

土 木 研 究 所 資 料

ヘリコプターを用いた上空からの震災状況の把握
— (その1) 模擬地震被害を用いた適用性の検討 —

Seismic Damage Inspection with Use of Helicopter
— (Part 1) Feasibility Seismic Damage Inspection
from Helicopter for Obsening Artificial Seismic Damage —

平成元年9月

建設省土木研究所
地震防災部・耐震研究室

Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ヘリコプターを用いた上空からの震災状況の把握 — (その1) 模擬地震被害を用いた適用性の検討 —

Seismic Damage Inspection with Use of Helicopter
— (Part 1) Feasibility Seismic Damage Inspection
from Helicopter for Obsening Artificial Seismic Damage —

耐震研究室 室長 川島 一彦
研究員 運上 茂樹
研究員 杉田 秀樹
加納 尚史
飯田 寛之

要 旨

本報告は、地震直後のパトロールを想定したヘリコプターによる上空からの被災調査飛行を行い、被害の発見、被害状況の把握の実用性に関する検討を行うことを目的として、建設省ヘリコプター“あおぞら号”を用いた調査飛行による被害の概況把握の検討を行った結果をとりまとめたものである。調査対象は、道路については千葉国道工事事務所管内の一般国道16号、河川施設については下館工事事務所管内の小貝川流域とした。道路上の橋梁、道路盛土、横断歩道橋、河川の堤防、護岸、ひ門に対して、粘土・ペイント等で模擬的な被害を設けて、実際の被害調査を想定した飛行を行った。

キーワード：ヘリコプター、被災調査、情報伝達

目

次

1. まえがき	1
2. 防災情報ヘリコプター“あおぞら号”の概要	2
3. 調査対象区間及び調査方法	4
4. ヘリコプターからの飛行調査	28
4-1 昼間飛行による調査	28
4-2 都市内の調査	28
4-3 夜間飛行による調査	29
5. 記録映像による被害調査	37
6. ま と め	48

1. ま え が き

既往の地震における被害の調査状況を調査した結果によると、震災情報の収集伝達に関して改良すべき点として以下の点が挙げられている。

a) 情報の収集に時間がかかる

放置車両等の路上障害物、施設の被害、帰宅目的の車両の増加などによる道路の交通渋滞によって施設の調査が思うようにはかどらない。また、電話回線のふくそうにより調査結果の伝達が十分できない場合が多い。

b) 情報伝達の内容が不十分

震後の混乱が主な原因であり、伝達される情報の内容が断片的で情報の受け手側で被災状況の把握が十分できない。

c) 情報が不正確

未確認情報が多量に入ってくると同時に、調査担当者の主観的な判断に依存するため、各々の情報の精度を判断できない。

このように、過去の経験によれば現行のパトロールによる被害調査では、震災発生後に迅速に情報を収集し、必要部署に正確に伝達するということが難しかった場合が多い。このため、大規模かつ広域的な震災が発生した場合には、道路渋滞に影響されず、また、機動性に富むヘリコプターを用いた上空からの被害調査が有効となる。また、正確な情報を伝達するためには、客観的な情報伝達手段であり、かつ、記録に残すことが可能な写真及びビデオ映像等の映像情報を使うことが有効となる。

本調査は、地震直後のパトロールを想定したヘリコプターによる上空からの被災調査飛行を行い、被害の発見、被害状況の把握の実用性に関する検討を行うことを目的として、昭和63年11月25日（金）の昼及び夜間に建設省ヘリコプター”あおぞら号”を用いた調査飛行による被害の概況把握（マクロ情報の収集）の検討を行った。調査対象は、道路施設については千葉国道工事事務所管内の一般国道16号、河川施設については下館工事事務所管内の小貝川流域とした。道路上の橋梁、道路盛土、横断歩道橋、河川の堤防、護岸、樋門に対して、粘土・ペイント等で模擬的な被害を設けて、実際の被害調査を想定した飛行を行った。

また、昭和63年12月23日には、都市内の河川、道路について上空からどの程度施設が識別できるか等の都市内の被災調査の実用性について検討した。調査対象は、一般国道1号と4号及び荒川流域とした。

2. 防災情報ヘリコプター“あおぞら号”の概要

本調査では、建設省が昭和63年4月に導入した防災情報ヘリコプター“あおぞら号”を用いた。あおぞら号は、河川、海岸、道路等の施設の大規模災害に際して、災害の軽減、早急な災害復旧を図るため、即時・広域情報の収集・伝達を行うとともに、施設管理、施設計画・調査等を効率的に行うことに資することを目的として導入されたものであり、機種は米国製双発中大型ヘリコプター「ベル214ST」である。本機の外観及び主要な性能を写真-2.1及び表-2.1に示す。本機には、情報収集・伝達を行うためのハイテク機器として、画像伝送システム、位置出し装置、熱線画像システム、垂直ステレオ写真撮影装置などを装備している。各装置の概要を以下に示す。

a) 画像伝送システム

ヘリコプターの振動による画振れを防ぐカメラ振動防止懸架装置により、安定したカラー映像を機上でモニターすると同時にビデオ装置に録画することができる。さらに、撮影映像を地上の災害対策本部等の地上局（固定基地・可搬受信設備）にリアルタイムで伝送することができる。搭載されているカメラのズームは、標準～44倍（12.5mm～550mm）まで拡大することができる。

b) 位置出し装置（オメガ航法システム、GPS）

多少の悪天候時においても本装置により飛行位置を割り出すことができる（オメガの誤差：900～1,700m、GPSの誤差：20～30m）。

c) 熱線画像システム

地上物が放射する天然の温度差を受感することにより、肉眼では見ることはできない地上の状況を白黒画像で映し出すとともに、ビデオ装置に録画することができる。また、後処理を施すことによりカラーに着色することができる（最小識別可能温度差：0.25°C、倍率：標準及び4倍）。

d) 垂直ステレオ写真撮影装置

機体の前後に写真機を取付け、二台同時に撮影することにより、ステレオ写真を撮影することができる。



写真－ 2.1 建設省ヘリコプター “あおぞら号”

表－ 2.1 あおぞら号の主要性能

最大搭乗者数 (パイロット含む)	20名
最大巡航速度	240km/h
最大運用高度	6,060m
最大航続距離 (増加燃料タンク装備時)	1,080km
最大航続時間 (増加燃料タンク装備時)	4.5時間
有効搭載重量	3,619kg

3. 調査対象区間及び調査方法

調査対象区間は、関東地方建設局下館工事事務所管内の小貝川流域と同千葉国道工事事務所管内の国道16号である。各調査対象区間を図-3.1及び図-3.2に示す。

模擬被害は、河川施設については8箇所、道路施設については10箇所に設置した。模擬被害は、水門・護岸や橋脚等のコンクリート構造物についてはクラックが生じているものとし、粘土・布（テープ）を5cm程度の幅に貼付けることにより作成した。鋼橋の主桁や横断歩道橋の鋼製橋脚については変形・座屈とし、絵の具・テープによって作成した。堤体・道路盛土については、のり面のクラックとし、幅10cm、深さ20cm程度のV型に掘ることによって作成した。模擬被害の設置方法を図-3.3及び図-3.4に、また、それぞれの施設に設置した模擬被害を表-3.1及び写真-3.1～写真-3.21に示す。

ヘリコプターによる被災調査を行う場合の飛行方法としては各種の方法が考えられるが、本調査では以下の4方法とした。

- a) 一定高度（300m）・一定速度（130km/h）
- b) 一定高度（300m）・一定速度（60km/h）
- c) 重点構造物の精査飛行
- d) 夜間飛行による調査

ここで、a)～c)は昼間に行ったものであり、目視、ヘリコプターに搭載されたテレビカメラ（ビデオ録画）、機内持込みの写真機（最大300mm望遠）及びホームビデオカメラ（8倍ズーム）の4種類をセンサーとして使用した。また、d)は、夜間には目視、テレビカメラ等による調査はできないため、熱赤外線カメラをセンサーとして使用した。なお、飛行当日の天候は晴れであった。

