亀裂は深部まで開口しほぼ基礎地盤面まで達する。また, 堤防周辺部でも大きな亀裂が縦断的に発生し, 堤内地, 堤外地をとわず随所で噴砂現象が認められた(写真6.2.7)。

そこで, 一級河川である尻別川と後志利別川について堤防の被害形態をA~Fの6パターンに分類した(図6.2.7開発局内部資料)。また, この2河川についてパターン別に堤防被災状況を図6.2.8に整理した。

今回の地震での被害状態としては尻別川では縦断亀裂および堤防の天端が40~50 cm程度の沈下を伴い縦断亀裂が多数発生しているものが約7割を占めている。

一方, 後志利別川では法面の崩壊と天端相当部分の崩壊を主とし縦断亀裂が多数発生している大規模な被災が5割弱を占める。この亀裂は深部まで開口していることが多い。また, 中には天端全体が

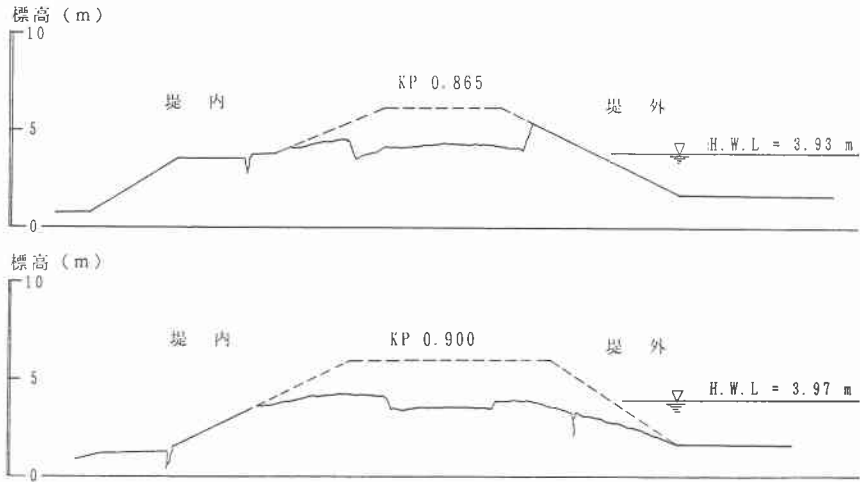


図 6.2.2 兜野地先左岸被災横断面図 (後志利別川)



- ・天端全体にわたって多数の縦断亀裂がみられる。
- ・最大2m程度の沈下を伴いブロック状に崩壊している。
- ・堤外および堤内側に連続して縦断亀裂がみられる。
- ・噴砂の跡が確認できる。

写真 6.2.1 (後志利別川) KP 0.865~0.980
兜野地先左岸築堤被災状況

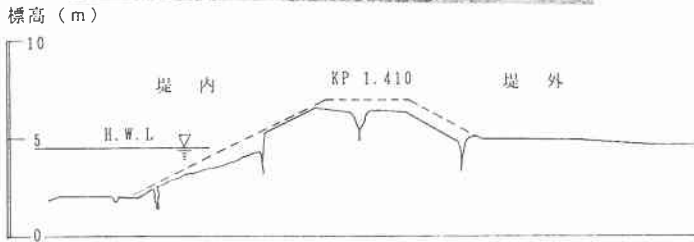


図 6.2.3 豊岡地先右岸被災横断面図
(後志利別川)



- ・天端の開口亀裂は幅1m、深さ約3mにも達する。
- ・堤体のせり出しが見られる。

写真 6.2.2 (後志利別川) KP 1.280~1.580
豊岡地先右岸被災状況



- ・堤内法尻部に大噴砂孔が発生した。

写真 6.2.3 (後志利別川) KP 1.280~1.580
豊岡地先右岸被災状況

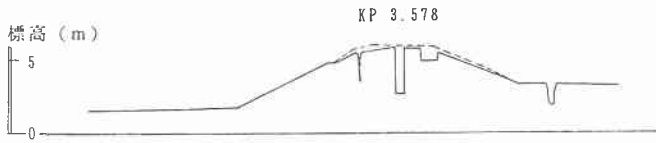


図 6.2.4 初田築堤中村その2地先被災横断面図 (尻別川)

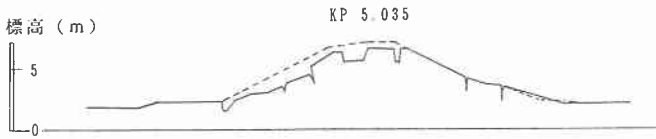


図 6.2.5 初田築堤長名地先被災横断面図 (尻別川)



- ・天端部分は大きく断落ちしている。
- ・縦断亀裂は深部まで開口している。

写真 6.2.4 (尻別川) KP 3.435~3.730

初田築堤中村その2地先被災状況



- ・天端部分は大きな縦断亀裂が発生している。
- ・堤外部分は崩壊状態となっている。

写真 6.2.5 (尻別川) KP 4.800~5.690

初田築堤長名地先被災状況

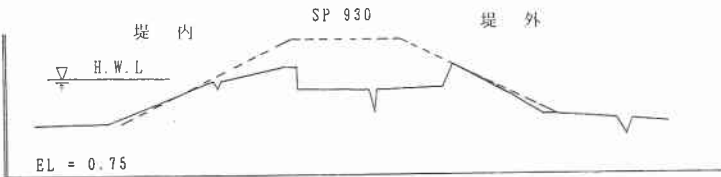


図 6.2.6 厚沢部川右岸越前地先被災横断面図 (2級河川厚沢部川)



写真 6.2.6 (2級河川厚沢部川)

