

1993年釧路沖地震による土木災害に関する調査

Investigations of Disasters in Civil Engineering Caused by the Kushiro-oki Earthquake 1993

北海道大学工学部 土木工学科・衛生工学科

Department of Civil Engineering and Department of Sanitary Engineering
Faculty of Engineering, Hokkaido University

Abstract

On January 15, 1993 the east part of Hokkaido, including the cities of Kushiro and Obihiro, was attacked by the Kushiro-Oki Earthquake 1993 of which the magnitude was $M=7.8$. Two persons were killed and many disasters in the civil engineering were caused by the earthquake. The disasters are estimated to cost about 70 billion yen and will be more according to more detailed investigations after the snow-melt.

This is a progress report of the investigations of the disasters in civil engineering performed by the staffs of the Departments of Civil Engineering and Sanitary Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University.

キーワード：1993釧路沖地震, 土木災害, ライフライン災害

1993年1月15日20時06分、マグニチュード $M=7.8$ の地震が発生した。震源地は釧路市の南方30km、北緯42度51分、東経144度23分の深さ107kmの地点であった。各地の震度は、震度6(烈震)が釧路市、震度5(強震)が浦河町、広尾町、帯広市、震度4(中震)が根室市、小樽市、函館市、室蘭市、苫小牧市などであった。当該地域は過去にも、1952年十勝沖地震($M=8.2$)、1968年十勝沖地震($M=7.9$)、1982年浦河沖地震($M=7.1$)などの大地震を経験しているが、それらと比較して今回の1993年釧路沖地震の主な特徴はおよそ次のようである。

1) 震源位置が通常のM 8クラスの地震と異なり深い。

- 2) 断層サイズが地震規模の割合に小さく、断層破壊の継続時間が短い。
- 3) 余震活動が低調で、とくに規模の大きい余震がほとんど発生していない。
- 4) 主要動の継続時間が短く、堆積層の影響をあまり受けない硬質地盤上では10数秒程度であった。
- 5) 釧路地方の地震動強さは1952年の十勝沖地震を上回り、逆に十勝地方ではそれを下回った。

本地震による土木構造物およびライフラインに関する被害額は、現在のところおよそ700億円（死者2名）と言われているが、雪融けとともにさらに被害額が増大することが予想されている。本文の各章において被害の数量、被害額等が必ずしも一致していないのは、現在も調査が継続中であることによっている。

本調査は、北海道大学工学部土木工学科および衛生工学科の職員合計30名が担当した。以下に、調査結果の概要を各項目ごとに略述する。なお、都市ガス、電力、通信回線等の被害については、現段階でさらに調査を継続中であり、今回の報告ではごく簡単な記述に留まっている。

本文は、調査項目別に下記の各章からなっている。

1. 河川構造物の被害
2. 港湾の被害
3. 道路の被害
4. 道路交通及び鉄道の被害
5. 道路ネットワークの代替性評価
6. コンクリート土木構造物の被害
7. 橋梁の被害
8. 基礎地盤の被害
9. 公共衛生施設の被害

1. 河川構造物の被害

北海道大学工学部土木工学科

板倉 忠興・藤田 瞳博・黒木 幹男
森 明巨・長谷川和義

1993年釧路沖地震による被害額の合計は700億円を超えると言われているが、その中で河川構造物の災害は約280億円であり、総被害額のおよそ40%を占めている。

河川構造物の被害は、釧路川および十勝川を中心として、それらのほとんどの本・支川に及んでいる。被害の主なものは築堤の亀裂、陥没、法面の崩壊であり、さらに護岸、床止工、樋門にも及んでいる。表1-1は被災河川の一覧表である。

表1-1 被災河川一覧表

地区名	被 災 河 川 名
釧路地区	釧路川、音別川、和天別川、恋隠川、標津川、庶路川、西別川、茶路川、星が浦川、直別川、オビラシケ川、雪裡川、茂雪裡川、別保川、コイトイ川、清丸別川、ウラップ川、チョロベツ川、サンタクンベ川
帶広地区	十勝川、牛首別川、利別川、浦幌川、下頃辺川、農野牛川、清見二線川、打内川、途別川、旧途別川、山陰川、背負川、久保川、湧洞川、十弗川、ウツベツ川

被害額の概要は表1-2の通りであるが、融雪後の詳細な調査によっては、さらに増大することが予想される。ただし、表中北海道土木部関係には市町村分を含んでいる。

表1-2 被害額の概要

区 分	被 害 額	備 考
北海道開発局釧路開発建設部管内	160億円	表-3, 図-2
〃 帯広 〃	100〃	表-4, 図-3
北海道土木部釧路土木現業所管内	11〃	表-5, 図-4
〃 帯広 〃	7〃	表-6, 〃
合 計	278億円	

河川構造物の被災の概要を表1-3～表1-6に示す。表中のLは、被災個所の延長である。災害の大部分は築堤の被災であり、ダムおよび貯水池における被害は今のところ報告されていない。

築堤の災害については、縦断亀裂、横断亀裂、沈下、法尻の張り出し、めくれ上がりが主であり、一部噴砂も見られる。その典型的な例として、図1-1に釧路町岩保木湿原左岸その5地点(K.P. 9 K 850, 整理番号9)の横断図を示す(写真1-1)。また、図1-2及び写真1-2は鶴居村北斗湿原右岸その4地点(K.P. 11 K 650, 整理番号14)である。亀裂多数、最大

表1-3 河川構造物の被災状況（北海道開発局釧路開発建設部）

河川名	番号	地先名	K.P.	種別	災害内 容
釧路川	0	釧路市鳥取南釧路大橋右岸上流	0.35~ 0.39	護岸	L=30m
"	0-1	" 川端釧路大橋左岸上流	0.49~ 0.51	"	L=20m
"	0-2	" 川端川端左岸	0.59~ 0.60	"	L=15m
"	0-3	" 鳥取南十条右岸	0.62~ 0.85	"	L=230m
"	0-4	" 住之江住之江左岸	0.70~ 0.76	"	L=60m
"	0-5	" 鳥取南鳥取橋左岸	0.80~ 1.12	"	L=320m
"	1	釧路市広里横堤左岸下流	5.55~ 7.50	築堤	維断亀裂、横断亀裂、一部陥没、噴砂、堤外法尻張り出し、めくれ上り、L=1,950m
"	2	" 安原 安原右岸	5.55~ 5.95	"	維断亀裂、陥没、堤外法尻張り出し、めくれ上り、L=400m
"	5	" 湿原左岸その1	7.60~ 8.22	"	横断亀裂、一部陥没、法尻張り出し、めくれ上り、L=621m
"	6	釧路町岩保木 " その2	8.41~ 8.61	"	" 堤外法尻めくれ上り、L=200m
"	7	" " その3	8.92~ 9.12	"	(最大開口幅5m)、陥没顯著で堤体は原型留めず、L=200m
"	8	" " その4	9.26~ 9.50	"	(最大開口幅6m)、
"	9	" " その5	9.60~10.53	"	一部陥没顯著で堤体は原型留めず、最大沈下2m、L=932m
"	10	" " その6	10.70~10.80	"	陥没、L=100m
"	11	釧路市安原 湿原右岸その1	8.05~ 8.90	"	陥没、堤外法尻張り出し、めくれ上り、L=851m
"	12	鶴居村北斗 "	9.20~ 9.50	"	" 法面すべり、L=300m
"	13	" " その3	10.00~10.30	"	" L=300m
"	14	" " その4	10.90~12.20	"	" 一部陥没顯著で堤体は原型留めず、L=1,301m
"	15	" " その5	12.30~13.35	"	" 堤外法尻張り出し、めくれ上り、L=1,051m
"	16	" 恩根内 "	14.90~15.70	"	L=802m
"	17	標茶町五十石五十石橋上流左岸	39.25~39.30	"	L=50m

河川名	番号	地先名	K. P.	種別	災害内 容
釧路川	17-1	標茶町南標茶古屋左岸	44.31~44.37	築堤	L=60m
"	17-2	" ルルラン富士左岸	45.73~45.78	"	L=50m
"	18	" 磯分内瀬文平橋下流左岸	52.23~52.38	護岸	L=150m
"	19	" " 大森左岸	56.94~57.00	築堤	L=60m
"	20	" " 東17線左岸	58.00~58.03	"	L=30m
音別川	1	音別町音別音別市街左岸	0.10~2.10	"	L=2,002m
"	2	" 西音別橋右岸上流	0.80~0.89	護岸	L=90m
和天別川	1	白糠町坂の丘吉野樋門上流右岸	1.50~1.57	築堤	L=70m
"	2	" " 和天別橋 "	1.80~2.17	"	L=371m
"	3	" 橋西 藤川樋管 左岸	2.15~2.20	"	L=151m
"	4	" 坂の丘高橋樋管 右岸	2.82~2.94	"	L=100m
"	5	" " 下和天別右岸	3.08~3.20	"	L=115m
"	6	" 和天別佐々木右岸	4.11~4.50	"	L=402m
"	7	" 川向 山崎橋下流右岸	4.55~4.59	"	L=40m
"	8	" 川向 起望橋上流右岸	9.54~9.77	護岸	L=230m
慾隱川	9	" 沢原第1床上工上流左岸	1.16~1.23	築堤	L=70m
"	10	" 加茂橋下流左岸	1.38~1.48	"	L=100m
"	11	" 慾隱 平川右岸	3.40~3.42	"	L=20m
"	12	" " 慾隱橋下流右岸	3.60~3.62	"	L=20m
標津川	1	標津町茶志骨 茶志骨右岸	1.70~5.25	"	L=3,553m

表 1-4 河川構造物の被災状況（北海道開発局帶広開発建設部）

河川名	番号	地先名	K. P.	種別	災害内 容
十勝川	0	浦幌町豊北左岸	7.10~7.13	築堤	縦断亀裂は天端中心、横断亀裂は上流部, L=83m
"	1	" トイトッキ左岸	8.38~8.91	"	堤内側の被災大、一部陥没、法面崩壊, L=520m
"	2-1	豊頃町幌岡左岸その1	12.34~12.61	"	堤内側の被災大、縦横断亀裂、一部法すべり、沈下、噴砂, L=269m
"	2-2	" そ02	12.72~13.43	"	" " " " L=679m
"	2-3	" そ03	14.30~14.43	"	" " " " L=133m
"	2-4	" そ04	14.81~15.62	"	" " " " L=800m
"	2-5	" そ05	16.28~16.47	"	" " " " L=198m
"	2-6	" そ06	16.59~16.70	"	" " " " L=99m
"	2-7	" そ07	16.88~18.27	"	" " " " L=1,893m
"	3	旅来右岸	13.22~13.82	"	堤内側の被災、大半が縦横断亀裂、一部陥没, L=774m
"	3-1	安骨右岸	16.14~16.18	"	堤外側の縦断亀裂、一部陥没、噴砂, L=41m
牛首別川	4	農野牛橋上流左岸	0.59~1.21	"	大半が堤内側の縦横断亀裂、一部噴砂, L=625m
"	5	" 右岸	0.65~0.83	"	大半が堤内側の縦横断亀裂、一部法すべり, L=172m
"	6	下農野牛左岸	3.53~4.23	"	大半が堤外側の縦横断亀裂、一部噴砂, L=699m
十勝川	6-1	札作別右岸	24.60~24.72	"	堤防を斜めに亀裂が横断, L=115m
利別川	6-2	池田町猿舞左岸	12.32~12.33	"	大半が堤外側の縦横断亀裂, L=8m
"	6-3	美加登右岸	19.82~19.94	"	堤防を斜めに亀裂が横断, L=175m
十勝川	7	幕別町統内右岸	31.77~33.26	"	堤外側の被災大、600m間2m陥没、一部法すべり、噴砂、法覆護岸の沈下, L=1,501m
浦幌川	8	浦幌町浦幌太左岸	-0.26~0.02	"	堤内側法尻単列の縦断亀裂, L=284m
下湧辺川	9	豊稔橋上流左岸	7.59~7.69	"	縦横断亀裂、一部陥没、法すべり, L=100m

表1-5 河川構造物の被災状況（北海道釧路土木現業所）

河川名	番号	地先名	種別	災害内容
オビラシケ川	1	釧路町(釧路川)	その他	宅造盛土部の斜面崩壊により河道内土砂埋塞(未改修区間)
雪裡川	2	鶴居村(〃)	築堤	亀裂L=20m、護岸のずれL=10m
茂雪裡川	3	〃(〃)	護岸	階段護岸のずれL=340m
別保川	4	釧路町(〃)	樋門	目地部のずれ
コイトイ川	5	白糠町(庶路川)	その他	排水工目地部のずれ
西別川	6	別海町(西別川)	その他	排水工目地部のずれ、亀裂
清丸別川	7	〃(〃)	樋門	目地部の開口(局部改良区間)
ウラップ川	8	標津町(標津川)	護岸	護岸の亀裂
茶路川	9	白糠町(茶路川)	樋門	翼壁の亀裂
庶路川	10	〃(庶路川)	築堤	亀裂L=400m、沈下20cm
星が浦川	11	釧路市(星が浦川)	護岸	天端コンクリートの剥離
直別川	12	音別町(直別川)	築堤	縦横断亀裂L=550m
標津川	13	中標津町(標津川)	護岸	護岸のずれL=20m
チヨロベツ川	14	釧路町(チヨロベツ川)	その他	コンクリート擁壁の亀裂L=60m
サンタクンヘビ川	15	〃(釧路川)	樋門	目地部のずれ

表1-6 河川構造物の被災状況（北海道帯広土木現業所）

河川名	番号	地先名	種別	災害内容
農野牛川	1	豊頃町(十勝川)	護岸	橋梁護岸沈下L=5m
清見二線川	2	池田町(")	護岸	積プロック護岸前面押出しL=800m
打内川	3	豊頃町(")	護岸	積プロック護岸前面押出しL=110m
旧途別川	4	幕別町(")	築堤	亀裂
山陰川	5	豊頃町(")	護岸	積プロック護岸前面押出しL=120m
背負川	6	" (")	護岸	積プロック護岸前面押出しL=20m
途別川	7	幕別町(")	樋門	目地部のずれ
牛首別川	8	豊頃町(")	築堤他	亀裂, 樋門目地部のずれ
久保川	9	" (")	樋門	目地部のずれ
湧洞川	10	" (湧洞川)	築堤他	亀裂, 樋門目地部のずれ
十弗川	11	池田町(十勝川)	築堤他	亀裂, 樋門目地部のずれ, 落差工擁壁傾斜
カツベツ川	12	帯広市(")	樋門	目地部のずれ

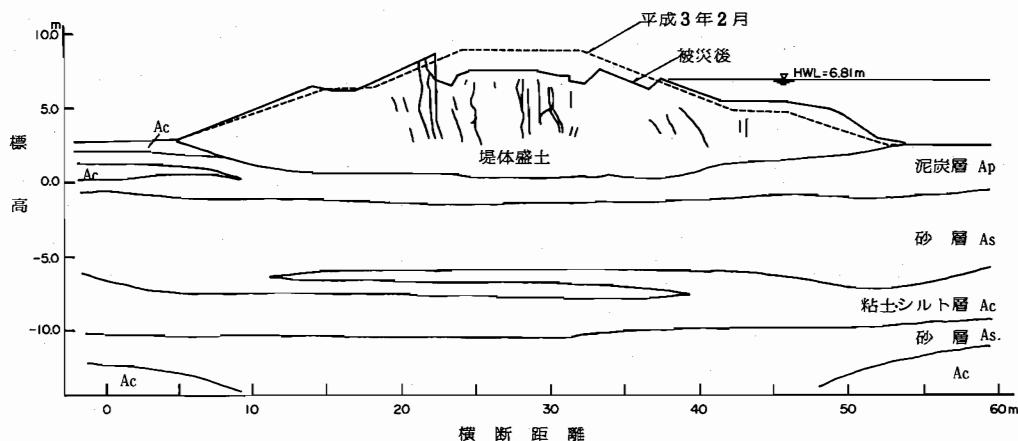


図 1-1 築堤横断図（釧路川左岸 K.P.9 K 860 整理番号 9）



写真 1-1 釧路川左岸 K.P.9 K 860 地点

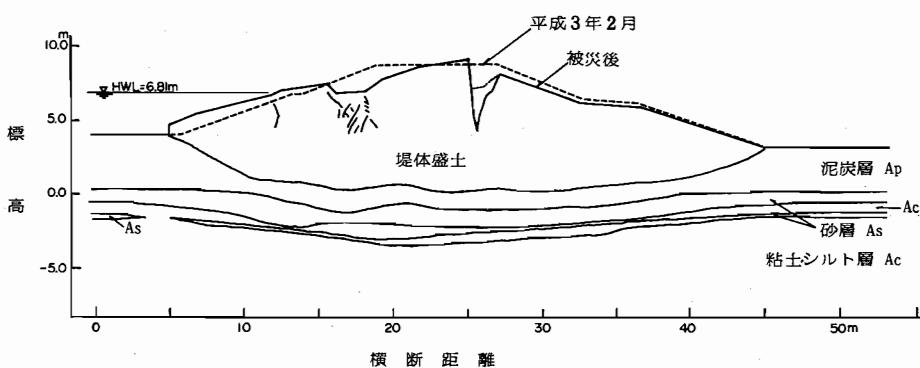


図 1-2 築堤横断図（釧路川右岸 K.P.11 K 650 整理番号 14）

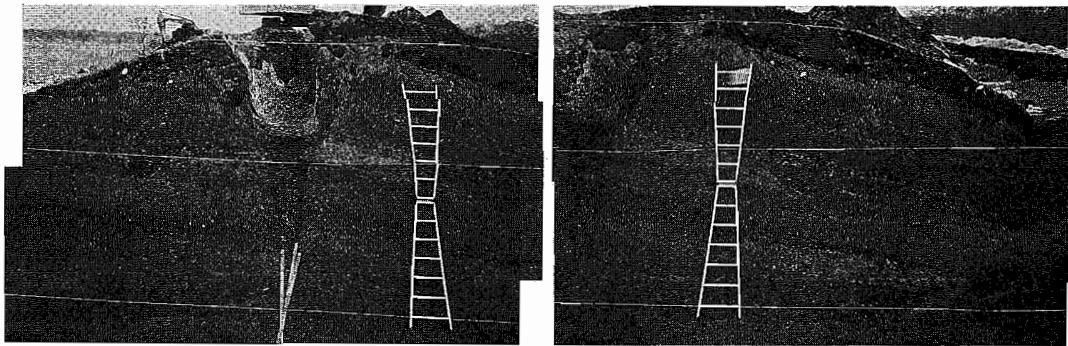


写真 1-2 鋸路川左岸 K.P.11K 650 地点（開削後）

沈下約 2 m で、築堤はほとんどその原形を留めていない。

図 1-3～図-5 は被災箇所の位置図である。

地震発生時は厳冬期で、築堤の表層付近 40～50 cm は凍結状態にあり、丁度「最中」の皮のような状態にあったが、これが危険側であったのか安全側に作用したのかは不明である。また、鋸路湿原を取り巻く築堤の被災がすべて堤外側に発生していることも興味深い。

今回の地震は渴水期におけるもので、流水による被害が皆無であったことは不幸中の幸いである。築堤の設計基準に地震の影響は取り入れられていないが、地震と洪水の同時生起確率はゼロではない。