上記のa)及びb)は、ある区間を一定速度で飛行しながら短時間で被害の発見を行おうとする方法であり、c)は特に重要な施設・構造物の周辺のみでホバリングや旋回、カメラのズーム等を行うことによってより細かく被害調査を行う方法である。

なお、a)～c)の飛行においてテレビカメラで撮影した映像はビデオ装置に録画しており、この録画映像を用いて別途地上で被害調査を行った。これは、ヘリコプターで撮影したビデオ映像を地上の災害対策本部等に伝送した場合や記録テープを地上に届けた場合の被害調査を想定したものであり、この場合には、調査対象区間の現場に精通した担当者と現場の状況を知らない担当者の2パーティが、それぞれ、録画映像による被害調査を行った。

以上の調査結果から、各種構造物に対する被害の発見及び被害状況の把握の実用性に関して以下の検討を行った。

i) 被害の発見・被害概況の把握

イ) 機上での被害の発見状況・被害概況の把握状況

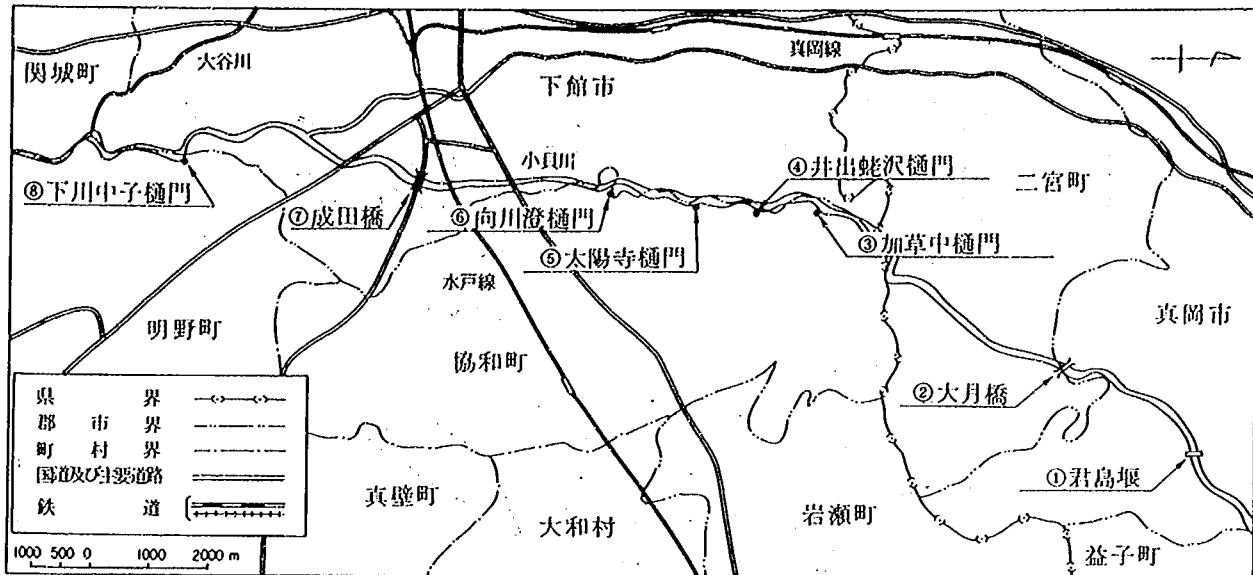
ロ) 地上での録画映像による被害の発見率・被害概況の把握の調査

ハ) 被害発見上の問題点及び今後の検討・改良項目の調査

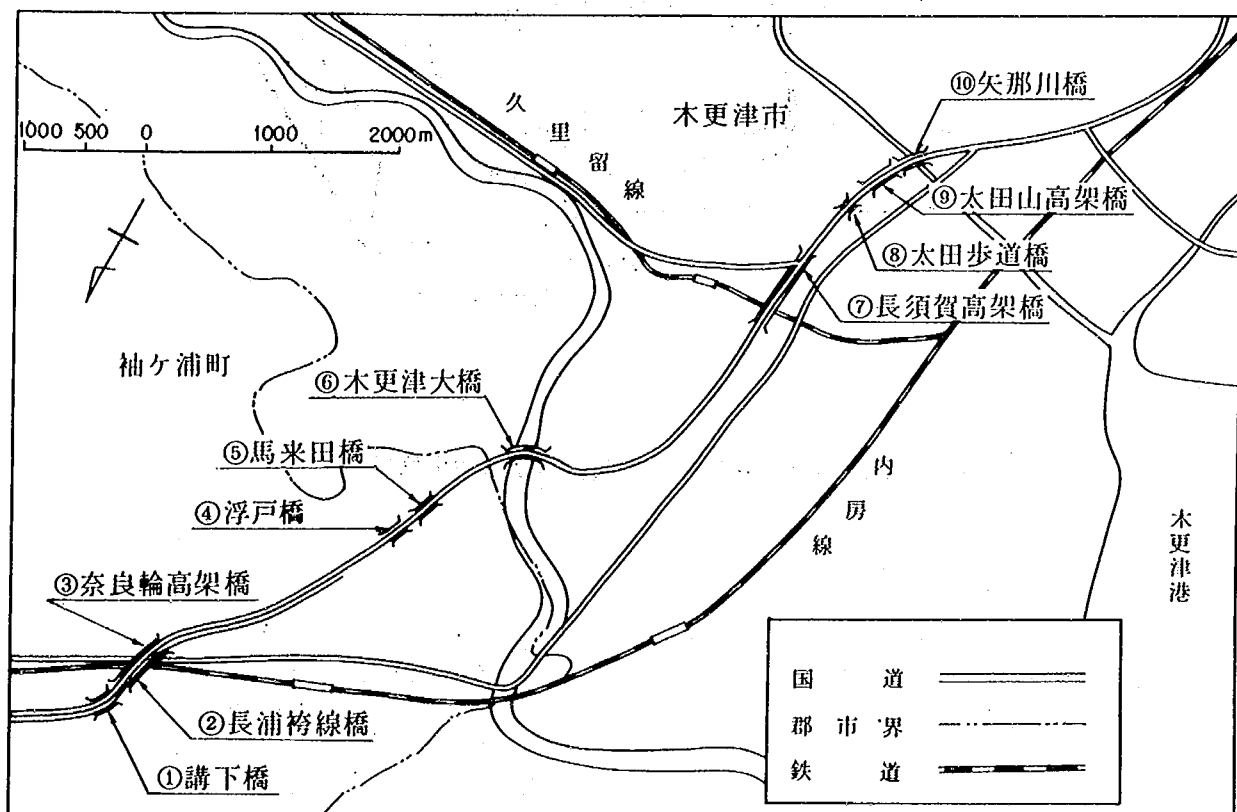
ii) 飛行方法の検討

イ) 飛行方法（高度、速度等）

ロ) 撮影方法（角度、ズーム等）



図－3.1 調査対象区間及び模擬被害設置施設（河川）



図－3.2 調査対象区間及び模擬被害設置施設（道路）

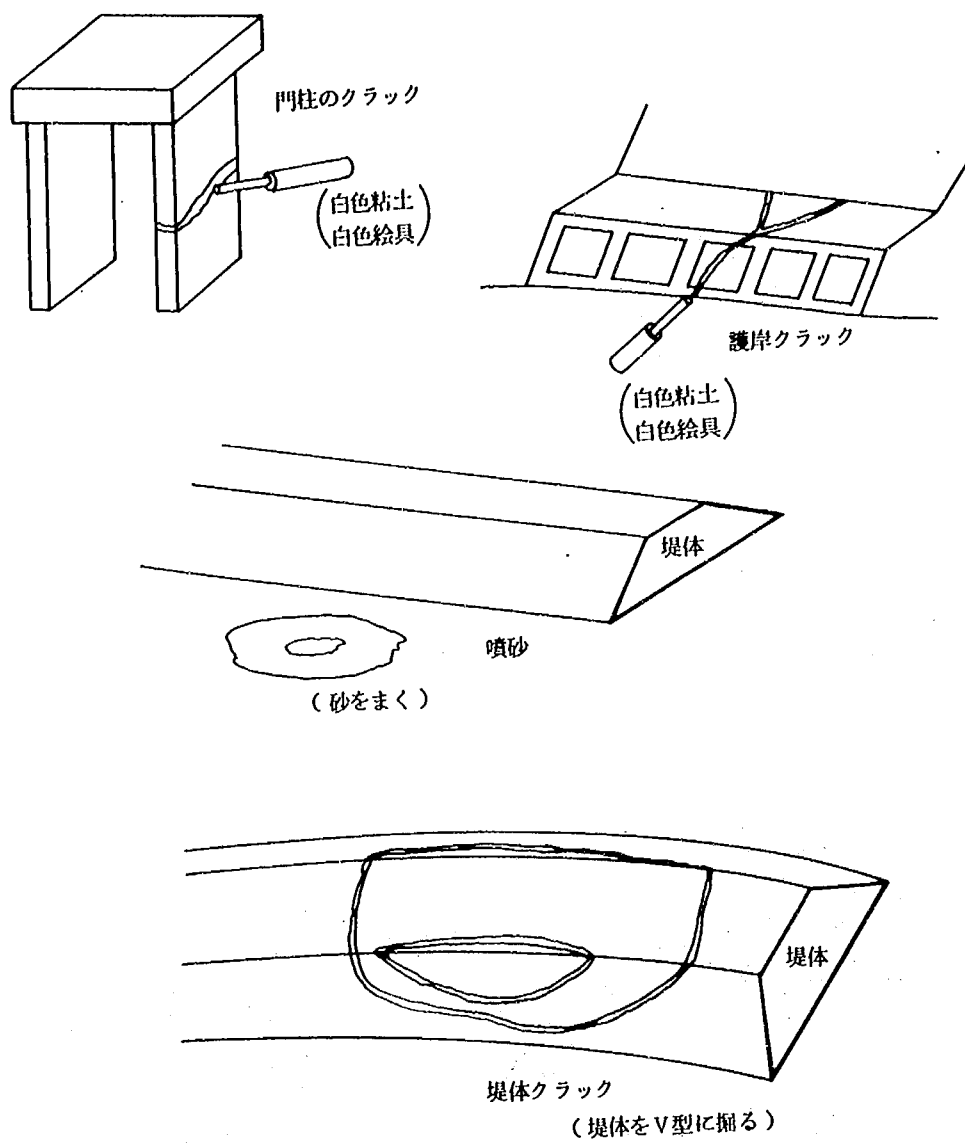
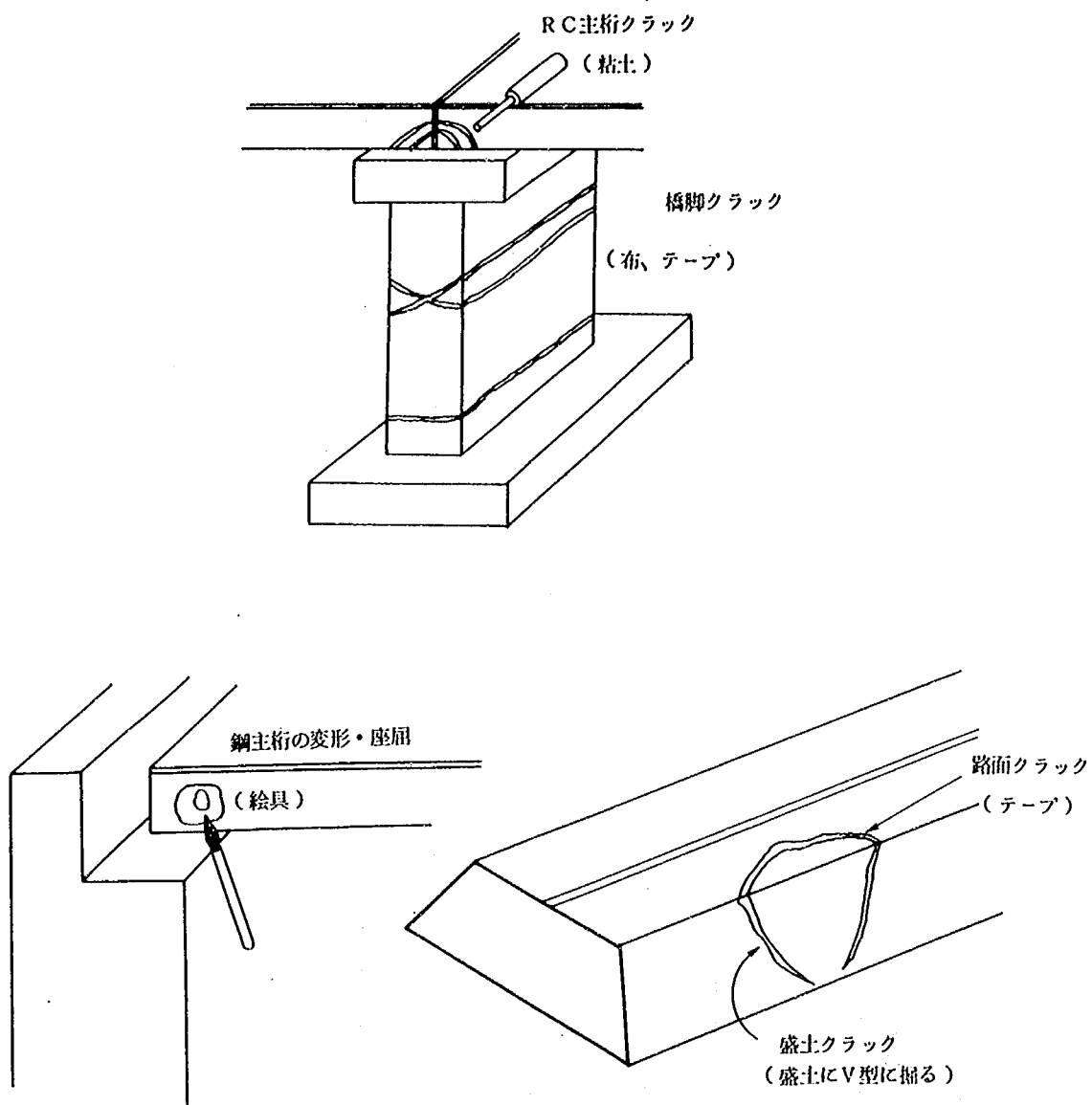


図- 3.3 模擬被害の設置方法 (河川施設)