厚沢部川右岸越前地先被災状況



- ・所々の水田に大きな噴砂が確認された。

写真 6.2.7 (後志別別川) 堤内地の噴砂状況

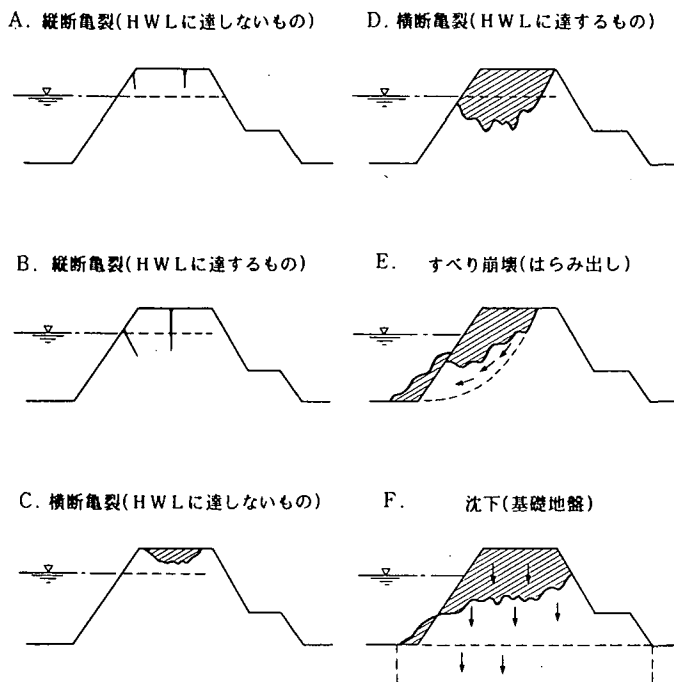


図 6.2.7 堤防の被災形態による分類

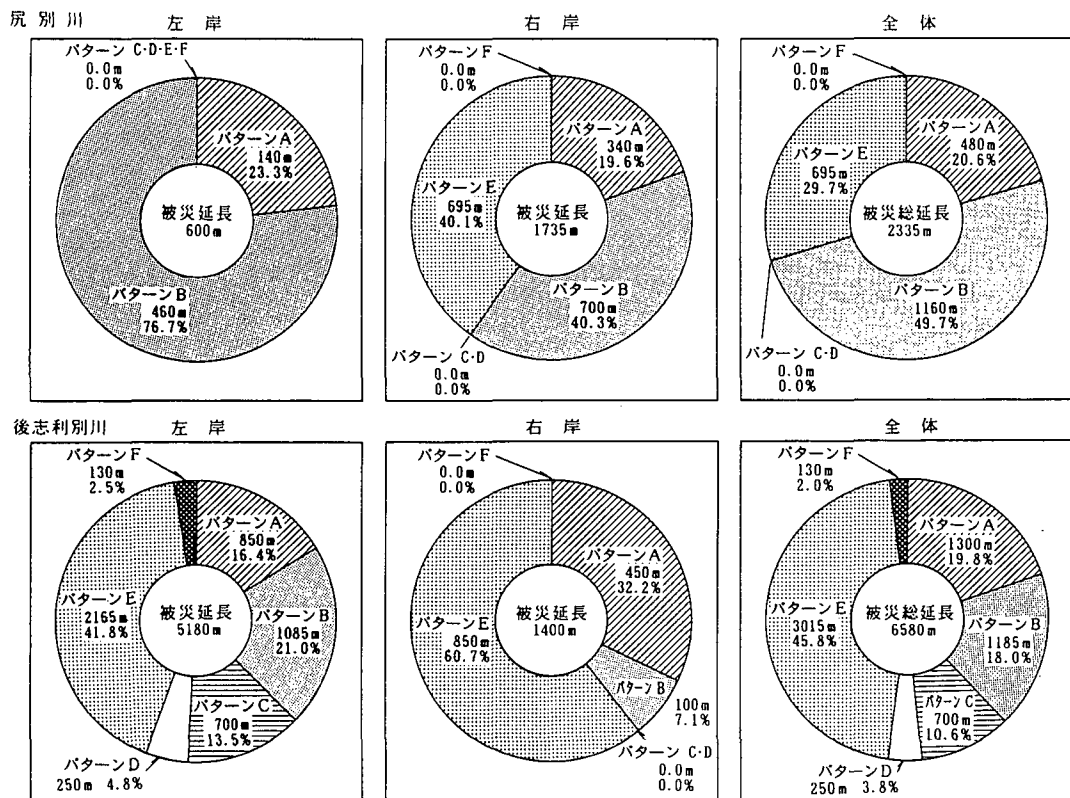


図 6.2.8 パターン別堤防被災状況

1~3m 程度陥没し原形をとどめないものも見受けられる。このように後志利別川では尻別川に比べ被災規模が大きい。このことは、図 6.2.9 に示すように震央から河口までの距離が尻別川では 96 km であり後志利別川は 67 km と約 29 km ほど後志利別川の方が震央に近いことになる。このことが被害の大小の違いに関係しているものとみられる。また、堤防の被害発生箇所は釧路沖地震同様、ほぼ震央から河口までの距離が 100 km の圏内で発生していることがわかる。ただし、2 河川とも河口付近で被害が大きく上流に行くに従い被害は軽微になっている。これは、下流側ほど震央に近くなることから地震力も大きくなり液状化の範囲が拡大され被災規模も増したものと考えられる。特に、今回の地震

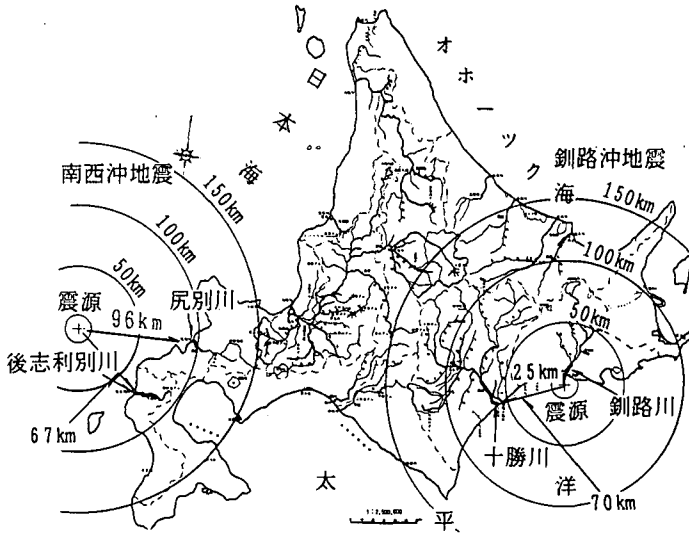


図 6.2.9 震源地と各河川の被害位置との関係

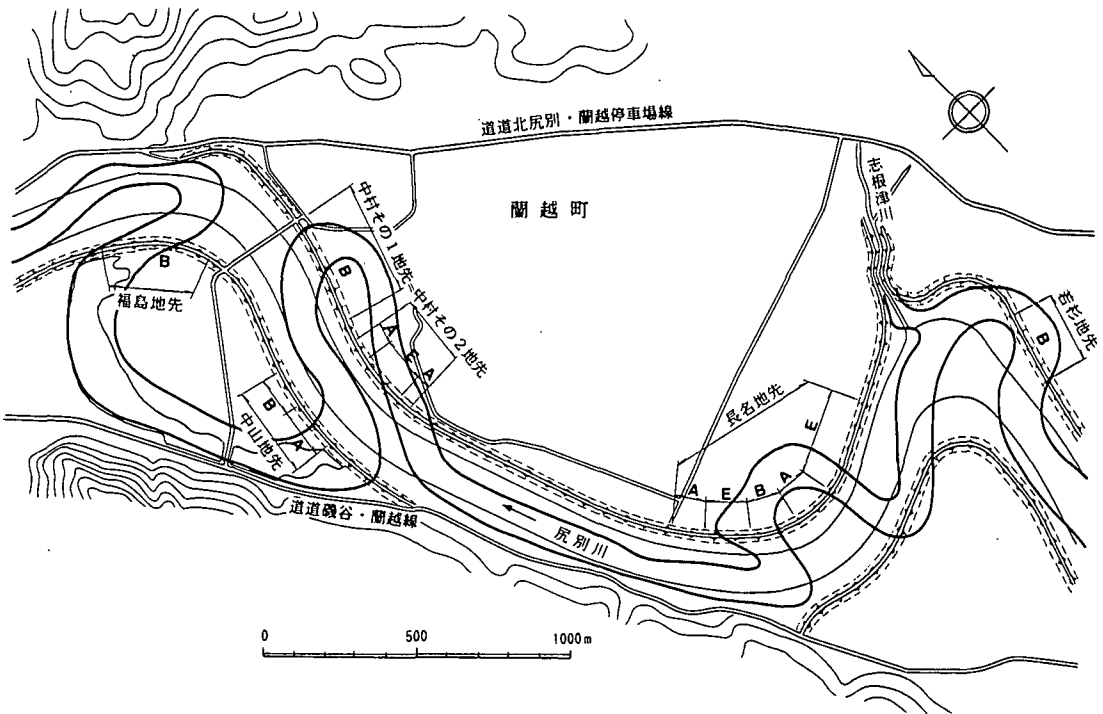
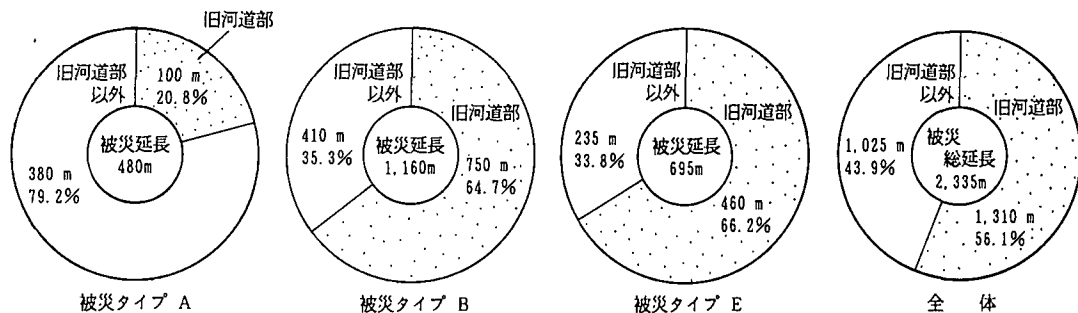