現段階では、取敢えず応急対策工事によって融雪出水に対処し、その後の本格的な復旧工事に備える必要がある。

最後に、貴重な資料の提供及び現地調査に際し多大なご協力をいただいた、北海道開発局及び北海道の関係各位に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 北海道開発局鋸路開発建設部：平成 5 年 1 月 15 日発生鋸路沖地震記録速報、平成 5 年 1 月。
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部：平成 5 年 1 月鋸路沖地震十勝川水系被災状況資料、平成 5 年 3 月 1 日。
- 3) 北海道土木部：平成 5 年 1 月 15 日発生鋸路沖地震による河川被災状況、平成 5 年 3 月。

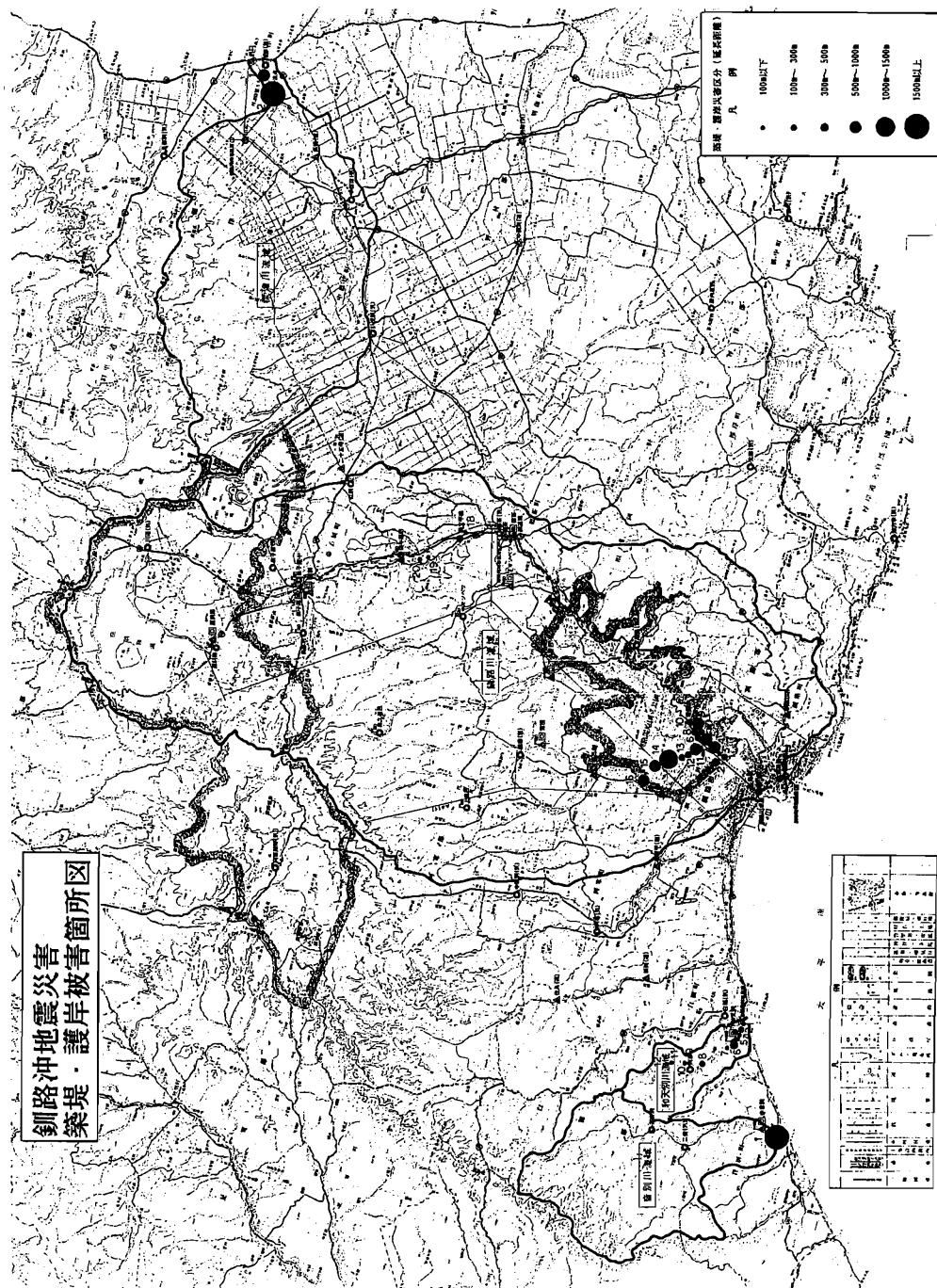


図1-3 河川構造物被災箇所図（北海道開発局鉄路開発部）

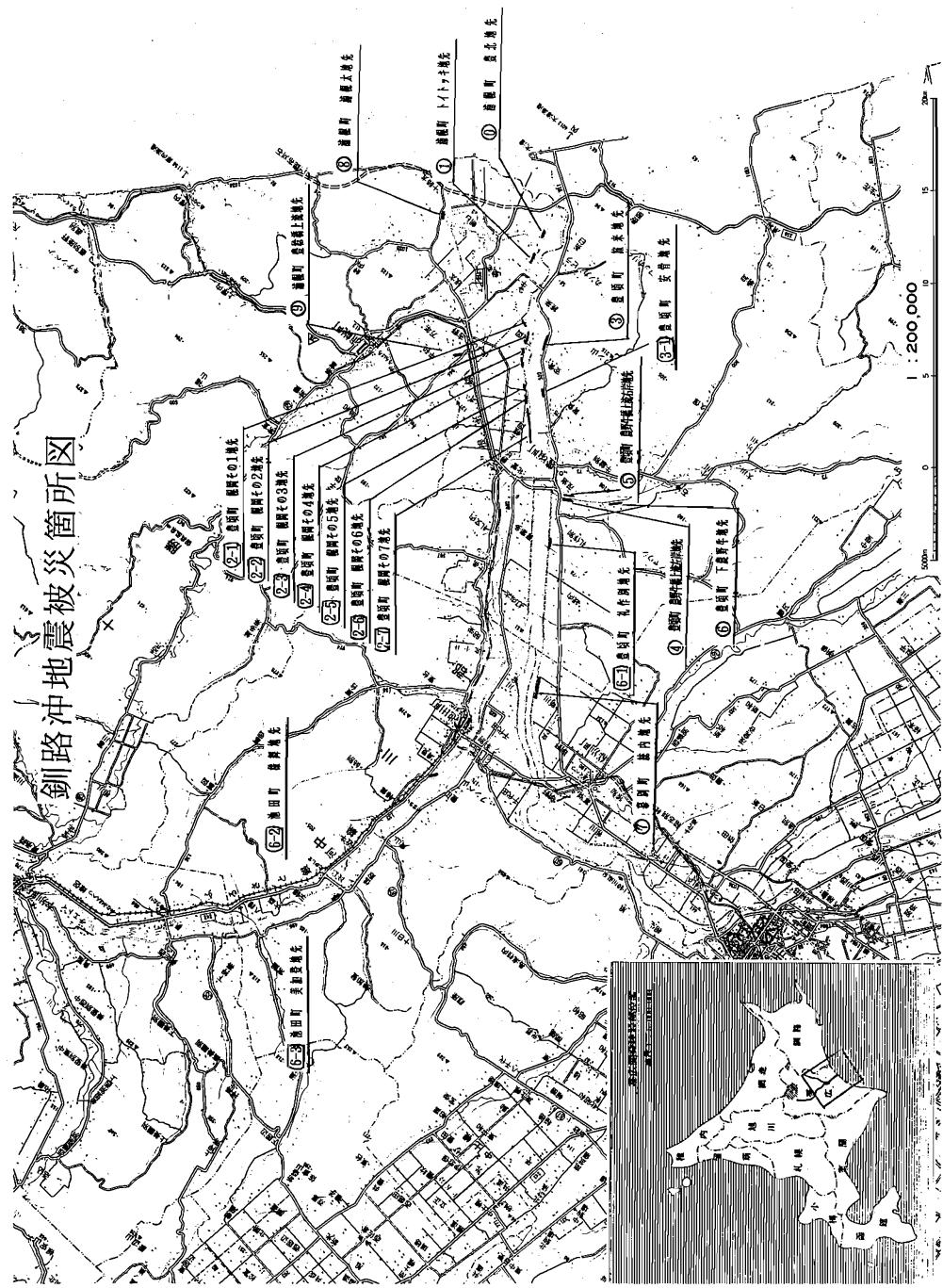


図1-4 河川構造物被災箇所図（北海道開発局帶広開発建設部）

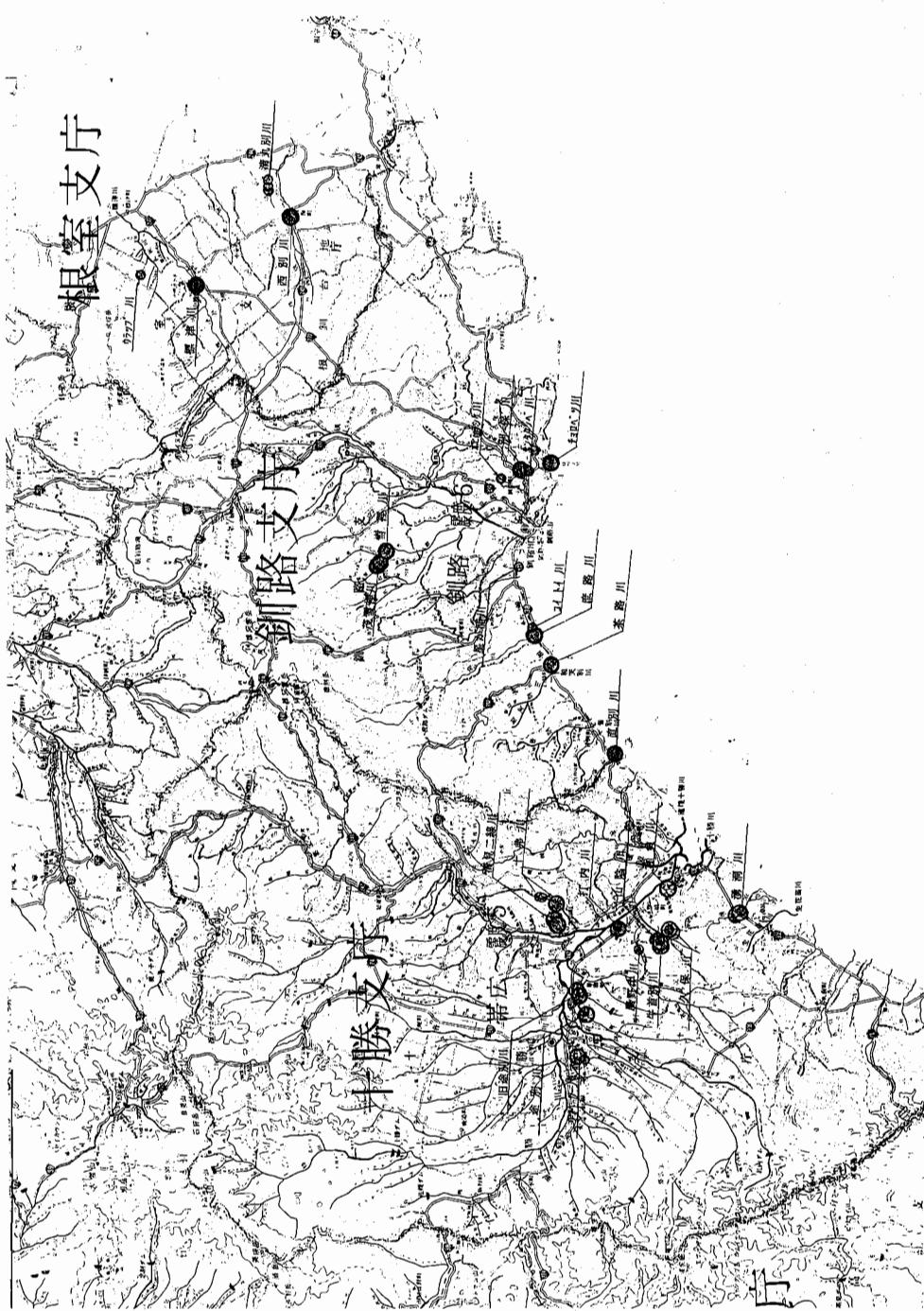


図1-5 河川構造物被災箇所図（北海道土木部）

2. 港湾の被害

北海道大学工学部土木工学科

佐伯 浩・山下 俊彦

(1) はじめに

1993年1月に発生した釧路沖地震は、港湾、漁港にも多大な被害を及ぼした。被害額については、2月末現在の暫定額であるが、5港湾で約140億円、23漁港で約20億円であった。釧路港の被害は133億円と港湾全体の被害額の約93%を占めた。本章では、特に多くの被害を受けた釧路港について概説する。

(2) 釧路港における被害の状況

釧路港での被害の状況は表2-1および図2-1、図2-2の通りである。

(3) 釧路港での被害のまとめ

釧路港の整備は、明治時代に東港地区から開始され、昭和44年から西港区の建設に着手している。地盤は総じて細砂であり、古い施設が多い東港区は矢板式構造が多く、西港区はほとんどが重力式である。東港区は本体構造に被害があった施設が10施設中8施設と多く、岸壁としての機能がまったくマヒした状態となった施設もあった。

一方、西港地区は、建設年次が比較的新しく、液状化対策等が実施されている施設が多かったことから、被害は岸壁本体ではなくエプロン部に限られ、その程度も軽微であった。特に、液状化対策を実施している岸壁のエプロン部の被害は対策を実施していないそれに比べて非常に軽微であることがわかった。

表2-1 釧路港における被害の状況

1) 東港区 南地区 入船

岸壁 (-6.0m)

施設延長180m(取付含む)のうち105mにわたりエプロン中央部に0~1cmの亀裂が、後端スパンに沈下が生じた。

2) 東港区 北地区 中央埠頭

イ. 岸壁 (-10.0m) 取付

全延長にわたり、沈下により上部工とエプロンの段差が5cm~15cm生じた。また、エプロン断面方向数個所に長さ10m、巾0.5cm~2cmの亀裂が生じた。

ロ. 岸壁 (-7.5m)

全延長にわたり、エプロン沈下によりエプロンの目地に段差が2cm~5cm生じた。

3) 東港区 北地区 北埠頭 東

岸壁 (-8.1 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~50cm沈下し、堤体法線は1cm~1.5cm前面にせり出している。また、エプロンも全延長にわたり5cm~20cmの亀裂と段差が20cm~30cm生じ、数箇所陥没している。

- 4) 東港区 北地区 北埠頭 南

岸壁 (-8.0 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~50cm沈下し、堤体法線は1m前後前面にせり出している。エプロンも全延長にわたり5cm~30cmの亀裂と段差が20cm~1m生じた。また、エプロン下は深さ1m~2mの陥没が数箇所生じた。

- 5) 東港区 北地区 北埠頭 西

岸壁 (-9.0 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~50cm沈下し、堤体法線は1m~1.5m前面にせり出している。エプロンも全延長にわたり5cm~20cmの亀裂と段差が10cm~30cm生じ、数箇所陥没している。

- 6) 東港区 副港地区 漁港埠頭 東

岸壁 (-0.7 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~50cm沈下し、堤体法線は1m~2m前面にせり出している。また、エプロンも全延長にわたり10cm~20cmの亀裂と20cm~50cmの段差が生じ、数箇所陥没している。

- 7) 東港区 副港地区 漁港埠頭 南

岸壁 (-7.5 m)

全延長にわたり、本体矢板が水深-3.0m~-4.0mの位置で折損しており、上部工、エプロンを含め全壊している。法線は1m~2m前のめりになっておりエプロン下は1m~3m陥没している。

- 8) 東港区 副港地区 漁港埠頭 西

岸壁 (-7.0 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~50cm沈下し、堤体法線は1m~1.5m前面にせり出している。また、エプロンも全延長にわたり10cm~30cmの亀裂と20cm~40cmの段差が生じた。

- 9) 東港区 副港地区 副港

岸壁 (-6.0 m)

全延長にわたり、堤体前面は20cm~40cm沈下し、堤体法線は20cm~70cm前面にせり出し、エプロンも全延長にわたり10cm~30cmの亀裂と10cm~40cmの段差が生じた。

- 10) 東港区 副港地区 副港

岸壁 (-5.0 m)

全延長にわたり沈下によるエプロンに亀裂が5cm~30cmと15cm~40cmの段差が生じた。また、取付部延長25mは堤体が崩壊している。

- 11) 西港区 第1埠頭地区 西

岸壁 (-10.0 m)

エプロン横断方向3ヶ所に4cm~10cmの亀裂があり、全延長にわたって0~5cm沈下が生じた。

- 12) 西港区 第1埠頭地区 西

岸壁 (-9.0 m)

エプロン全延長にわたりて沈下により10cm~30cmの亀裂と10cm~35cmの段差が生じた。また、上部工前面法線は0~40cm前面にふくらみ、延長50mにわたってズレと段差が5cm~10cm生じた。

- 13) 西港区 第2埠頭地区 東

岸壁 (-5.5 m)

エプロン全延長にわたりて0~10cmの亀裂と沈下により3cm~10cmの段差が生じた。

- 14) 西港区 第2埠頭地区 東

イ. 岸壁 (-7.5 m)

- エプロン全延長にわたって 0~2 cm の亀裂と沈下により 2 cm~3 cm の段差が生じた。ロ. 岸壁 (-10.0 m)
- エプロン全延長にわたって 0~16 cm の亀裂と先端部付近が沈下により 5 cm~15 cm の段差が生じた。また、上部工も延長 20 m にわたり 5 cm~10 cm 目地の傾きが生じた。
- 15) 西港区 第 2 埠頭地区 南
岸壁 (-12.0 m)
エプロン全延長にわたって沈下により 30 cm~60 cm の段差が生じた。また、亀裂が 0~10 cm 生じた。
- 16) 西港区 第 2 埠頭地区 西
イ. 岸壁 (-9.0 m)
エプロン全延長にわたって 2 cm~20 cm の亀裂と沈下により段差が 5 cm~50 cm 生じた。また、上部工の延長 50 m にわたって段差 10 cm~20 cm が生じ、法線も多い所で 40 cm 前出しとなつた。
ロ. 岸壁 (-7.5 m)
エプロン全延長にわたって 0~5 cm の亀裂と沈下により段差が 2 cm~5 cm 生じた。
- 17) 西港区 第 2 埠頭地区 西
イ. 物揚場 (-4.0 m)
エプロン全延長にわたって上部工と接する部分に 10 cm~40 cm の亀裂と 5 cm~10 cm の沈下による段差が生じた。また、上部工法線のふくらみが全延長にわたって 10 cm~20 cm 生じた。
ロ. 物揚場 (-4.0 m)
エプロン全延長にわたって 0~10 cm の亀裂と沈下により 3 cm~10 cm の段差が生じた。
- 18) 西港区 第 3 埠頭地区 東
物揚場 (-4.0 m)
エプロン全延長にわたって 0~2 cm の亀裂と 0~5 cm の沈下による段差が生じた。
- 19) 西港区 第 3 埠頭地区 南
イ. 岸壁 (-7.5 m)
先端部側のエプロン延長 10 m に 5 cm~10 cm の亀裂と沈下による段差が生じた。また、上部工も 20 m の延長に 5 cm~10 cm の段差と亀裂が生じた。
ロ. 岸壁 (-12.0 m)
エプロン全延長にわたって沈下のため、後端スパンに亀裂が 2 cm~5 cm 生じ、段差が 5 cm~30 cm 生じた。また、上部工も 20 m の延長にわたって 3 cm~7 cm の段差と亀裂が生じた。
- 20) 西港区 第 3 埠頭地区 西
イ. 岸壁 (-12.0 m)
エプロン全延長にわたって沈下のため、後端スパンに亀裂が 0.5 cm~3 cm 生じた。また、上部工とエプロンの接する部分にも 1 cm~5 cm の段差が生じた。
ロ. 岸壁 (-10.0 m)
上部工の法線が 10 cm~20 cm 前出しとなり、延長 30 m にわたり 3 cm~6 cm の段差が生じた。