図－3.4 模擬被害の設置方法（道路施設）

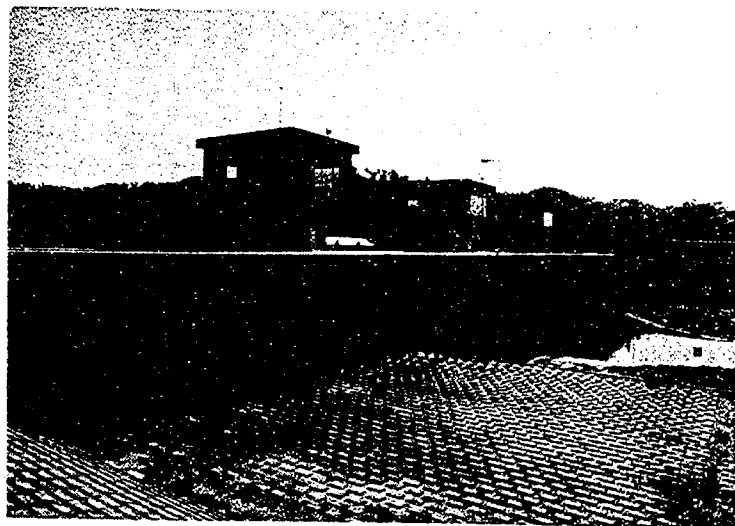
表-3.1 模擬地震被害

(a) 河川施設

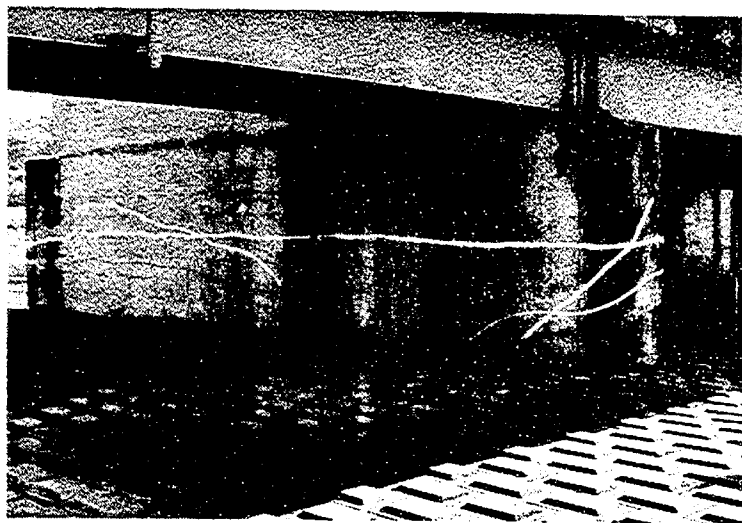
番号	被害設置施設	模 擬 地 震 被 害
1	君島堰	脚のクラック (2脚)
2	大月橋下流	護岸のクラック 堤体のクラック 噴砂 (液状化)
3	加草中樋門	門柱のクラック
4	井出蛸沢樋門	門柱のクラック
5	太陽寺樋門対岸	護岸のクラック (2箇所)
6	向川澄樋門近辺	門柱のクラック 堤体のクラック 噴砂 (液状化)
7	成田橋上流	門柱のクラック 堤体のクラック
8	下川中子樋門	門柱のクラック 堤防のクラック (2箇所) 噴砂 (液状化)

(b) 道路施設

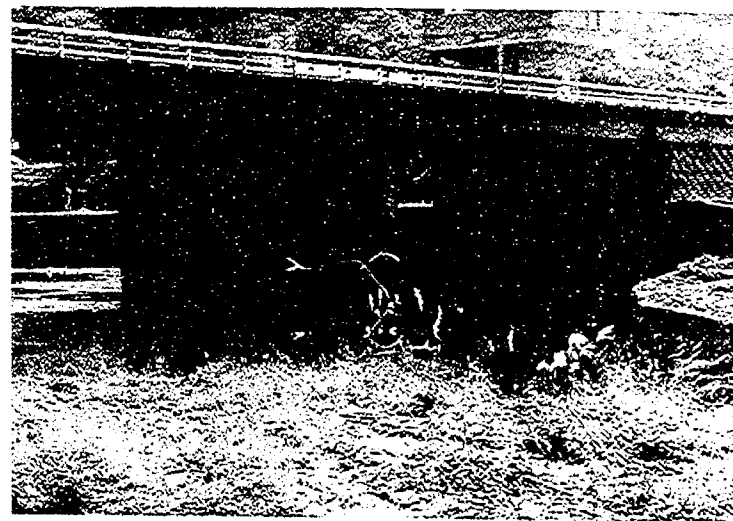
番号	被害設置施設	模 擬 地 震 被 害
1	溝下橋	橋台のクラック
2	長浦袴線橋	橋台のクラック
3	奈良輪高架橋	橋脚のクラック (2橋脚) 主桁のクラック (2箇所)
4	浮戸橋	主桁の座屈 (2箇所) 盛土のクラック
5	馬來田橋	主桁のクラック (2箇所) 橋台のクラック 取付盛土のクラック
6	木更津大橋	橋脚のクラック (2橋脚) 取付盛土のクラック
7	長須賀高架橋	橋脚のクラック (5橋脚) 主桁の座屈 (5箇所)
8	太田歩道橋	橋脚のクラック (2橋脚)
9	太田山高架橋	橋脚のクラック (2橋脚) 取付盛土のクラック (2箇所)
10	矢那川橋	橋台のクラック (2箇所)