図 6.2.11 築堤時の旧川締切部および旧河道部と被害位置の関係（尻別川）

尻別川



後志利別川

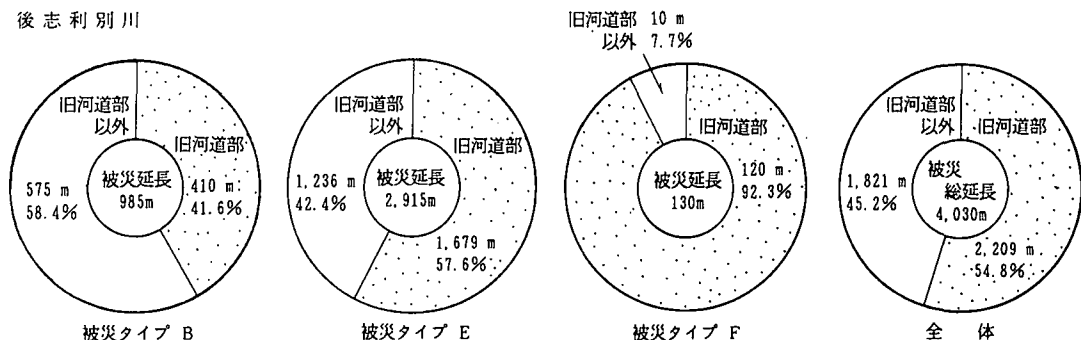


図 6.2.12 旧河道部に対する被災延長割合 (被災タイプ別)

では図 6.2.10 および図 6.2.11 に示すような素地盤高が低く地下水面が地表に近いような旧川締切部および旧河道部の箇所には被害が集中しているように見受けられる。

そこで、尻別川および後志利別川の両河川について被災タイプ別に旧河道部の延長と被災延長の割合を図 6.2.12 に整理した。図から判断すると両河川とも被災全体では旧河道部の被害は 5 割強程度で被害が旧河道部に集中しているとはいいいがたい。

しかしながら、両図を見てもわかるように両河川とも旧河道部の箇所では被害規模が大きくなる傾向を示している。

6.2.2 後志利別川堤防の被災事例

(1) 堤防の変状

後志利別川における堤防の変状は、特に河口から約 5.5 km 間に大きな変状が集中した。被災総延長 6 580 m 中、被災タイプ E, F が 3 045 m と 46% を占め上流に行くにつれ被災程度は小さくなっている。図 6.2.13 に後志利別川下流の地質断面図を示したが被害が発生した箇所では、砂質土が大部分を占める地盤となっている。

そこで、図 6.2.14 に示す河口から約 2.5 km 間に位置する特に変状の著しかった兜野 (かぶとの) 築堤左岸 KP (キロポスト) 0.865 を代表事例に取り上げ今回の地震による被害の特徴を見る。

《兜野築堤左岸 KP0.865》

この箇所は KP0.10~KP2.33 の約 2 230 m にわたり連続的に変状している箇所の一部である。この区間の堤体は、図 6.2.15 に示すように 2 時期にわたり堤外側から堤内側に拡張されたものである。堤

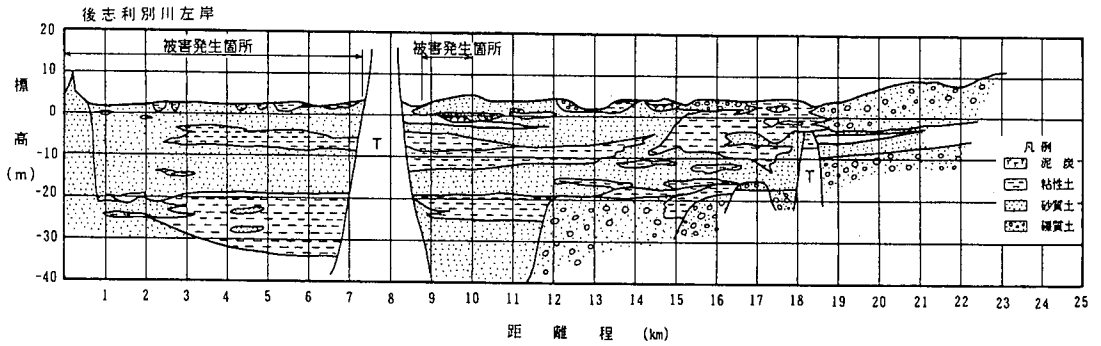


図 6.2.13 後志利別川下流部沿いの地質縦断面図 (後志利別川)

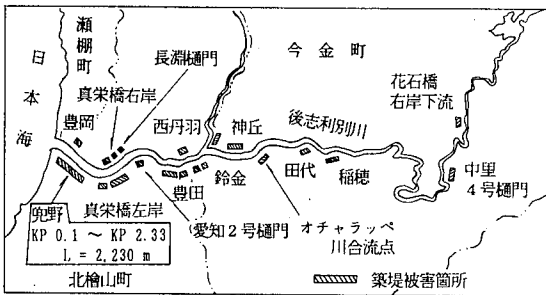


図 6.2.14 後志利別川被災箇所図

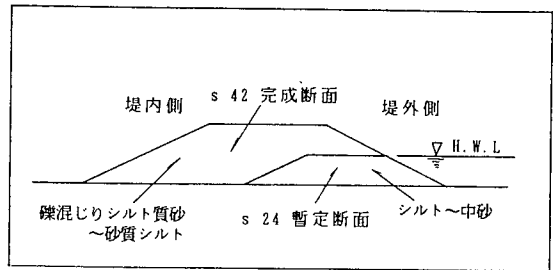
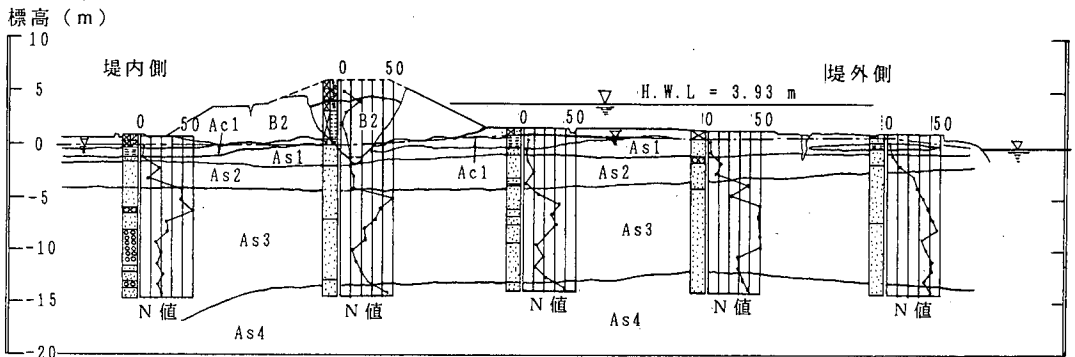


図 6.2.15 後志利別川築堤履歴 (兜野築堤)



As: 第1砂質土層, As2: 第2砂質土層, As3: 第3砂質土層, As4: 第4砂質土層, Ac1: 第1粘性土層, B2: 築堤土

図 6.2.16 兜野築堤左岸 (KP 0.865) 地質断面図 (後志利別川)

体土は砂質シルトおよび礫混りシルト質砂が多い。

被災は断面図 (図 6.2.16) に示すように天端全体にわたって多数の縦断亀裂が見られ最大 2.3m の沈下を伴いながらブロック状に崩壊している (写真 6.2.1 参照)。堤内、堤外法尻部にも連続した縦断亀裂が見られ 50 cm 程度の段差を伴い噴砂がみられる。この時の地下水位は基礎地盤下約 1 m 程度に位置している。この箇所は旧河道部に相当する。

地震後のボーリング調査からここでの土質構成をみると基礎地盤下 6 m 程度までは N 値が 15 以下の緩い砂質土層が連続して分布する。この砂層は大きく第 1 砂質土層 (As1) と第 2 砂質土層 (As2)