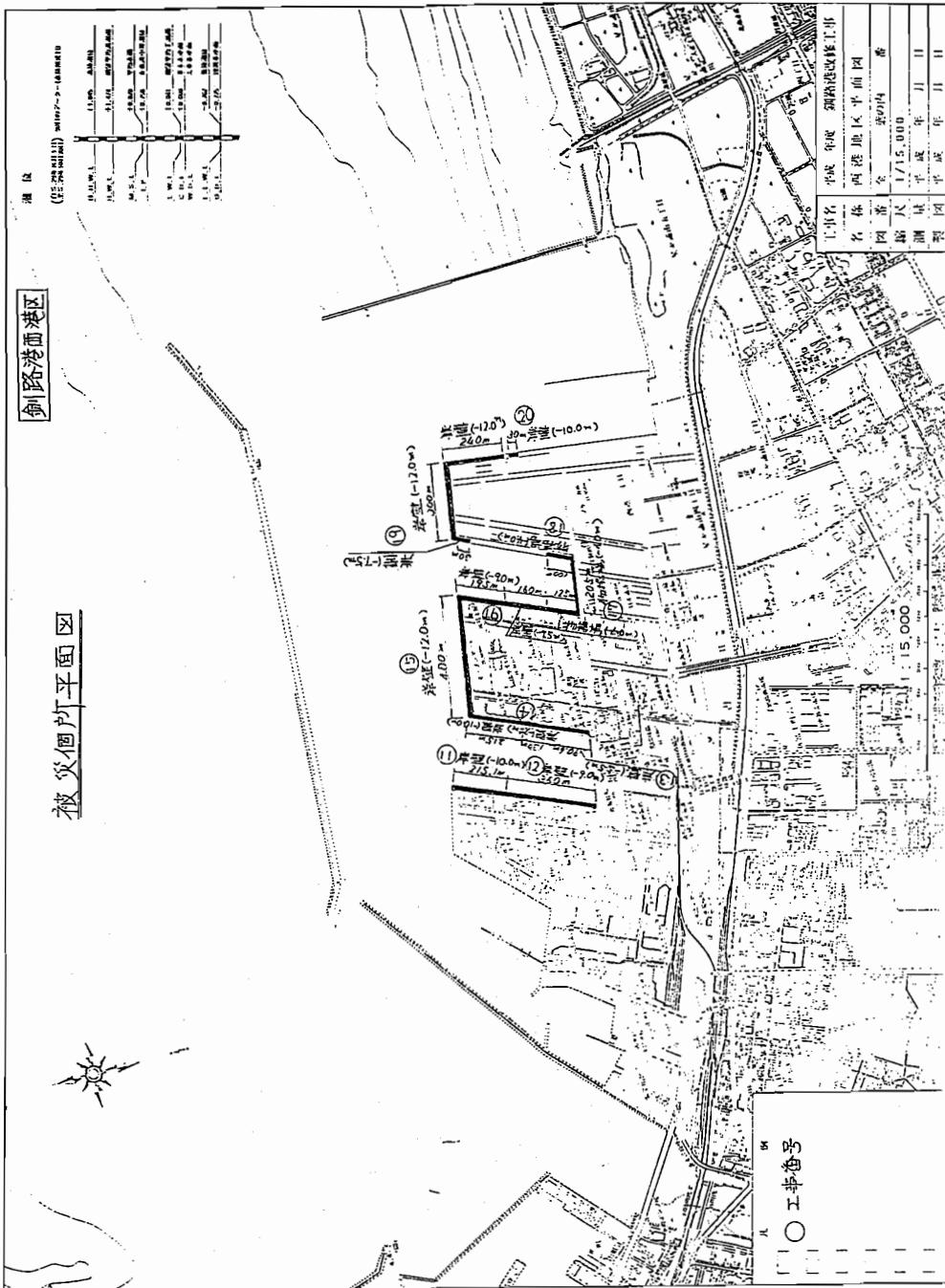


図2-1 釧路港西港区被災箇所図

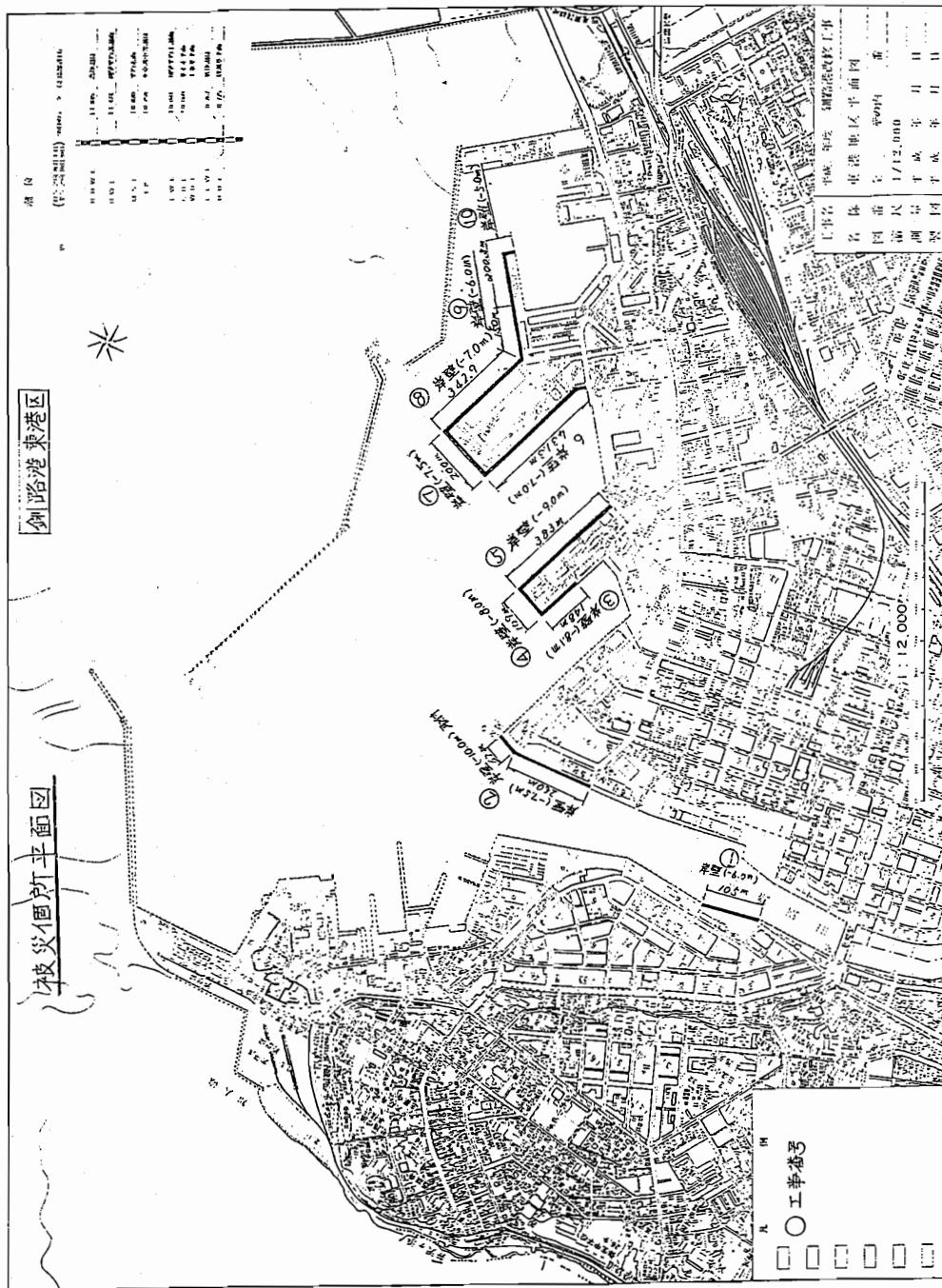


図2-2 鉤路港東港区被災箇所図

3. 道路の被害

北海道大学工学部土木工学科

森吉 昭博・姫野 賢治

(1) 概 説

道路の被害は軟弱地盤の盛土法面、路肩の亀裂、沈下、横断管渠の沈下に伴う舗装路面の変化のほか、切取法面の崩壊等であり、個々の被害は軽微であったが、ここには特に際だったものの二三例を挙げることにする。

(2) 道 路 被 害

図3-1は北海道の地震による道路被害箇所を示す。ここで、◎は軟弱地盤の盛土の崩壊による道路の損傷箇所であり、○は横断管破損に伴う路面沈下、△は路体の沈下、□は切土箇所の法面の崩壊箇所をそれぞれ示す。

(3) 軟弱地盤の盛土の崩壊

軟弱地盤の盛土の崩壊は図3-2に代表されるように法面部の崩壊に伴う道路の損傷につながる。軟弱地盤の盛土の法面の崩壊は1968年の十勝沖地震でも同様の結果が報告されている。図3-2は一般国道38号線白糠郡白糠町馬主来地区の変状であり、上部はこの道路の横断図を、また下部はこの平面図をそれぞれ示す。この箇所の法面崩壊の土量は約5000m³、延長は100mに及んでる。この地区の震度は6と推定されている。

(4) 横断管渠の変形に伴う路面の変状

道路を横断する管渠の沈下に伴う路面の変状は一般国道336号線の豊頃町の長節に生じた。この地区は若干の盛土であり、小河川が道路を縦横に横切っている箇所でもある。図3-3は国道336号線豊頃町長節その1の路体の破損状況を示す。この箇所は直線から曲線に変化し、かつ横断勾配がある。コンクリート製のヒューム管8本継ぎで、全長19.44m、両端部はコンクリートの擁壁で支持されている。ヒューム管の直径は600mmであり、この管は道路の表面よりほぼ1m下にある。道路の横断面図は上部に、またこの箇所の平面図は下部に示す。このような破損箇所は延長400mにも及びいずれも両端部のコンクリートの擁壁部より2本目の箇所の管の垂直方向の移動が特に大きい。この箇所の震度は5と推定されている。

(5) 路体の沈下

図3-4は一般国道38号線白糠郡音別町直別地区の変状であり、上部が道路横断図であり、下部がこの平面図である。この箇所は軽い盛土区間であり、ほぼ直線の区間である。路体の沈下は歩道部で最大で約30cm、舗装面では5cm程度である。このように道路全体が地震のため垂直方向に沈下しているが、歩道部の沈下が著しく大きいため、アスファルト部との接合部となる箇所は最大で幅が20cmにも達する横断亀裂が発生している。従って道路の路体は歩道の沈下にひきずられるように全体に沈下している。この原因は明らかに歩道部下面の土と走行路面下部の土の材質やその締固めの程度がお互いに異なるためと思われる。

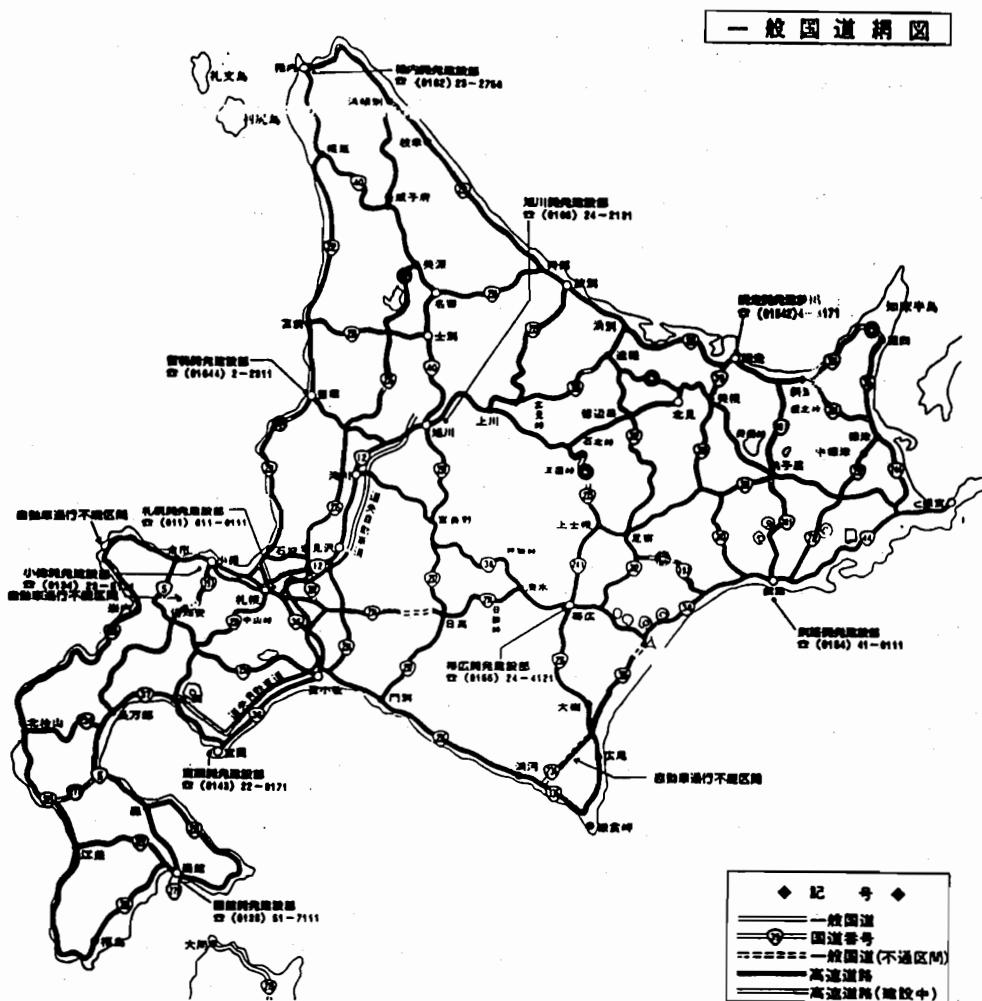


図3-1 道路の被災箇所図

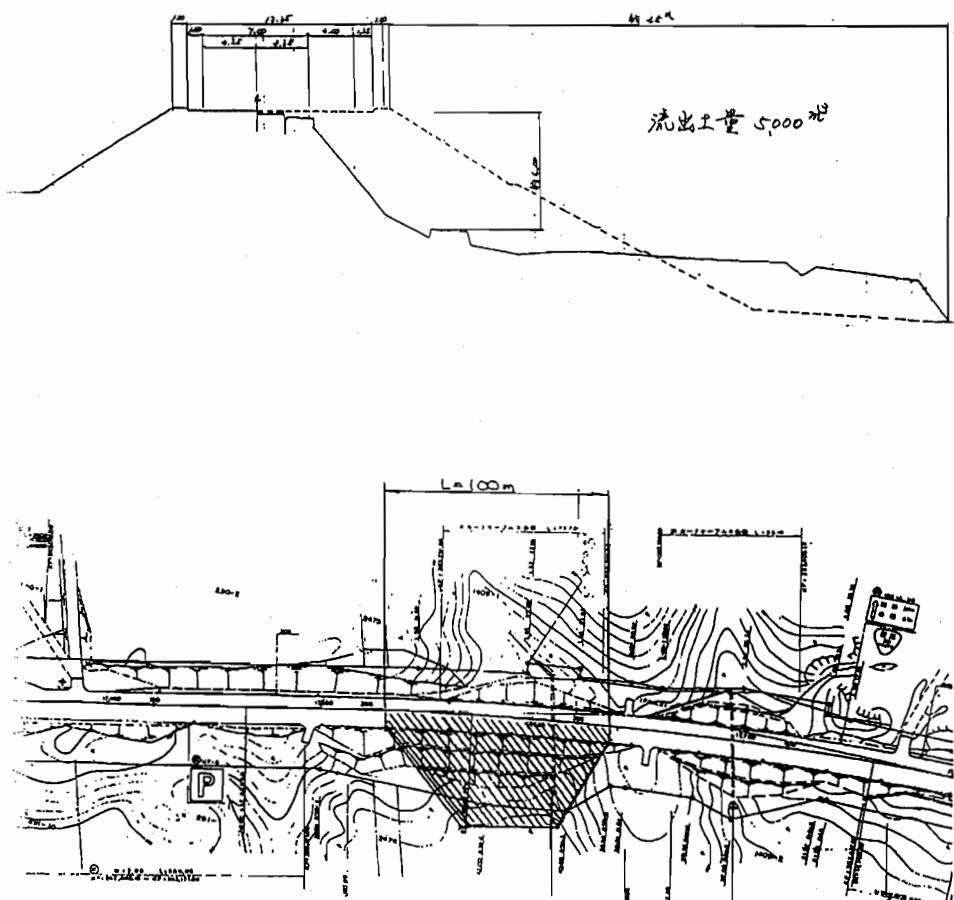


図3-2 一般国道38号線白糠町馬主来地区

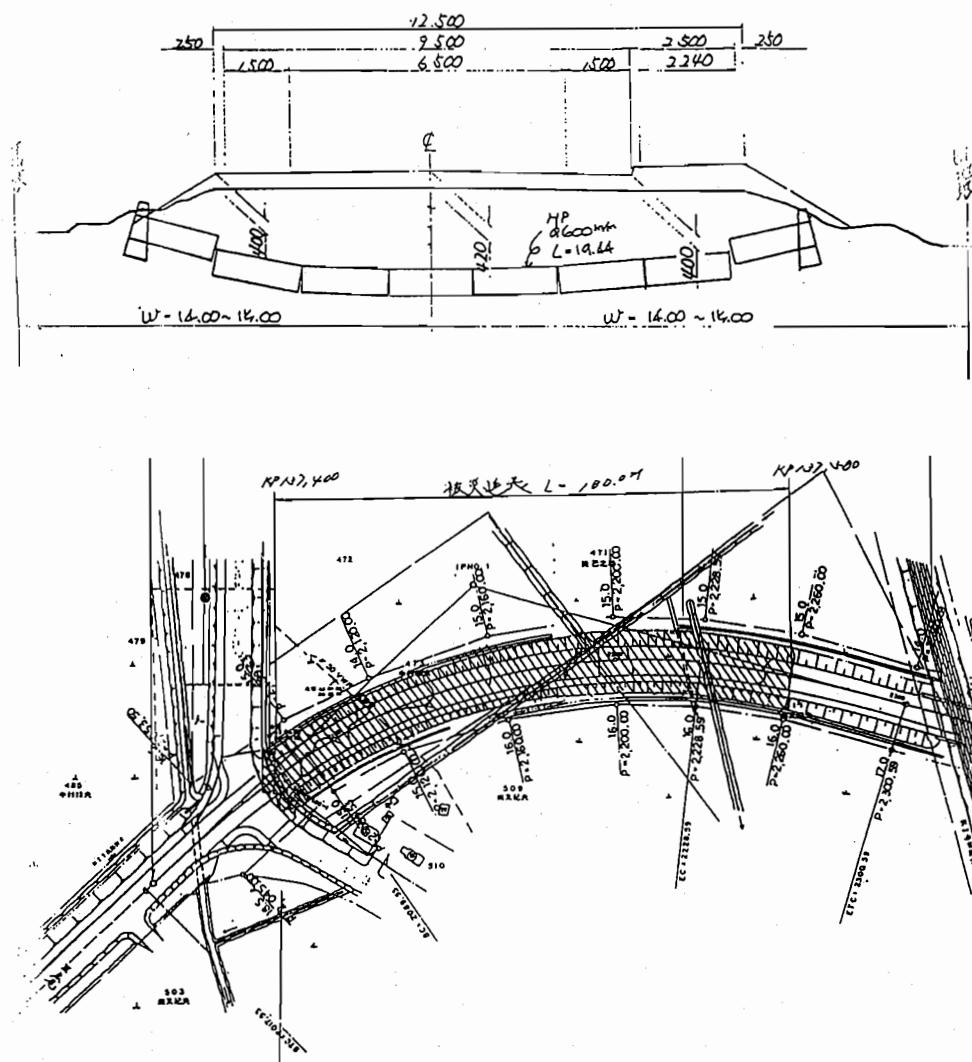
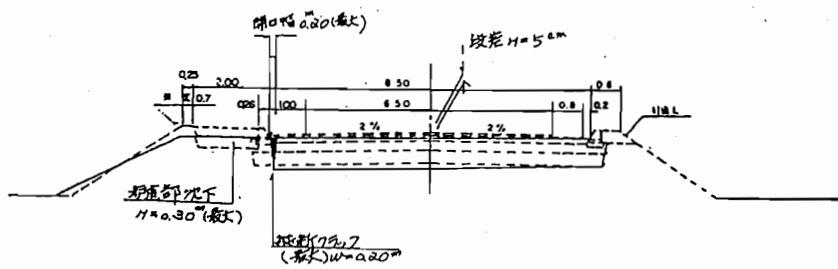