全 景

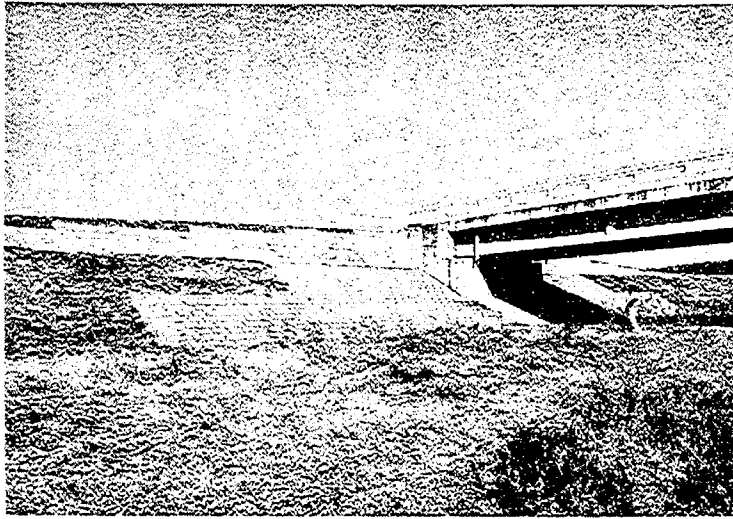


脚柱クラック



脚柱クラック

写真－3.1 君島堰の模擬被害（河川施設No.1）



護岸クラック

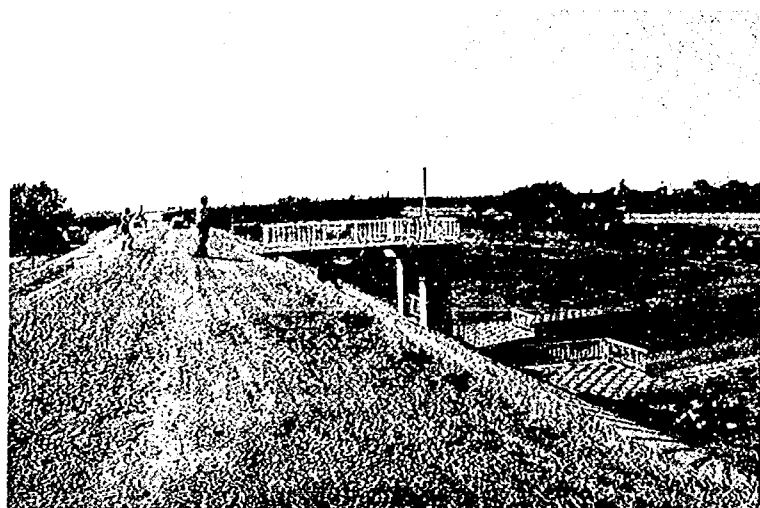


噴砂



堤体クラック

写真-3.2 大月橋下流堤防（河川施設No.2）



全 景

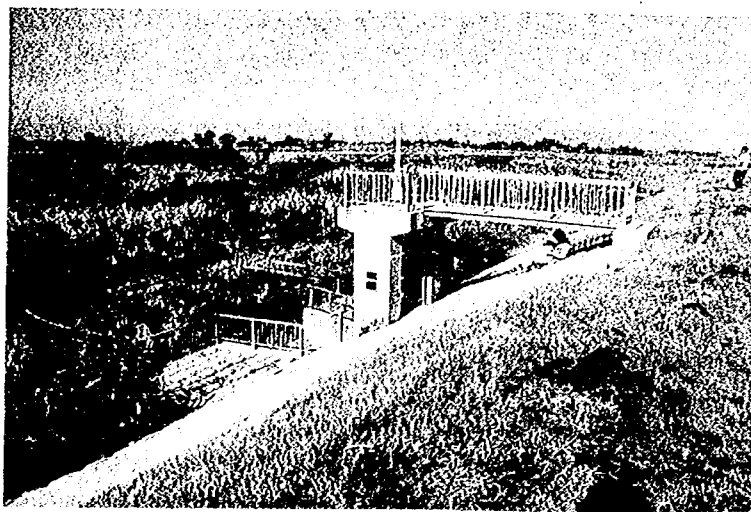


門柱クラック

写真－3.3 加草中排水機場（河川施設No.3）

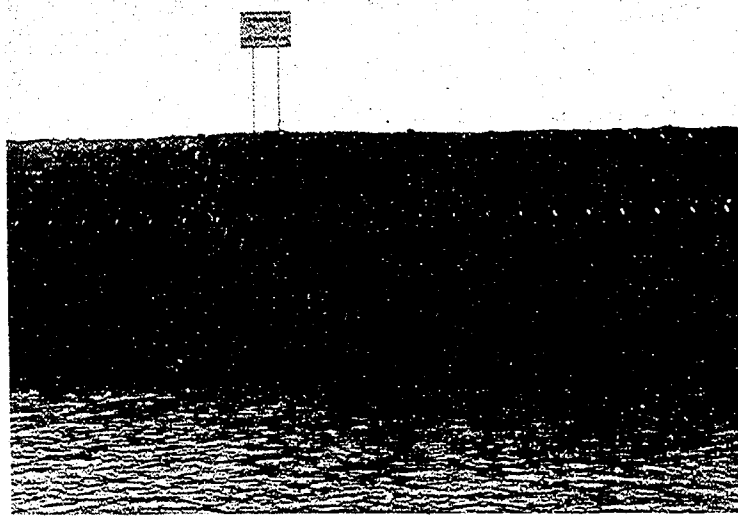


門柱クラック



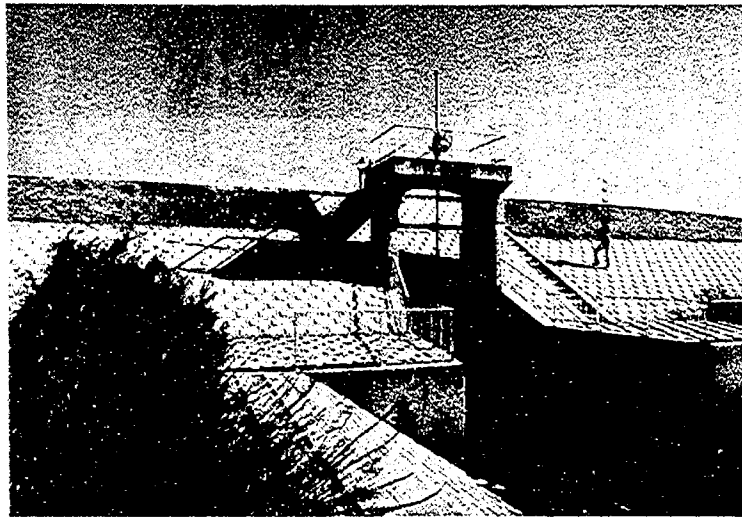
全 景

写真－3.4 井出姥沢樋管（河川施設No.4）



護岸クラック

写真-3.5 大陽寺対岸(河川施設No.5)

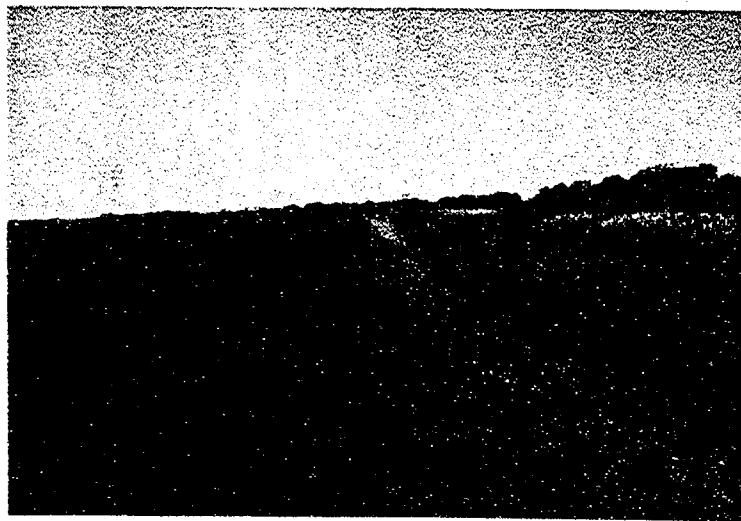


全 景

写真-3.6 向川澄樋管(河川施設No.6)