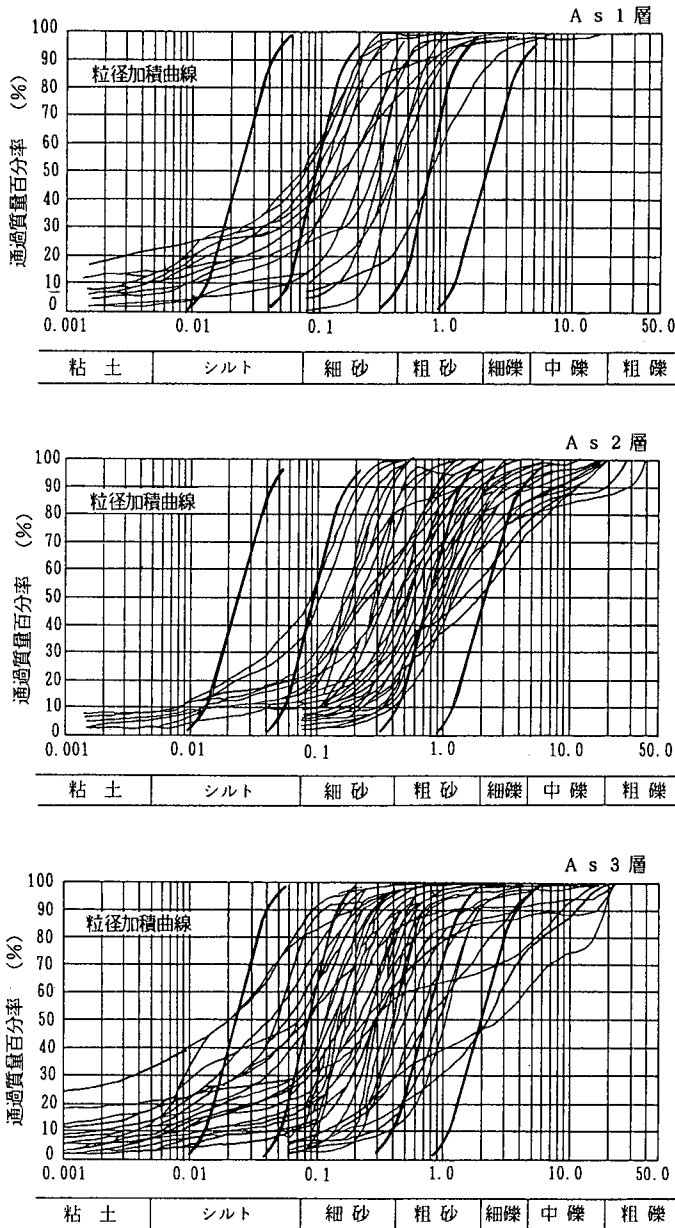


図 6.2.17 後志利別川における砂層試料の粒度組成

層)の2つに分かれ基礎地盤下3m程度まではN値が6以下の主に旧河道部にみられる細粒土から砂までの幅広い粒径をもつ堆積物の多い砂質土 (As1層) が分布している。堤体直下には薄い粘性土層 (第1粘性土層 Acl) もみられる。また、基礎地盤下6m以深には、N値が12~40 (第3砂質土層 As3) とかなり密な砂質土層が分布している。

これに関して基礎地盤下の砂質土層について液状化の可能性を検討するため粒度試験が行われている (図 6.2.17)。

粒径加積曲線 (図 6.2.17) より液状化の可能性を判断すると As1層および As2層ではいずれも粒度組成的の面から見れば、地震時に液状化を起こした可能性が高い。

(2) 開削調査

図 6.2.18 にこの箇所の堤防開削断面 (兜野築堤左岸 KP0.865) の観察結果図を示しここで明らかとなったことを以下に整理した。

1) 兜野築堤の工事履歴によると築堤は図 6.2.15 にも示したように以下の 2 期に分けて盛土されている。

1 期 …… 昭和 24 年(1949)から開始, H.W.L まで築造. 天端幅は 4m (暫定断面)

2 期 …… 昭和 42 年(1967)から開始, 暫定断面の堤内側に H.W.L+1.5m まで嵩上げ. 天端幅は 6m

開削後の観察結果から以下の堤体の土質的特徴が見られた。

- ①……………堤外側築堤はシルト～中砂から構成され 1 期に築造されたものと考えられる。
- ②……………1 期に築造された築堤を覆うように玉石が混入する礫混りシルト質砂～砂質シルトから構成され 2 期に築造されたものと考えられる。
- ③……………2 期の築堤の堤内側に施工されたシルト混り細～中砂から構成され排水機場建設に伴う搬路部の盛土と考えられる。

2) 堤防天端は約 2m 沈下している (路面, 草が確認できる)。

3) 堤外側および堤内側法肩直下にせん断面が見受けられる。被災時に堤体中央がくさび状にせん断し, 約 2m 沈下したと思われる旧堤体の形状を見ることができる。

4) せん断面付近には, 堤体下位の砂層の液状化により噴き上げた砂が進入している様子がうかがわれる。堤体直下の土質を見ると, 堤内側は泥炭を薄く挟んだ有機質の粘土を主体に構成されているのに対し, 堤外側では粘性土を挟む中砂の分布が確認された。

(3) 変状の形態・機構

開削調査, ボーリング調査結果および粒度試験結果等から今回の地震による堤防変状機構を推定すると, 上載荷重の少ない基礎地盤下で地下水により飽和状態にある緩い砂質土層 (As1 および As2 層) が地震動により激しくゆすられたため間隙水圧が上昇し液状化が生じたものと考えられる。この液状化は堤体直下まで達したと思われる, 支持力を失った堤体は両法面上部に縦断亀裂を伴いながら天端を

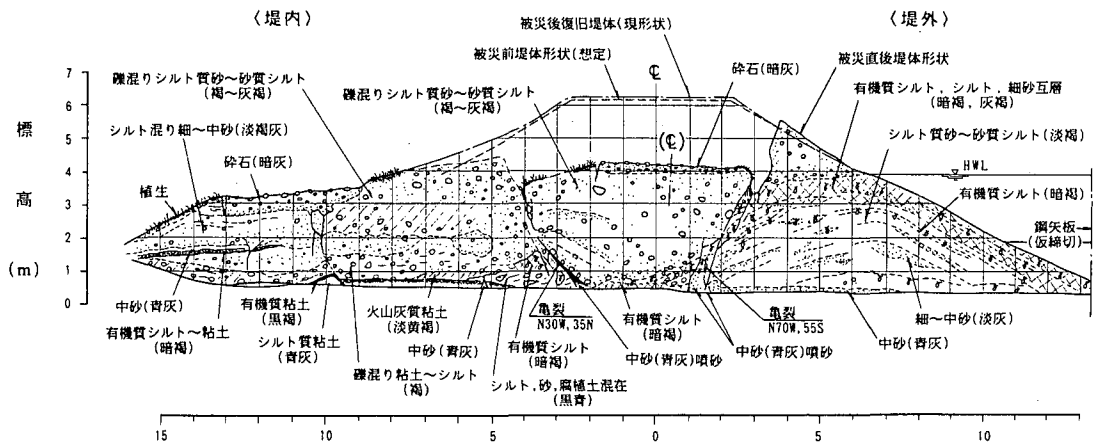


図 6.2.18 兜野築堤左岸 (KP 0.865) 堤防 開削断面図 (後志利別川)

中心に陥没した。陥没した堤体土は基礎地盤下の薄い粘性土層をも分断し砂質土層まで埋没した。このため、他の堤体土は堤外側にせり出すような形で変状したものと考えられる。

6.2.3 尻別川堤防の被災事例

(1) 堤防の変状

尻別川における堤防の変状は、図 6.2.19 に示すように河口から約 6.5 km 間に被害が集中している。被害箇所地盤は図 6.2.20 の地質縦断面図に示すように後志利別川同様、砂質土が大部分を占める。

その中でも初田（はつた）築堤の KP3.5～KP3.7 付近の中村その 2 地先，KP4.8～KP5.7 付近の長名（ながな）地先では全面切返しとなる大きな被害を受けた。ここもまた旧河道部に当たる箇所である。そこで、初田築堤中村その 2 地先を例に取り上げその変状を見る。