図3-3 一般国道336号線豊頃町長節その1地区



平面図

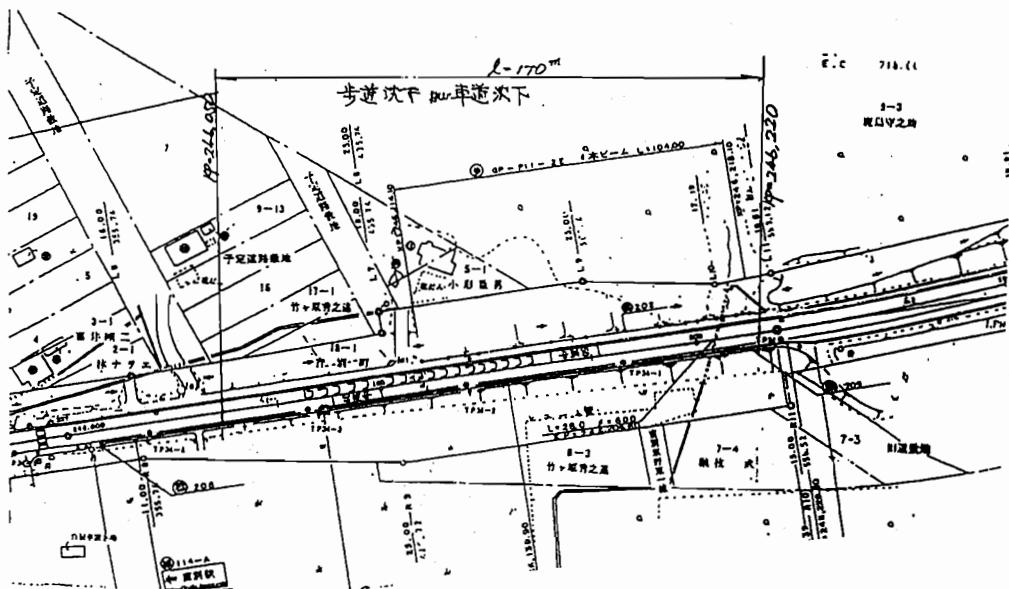


図 3-4 一般国道 38 号線音別町直別地区

4. 道路交通と鉄道の障害

北海道大学工学部土木工学科

加来 照俊・中辻 隆・藤原 隆
萩原 亨

(1) はじめに

1993年釧路沖地震によって、北海道東部の太平洋沿岸地域を中心に道路が陥没するなどの被害が発生した。これにより、道路の通行止及び鉄道の運転中止等の通行規制が行われた。

本章は、道路と鉄道網の被害状況とその回復状況についての調査結果である。調査に用いた資料は、北海道開発局・北海道警察本部・北海道土木部・JR北海道によりまとめられたものである。

(2) 道路の障害に関する調査結果

十勝・釧路・根室支庁の国道と道々を調査対象とした。国道の通行規制状況を表4-1にまとめる。道々の通行規制状況は、十勝と釧路・根室に分けて表4-2と表4-3に示した。通

表4-1 国道通行規制一覧表（平成5年3月4日現在）

路線名	地図	規制箇所	規制の原因	規制内容	規 制	解 除
38	1	音別町～ 白糠町	道路の陥没	通行止	1/15 22:50	1/16 7:15
				交互通行	1/16 7:15	3/1 10:00
242	2	池田町 千代田大橋	橋梁点検	通行止	1/15 23:00	1/16 7:45
44	3	厚岸町～ 浜中町	道路の陥没	通行止	1/15 23:20	2/26 15:00
				交互通行	2/26 15:00	3/4 10:00
391	4	釧路町内	道路の陥没	通行止	1/15 23:20	1/16 13:00
				交互通行	1/16 13:00	1/19 11:00
336	5	豊頃町内	道路の陥没	交互通行	1/16 0:20	1/21 9:00
272	6	標茶町	道路の陥没	通行止	1/16 0:30	2/28 13:00
				交互通行	2/28 13:00	現在
391	7	標茶町	道路の陥没	通行止	1/16 0:30	1/16 15:00
				交互通行	1/16 15:00	1/17 17:00
272	8	標茶町	道路の陥没	通行止	1/16 1:00	1/16 7:00
				交互通行	1/16 7:00	1/17 17:00
243	9	別海町	道路の陥没	交互通行	1/16 1:35	1/16 2:45
243	10	弟子屈町	道路の陥没	交互通行	1/16 14:00	1/17 17:00
240	11	阿寒町	橋梁下部損傷	通行止	1/16 22:00	2/7 10:00
				交互通行	2/7 10:00	現在
391	12	釧路町	道路損壊	交互通行	1/19 11:00	2/3 9:00

表4-2 道道の道路交通規制状況（帯広土木現業所管内、平成5年3月1日現在）

路線名	地図	1/16	1/16	1/16	1/17	1/17	1/18	1/18	1/19	1/19	1/20	1/20	1/21	1/22	1/24	1/25	1/26	1/28	1/29	2/1	2/5	2/8	2/12	2/15	2/20	3/1
帯広浦幌	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	*0	9	9
池田停車場	B	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
帯広浦幌	C																									1
旅来豊頃停車場	D																									1
大津長節	E																									1
吉別浦幌	F																									1
湧洞豊頃	G																									1
ホロカヤントー	H																									0
幸徳大樹	I																									0
尾田豊頃	J																									0
直別共栄	K																									0
ホロカヤントー	L																									0
旅来豊頃停車場	M																									0
湧洞豊頃	N																									0
湧洞豊頃	O																									0
湧洞豊頃	P																									0
帯広の森公園	Q	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
帯広浦幌	R	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
勇足池田	S	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
利別牛首別	T																									2

0：全面通行止、*0：大型車通行止、1：片側通行、2：解除

表4-3 道々の道路交通規制状況（剣路土木現業所管内、平成5年3月1日現在）

路線名	地図	1/16	1/16	1/16	1/16	1/17	1/17	1/18	1/18	1/19	1/20	1/20	1/21	1/22	1/24	1/25	1/25	1/26	1/28	1/29	2/1	2/5	2/8	2/12	2/15	2/20	3/1	
塘路厚岸	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
塘路厚岸	B															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
上風連中西別	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
阿寒標茶	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
大成西春別	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
厚岸標茶	F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
中標津標茶	G																											
標茶上茶路	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
本流音別停車場	I																											
クチヨロ原野著呂	J																											
クチヨロ原野著呂	K																											
オソツベツ原野標茶	L																											
阿寒標茶	M																											
徹別原野剣路	N																											
幌呂原野鶴居	O																											
泉川西春別	P	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
阿寒標茶	Q	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
根室半島	R	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
別海厚岸	S	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
別海厚岸	T	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
琵琶瀬茶内	U	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
剣路鶴居弟子屈	V	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
火散布茶内	W		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
阿寒標茶	X	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
幌呂原野鶴居	Y																											
徹別原野剣路	Z																											

0：全面通行止、*0：大型車通行止、1：片側通行、2：解除

行規制箇所については、図4-1と図4-2に記号で示した。図4-1は十勝支庁であり、図4-2は釧路・根室支庁である。図中の数字は国道の通行規制地点である。アルファベットは道々の通行規制を示している。

国道の通行規制は12箇所で行われた。3月4日現在も2箇所で片側交互通行の規制が続いている。十勝支庁の道々は、13路線20箇所で通行規制が行われた。3月1日現在では、10路線16箇所でなんらかの通行規制が続けられている。釧路支庁では、19路線31箇所で通行規制が行われた。3月1日現在は12路線15箇所で通行規制が続けられている。

図4-1、4-2から、十勝では十勝川の流域と海岸線沿いに被害が広がっていること、釧路では釧路湿原の周囲と厚岸から浜中の海岸付近に被害が集中していることがわかる。本地震での道路陥没等の影響は小さく数日のうちに大半の道路の通行が可能になっている。しかし、もし地震の規模が大きかったとすると、釧路市周辺の道路網はすべて通行不可能のような状況となることを図4-2の被害箇所から見てとれる。

次に地震による道路陥没による通行車両の被害についてまとめる。道路陥没4箇所に8台の通行車両が脱落し、車両破損の被害が発生した。また、停電が10分から30分続いたことにより釧路市内の信号を中心に633基の信号が減灯した。警察官等の配備により交通の安全と円滑

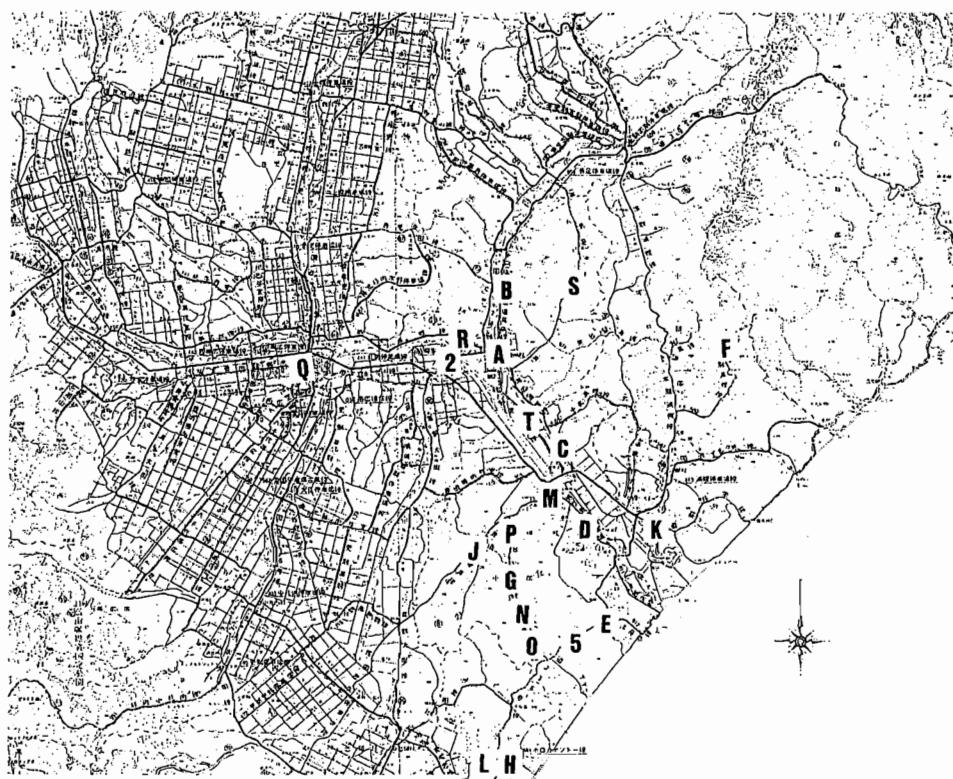


図4-1 十勝支庁における通行規制一覧（国道：平成5年3月4日現在、道道：同1日現在）

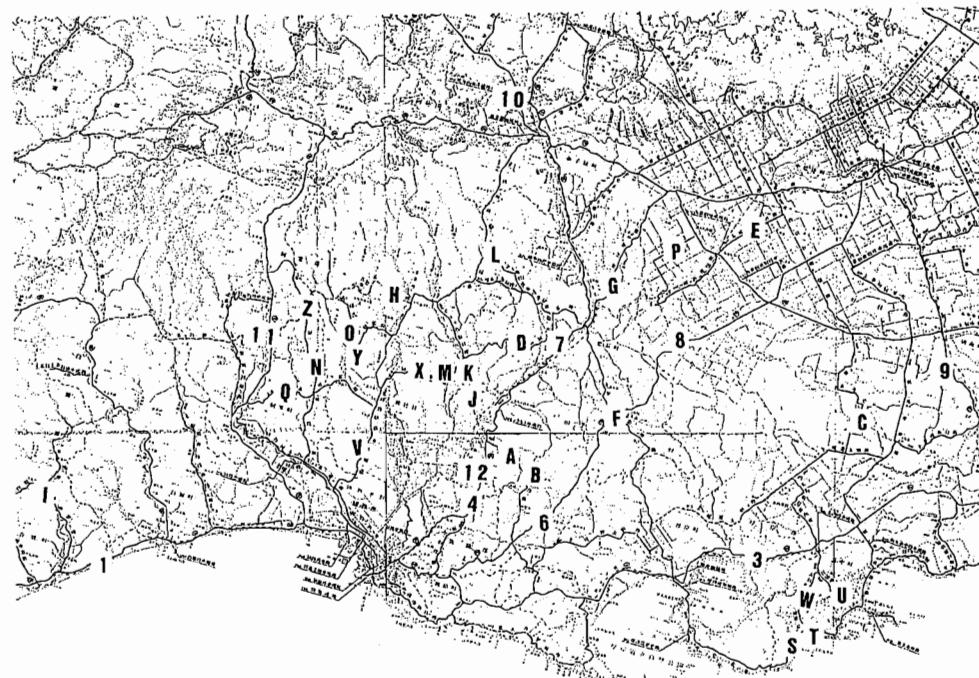


図4-2 釧路・根室支庁における通行規制一覧（国道：平成5年3月4日現在、道道：同1日現在）

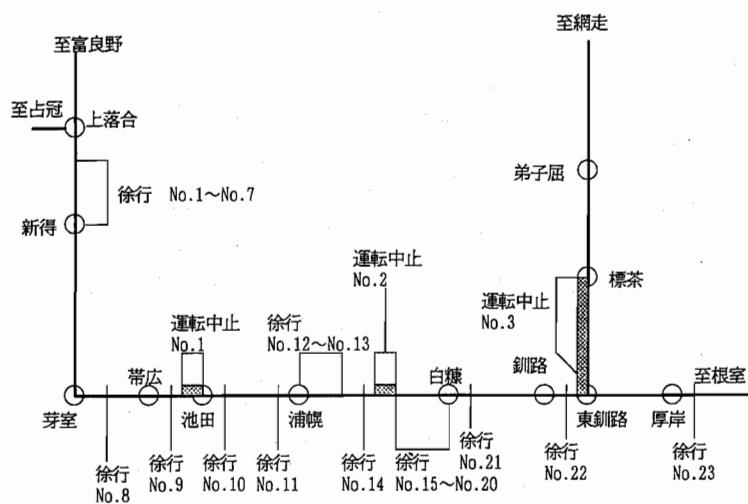


図4-3 十勝支庁と釧路・根室支庁における鉄道の運転中止及び徐行運転区間

を維持した。

(3) 鉄道の障害に関する調査結果

十勝支庁と釧路・根室支庁における鉄道の運転中止及び徐行運転区間について調査した。図4-3に交通障害の発生区間を示した。表4-4は運転規制の内容とその期間についてである。運転中止区間は、根室本線の利別～池田間、直別～尺別間、釧網本線の東釧路～標茶間である。これらの区間は、2月1日から徐行区間となっている。その他に、根室本線では23箇所で徐行運転区間となっていた。現在も、7箇所の徐行運転区間が残っている。また、被害の大きかった

表4-4 鉄道の障害（平成5年4月13日現在）

〔1〕運転中止区間（現在は徐行運転区間）

No.	規制区間	規制日時	解除日時
1	根室本線 利別～池田	1/15	2/1 2:30
2	根室本線 直別～尺別	1/15	2/1 3:00
3	釧網本線 東釧路～標茶	1/15	2/1 8:00

〔2〕徐行運転区間

No.	規制箇所	距離 標 (km)	徐行速度 (km/h)	規制日時	解除日時
1	新狩勝～新得	120.961～123.640	45	1/21 8:00	1/30 16:00
2		123.640～123.980	25	1/17 16:10	1/24 6:00
3		123.980～128.790	45	1/21 8:00	1/24 6:00
4		128.790～129.100	25	1/17 16:10	1/26 16:30
5		129.100～135.725	45	1/21 8:00	1/30 16:30
6		135.725～138.100	25	1/17 16:10	1/30 16:30
7		138.100～138.416	45	1/21 8:00	2/3 16:30
8	芽室～大成	170.040～170.250	25	1/17 16:10	2/15 11:00
9	開士別～幕別	194.800～194.960	25	1/17 14:30	2/10 16:00
10	池田～昭栄	207.700～208.100	25	1/18 18:30	2/5 12:00
11	尻吉野～浦幌	232.326～232.463	25	1/19 14:30	1/22 12:00
12	浦幌～厚内	234.392～239.106	45	1/21 8:00	
13		239.106～251.965	45	1/21 8:00	
14	直別～尺別	259.345～259.468	25	1/19 15:30	
15	尺別～白糠	264.332～267.828	25	1/21 8:00	2/19 13:00
16		267.828～273.900	45	1/21 8:00	2/19 13:00
17		273.900～276.650	25	1/19 7:25	2/1 3:00
18		276.650～281.642	45	1/21 8:00	
19		281.642～281.725	25	1/18 14:50	2/9 13:00
20		281.725～283.070	45	1/21 8:00	2/9 13:00
21	西庶路～庶路	289.916～290.068	25	1/16 5:45	1/23 12:00
22	釧路～東釧路	312.050～312.325	25	1/16 1:35	1/30 12:00
23	厚岸～茶内	371.270～371.350	25	1/16 13:00	3/11 10:00

区間は道路被害の大きかった区間と重なっている。

(4) おわりに

現在も通行規制や徐行区間となっている箇所がかなり残っている。また、今後の雪解けにより陥没などの被害が拡大する可能性が残されている。今後とも継続した調査を行う必要がある。また、緊急時の道路網や鉄道網の確保という視点から、地震被害発生後の交通障害を分析する必要がある。