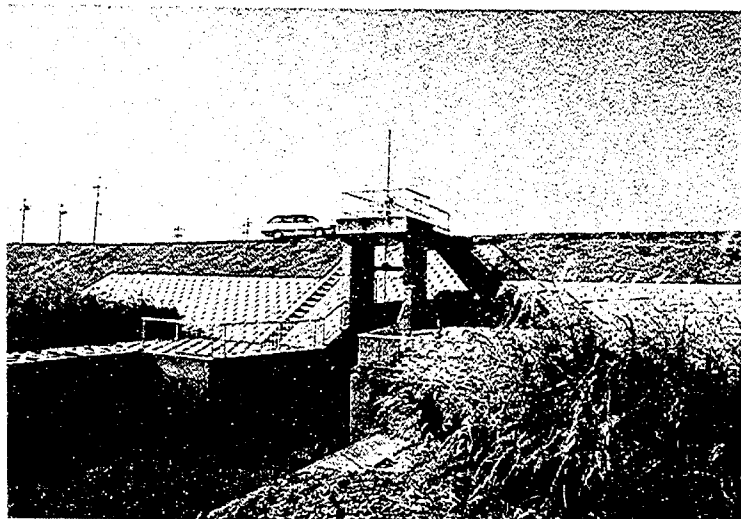
門柱クラック



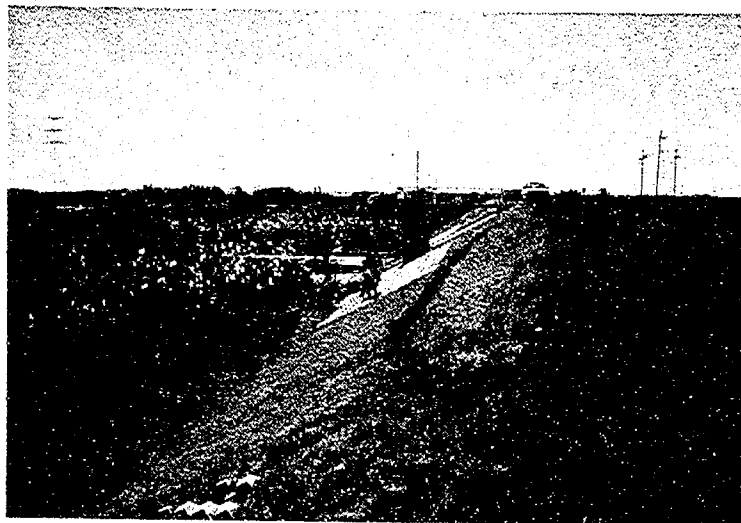
堤体クラック全景



堤体クラック



全 景



堤体クラック



門柱クラック

写真－3.8 成田橋樋門及び上流堤防（河川施設No.7）

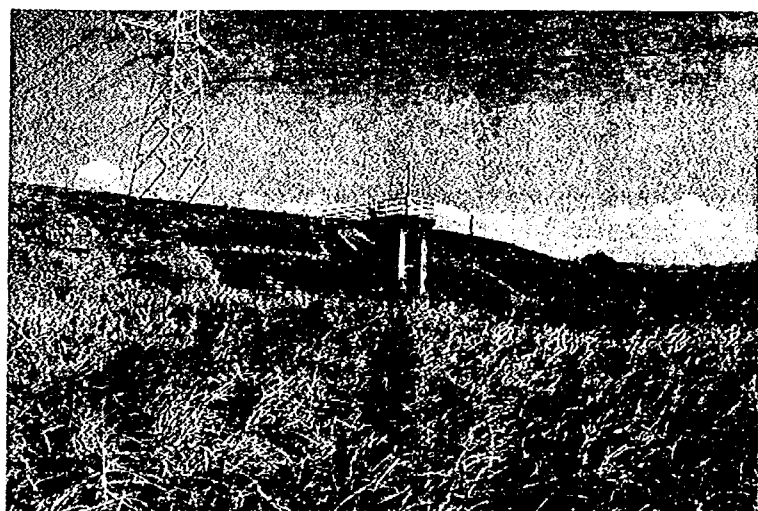


堤体クラック



噴 砂

写真－3.9 下川中子樋管上流堤防（河川施設No.8）

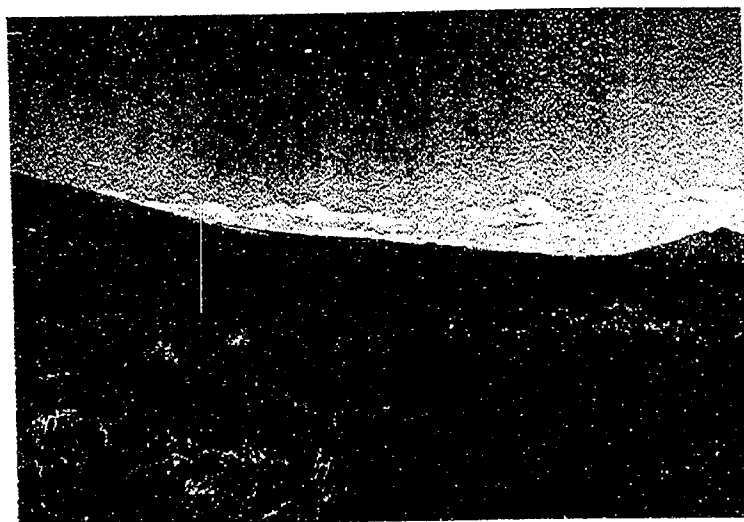


全 景



門柱クラック

写真－3.10 下川中子樋管（河川施設No.8）



堤体クラック

写真-3.11 下川中子樋管下流堤防（河川施設No.8）

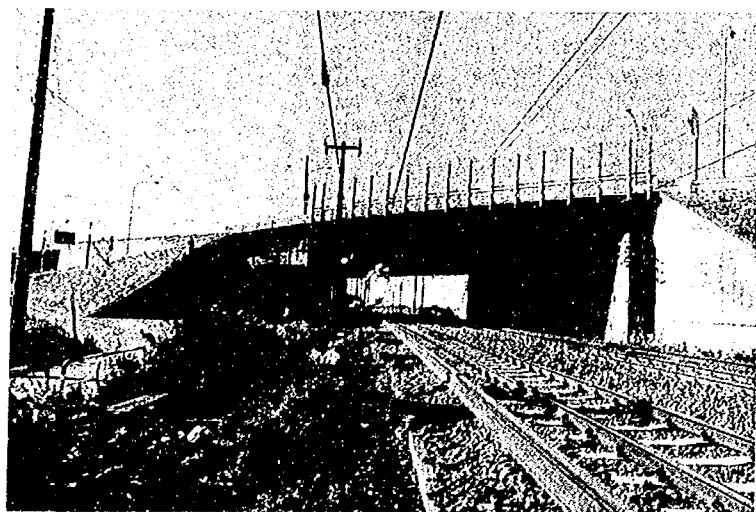


全 景



アバットクラック

写真－ 3. 12 構下橋（道路施設No. 1）

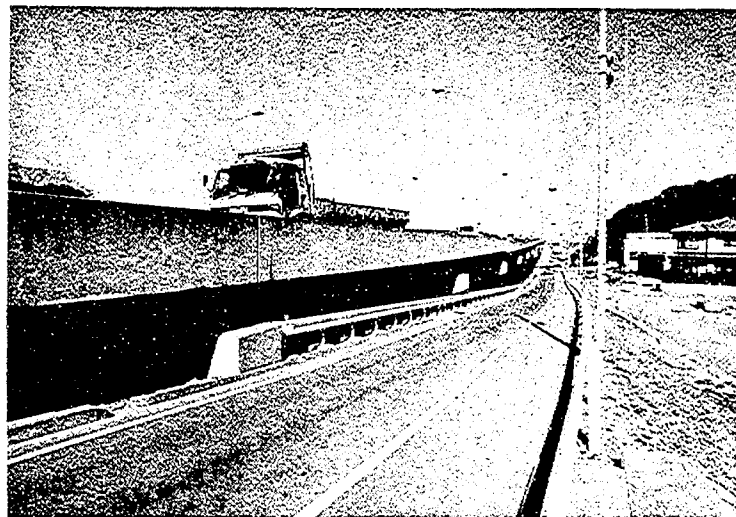


全 景

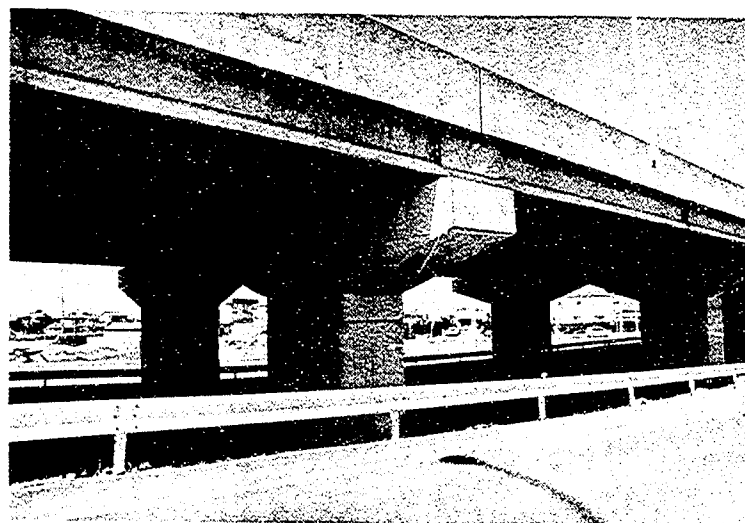


カルバートクラック

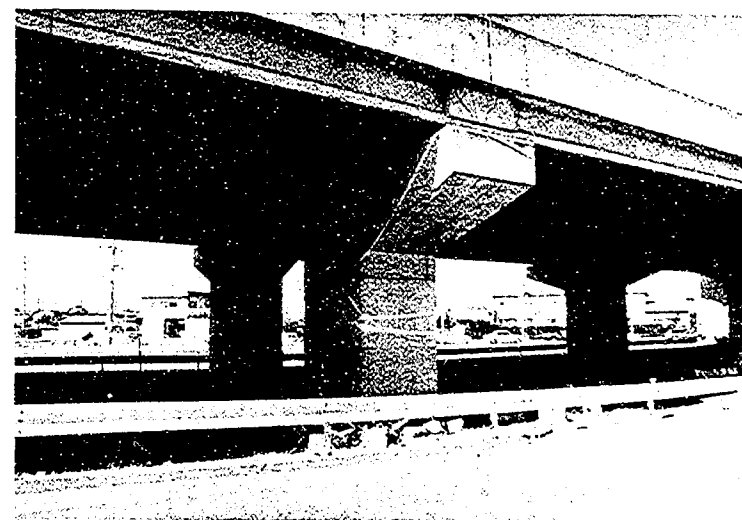
写真－ 3. 13 長浦袴線橋（道路施設No. 2）



全 景

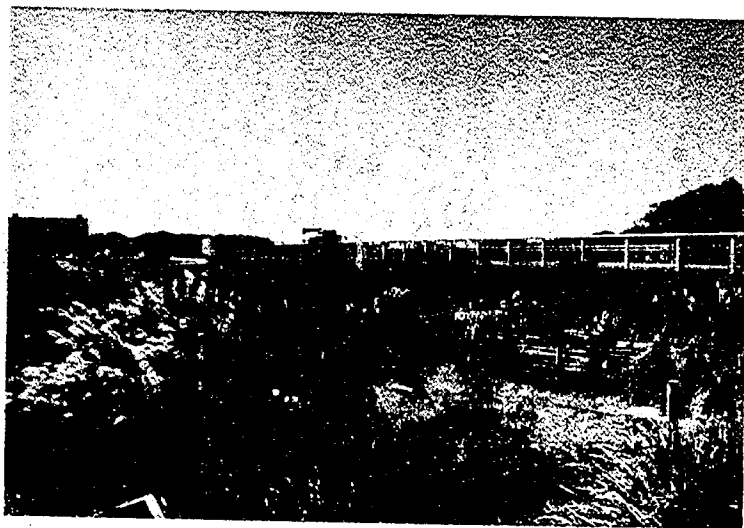


橋脚 P 6 主桁及び橋脚クラック



橋脚 P 5 主桁及び橋脚クラック

写真 - 3.14 奈良輪高架線 (道路施設 No. 3)