《初田築堤中村その 2 地先 KP3.578》

この箇所は 215 m にわたり著しく変状している箇所の一部である。被災は、断面図（図 6.2.21）に示すように盛土天端部分では大きく段落ちし縦断亀裂が多数発生している。その亀裂は深部まで開口する。また、壁面は乾燥状態であり土塊はキノコ状にそそり立っている。高水敷では大きな亀裂が縦断的に発生し随所で噴砂の跡が見受けられる。この区間の堤体は、後志利別川同様 2 時期にわたり堤外側から堤内側へ築造されたものであり、この堤体土はおもに砂質土よりなる（図 6.2.22）。

この断面でのボーリング調査から土質構成をみると地表から 5 m 程度までは N 値が 5 前後と非常に緩い砂質土層が分布している。その下には粘性土を挟んだ N 値が 10 前後の緩い砂が分布する。粘性

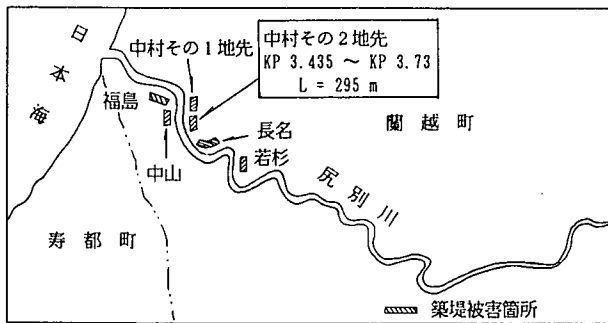


図 6.2.19 尻別川被災箇所図

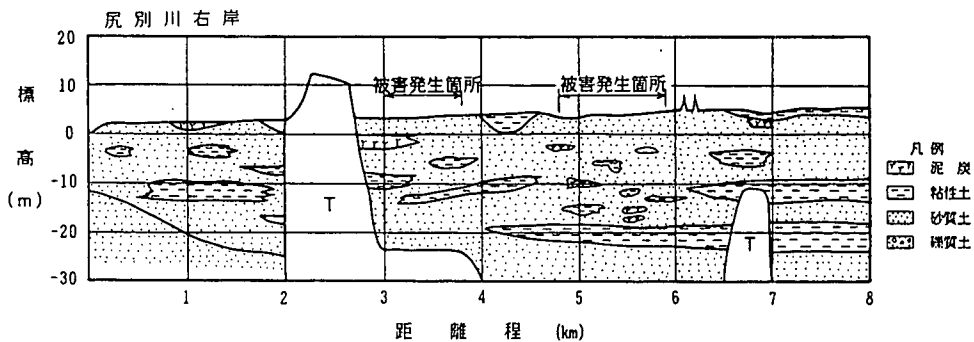
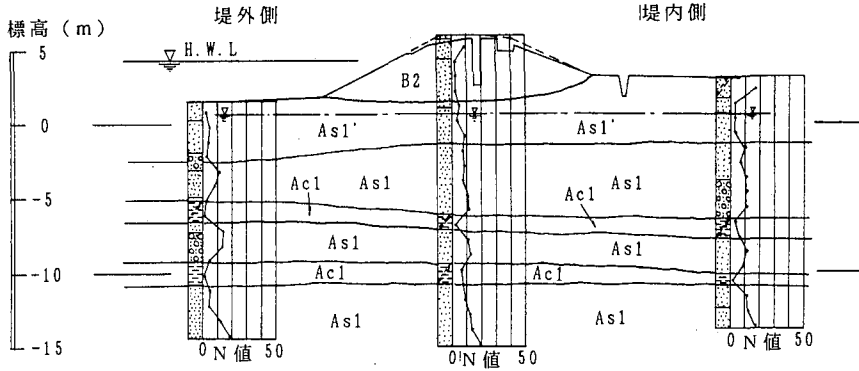


図 6.2.20 尻別川右岸下流沿いの地質縦断面図（尻別川）



As1' : 砂質土 (非常に緩い) , As1 : 砂質土 (緩い~締まった) , Ac1 : 粘性土 , B2 : 築堤土

図 6.2.21 初田築堤中村その2地先 (KP 3.578) 地質横断面図 (尻別川)

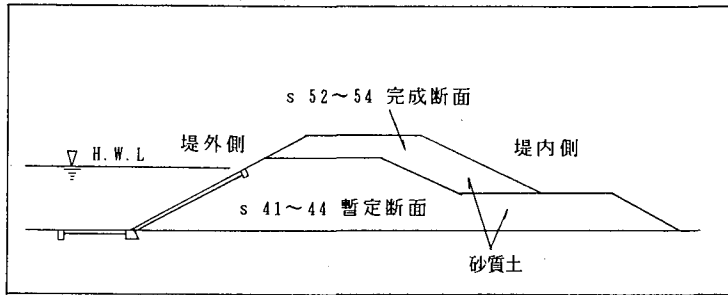
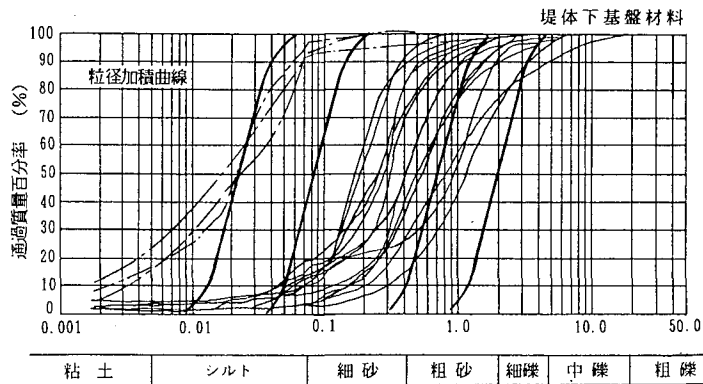
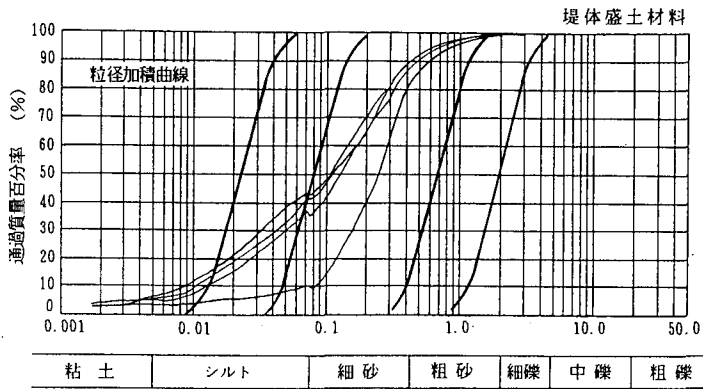


図 6.2.22 尻別川築堤履歴 (初田築堤)



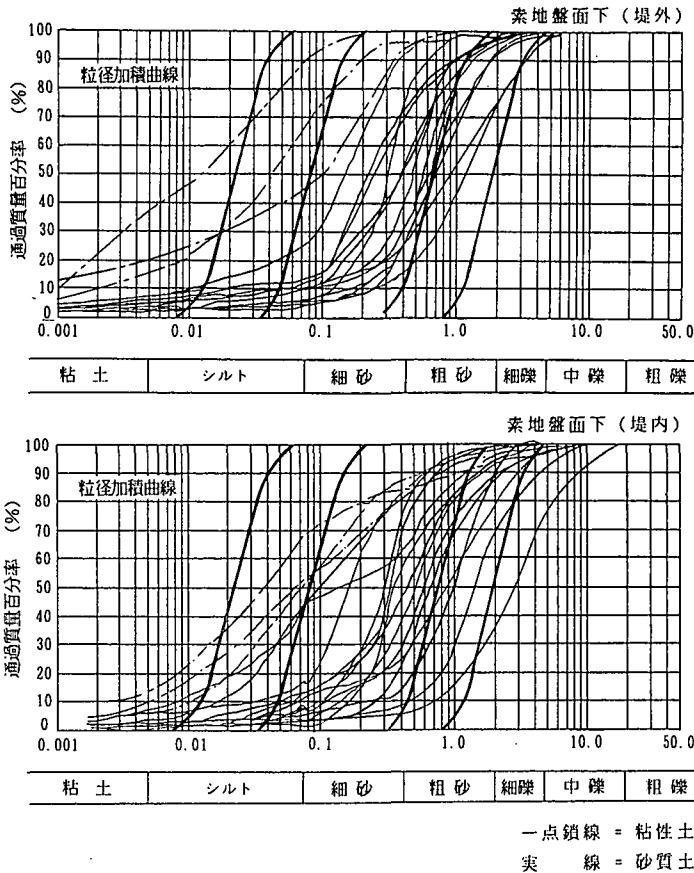


図 6.2.23 初田築堤中村その 2 地先 (KP 3.578) 粒径加積曲線図

土は厚い所で 3 m 程度であり地下水位は基礎地盤下約 1~2 m に位置している。

この箇所でも後志利別川同様液状化の可能性について粒度試験が行われた。図 6.2.23 に粒径加積曲線図を示したが粒度組成的には「液状化の可能性あり」の粒度分布を示している。