5. 道路ネットワークの代替性評価

北海道大学工学部土木工学科

五十嵐日出夫・佐藤 馨一

(1) 交通施設関係の被害概況

1) 道路関係

本地震による道路関係の被害は、盛土部分を中心に亀裂、沈下等の被害が広範囲に発生している。不通または片側通行規制を要した被災箇所は国道6箇所、道々22箇所に及んだ。なかでも釧根地域の幹線道路である一般国道44号は厚岸町糸魚沢地区において大規模な斜面崩壊が生じ、2カ月近くも通行不能な状態が続いた。橋梁の落橋はなかったが、橋脚の被害が1件発生している。また橋梁取付部の盛土の沈下が多く観測された。

2) 鉄道関係

JR北海道釧路支社管内の営業路線は580kmであり、このうちの約30%の路線と160箇所の地点において何らかの被害を受けた。特に被害が大きかったのは新得～上落合、池田～幕別、上厚内（浦幌）～白糠、東釧路～標茶間であった。主な被害は築堤の崩壊、路盤の沈下、軌条の蛇行、橋梁取付部の変形などである。落橋、路盤の流失、施設の崩壊などは発生していない。根室本線の池田～白糠間はバスの代行運転によって連絡されていたが、1月26日に全線の運転が再開された。しかし当該区間は徐行運転のため、札幌～釧路間は約1時間40分遅れのダイヤで運行された。JR各線が正常運転に戻ったのは2月中旬になってからである。

(2) 一般国道44号における通行規制および災害復旧

釧路沖地震による一般国道44号の被災箇所は25ヶ所であり、なかでも厚岸町糸魚沢では路盤沈下、段差、土砂移動、陥没、クラック等の被害が発生した。このため同区間を全通行止めとし、復旧工事を行うことになった。この工事に伴う通行規制は次ぎのとおりであった。

①復旧工事延長 $L = 0.3\text{ km}$

②規制延長 $L = 19.0\text{ km}$

③迂回路延長 $L = 42.0\text{ km}$ (ただし一般車のみ)

④通行規制期間

- ・全面通行止め 平成5年1月15日～2月25日

- ・片側通行止め 平成5年2月26日～3月3日

- ・全面（2車線）開放 平成5年3月4日～

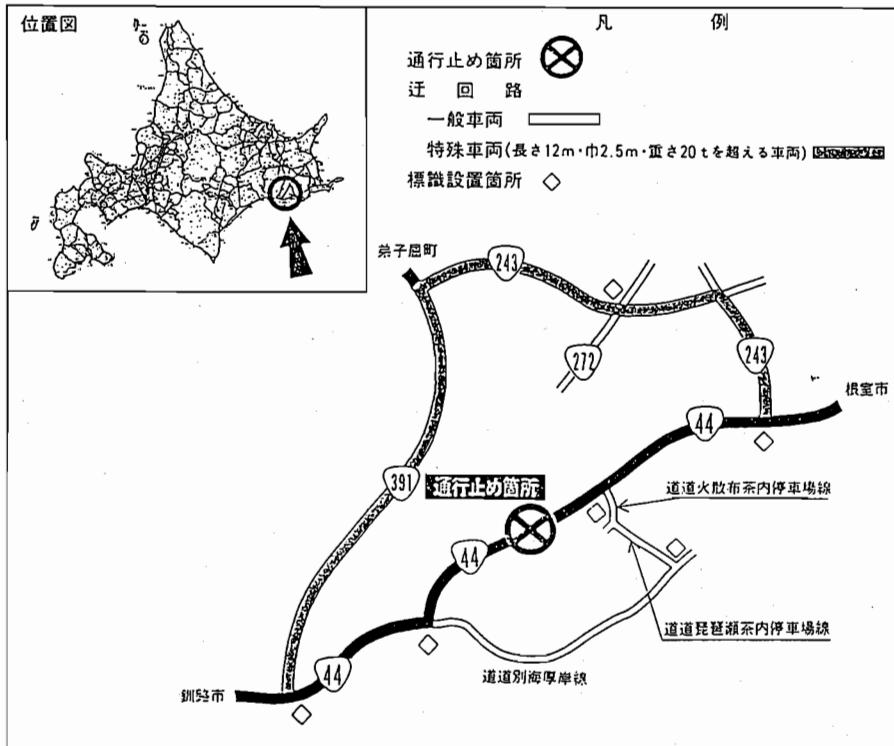
図5-1は一般国道44号の通行止めを知らせる広報チラシであり、全道の市町村、関係行政

一般国道44号の通行止めについて

一般国道44号において、釧路沖地震による道路損壊のため、下記のとおり通行止めを行いますのでご協力をお願いします。

記

- 1 場 所 起 点 北海道厚岸郡厚岸町字宮園町191-2(大別)
終 点 北海道厚岸郡浜中町字熊牛原12-2(茶内)
- 2 規制期間 始 期 平成5年1月15日から
終 期 開通未定
- 3 規制内容 全面通行止め
- 4 迂回路 下図のとおり



※問い合わせ先

北海道開発局 釧路開発建設部

道 路 第 2 課 昼間 ☎0154~41~0111 内線382

夜間 ☎0154~41~3280

厚岸道路維持事業所 ☎0153~52~3511

日本道路交通情報センター札幌センター ☎011~281~6511

図5-1 国道通行止めの広報

機関、運輸関係企業、報道関係機関に配布された。

(3) 道路ネットワークの代替性評価

1) Opportunity Index の定義

一般車の迂回路として採択された路線は道々別海厚岸線、道々琵琶瀬茶内停車場線、道々火敷布茶内停車場線であり、その延長は 42 km であった。本ルートの延長が 19 km であるから、迂回路は 2.2 倍も遠回りになっている。交通システムの基本機能は安全性と安定性にあり、本来的には通行止め等があつてはならない。しかし実際には種々の事由により通行規制が行われ、迂回が余儀なくされている。このとき必要な迂回路が付近にあるかが問題になる。筆者らはこの問題を「道路ネットワークの代替性評価」の面から研究し、式(1)に示す Opportunity Index (OI) 指標を策定した。

$$\begin{aligned} OI_i &= \sum_j R_{ij} D_j U_{ij} \\ &= \sum_j R_{ij} D_j + (\log_2 e) \sum_j S_j \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、

OI_i : i 都市の Opportunity Index

R_{ij} = (1 / M_{ij}) $\sum_k (1 / T_{ijk})$

U_{ij} = 1 + log₂M_{ij}

D_j : j 都市のサービス施設数

S_j : 都市 j のボルツマン型エントロピー

T_{ijk} : 都市 i と都市 j 間における第 k 番目の短時間距離

M_{ij} : 都市 i と都市 j 間の最短経路を含む代替経路数

式(1)の第 1 項は、距離抵抗と都市サービス施設の積和であり、都市 i の Opportunity に関する確定項となる。第 2 項は代替経路の有する不確定性をボルツマン型エントロピーの総和で与えており、都市 i の Opportunity に関する不確かさを示している。

2) 北海道東部（道東）地区における医療施設 Opportunity Index

道路ネットワークの代替性は交通目的によって評価が異なってくる。ここでは地震時の医療体制に焦点を絞り、Opportunity Index により道路ネットワーク評価をした。なお代替経路の採択にあたっては、最短経路の 1.5 倍までのルートを考慮した。これは AASHO の転換率曲線を参考にしたものであり、時間比が 1.5 程度になると転換がほとんど生じないことをふまえている。また経路数は最短経路を含めて 4 本とした。この数は多くてもかまわないが、無制限に

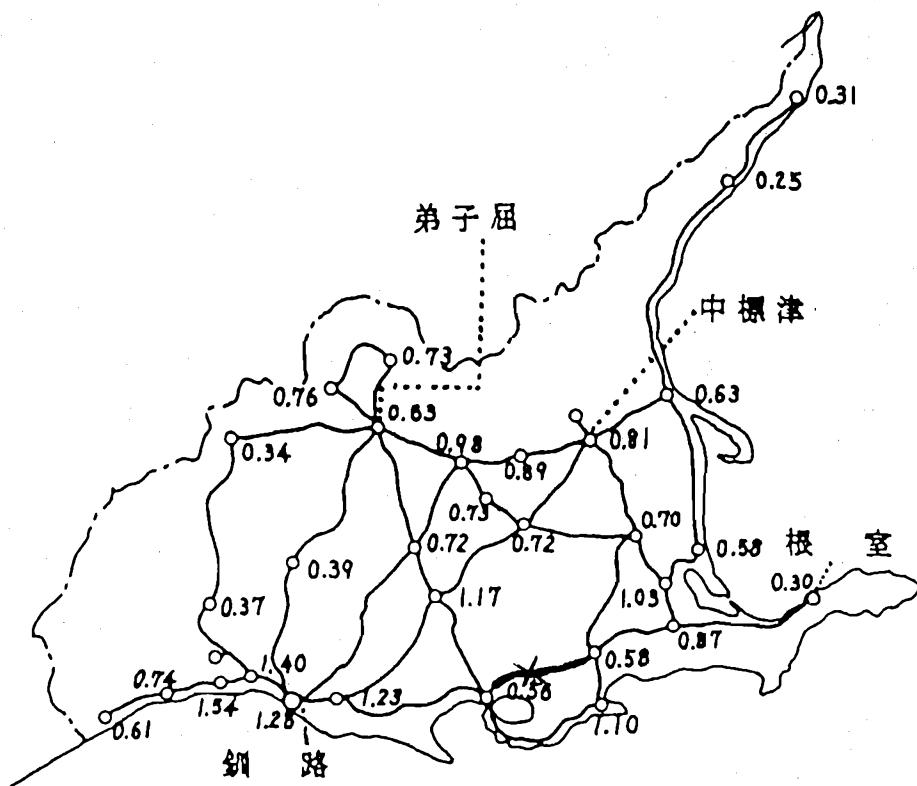


図5-2 道東地区のOI指標値（医療交通）

すると OI 値の増加につながり、過大評価を招くことになる。また限界効用遞減の法則から考えても、1本から4本までは3倍の効果があるのに対して、1本から5本では3.3倍の効果（増分は0.3）しか期待できないからである。

図5-2は医療交通からみた道東地区の道路ネットワークのOI値である。この地区は病院が釧路に集中しており、OI値は釧路市を中心に大きくなっている。釧路沖地震で通行止めになつた一般国道44号厚岸付近は、OI値が0.56と小さく、正常時でも問題のあることが理解される。この区間が地震によって途絶したのであり、その影響は他の地区より深刻であったことが想定される。これは本ルートの1.5倍以内の路線が欠落していることに起因しており、地域住民が安心して生活するために代替路線の整備を急ぐ必要がある。

6. コンクリート土木構造物の被害

北海道大学工学部土木工学科

佐伯 昇・三上 隆・志村 和紀

(1) はじめに

本地震における釧路地方気象台の強震計の最大加速度は E-W で 922 gal, N-S で 817 gal である。E-W, N-S でほぼ同程度の大きな加速度となっている。U-D は 467 gal で前者の加速度の半分である。また、最大変位振幅(最大片振幅)は N-S で 111 mm, E-W は 57 mm で N-S の半分となっている。U-D は 24 mm である。これらの最大加速度、最大変位振幅の方向および大きさの特性は橋構造部材の損傷に大きく係わったと考えられる。

(2) 調査報告

本調査は JR 北海道、北海道および北海道開発局関連のコンクリート構造物、特に橋に関する構造体を 6 日間に亘って現地調査を行い、また資料調査によってまとめたものである。構造物の損傷は大きく分けて 3 つの損傷に分類される。

- 1) コンクリート橋脚の損傷
- 2) アバット、パラベットなどの損傷
- 3) シュー、シュー座モルタルなどの損傷、破損
- 4) その他

これらの損傷が複合している場合がある。特に 2) が起っている場合には 3) も発生している場合が多い。

1) コンクリート橋脚の損傷

a. 初音橋 (一般道々 144 号本流音別停車場線、昭和 42 年、鋼桁) 図 6-1

橋軸方向はほぼ北西、橋長 171.74 m, 3 P, 4 P のコンクリート橋脚に曲げおよびせん断によるひびわれ損傷を受ける。単純桁で 3 P, 4 P のスパンが橋の中央にあり、スパン長 31.820 m である。斜角 ($\alpha = 72^\circ 17'30''$) で、斜角の方向はほぼ北東である。橋脚は円形断面で 4 P の橋脚が最大の損傷を受け、鉄筋の段落としあるいはそれより少し上に円周方向に水平に曲げひびわれが生じ、それを基に斜めにせん断ひびわれが発生している。橋脚の北面にせん断ひびわれが卓越しているように見える。また、水平方向に 1 cm 程度ずれが生じ、鉄筋が降伏している可能性が高い。

3 Pは、4 Pより損傷は軽く、鉄筋の段落しから上に60 cm程度のところに周方向に水平に曲げひびわれが生じ、北面にせん断ひびわれが発展している。1 Pは周方向にほぼ水平に曲げひびわれが発生し、せん断ひびわれの発展はほとんど見られない。2 Pは、ほぼ水平のひびわれであるが、西側に傾きを持ったひびわれが周方向に生じていた。曲げとせん断ひびわれが混じっていた。5 Pは、周方向にほぼ水平に曲げひびわれが生じていた。橋脚の基礎は、鋼管杭である。

b. 依田橋（一般道々881号ホロカヤント一線、大樹町） 図6-2

軸方向鉄筋段落とし部においてコンクリート剥離、軸方向鉄筋の一部破損が起きた。主鉄筋段落とし位置の主鉄筋量、および帶鉄筋量が今回の地震の強さに対して不足していたと考えられる。補修は、RC巻立ておよび取替え工法を行う予定。

c. 阿寒川橋（一般道々146号阿寒標茶線） 図6-3

円周方向にほぼ水平に曲げひびわれ。やっと確認できる程度の微小ひびわれ幅、地割れが顕著に発生。橋軸方向は北西。

d. 新井橋（音別町） 図6-4

橋脚はパイルベントで、杭と橋脚横ばりの付け根に円周方向にほぼ水平に曲げひびわれが発生、最大ひびわれ幅2 mm程度、1 mm程度が多い。ほとんどの杭に上体と同様のひびわれが発生していた。端部横桁にもひびわれの損傷。橋軸方向は北東。

e. 五十石橋

橋脚5 Pに円周方向にほぼ水平に曲げひびわれ、橋脚上で桁と桁に段差がある。シューの破損がある。橋軸方向は北西。

f. 新多和橋（主要道々、標茶町、昭和49年、鋼板桁、3径間単純桁、斜角橋）

橋台はRC逆T式、橋脚はRC小判式、直接基礎。橋脚打継目が施工不良のため打継目に沿ったひびわれが円周方向にあり、最大ひびわれ幅1 cm、1ヶ所鉄筋が見え、腐食していた。調査によるハツリによる可能性もある。打継目で約1 cmずれていた。鉄筋が降伏している可能性もある。舗装にひびわれ発生、沓座モルタル破損。橋軸方向は北西。通行止め。補修は、橋脚のかぶりコンクリートを鉄筋まではつり、その後鉄筋で補強してコンクリートで巻き立てる。

g. 草原橋（一般道々、昭和51年、曲線桁）

すべりシューが30 cm程度移動。円周方向に水平なひびわれが2~3本あり、その他にひびわれがあるが、今回の地震によるかは不明である。

h. 松之恵橋（一般道々240号、昭和37年、阿寒町、4主T桁橋） 図6-5

3 Pに最大の損傷が発生している。地表面を境にコンクリートの圧壊を起こし、10 cm程度のかぶりコンクリートがはがれ、鉄筋が露出している。露出部分としては、縦1.5 m、横1.5 m程度はがれている。また、せん断ひびわれも発生している。ひびわれ幅も1 cm程度開いている。

2 P は 3 P に比して小さいが、曲げひびわれせん断ひびわれが発生し、圧壊は生じていないが、大きなひびわれは 1 cm 程度開き、かなりの損傷を受けている。補修は、鉄筋コンクリートまではつり、50 cm の厚さで巻き立てる予定で、4 つの橋脚全部について行うこと。橋軸方向は北東。基礎は、井筒基礎で、地盤は良好(I 種地盤)、基礎の支持層は岩盤と思われる。橋脚周辺に噴砂が認められた。

i. 直別橋 (一般道々 38 号、浦幌町) 図 6-6

橋脚にひびわれ、コンクリートの剥離が生じる。また橋台前面の地盤が沈下し、橋台が堤外側に移動、一帯は泥炭性軟弱地盤である。ソールプレートおよび支承モルタル破損、パラペットにひびわれが発生する。

2) アバット、パラペットなどの損傷

シュー、シュー座モルタルなどの損傷と複合している場合が多い。

a. 直別川橋梁 (JR 北海道、根室本線直別 - 厚内間) 図 6-7

昭和 3 年施工、アバット (上り厚内側、左側) のレンガ積工 (基礎は木杭) が、橋軸方向にレンガの接着面から水平に約 45 mm ずれたが、アバットの右側にはずれが生じなかった。橋脚の地面近傍に多数の地割れが見られる。3 日間で仮受け架台を設けて修復され、列車が通された。橋軸方向はほぼ東西である。アバットの変形からみて、橋軸方向と直角に大きな揺れがあったと思われる。

b. 第 3 十弗川橋梁 (JR 北海道、池田 - 昭栄間、コンクリート桁橋) 図 6-8

アバットにはほぼ水平に曲げひびわれが一本発生、鉄筋に段落ちから上にほぼ 50 cm の所に位置、および沓のずれ止め部が破損。アバットのひびわれは注入工法によって補修され、また鋼板接着によって補強された。橋軸方向はほぼ南北に向いている。アバットの曲げひびわれは南北の卓越した揺れによる可能性がある。

c. 二本松橋 図 6-9

沓座モルタル A 1, 1 P, A 2 とも破損。A 1, A 2 の橋台の傾きまたは移動、固定支承 (A 1) がパラペット側に倒れている。可動支承 (A 2) が回転して桁端がパラペットに接している。パラペットにひびわれが発生。

d. 平和橋 (昭和 62 年、音別町)

桁とパラペットが接触し橋の両端とも間隔なし、パラペットの移動か、傾きが発生。パラペットにひびわれが発生し、シュー座モルタルも破損。橋軸方向は北東。

e. 和天別橋 (一般国道、昭和 57 年、斜角橋)