全 景



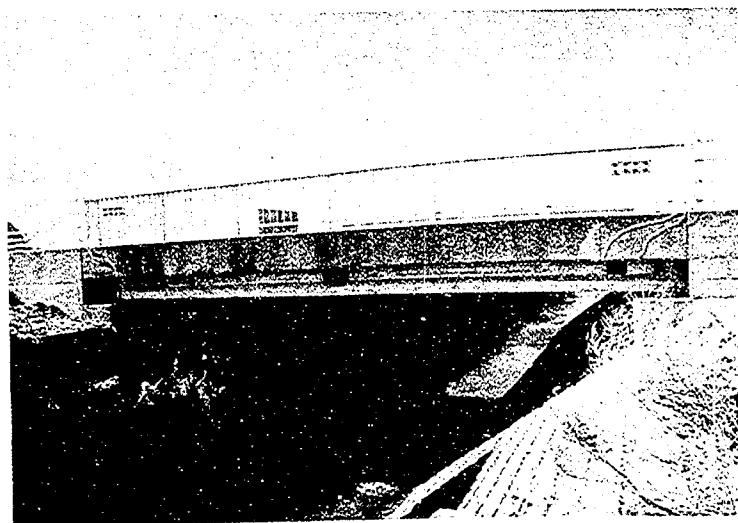
盛土クラック



主 桁 座 屈



主 桁 座 屈



全 景



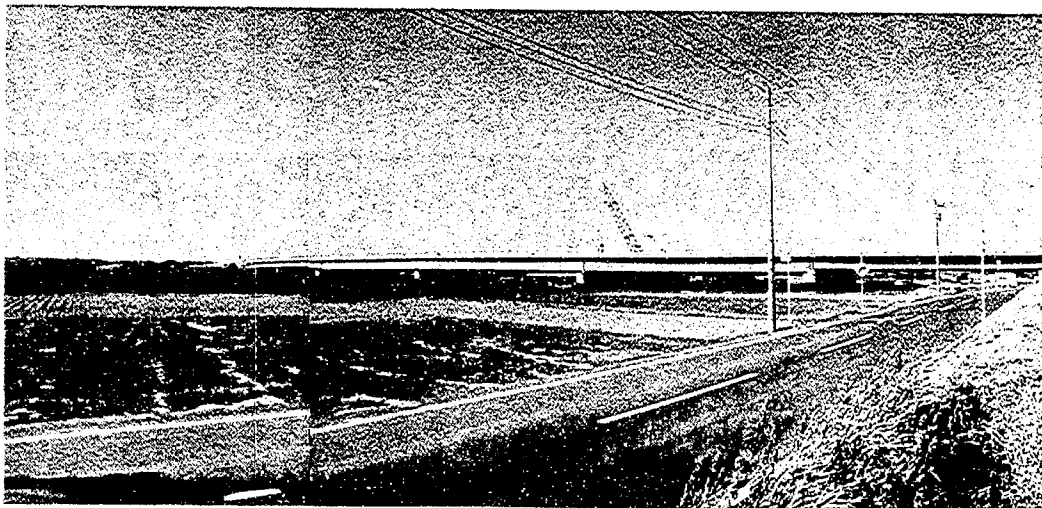
盛土クラック



主桁及びアバットクラック



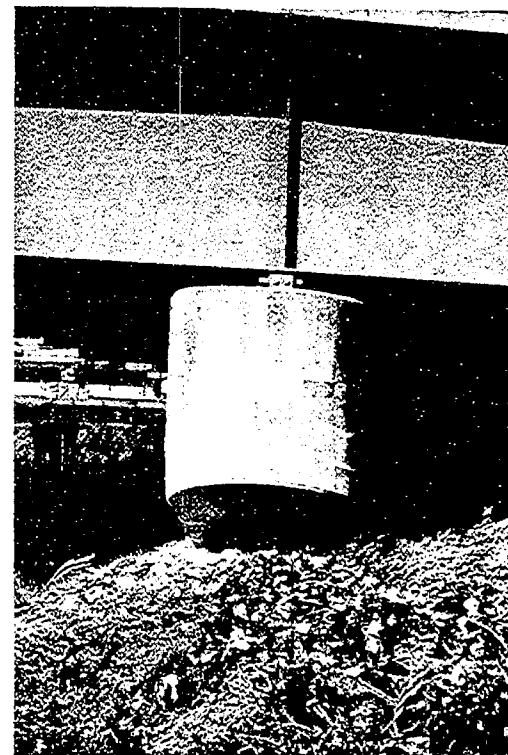
主桁クラック



全 景

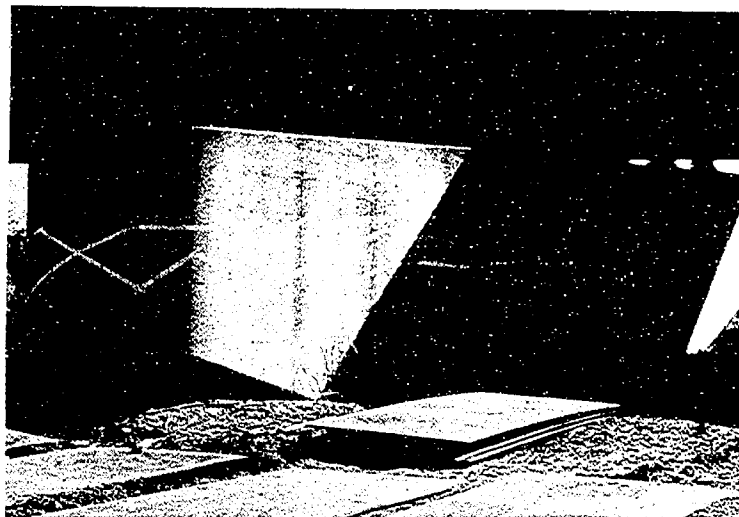


橋脚P 2クラック



橋脚P 2クラック

写真-3.17(a) 木更津大橋その1 (道路施設No.6)



橋脚P 5クラック



路面クラック

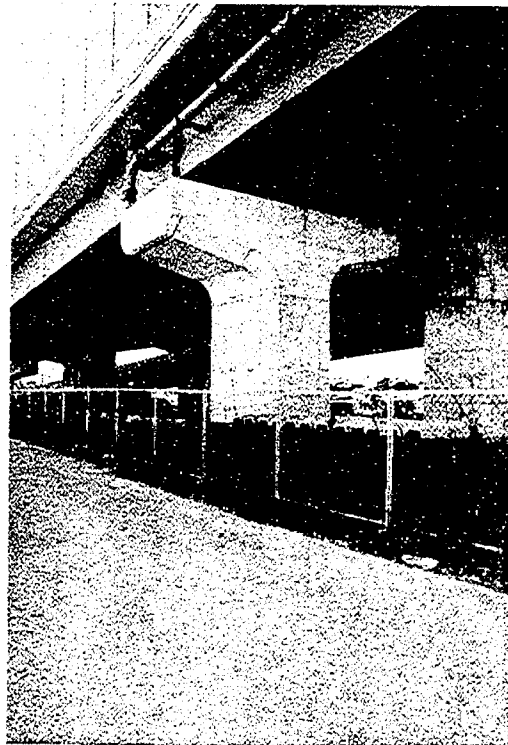


盛土クラック

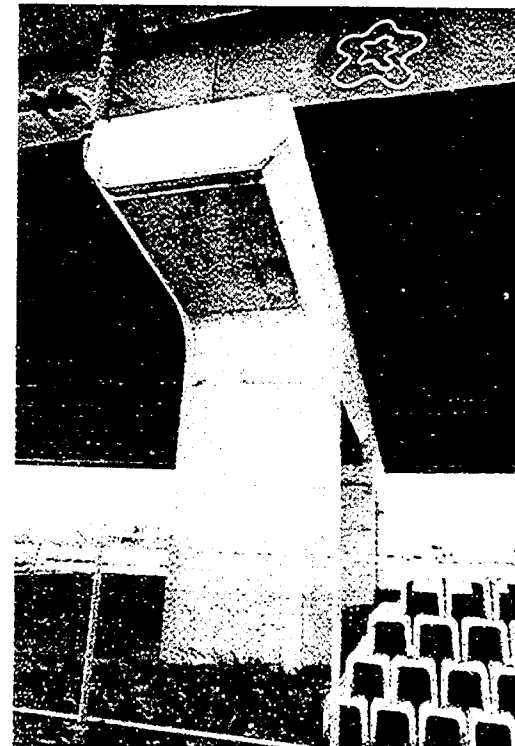
写真- 3. 17(b) 木更津大橋その2 (道路施設No. 6)