(2) 開削調査

図 6.2.24 にこの箇所の堤防開削断面 (中村その 2 地先 SP80) の観測結果図を示し明らかとなったことを下記に整理した。

- 1) 初田築堤の工事履歴によると築堤は図 6.2.22 にも示したように 2 期に分けて盛土されている。
 - 1 期盛土 …… 昭和 43 年に河道材料である砂質シルトを用い H.W.L+0.5 m まで築造。天端幅は 5.5 m (暫定断面)
 - 2 期盛土 …… 昭和 54 年に H.W.L+1.5 m までの嵩上げ+裏腹付け盛土。天端幅は 5.5 m の旧計画断面 (現計画は 6.0 m)。盛土材は河道材料の砂質シルト。

開削後の観察結果から以下の堤体の土質の特徴が見られた。

- ① …… 堤体下部は粘性土，堤外側は砂質シルトで構成され 1 期盛土時に築造されたものと考えられる。
- ② …… 1 期に築造された築堤を覆うように粘土混り砂質シルトと砂質土から構成され

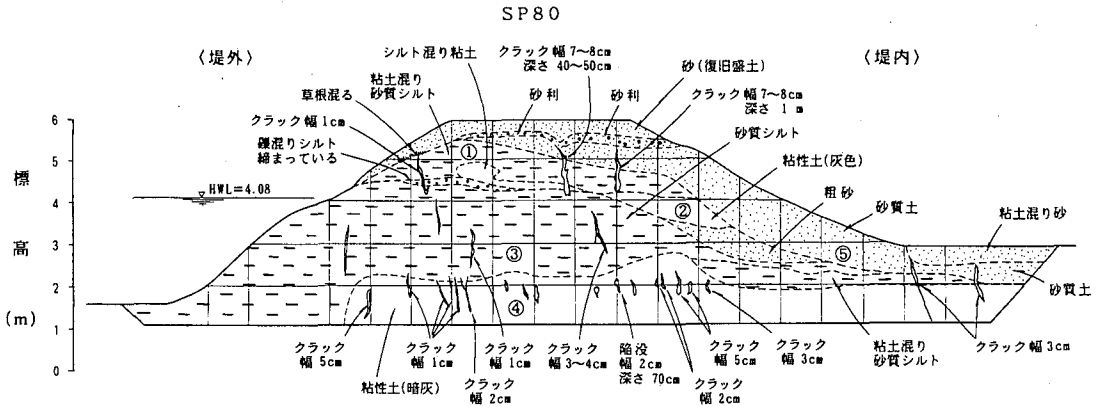


図 6.2.24 初田築堤中村その 2 地先 (SP 80) 堤防開削断面図 (尻別川)

ており 2 期に盛土されたものと考えられる。

- ③……………1 期に築造された天端部に確認される砂礫は 1 期盛土時の管理用道路の材料と推測される。

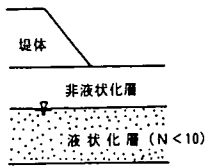
- 2) 堤防天端は約 0.3~0.5 m 程度沈下しており、センター近傍については約 0.1~0.5 m 程度の幅で「くさび状」に大きなクラックが深部まで確認できる。
- 3) 天端直下部のクラックは約 50 cm と幅が大きく基盤直上堤体部に無数のクラックが入り込んでいる。
- 4) 基盤における砂層の液状化による堤体への噴きあがり現象は確認できない。
- 5) 全体的な変状としては堤体全体にクラックが入り基盤の変状は見受けられない。そのクラック範囲は旧地盤面の堤体部で納まっている。

(3) 変状の形態・機構

この箇所の堤防変状機構を考える。一般的に築堤などのように土被り圧の大きな箇所では液状化は発生しづらいと言われている。このことから今回発生した液状化は堤体周辺の土被り圧の小さい素地盤下の N 値が 5~10 程度の緩い砂層で発生したものである。また、この液状化は堤内、外に噴砂を伴う亀裂をもたらした。このため堤体は支持力を失いせん断破壊が生じすべりするような変形を起こし被害が進行したのと考えられる。

6.2.4 被害の要因分析

北海道南西沖地震は基礎地盤に分布する砂質土層の液状化が被害の主要因となったものである。石原 (1985)²⁾ が表層の非液状化層厚と液状化層厚に着目し、日本海中部地震 (最大加速度 = 200 gal) を含む既往地震について液状化による地盤被害の発生条件を整理しているが、今回の北海道南西沖地震についても同様な整理を行った。図 6.2.25~6.2.27 は地盤表面の非液状化層 (粘性土や地下水より浅い砂層) と、その下の液状化層 (N 値 10 未満の地下水位以深の砂質土層を仮定) の層厚の関係を整理して被害と無被害の境界線を示したものである。後志利別川 (図 6.2.25) では、尻別川 (図 6.2.26) に比べ表層の非液状化層の厚い箇所 (3 m 程度) でも被害が発生していることがわかる。しかしながら、ある限度以上厚いところでは被害は見られなくなっている。被害と無被害を分ける境界は、地震



日本海中部地震
最大加速度≒200gal.
石原 (1985)

尻別川 (≒150gal)

後志利別川 (≒200gal)

凡 例

- 無被災箇所
- 天端沈下量/堤高0.1未満
- △ 天端沈下量/堤高0.1以上0.3未満
- ◇ 天端沈下量/堤高0.3以上

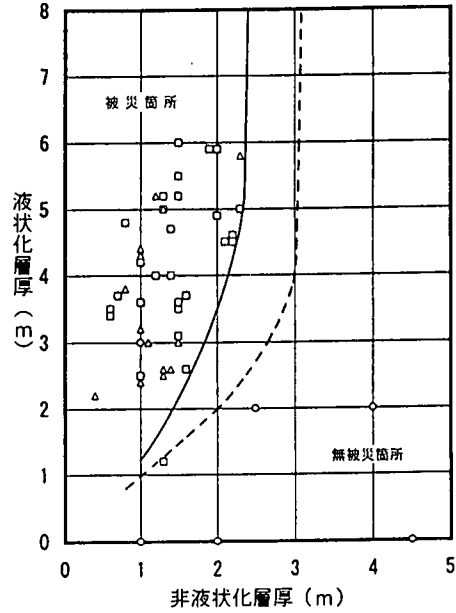
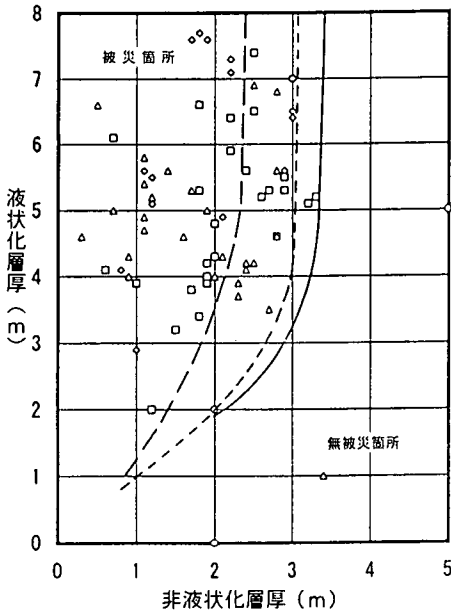