支承ストッパー損傷。パラペットにひびわれ。橋軸方向は北東。

f. 水無別橋

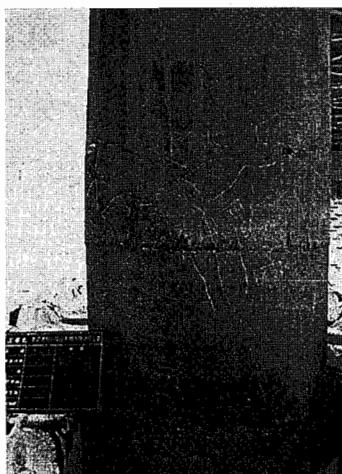


図 6-1 初音橋



図 6-2 依田橋



図 6-3 阿寒川橋

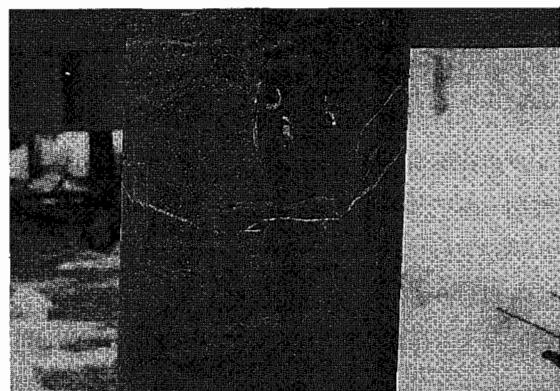


図 6-4 新井橋

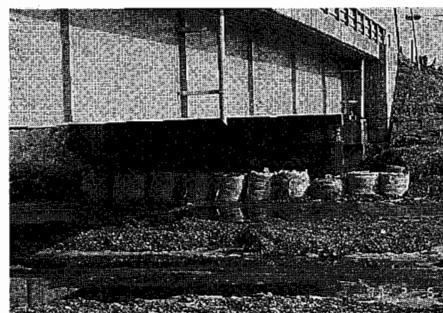


図 6-6 直別橋

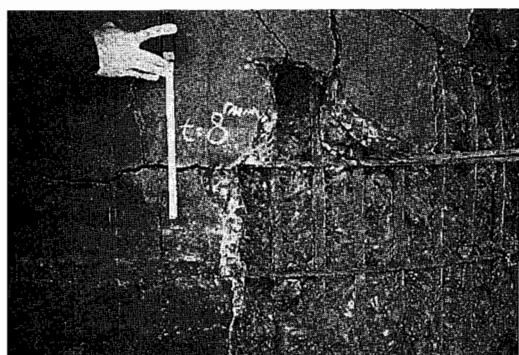


図 6-5 橋之恵橋

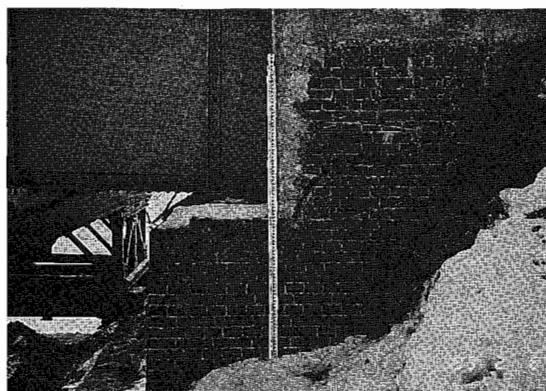


図 6-7 直別川橋梁

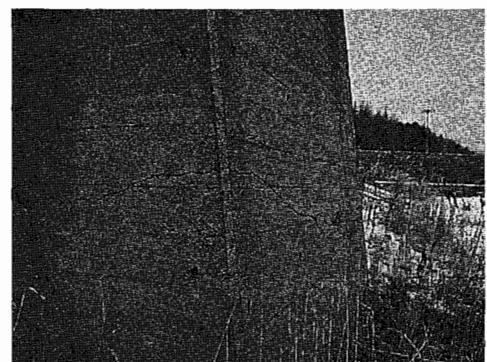


図 6-8 第3十弗川橋梁



図 6-9 二本松橋



図 6-10 利別川橋梁

(9P、9連目桁端ひびわれ)

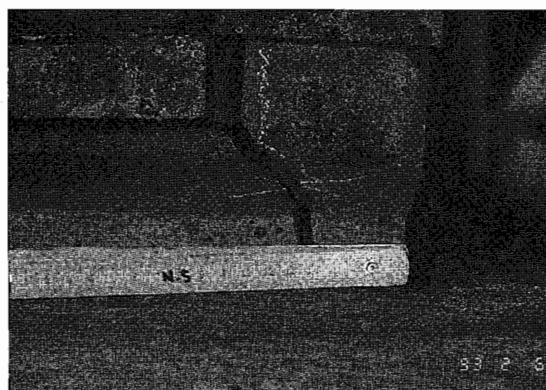


図 6-11 美生川橋（3P始点方、左外）

支承座モルタルの破損、桁とパラペットの間隔なし。

g. 音別橋（一般道々38号、音別町）

釧路側アバットにひびわれ ($I = 3\text{ mm}$, $W = 5\text{ mm}$)

3) シューモルタルなどの損傷、破損

a. 利別川橋梁（JR北海道、利別一池田間、コンクリートT形橋） 図6-10

9P, 9連目桁端部ひびわれ、8P, 9連目桁の可動端ロッカーシューの転倒、桁端部コンクリート破損。10日間で修復。橋軸方向はほぼ北東である。ほぼ橋梁方向の揺れのために、シューの破損、桁同士のぶつかりによる損傷がある。桁端のひびわれ補修は、ビツクスによる注入工法が行われている。

b. 猿別川橋梁（JR北海道、稻士一幕別間）

1Pのシュー（可動）の破損、5Pのシューずれ止め部破損。橋軸方向は北西。

c. 美生川橋梁（JR北海道、芽室一大成間） 図6-11

1P, 2P, 3Pのシューの破損およびシューモルタルの破損。橋軸方向は東西。橋軸方向に直角方向のずれ、あるいは転倒を防止するためにジグの取りつけが行われた。

d. 池田大橋（道々517号線）

橋軸方向東西で橋軸直角方向に橋桁がずれ、11個の沓が破損、南北方向に約20cm、橋軸方向に約10cmずれる被害が生じた。

e. 雪裡橋（国道44号線、釧路町）

橋軸方向東西で橋軸直角方向にずれ、橋脚はパイルベント形式、橋台背面ウォール部の地盤は最大35cm程度沈下、橋台とウォール部に8cm程度の相対的ずれが見られた。

f. 釧路大橋（昭和63年、斜角橋）

支承ストッパーの損傷。伸縮装置破損（開口3~4cm）、橋軸方向は北西。

g. 風連別橋

支承ストッパーの損傷。

h. 弊舞橋（昭和50年）

歩道部伸縮装置の破損。地下歩道踊り場のひびわれ発生。橋軸方向は北西。

4) その他

釧路港におけるコンクリート構造物の被害はコンクリート部材そのものの損傷ではなく、液状化現象によってもたらされたものが大部分である。サンドコンパクション工法などによって改良された部分はほぼ健全な状態が維持されている。また道路関係の構造物も盛土部の崩壊による破損である。

(4) ま　と　め

- 1) 松之恵橋、初音橋、阿寒川橋、依田橋など、張出しの大きい逆T型円柱橋脚に被害が発生している。また鉄筋の段落し近傍にひびわれが顕著であることから、軸方向鉄筋の不連続性が地震時に応力の集中を受け易く、応力の流れを悪くしている傾向にあると考えられる。
- 2) 卓越した変位振幅（南北）の方向性がシュー関連部材に大きな影響を与え、損傷を与えた可能性があり、さらに支承部の構造について検討する必要性があると思われる。
- 3) 円柱式橋脚の場合のせん断耐力について、実物寸法による検討が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 北海道開発局釧路開発建設部：速報（道路編）平成5年1月15日発生釧路沖地震記録、平成5年2月。
- 2) 基礎地盤コンサルタンツ：平成5年（1993年）釧路沖地震調査報告書。
- 3) 鹿島：1993年1月15日釧路沖地震被害調査報告書、平成5年2月1日。
- 4) 河野徹・坂本容：烈震M7.8釧路レポート、北電釧路支店設備運営グループ。
- 5) 清水建設：平成5年釧路沖地震被害調査報告、平成5年2月1日。
- 6) 釧路土木現業所企画調査室：「釧路沖地震」による公共土木施設被災状況調書、平成5年2月8日。
- 7) JR北海道工務部：釧路沖地震に伴う管内被害状況、平成5年1月17日。
- 8) 佐伯昇：釧路沖地震によるコンクリート構造物の被害概況について、北海道土木技術会コンクリート研究委員会、講演会資料集、平成5年3月17日。

7. 橋梁の被害

北海道大学工学部土木工学科

芳村 仁・角田與史雄・佐藤 浩一
林川 俊郎

(1) まえがき

今回の地震は北海道で記録された地震の規模としては、1952年の十勝沖地震 ($M=8.2$)、及び1968年の十勝沖地震 ($M=7.9$)に次ぐものであり、震度6は1982年浦河沖地震 ($M=7.1$)より11年ぶりのことである。

各関係者において、強震計による加速度あるいは変位が記録されている。釧路地方気象台では87年型電磁式強震計により

最大加速度値: 817 gal(NS), 922 gal(EW), 467 gal(UD)

最大変位値: 110.6 mm(NS), 56.6 mm(EW), 24.4 mm(UD)

を観測している。同じ場所で建設省建築研究所により記録された最大加速度は711 galである。

また、釧路港で観測された運輸省港湾技術研究所(SMAC強震計)によれば地表面上で

最大加速度値: 469 gal(NS), 344 gal(EW), 382 gal(UD)

といずれの機関においても大きな加速度値を得ている。当然のことながら、これらの数値は観測された場所の地盤や地形、地質の影響等を強く受けており、暫定的なものであることを付記する。

本章は、筆者らが入手し得た調査資料を基にして釧路沖地震による橋梁の被害概要について述べるものである。

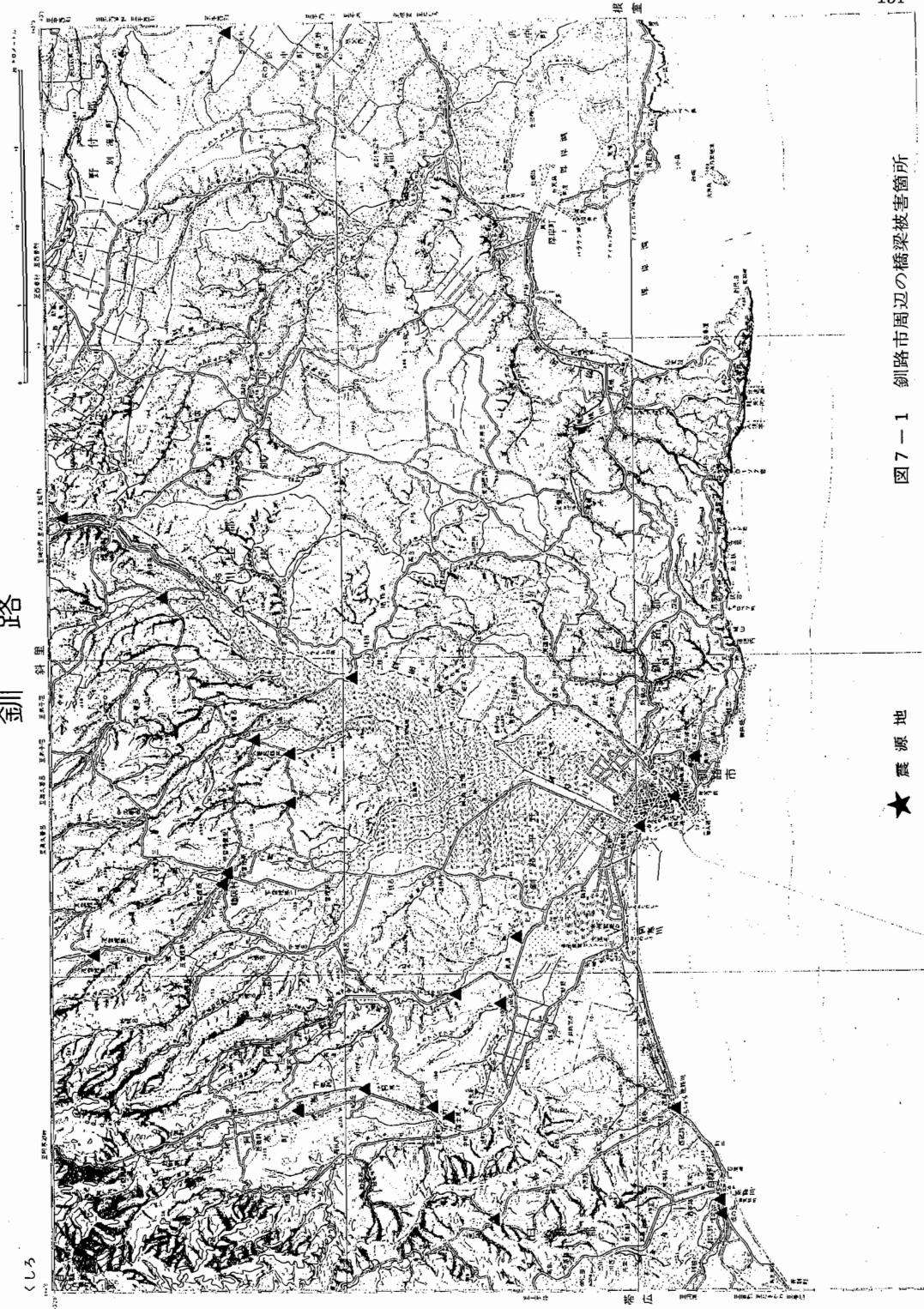
(2) 被害を受けた橋梁の位置と地形

釧路地方気象台で観測された地震波形によれば、最大加速度が大きい割に主要動の継続期間が比較的短いことが特徴的である。また、水平成分の主たるピークの周期は0.3~1.0秒の範囲にあり、地震の規模が大きい割に長周期成分が少ない傾向にある。

幸い、釧路地震により落橋という被害事例は一つもなかった。軽微な損傷を含めて、橋梁の被害の多くは震源地に近い釧路支庁および十勝支庁に集中している。さらに、根室支庁や網走支庁に数橋の被害が報告されている。釧路市周辺にある橋梁で被害を受けた場所が図7-1に示されている。▲印は被害を受けた道路橋の位置を、△印は被害を受けた鉄道橋の位置を表している。被害を受けた橋梁の多くは、釧路平野部よりも山間部あるいは海岸部に集中していることがわかる。

釧路市の地形は旧釧路川東側および阿寒川西側の台地部とそれらに挟まれた低地部からなっ

図7-1 釧路市周辺の橋梁被害箇所



地源震

ている。台地部は標高 30~60 m の釧路段丘と標高 70~140 m の根室段丘から構成されている。台地部は砂を主体とし、火山灰層をはさむ洪積層（大樂毛層）と台地の上一面に広がる軽石質火山灰からなる洪積層（屈斜路軽石流堆積物）である。一方、低地部は厚さ最大 81 m、多くは 20~50 m の沖積層よりなっている。

(3) 橋梁の被害内容

現在までに入手した資料によれば、国道上の道路橋の被害は 11 橋、JR 北海道における鉄道橋の被害は 11 橋である。また、北海道土木部によれば道工事関係の被害を受けた橋梁は 89 橋（被害額、約 39 億円）、市町村工事関係の橋梁は 33 橋（被害額、約 45 億円）である。釧路沖地震による道路橋および鉄道橋の被害状況が、橋梁名、路線名、完成年、構造形式とともに表 7-1 にまとめられている。道路橋で最も被害の多かった事例は、上部構造と下部構造の接合箇所である沓とその周辺部である。沓自身の破損・傾斜、沓モルタルや沓ストッパーの損傷、アンカーボルトの破損等が多く見受けられた。地震時における桁橋の橋軸方向の水平振動により、桁端部と橋台との衝突が生じ、パラベットにクラックが発生している。さらに、伸縮装置（エキスパンション）や中間支点上の高欄が損傷を受けている。下部構造である鉄筋コンクリート製の橋台や橋脚にクラックが発生している。特に、円形断面を用いた逆 T 型の橋脚では鉄筋の段落し付近で水平に曲げひび割れを生じ、それより斜めに（約 45°）せん断ひび割れが発生している。なお、これらの段落し部に被害を受けた橋脚は現道路橋示方書の改定前に設計されたものである。また、この損傷は 1982 年浦河沖地震による静内橋で起きた橋脚の被害状況と類似している。

一方、鉄道橋では沓の破損、橋台の傾斜やクラックの発生が認められた。橋軸方向の水平振

表 7-1 道路橋および鉄道橋の被害状況

[1] 道路橋（主要国道）の地震被害

橋梁名	路線名	完成年	構造形式	被害内容
直別橋	国道 38	S 41	合成桁橋	護岸・パラベットにクラック、沓座破損
利別跨線橋	〃 242	S 44	連続桁橋	エキスパンション破損
幣舞橋	〃 38	S 51	連続桁橋	エキスパンション破損、地下歩道部にクラック発生
釧路大橋	〃 38	S 47	連続桁橋	支承ストッパー破損、エキスパンション破損
庶路橋	〃 38	S 35	合成桁橋	両ウイング沈下（5~7cm）
和天別橋	〃 38	S 38	合成桁橋	支承ストッパー破損
白糠橋	〃 38	S 49	連続桁橋	地覆エキスパンション破損
音別橋	〃 38	S 37	ゲルバー桁橋	支承ストッパー破損
木無別橋	〃 38	S 38	钣桁橋	パラベットに亀裂、支承モルタル破損
平和橋	〃 38	S 38	钣桁橋	両パラベットにクラック
松の恵橋	〃 240	S 38	コンクリート橋	橋脚にクラック、ポステン桁にクラック

[2] 道路橋（主要道道、一般道道、開発道道、自転車道）の地震被害

橋 梁 名	路線名	完成年	構 造 形 式	被 害 内 容
望 洋 橋		3861	S 48 T桁橋	沓座モルタル破損、伸縮目地破損
山 花 橋		3835	S 52 H桁橋	積ブロック工破損
旭 跨 線 橋		1284	S 40 合成 I 桁橋	沓座コンクリート破損
初 音 橋		3144	S 44 桁橋	橋脚クラック 5 基、桁連結装置のボルト破断
尺 別 橋		3361	S 37 桁橋	護岸工破損
無 名 橋		3145	S 51 桁橋	橋台・バラペットにクラック
丹 頂 橋		3835	S 52 桁橋	護岸工破損、沓破損、積ブロック破損
新 多 和 橋		1031	S 49 合成 I 桁橋	橋脚クラック 2 基
西 春 別 橋		3957	S 47 合成 H 桁橋	床版クラック、護岸工破損
原 美 橋		3830	S 48 合成 H 桁橋	護岸工沈下・傾斜
境 橋		1104	S 56 ラーメン橋	ポックスカルバート翼壁破損、親柱転倒
沖 根 婦 橋		1104	S 47 ラーメン橋	ポックスカルバート打継目破損
培 瑞 埴 橋		1104	S 57 ラーメン橋	ポックスカルバートにクラック
オンネベツ橋		3997	S 61 合成 I 桁橋	沓座コンクリート破損
新 駒 橋		3835	S 50 桁橋	沓のアンカーボルト破損
万 才 橋		3144	S 45 合成 I 桁橋	沓座コンクリート破損
辺 見 橋		3144	S 49 合成 I 桁橋	沓のアンカーボルト破損
2 号 橋		3361	S 38 桁橋	沓座モルタル破損
旧上茶路跨線橋		3665	S 42 合成 I 桁橋	橋台・バラペットにクラック
中 央 橋		3837	S 59 合成 I 桁橋	橋台クラック、伸縮装置破損
岩 田 橋		3666	S 41 合成 I 桁橋	バラペットに亀裂、沓座モルタル破損
阿 寒 川 橋		3146	S 49 コンクリート床版橋	横桁破損、橋脚クラック
ツルアッサイ橋		3146	S 54 H桁橋	沓座モルタル破損
稔 橋		3146	S 53 床版橋	バラペットにクラック
光 橋		3146	S 50 合成 I 桁橋	沓破損
第 1 茂雪裡橋		4093	S 60 合成 I 桁橋	沓破損
茂 雪 裡 橋		4093	S 60 合成 I 桁橋	沓破損
二 本 松 橋		4060	S 35 桁橋	沓アンカー破損、桁損傷
下オソベツ橋		3146	S 41 床版橋	沓破損
三 郎 川 橋		3813	S 54 合成 I 桁橋	伸縮装置・沓アンカー破損、胸壁クラック
都 幌 橋		1015	S 38 桁橋	沓沈下
計 根 別 橋		3775	S 49 合成 I 桁橋	沓沈下
童 泳 橋		3928	S 57 合成 I 桁橋	沓沈下
小 石 川 橋		2020	S 48 桁橋	沓沈下
鶴 居 橋		1284	S 57 合成 I 桁橋	沓破損
池 田 大 橋		1517	S 36 トラス橋	沓・伸縮継手・高欄の破損

橋 梁 名	路線名	完成年	構 造 形 式	被 害 内 容
川合大橋	3882	S 52	トラス橋	沓・伸縮継手・高欄の破損
治水橋	3714	S 39	桁橋	橋台クラック
緑苑橋	1284	H 5	桁橋	橋台・橋脚クラック(施工中)
鶴見橋	4004	H 2	桁橋	橋台A 1クラック
桜橋	3301	S 48	桁橋	伸縮継手・沓に損傷、橋台移動(2cm)
紅葉橋	1735	S 34	桁橋	橋脚1基にクラック
萩橋	1735	S 48	桁橋	橋台積ブロック破損
千代田跨線橋	1517	S 48	桁橋	沓・桁損傷
中駅通橋	3300	S 41	桁橋	桁移動、高欄損傷、端補剛材の座屈
依田橋	3881	S 45	桁橋	橋脚損傷2基
尾田橋	3622	S 40	桁橋	沓損傷、主桁に段差、高欄破損
大川橋	3073	S 43	桁橋	桁損傷、沓座モルタル破損、バラベット亀裂
統太橋	4038	S 42	桁橋	桁損傷
パンケ橋	3622	S 38	木床版桁橋	沓座モルタル破損
春駒橋	3301	S 46	合成桁橋	沓座モルタル破損
生花新橋	3881	S 41	合成桁橋	沓座モルタル破損、伸縮装置破損
駅通り橋	3300	S 54	合成桁橋	沓ストッパー損傷、支点上の高欄遊間不良
中湧洞橋	3300	S 48	合成桁橋	沓座モルタル破損、沓ストッパー破断
泥川橋	3300	S 45	合成桁橋	沓座モルタル破損、沓・高欄遊間不良
大成橋	3715	S 39	合成桁橋	沓座モルタル破損
栄橋	3498	S 48	合成桁橋	沓座モルタル破損、アンカーボルト損傷

[3] 鉄道橋の地震被害

橋 梁 名	線 名	構 造 形 式	被 害 内 容
第1シリュウドル川	根室本線	R C桁橋	橋台にクラック
姫新得川	根室本線	R C桁橋	橋台・橋脚にクラック
美生川	根室本線	P C桁橋	沓損傷
猿別川	根室本線	P C桁橋	沓損傷
利別川	根室本線	P C桁橋	沓損傷、桁端部にクラック
第3十弗川	根室本線	T桁橋	橋台にクラック、沓損傷
下頃辺川	根室本線	鉄桁橋	沓座破損
浦幌川	根室本線	P C桁橋	桁にクラック
直別川	根室本線	鉄桁橋	橋台A 1傾斜
フシコケネップ川	釧網本線	I桁橋	橋台にクラック
第2尾幌川	花咲線	鉄桁橋	橋台A 1変状、アンカーボルト損傷

動により桁同士のぶつかりにより桁端にひび割れ損傷がある。

また、これは直接橋梁の被害とは言えないが、橋台背面の裏込め土のずれや沈下により、道路面と橋面との間に段差が生じ、一時通行止めの対策が取られた事例が発生したこと付記する。

(4) あとがき

この報告は、1993年釧路沖地震による道路橋および鉄道橋の被害概要について述べたものである。橋梁の支承部とその周辺の構造に多くの損傷が見受けられた。北海道で初めて免震装置を採用した温根沼大橋（4径間連続鋼桁橋）では、今回の地震による損傷を受けていない。今後、地震時の橋梁の弱点となる支承部や橋脚の被害を防ぐために、免震設計の導入も重要な研究課題と思われる。また、地震波形、地盤地質、動的応答解析、復旧作業等のより詳細な研究・調査も望まれるところである。

最後に、被害調査の実施に際して北海道開発局、北海道土木部、JR北海道関係各位の多大なご協力を得たことを記し、感謝の意を表します。

8. 基礎地盤の被害

北海道大学工学部土木工学科

土岐 祥介・三田地利之・渋谷 啓
三浦 均也・山下 聰・福田 文彦

(1) まえがき

釧路沖地震による地盤および土構造物の被害は甚大であった。本章では北海道東部の地質と、地盤災害を中心とした被害の概要を報告する。

(2) 北海道東部の地質

地盤工学の面から被害を概観すると、北海道特有の泥炭性軟弱地盤や火山灰性堆積物に関連するものが多く見られている。地震被害の実態を把握するために、本節では釧路地域と十勝地域の地質について簡単に説明する。

1) 釧路地域

釧路地域の地質構造は図8-1に示すようである¹⁾。海岸線は複雑であって、広く太平洋に面しているが、背後には国立公園に指定されている広大な釧路湿原と阿寒火山帯を擁しているなど、全体的な地質としては変化に富んでいる。

文献2)によると、湿原の南に位置する釧路市周辺の地形は比較的単調であり、地層の重なりは表8-1に示すようである。台地は2段の段丘面に区別され、低い方から釧路段丘と根室段丘であるが、屈斜路軽石層が両段丘面を覆っている。低地は、釧路湿原と呼ばれる広大な泥炭地を主体として、海岸沿いには砂丘地形が発達している。旧釧路川周辺には砂地盤が見られるが、現在の釧路川は人工的な流路であって一般の河川の地質とは異なっているので注意を要する。

2) 十勝地域³⁾

十勝平野の大部分は丘陵をなす台地と段丘からなり、沖積平野は十勝川沿いの狭い範囲に限定されている。西を日高山脈、北を石狩山地、東は白糠・豊頃両丘陵に囲まれ、南が太平洋に向かって開いている。

台地は礫と火山灰を主体とした地質構造となっていて、帯広市周辺では固結した火山灰層が強固な支持地盤となっている。低地の主要な河川沿いには泥炭、粘性土、砂、礫などが厚く堆積して軟弱な地盤を構成している。ただし、泥炭の分布は十勝川下流域に限定されている。

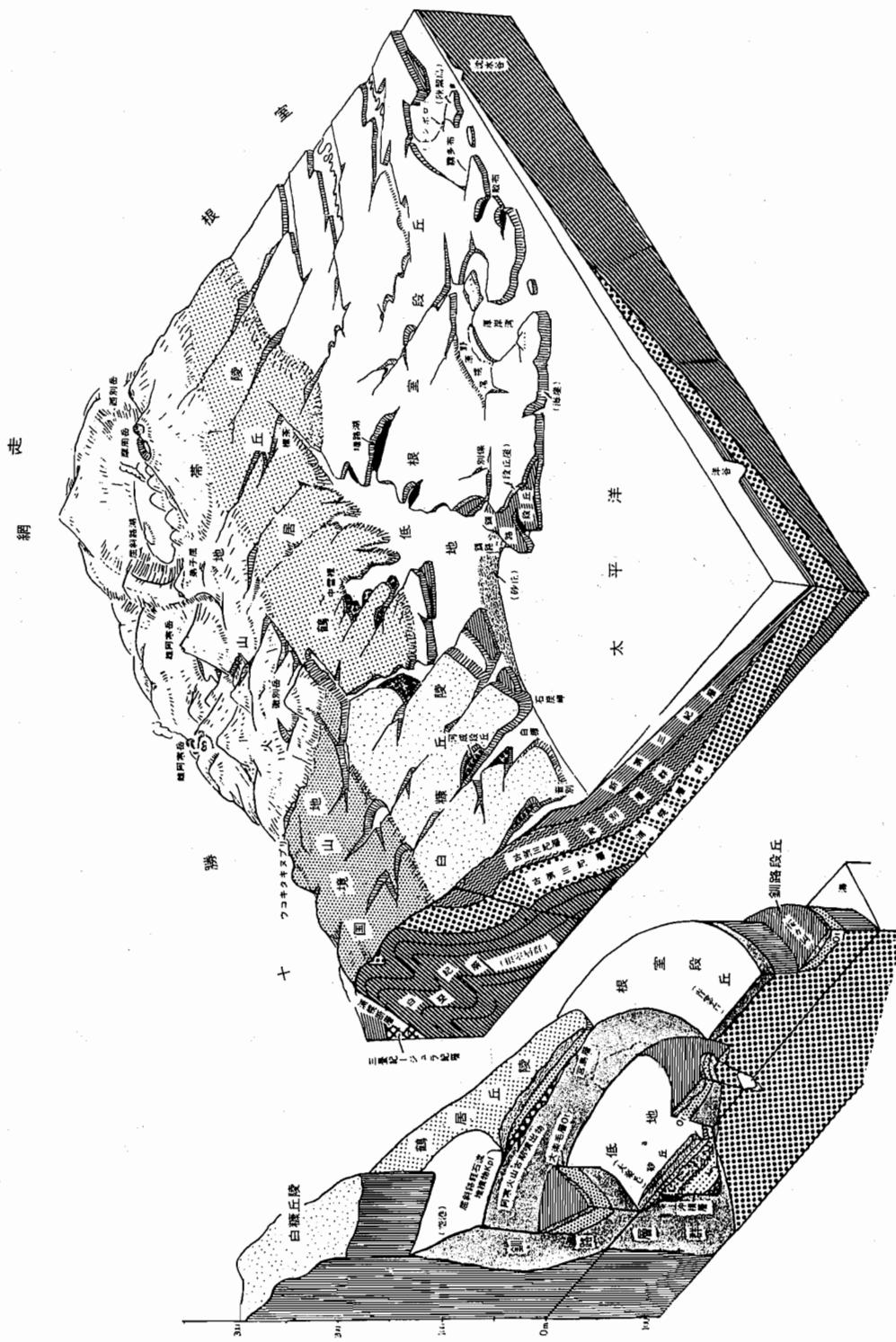


図8-1 釧路地域の地質ダイアグラム¹⁾

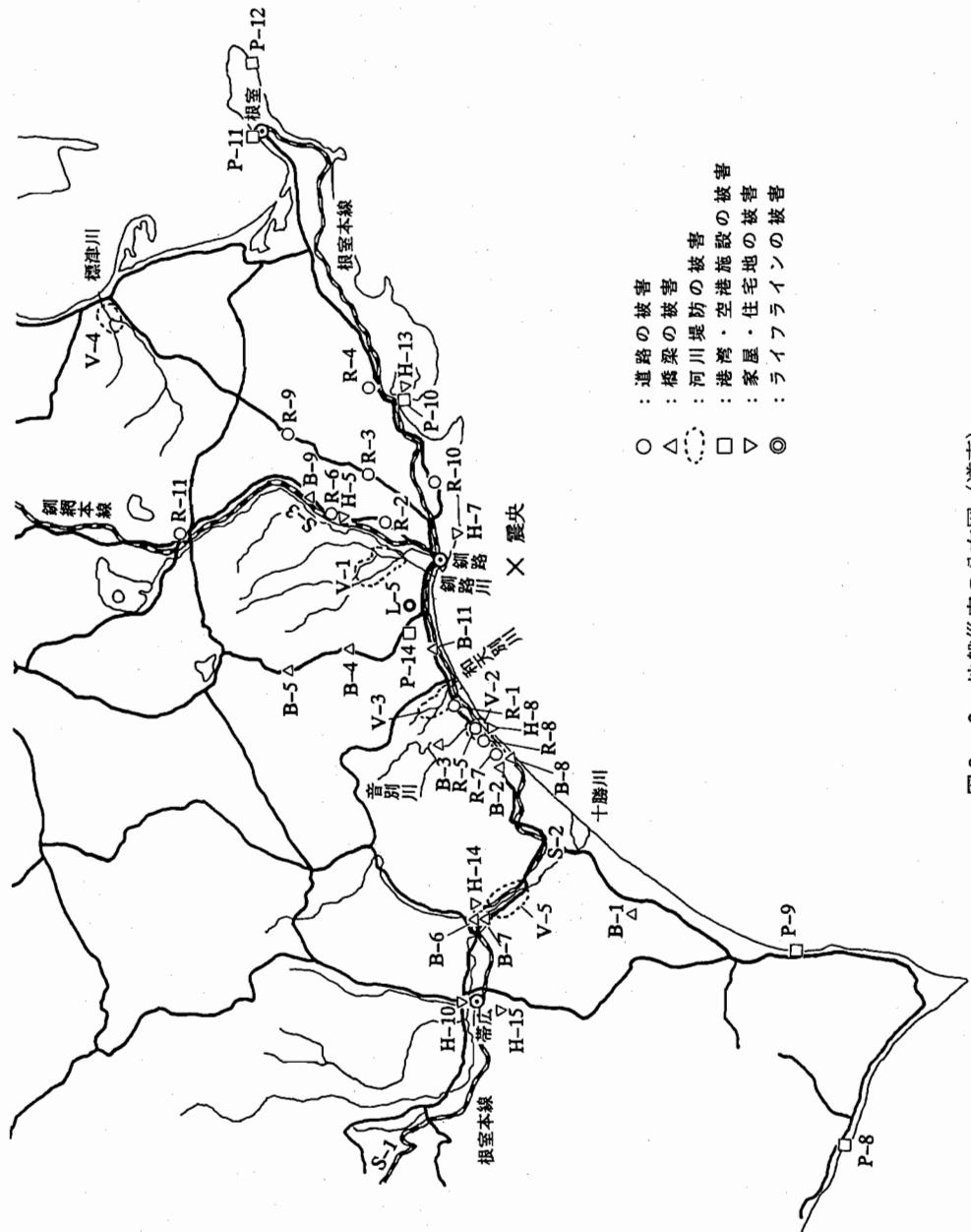


図8-2 地盤災害の分布図（道東）

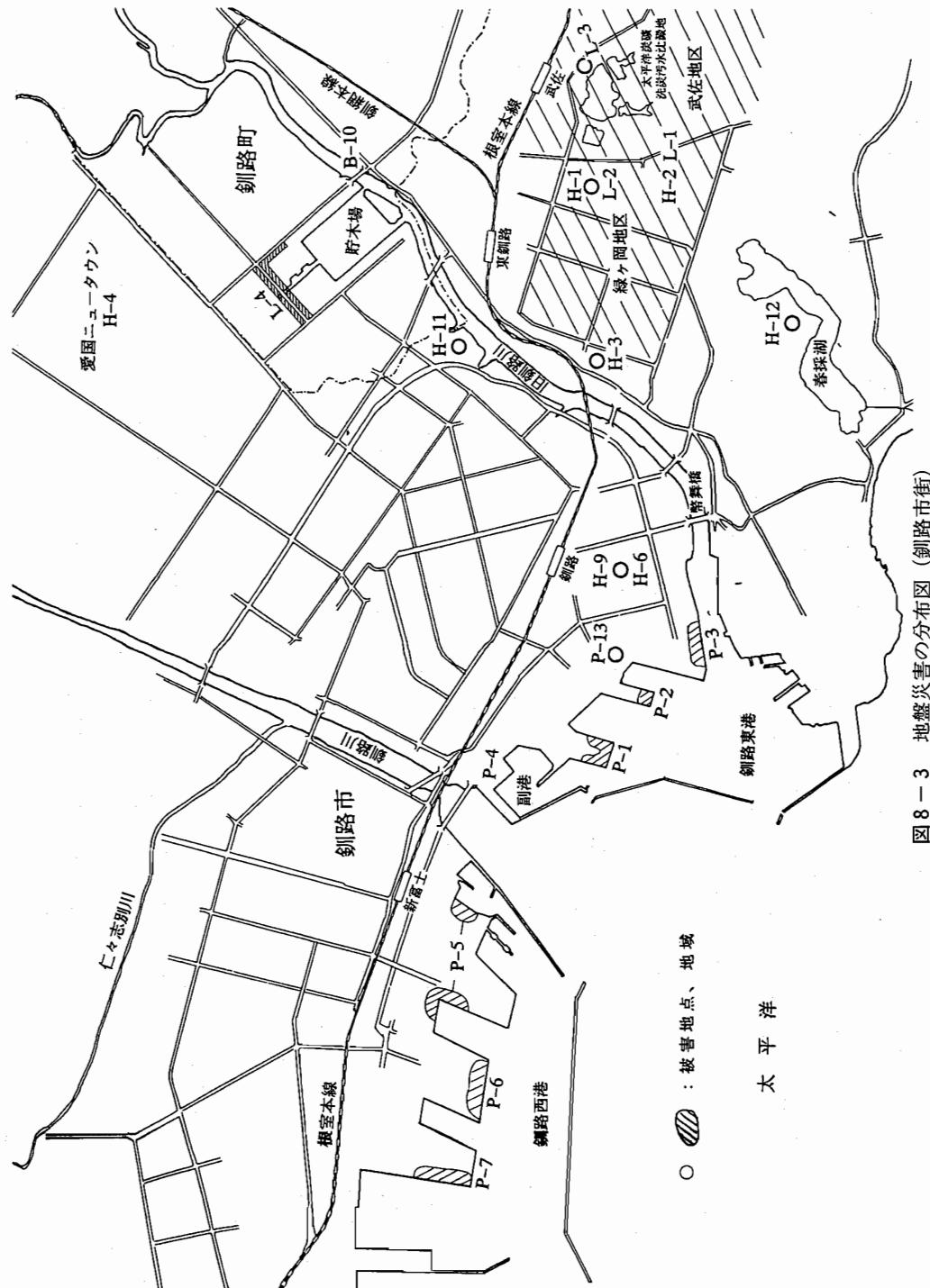


図 8-3 地盤災害の分布図 (刈路市街)

表 8-1 鉄路地域の層順²⁾

地質時代		地 層 名		層 厚 (m)	記 事	絶対年代 (万年)
新 生 代	第 四 紀	現 沖 積 層	最 上 部 層	1 ~ 80	泥灰、砂丘砂、氾濫源堆積物を含む。	0 1 1
			上 部 細 碓 層			
			中 部 泥 層			
			下 部 碓 層		基底碓層	
	更 新 世 群	屈斜路軽石流堆積物		0 ~ 20	白色火山灰、軽石よりなる。	3
		大 樂 毛 層		15 以上	「鉄路面」を形成する。	10 ~ 20
		鉄 路 層	上部	20 以上	「根室面」を形成する。	100 200
			下部	100		
		達 古 武 層		7 ~ 30		
	東 鉄 路 層		20 以上			
古 第三 紀	漸 新 世 群	舌 辛 層		117 以上	泥岩、砂岩を主体とする。	2500 3000
		双 運 層		30 ~ 36	黒色泥岩からなる。	
		雄 別 層		70 ~ 75		
		天 寧 層		90	「赤玉」と呼ばれる。	
		春 採 層		75	代表的な含灰層である。	
		別 保 層		7 ~ 20	「黒玉」と呼ばれる。	
中 生 代	白 堊 紀	根室層群・汐見層		6 以上		7000 以前

(3) 被害の概要

本地震による人的被害は地震の規模に比べて少なく、死者 2 名（内 1 名はガス漏れによる中毒死）、負傷者 435 名（内火傷が 4 分の 1）であった。家屋の損壊 373 軒、火災は 7 件であった。