図 6.2.25 非液化化層と液化化層との関係 (後志利別川)

図 6.2.26 非液化化層と液化化層との関係 (尻別川)

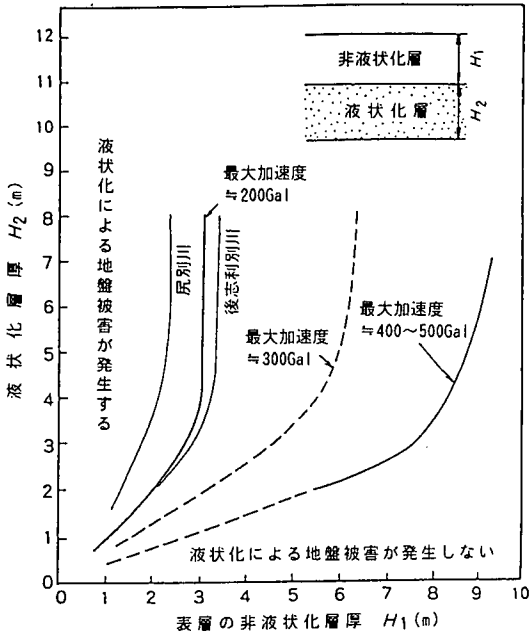


図 6.2.27 液化化による地盤被害が発生する条件 (石原 (1985))

動の大小 (最大加速度は後志利別川 200 gal 程度, 尻別川 150 gal 程度) と関係していると考えられ, 図 6.2.27 に示すように既往の地震に対する研究成果とも整合する. これらの図は同じような層厚で液化化層が分布している場合, 表層の非液化化層の層厚によって被害の大小を判断する資料として用いることができるものと考えられる.

6.3 護岸

今回の地震による護岸への被害は、表 6.3.1 に示すように尻別川で 9 箇所 1 450 m、後志利別川で 20 箇所 3 511 m の護岸被害が発生している。護岸の復旧に要する費用は約 22 億円を要する。ただし、これには北海道の管理する各河川の護岸被害は含んでいない。被害の状況は図 6.3.1～6.3.4 の被災断面図および被害状況写真（写真 6.3.1～6.3.5）に示すように陥没と隆起が主体で全体的に波を打った形状となっている。中には 0.2 m～2.5 m の範囲で護岸の下が空洞化している箇所も見受けられる。ただし、樋門部分（三面張り部分）の護岸については中央部分が隆起しているのが目立つ。

表 6.3.1 河川別護岸被害状況（直轄）

級	水系名	河川名	被災箇所数	被災延長(m)	復旧に要する費用(百万円)
1	尻別川	尻別川(直轄)	9	1 450	367
1	後志利別川	後志利別川(直轄)	20	3 511	1 804
計	2水系	2河川	29	4 961	2 171

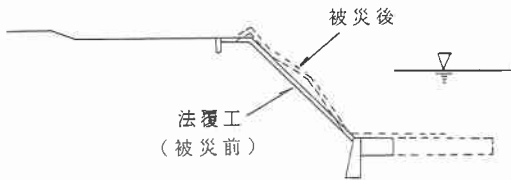


図 6.3.1 兜野築堤左岸護岸被災断面図（後志利別川）

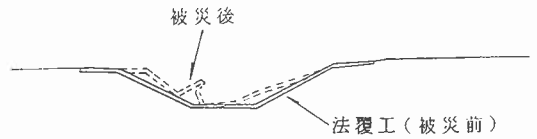


図 6.3.2 兜野築堤左岸護岸被災断面図（後志利別川）



写真 6.3.1 （後志利別川）
兜野築堤左岸護岸被災状況



写真 6.3.2 （後志利別川）
兜野築堤左岸（樋門）護岸被災状況

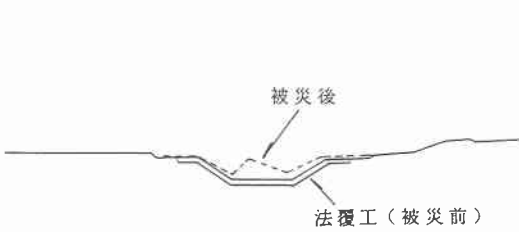


図 6.3.3 神丘地先右岸護岸被災断面図 (後志利別川)

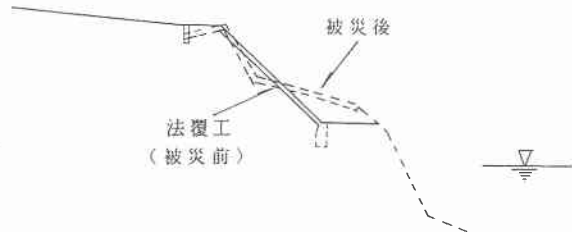


図 6.3.4 西丹羽 4 号樋門上流地先護岸被災断面図 (後志利別川)



写真 6.3.3 (後志利別川)
神丘地先右岸 (樋門) 護岸被災状況



写真 6.3.4 (後志利別川)
鈴金その 3 地先護岸被災状況



写真 6.3.5 (2 級河川 大野川) 大野川護岸被災状況

6.4 樋門等河川関係施設

地震動による樋門等の河川管理施設に対する影響は門柱、堤柱、管渠、胸壁、翼壁等に亀裂、折損、開口などの被害が生じやすい。また、基礎地盤の液状化により樋門底板下の空洞化および管体の沈下等の変状が起こる可能性が大きい。

これらの変状は構造物周辺に水みちを形成し築堤の陥没や法面、法尻の崩壊をまねく恐れがある。

表 6.4.1 河川別樋門被害状況

尻別川・後志利別川

級	水系名	河川名	被災箇所数	被災延長(m)	復旧に要する費用(百万円)
1	尻別川	尻別川(直轄)	1	/	117
1	後志利別川	後志利別川(直轄)	4	/	14
計	2水系	2河川	5	/	131

北海道の各河川

1	後志利別川	パン目名川(道)	1	/	/
		利別目名川(道)	1	/	/
		オチャラッペ川(道)	1	/	/
		パンケオイチャヌッペ川(道)	1	/	/
2	大野川	大野川(道)	3	/	/
2	木古内川	木古内川(道)	2	/	/
2	厚次部川	目名川(道)	2	/	/
計	4水系	7河川	11	/	/

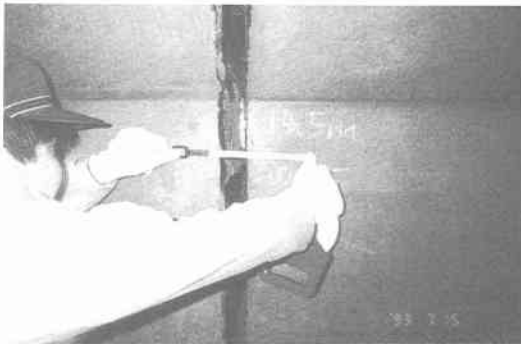
写真 6.4.1 (後志利別川)
田代3号樋門被災後の継手部の開口状況

写真 6.4.2 (尻別川) 被災後の翼壁部の開口状況

そこで、地震直後に各河川において目視による被害状況調査が行われた。この時点の被害状況は表 6.4.1 に示すように尻別川で1箇所、後志利別川で4箇所の被害が確認されている。目視による調査結果では躯体継手部の開口、翼壁部護岸の沈下等であった(写真 6.4.1~6.4.2)。

しかしながら、後志利別川の愛知1号樋門では樋門函渠中央部に平均40cm程度の破断(写真 6.4.3)が確認され、被災2か月後には樋門函体上の堤体天端付近に直径3.5m程度、深さ2.5m程度の陥没が発生した(写真 6.4.4)。この箇所は平成元年8月に樋門等の構造物調査が実施されており、この時点では樋門中央部付近全周には2cmのクラックおよび全体の老朽化・風化が認められている。しかしながら、樋門機能としては支障なく管理上は問題は生じていなかった。したがって、地震後確認された函渠内中央部の破断は元々あったものが今回の地震により拡大した可能性が大きい。そこで、次の各項目について調査が行われた。