被害の総額は 780 億円、内公共物の被害は 570 億円に昇るようである。公共物では河川の被害が最大で 310 億円、港湾施設の被災がこれに次いで 110 億円となっている。構造物の地震動による直接の被害は比較的少なく、地盤の変状や破壊に起因する被災が目立っている。

表 8-2 (a)～(g)は被害の状況を分類し、簡単な説明を加えたもので、地盤災害を中心に主要なものだけを挙げている。図 8-2 及び図 8-3 に被害状況の分布を示す。

1) 道路の被害

2月 18 日から踏査を開始した国道 336 号、38 号、391 号、272 号、44 号では、大小の被害がかなりの頻度で見られた。盛土部と切土部の境界では必ずと言っていいほど横断方向の亀裂が発見され、これが段差に発展している箇所が多かった。橋梁取付部の盛土も高い確率で被害を受けており、亀裂、段差、陥没といった被害形態が見られた (B-9, 10, 11)。

道路路体の崩壊は盛土部に集中しており、象徴的な道路盛土の崩壊箇所 (R-1, 2, 3,

4) は沢地形の盛土区間で発生している。この場合には、縦断方向の亀裂や、のり面のすべりを伴っている箇所が多い。湿地帯における盛土では、側方流動型の沈下をいくつか確認できた(R-9)。

2) 鉄道の被害

鉄道の被害は甚大で、JR北海道の幹線である根室本線と釧網本線は最大3週間にわたって不通を余儀なくされた。築堤や盛土の崩壊とそれによる軌道の変形が、表8-2(b)に示した箇所で集中して発生した。道路の場合と同様に、軟弱地盤上での盛土に課題が与えられたと思われる。

3) 橋梁の被害

表8-2(c)には取付部における盛土の被害も含めている。橋梁本体には沓の破損や桁の移動が表以外の箇所でも発見されている。B-1～B-4はT型RC橋脚の破損例である。噴砂が見られた例もあるが、井筒式の基礎は支持力を維持したようである。質量が上方に集中するT型橋脚では橋軸直角方向に大きく振動する特性があり、図らずもこのタイプの橋脚で鉄筋が露出するなどの被害が続出した。

4) 河川堤防の被害

河川堤防の被害は1級河川だけでも表8-2(d)に示した5河川に及んでいる。築堤の段裂と陥没が集中して発生している。土木関連では最大の被害となった河川の被災箇所は、実に、53箇所に及んでいる。

5) 港湾・空港の被害

港湾の被害は表8-2(e)に示した以外にも道東に位置するほとんど全ての港湾で、岸壁の迫り出し、エプロンの亀裂、陥没など大小の被害が観察されている。噴砂により液状化の発生が報告されている港湾も少なくない。釧路港では、各埠頭において表8-2(e)に示すような液状化による被害が目立っている。

釧路空港(P-14)は約40mの高盛土によって滑走路を延長し、航空機のジェット化に対応してきた。今回の地震では高盛土が強地震を初めて受けことになったが、被害は軽微で地震後の航空機の運行に支障はなかった。高盛土の挙動は土質工学的に関心の持たれるところであり、今後の調査や研究の成果の公表が期待されている。

6) 家屋・住宅地の被害

斜面の崩壊など地盤の変状にともなう家屋の被害は釧路市では高台に集中して発生した。特に緑ヶ岡、武佐両地区は斜面の崩壊による家屋の大破を含み、ライフラインにも大きな被害が発生した。(H-1, 2)。

茅沼の別荘地における盛土の大規模な崩壊は湿地帯に盛土して造成した場合の被害例であり、道路や多数の家屋が使用不可能となった(H-5)。

表 8-2 基礎地盤災害に基づく各施設の被害

記号および被害地点	被害状況	記号および被害地点	被害状況
(a) 道路の被害		(a) 道路の被害	
R-1 馬主来【バシクル】 (白壁町、国道38号)	・3車線中2車線砂崩れにより崩壊 ・NTT光ケーブル切断 ・周辺で5~6箇所の盛土部路線の変形	P-5 西港区第1埠頭 (釧路市西港区西港1丁目)	・亀裂や陥没多数・噴砂確認 ・エプロン部が3.0~5.0cm沈下 ・建物と地盤の間に最大3.0cmの亀裂 ・トラックヤードに亀裂大
R-2 鳥通 (釧路町、国道391号)	・土砂崩れにより地山・盛土共用区間が崩壊 ・国道391号では盛土部の変状多數	P-6 西港区第2埠頭 (釧路市西港区西港2丁目)	・荷造りクレーンの底脚破壊 ・エリクレーンにおけるバフ/バフ基礎の沈下 ・エプロンを中心とした10箇所に被害
R-3 東阿摩内 (根室町、国道272号)	・盛土部が全幅で約6.0mの区間にすり崩壊	P-7 西港区第3埠頭 (釧路市西港区西港3丁目)	・噴砂孔(数箇)と噴砂多數 ・海に向かって傾斜するように沈下 ・エプロンの背後で約1.2m~3.0cm ・SCP、GDによる液化化対策区間では 液化化無し被災確認
R-4 糸魚川 (厚岸町、国道44号)	・盛土部が全幅で約5.0mの区間にすり崩壊 ・車両4台が被災	P-8 浦河港 (浦河町)	・荷造り埠頭を埋め立て地の地割れから 噴砂・沈下
R-5 音羽 (音別町、国道38号)	・すべりにより歩道陥没(2m)	P-9 十勝港 (広尾町)	・市端上段堤との間に8cmの段差 ・水道管の破損・漁業埠頭、第3埠頭で噴砂 ・建物と地盤の間に16cmの段差・3施設に被害
R-6 茅沼 (音別町、国道391号)	・土砂崩れにより盛土崩壊	P-10 厚岸港 (厚岸町)	・ゲートの移動や壁面の取り出し ・亀裂多數・10箇所に被害
R-7 直別 (音別町、国道38号)	・道路線形の変状・亀裂多數・路線の不陸	P-11 根室港 (根室市)	・エプロンのひび割れ・上層の前傾 ・2施設に被害
R-8 尺別登坂 (音別町、国道38号)	・すべりにより盛土部路肩崩壊	P-12 南舞鶴港 (根室市)	・エプロンの追り出しと沈下 ・沈下や亀裂多數・10箇所に被害
R-9 中木安別 (根室町、国道272号)	・すべりにより湿原の道路盛土路肩の崩壊 ・路体に亀裂	P-13 昭和シェル石油 (釧路市東港地区海運1丁目)	・貯蔵タンクの地盤破壊によるアスファルトの 海上への流出
R-10 深山 (釧路町、国道44号)	・すべりにより路肩崩壊	P-14 釧路空港 (弟子屈町越路)	・愛立埠頭の滑走面上に敷木の電線 ・盛土部の面に小規模な凹凸すべり
R-11 札内 (弟子屈町、国道391号)	・すべりにより路肩崩壊	(f) 家庭・住宅地の被害	
S-1 新狩勝・新得間 (JR根室本線)	・大規模侵襲堤防壊(2,500m³) ・被害19箇所・橋台取付部の沈下多數	H-1 緑ヶ岡住宅地 (釧路市、緑ヶ岡6丁目)	・木造二階建民家、屋根崩れにより約10m落下 ・隣接する民家屋根部分と庭半分も崩落 ・雨樋では基礎が露出・斜面下の3軒半壊
S-2 波田・白間瀬 (JR根室本線)	・軟弱地盤上盛土の軌道が蛇行・盛土崩壊 ・厚い白蘭間に被害集中・被害63箇所	H-2 緑ヶ岡・武佐地区 (釧路市)	・地盤の変状が集中・傾斜地には亀裂多數 ・住宅の不等沈下、地盤との段差、煙突や外壁の 破壊多數・アスファルト周辺の地盤に沈下や亀裂 ・ライフラインの被害大
S-3 東網路・標木瀬 (JR網室本線)	・軌道変状・大規模盛土崩壊多數 ・茅沼・五十石間で盛土陥没(最大3m) ・被害60箇所	H-3 材木町 (釧路市)	・民家背後の斜面で崩壊
(c) 橋の被害		H-4 愛国ニュータウン (釧路市美咲)	・噴砂・湿地上の埋立造成地
B-1 依田橋 (大樹町牛生花、道道)	・下型の円柱擁脚の地上部破損と折の沈下 ・座屈により主筋鉄が破断して露出	H-5 茅苔別在地 (標木町茅沼)	・シラルト口湖畔の別荘地崩壊 ・道路と宅地用地を含む幅15m、 長さ約200mに延び ・別荘地5戸のうち3戸が半壊、1戸が部分破壊 ・壁土の高さ約1m、傾斜約1割 ・湖畔の造成地の上に火山灰土の盛土
B-2 直別橋 (音別町直別、国道38号)	・橋台付近の護岸の移動・橋桁の移動 ・姿座の移動と破損	H-6 市役所脇 (釧路市黒金町)	・歩道のマーブル周辺で噴砂、 周辺の地盤破壊
B-3 初音橋 (音別町、道道)	・下型の円柱擁脚の地上部破損 ・橋脚周面にクラック	H-7 利別川構築 (池田町、JR根室本線)	・柱底面への落石・PC析端部に亀裂多數 ・折と筋のズレ
B-4 松之恵橋 (阿寒町上阿寒、国道240号)	・下型の円柱擁脚の地上部破損 ・クラックによる筋筋の露出 ・橋脚周面にクラック・基礎周辺に噴砂跡	H-8 市役所脇未処理場 (釧路市益富)	・柱底面への落石・PC析端部に亀裂多數 ・折と筋のズレ
B-5 阿寒川構築 (阿寒町船別、国道240号)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・PC析端部に亀裂多數	H-9 五十石橋 (標木町、JR根室本線)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)
B-6 田舎大橋 (池田町、道道)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)	H-10 五十石橋 (釧路市若葉、国道44号)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)
B-7 1利別川構築 (池田町、JR根室本線)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)	H-11 五十石橋 (白壁町鹿路)	・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)
B-8 直別橋 (音別町直別、JR根室本線)	・橋台の傾斜、亀裂・橋脚と柱の衝突	(d) 河川堤防の被害	
B-9 五十石橋 (標木町船至別根野、国道391号)	・姿座の移動と破損	V-1 釧路川 (釧路市)	・姿座の移動・姿座の亀裂、破損 ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm) ・柱底面への落石・柱の直角方向移動(6.5cm)
B-10 雪埋橋 (釧路町若葉、国道44号)	・右岸上下道場での亀裂、沈下(最大3.5cm) ・右岸上下道場のズレ(約5cm)	V-2 音別川 (釧路市)	・姿座の移動と破損
B-11 座路橋 (白壁町鹿路)	・取付部の盛土の沈下・亀裂 ・のり面の崩壊	V-3 和天別川 (釧路市)	・本流および支流赤瀬川で12箇所の被害 ・総延長1,330m・築堤での被害中心 ・河口より9.6km付近で護岸の被害・噴砂
(e) 港湾・空港施設の被害		V-4 標津川 (釧路市)	・姿座の被害・下流で2箇所の被害 ・総延長2,600m
P-1 渔業埠頭 (釧路市東港区浜町)	・埠頭全体で段差(最大50cm)や亀裂多數 ・約1.0kmに亘る被害	V-5 十勝川 (釧路市)	・姿座と護岸の被害・下流と中流部中心 ・総延長1,1,700m
P-2 北埠頭 (釧路市東港区海運)	・埠頭全体で段差(最大50cm)や亀裂多數 ・約1.0kmに亘る被害	L-1 緑ヶ岡・武佐地区 (釧路市)	・ガスと水道の管轄集中 ・ガス管の損傷によるガスの供給停止 ・水道管の損傷による飲料水の供給停止 ・停電の集中・地盤の変位地盤の集中
P-3 中央埠頭 (釧路市東港区南浜町)	・水中ストラップ工法、SCP、 GDによる対策工の効果 ・軽微な被害・液化化の痕跡なし	L-2 竜柱 (釧路市緑ヶ岡6丁目)	・複数の電柱が傾斜・竜柱が倒壊 ・R.C.電柱が地盤侵入で破壊(加速度大を示唆) ・洗浄水比増加で地盤が堆積する
P-4 釧路副港 (釧路市浜町)	・亀裂や段差多數・建物との間では段差大	L-3 わかくさ保育園 (釧路市武佐4丁目)	・沢地形を埋めた盛土部分が沈没地に 向かってすべり崩壊 ・マンホール、ガス、水道、下水の各管が切断 ・抗基盤の建物倒壊で地盤の沈没
(f) ライフラインの被害		L-4 木場・桂木 (釧路町木場・桂木)	・釧路町木場2丁目住宅地蔵、桂木4丁目の 歩道でマンホールの浮上 ・突出量は最大1.5m・周辺地盤に噴砂
8-2 (f) に示している。		L-5 大楽毛市営住宅 (釧路市大楽毛)	・都市ガスの地中配管被災により、建物内に ガスが侵入・1人死し、16人が中毒症状

明らかに液化化によるとみられる被害としては、浄化槽の浮上など2例(H-7, 8)を表

8-2 (f) に示している。

7) ライフラインの被害

ライフラインでは架空部分よりも地中部分に被害が集中している。地盤の変状が激しかった緑ヶ岡、武佐地区（L-1）では傾斜面で亀裂が多数見られ、地盤が広範囲にわたって変形したことを物語っている。その結果、上下水道、ガスなどのライフラインでは、継ぎ手部の破断などの被害がこの地区に集中し、完全な復旧には3週間ほどを要した。北海道の都市ガス供給地帯では初めて経験した強震動であり、管の材質や埋設方法、緊急体制のあり方について得られた教訓は大きいはずである。

電話線でも被害が地中部分に集中しており、道路盛土の崩壊箇所（R-1, 2）では光ケーブルに破断などの機能障害が発生した。さらに、橋梁の取付部などでは電話線が緊張している箇所があるようである。

(4) あとがき

本地震は北海道の地盤凍結期に発生した。現在関係各機関で懸念されていることは、融雪による被害の顕在化である。また、融雪による地下水位の上昇、地盤の軟弱化によって、持ちこたえていた地盤の変動が再発することが予想できる。ライフラインの二次的な被害も心配されおり、道路や港湾施設では復旧と点検が急がれている。河川堤防にとって融雪期に増水するため、さらに深刻であろう。

住宅地などの丘陵地に分布し、盛土材料としても多用されている火山灰土の破壊、湿地帯の盛土崩壊が各種の被害に共通して見られた。火山灰土の動的な変形・強度特性を明らかにすること、および軟弱地盤上の盛土の安定性を検討することは、北海道における土質工学の課題であろう。

地盤の液状化に関してわが国は、4半世紀以上にわたる研究面や実務面における蓄積を有しております、種々の設計・施行基準に液状化対策が取り入れられている。釧路では港湾施設等で各種の液状化対策工が実施されている。これらの工法によっては、今回の地震が初めて経験する強震動となり、対策工の有効性が試されることになった。

なお、この報告の執筆に当たり、関係各機関から貴重な資料を提供して頂いた。また、九州工業大学安田進教授には、現地調査の間ご指導を頂いた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡崎由夫：釧路の地質、釧路叢書第7巻、1966。
- 2) (社)北海道建築士会釧路支部：釧路の地盤、1982。
- 3) 地学団体研究会：地図研専報22、十勝平野、1978。

9. 公共衛生施設の被害

北海道大学工学部衛生工学科

丹保 憲仁・小笠原紘一

(1) はじめに

震度 6 をもたらした今回の地震は、上下水道や廃棄物処理施設にも、全道的に大きな被害を与えた。特に、厳寒期の 1 月に発生したことで表層地盤が 50~100 cm 程度凍結しており、水道の被害状況の完全な把握は、5 月以降になる見通しである。このようなことから、この調査報告書も中間段階のものとならざるを得ないが、以下に各施設の被害の概要と特徴的な事例等について述べる。

(2) 被害の概要等

1) 水道施設

・被害の概要

平成 5 年 2 月末現在、釧路地方を中心に 48 市町村（1 企業団を含む）に及び、上水道 30、簡易水道 25、専用水道 3 の合計 58 水道となっておりこのうち 37 市町村 45 水道で約 2 万戸が断水にいたっている。また、施設別では建物のモルタルはく離、外壁ひび割れなど 30 件、配水池など構造物の底盤のひび割れ（少量の漏水発生）、導流壁の損壊など 6 件、傾斜板沈澱装置の破損、電気計装設備の損傷など 53 件、管路が 352 件、給水装置など 18 件の合計 459 件で被害額は約 233 百万円にのぼっている。

・管路の被災の特徴

埋設されている土質別に見ると砂質や、火山灰土のところでも発生しているが、泥炭地等の軟弱地盤での発生が大半を占めている。

管の材質別に見ると、ダクタイル鋳鉄管や塩ビ管では継手部の破損、離脱が多く、石綿セメント管は本体の破損が多く継手部からのジェット水削孔も発生している。

また、施設の耐震対策を実施していたところは、その効果が明確にあらわれている。たとえば、別海町では石綿管からダクタイル鋳鉄管に計画的に布設替えを進めており、事業が完了した地区では被害がなく、未実施の隣接地区で被害が発生している。また、釧路市浄水場は軟弱な地盤に設置されているが、市が、昭和 61 年から実施している導水管の耐震化事業により、周囲の土地が数十 cm 沈下したものの、被害の発生はなかった。さらに、昭和 57 年に震度 6 の地震で 88 ヶ所の被害があった浦河町でも、その後石綿管の布設替えなどを進め今回は震度 5 ではあったが、6 ヶ所の被害に留まっている。

・復旧の状況

地盤の凍結により漏水箇所の発見が難しいことや、漏水量が多く復旧に必要なパイプに流す水量が不足するなど、復旧工事が遅れる傾向にあったが、断水が発生した45水道のうち、地震発生の翌日にはほぼ半数が、3日後には4分の3の水道が復旧し、3日後には断水戸数は1割程度に減少し、5日後にはほぼ復旧が完了している。

しかしながら、地盤凍結により漏水発見が困難な箇所もあり、また、融解による地盤のゆるみによる新たな被害の発生が予測されている。

・今後の課題

通常の耐震化のほかに、厳寒期における復旧方法や復旧のための水量を確保するために、制水弁の位置をより密にし、少しでも水を節約する対策などについて検討しておく必要がある。

2) 下水道事業

釧路市を中心に1市5町で管渠を中心とした92ヶ所が被災しており、被害額は約25億円に及んでいる。

主な被害の内容は、処理場内の地盤の沈下、エキスパンションジョイントの破損や管渠の破損となっている。特に、一部の管路では、地盤の液状化現象によりパイプからマンホールが離脱し、1m以上浮上した所がある。また、管渠は一定勾配がくずれ汚水の流下に支障をきたしているもののが多かった。

3) 一般廃棄物処理施設

4町の5施設が被災し、焼却炉の煙突の亀裂、炉外壁の崩壊、ごみ破碎機のモーター軸の曲がり、施設周囲の地盤沈下などが主なものであり、約4千万円の被害となっている。

(3) 今後の課題

被災地域が地震のように広範囲に及ぶ場合には、相当広範囲の応援体制をとる必要があり、今回の場合にも、復旧資材の確保の把握や下水管路の調査用カメラの手配など若干の情報遅れも認められた。今後はこのようなソフト面の充実も必要である。