- (1) 空洞確認調査(樋門周辺の空洞の把握, 基礎地盤土質状況の把握)
- (2) 開削調査(クラック, 緩み, 樋門周辺の空洞の把握)
- (3) 構造物調査(構造物の破損状況, クラック等の把握)



- ・上流側樋門 10 m 付近に見られる破断部分
- ・破断幅は平均 40 cm 程度である。

写真 6.4.3 (後志利別川) 愛知 1 号樋門被災状況



- ・樋門函体上の堤体天端付近に発生した陥没
- ・陥没は直径 3.5 m、深さ約 2.5 m におよぶ。

写真 6.4.4 (後志利別川) 愛知 1 号樋門被災状況



- ・樋門内部に見られる鉄筋の移動跡 (約 25 cm)

写真 6.4.5 (後志利別川) 愛知 1 号樋門被災状況

以上の調査から次のことが明らかとなった。

- ① 愛知 1 号樋門の土質は以下のように分けられる。

- | | | |
|------|---|---|
| 盛土上部 | ： | 細砂主体であり、所々に砂質シルト～シルトが挟在する。 |
| 盛土下部 | ： | 砂質シルト主体 |
| 基礎地盤 | ： | 樋門底版下は基礎である玉石が 50～60 cm の層厚で布設され、この下に緩い中～細砂が EL-5.0 m まで分布する。 |

② 樋門函体中央部付近に幅 40 cm 程度で全周に横断亀裂 (破断) および吐口付近にクラックが認められた。

③ 樋門函体底版部の中央部から吐口にかけて沈下量が多い。

④ 樋門上下流の堤防天端付近に陥没および法面のはらみ出しが見られる。

⑤ 樋門破断部より 10 m 吐口方向の側壁に約 25 cm の鉄筋の移動跡 (写真 6.4.5) が確認され樋門函体自体中央部から、吐口方向に移動した可能性がある。

以上調査より、今回の地震による樋門の変状は樋門基礎地盤が液状化を起こし、流動化するとともに樋門直上の堤防天端が沈下し堤外側法面を伴って吐口方向に移動したものと考えられる。

また、他の多くの樋門真上の築堤には横断亀裂が発生していることなどから杭などにより支えられている樋門下は緩みまたは空洞化の発生した可能性が大きく空洞化調査を含む詳細な調査を行う必要がある。

6.5 まとめ

北海道において先の釧路沖地震に続き1年に2回もの大地震は初めての経験であった。

釧路沖地震³⁾による堤防の変状は、泥炭の圧密沈下によってレンズ状にめりこんだ飽和した砂質土で構成された築堤土が地震動により液状化したことが被災の主な原因と考えられる(図6.5.1)。

一方、今回発生した北海道南西沖地震⁴⁾での堤防の変状は、地震動により素地盤下の緩い砂層の液状化が主原因で基礎地盤の支持力が極端に低下し縦断亀裂を伴いながら天端土塊が大きく沈下し堤防が崩壊したと考えられる(図6.5.2)。また、釧路沖地震とは違い堤体の陥没量に比べはらみ出しが顕著に見られないのは液状化層の広範囲な流動によって吸収されたためではないかと考えられる。

しかしながら、堤体表面の被害程度に比べ堤体内部で開口した亀裂が多く発生しているような状態も見られる。被災の有無および程度は不連続であり地形、地質等に何らかの関連性があると思われる。地震後の調査方法、被害程度の判定、被災メカニズムなど今後の議論、検討が必要と考えられる。

釧路沖地震と今回の北海道南西沖地震の大きな違いは、北海道南西沖地震時には津波の発生を伴っ

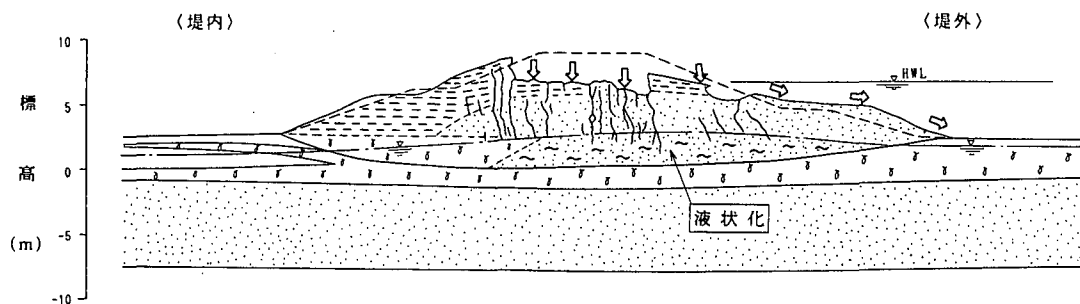


図 6.5.1 釧路沖地震による築堤破壊機構

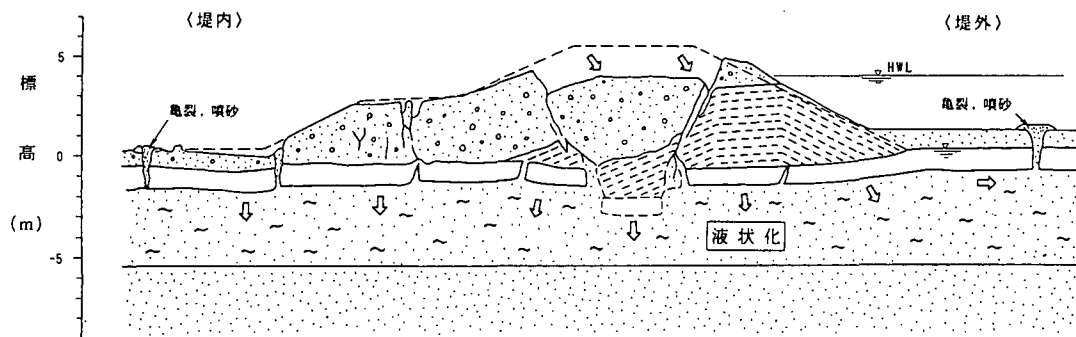


図 6.5.2 北海道南西沖地震による築堤破壊機構

たことである。後志利別川および尻別川のいずれにおいても痕跡水位を調査した結果、河口から1 kmの区間では計画高水位を上回った箇所があった。とくに、後志利別川400 m地点付近では津波による堤防の越水が確認されたが、幸い大きな災害には至っていない。すなわち、津波による被害は地震動による被害に比べ軽微であったと考えられる。

また、北海道南西沖地震時は洪水出水期でもあったため迅速な復旧が要求された。1次緊急復旧は釧路沖地震と同様な復旧方法が取られた。盛土、シート張り、土のう積みの作業をほぼ1週間程度で完了し計画高水位以上の小さな亀裂箇所については同時に本復旧が行われた。2次緊急復旧の鋼矢板二重締切についても約1か月程度と迅速な対応がとられた。本復旧では被害の大きかった箇所では基礎の支持力確保と再度災害の防止を考慮しサンドコンパクションパイル工法が採用された。また、築堤天端が兼用道路として利用されている一部の区間ではジオテキスタイルを敷設し安定を増す工法もとりいれられている。なお、震央距離から約90 kmにある直轄の美利河ダムでは監査廊内での最大水平加速度は123 galであったがダムへの影響および被害はなかった。河口付近では200 galを越えたものと思われる。

最後に、貴重な資料の提供および現地調査に際し多大なご協力をいただいた北海道開発局ならびに北海道土木部の関係各位に深甚なる謝意を表します。

参考文献・資料

- 1) (財)北海道河川防災研究センター：北海道地震災害実態調査研究会資料，1993.11，1994.3
- 2) Ishihara, K.: Stability of Natural Deposits during Earthquakes, 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.1, pp.321~376, 1985
- 3) 北海道開発局開発土木研究所：1993年釧路沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告，第100号，pp.13~32，1993.9
- 4) 北海道開発局開発土木研究所：1993年北海道南西沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告，第101号，pp.21~32，1994.1