全 景



橋脚 P 13 クラック



主桁座屈及び橋脚 P 11 クラック

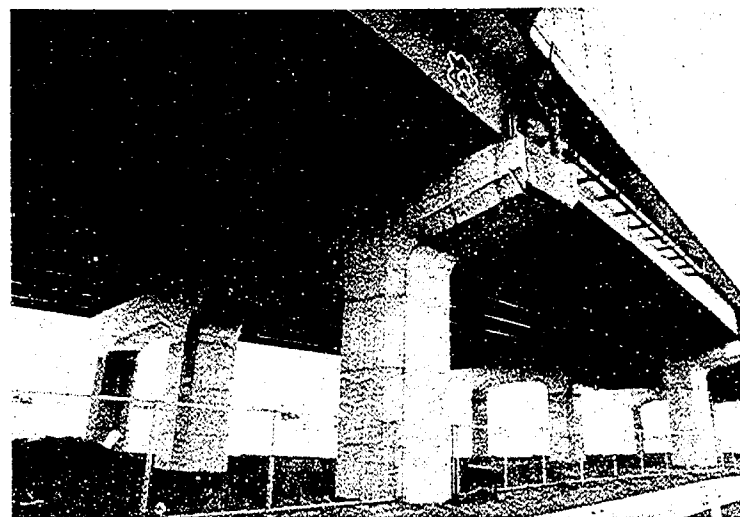
写真- 3. 18(a) 長須賀高架橋その 1 (道路施設 No. 7)



主桁座屈及び橋脚 P 10 クラック

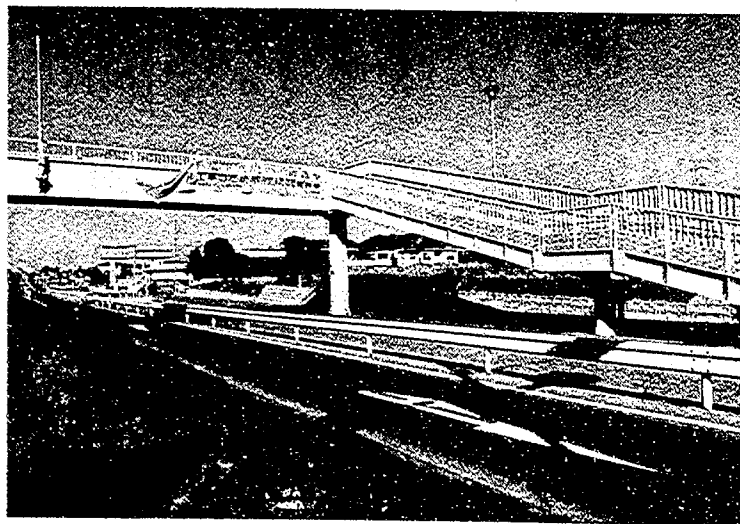


主桁座屈及び橋脚 P 6 クラック

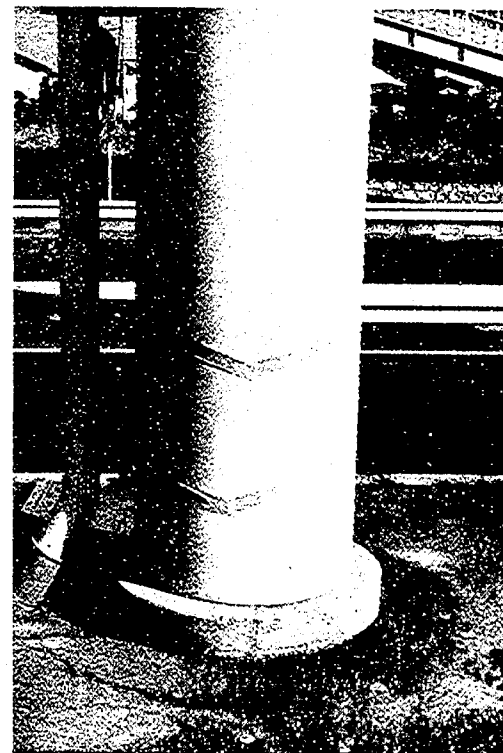


主桁座屈及び橋脚 P 8 クラック

写真-3.18(b) 長須賀高架橋その2 (道路施設No.7)

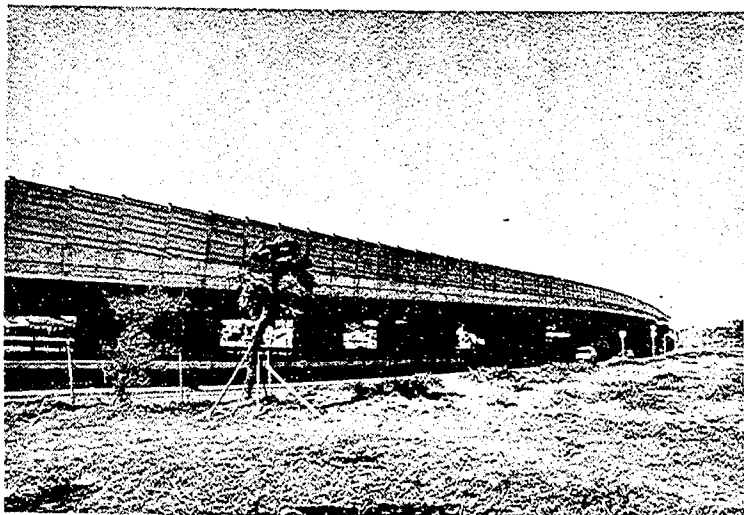


全 景



橋 脚 座 屈

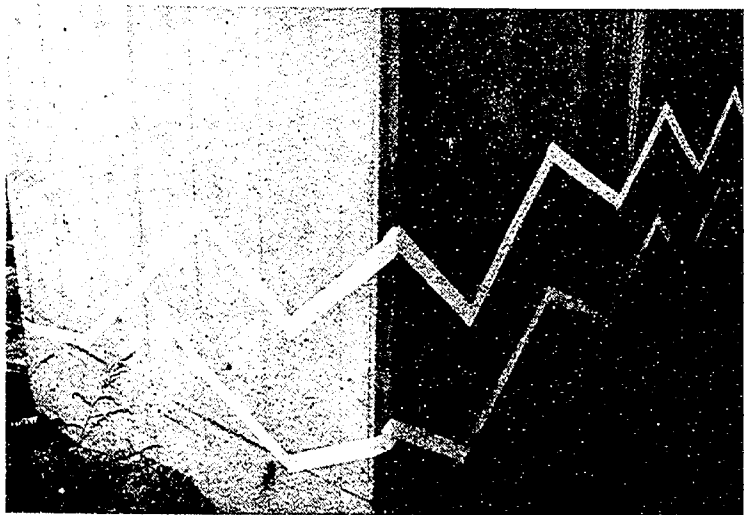
写真 - 3. 19 太田歩道橋 (道路施設No. 8)



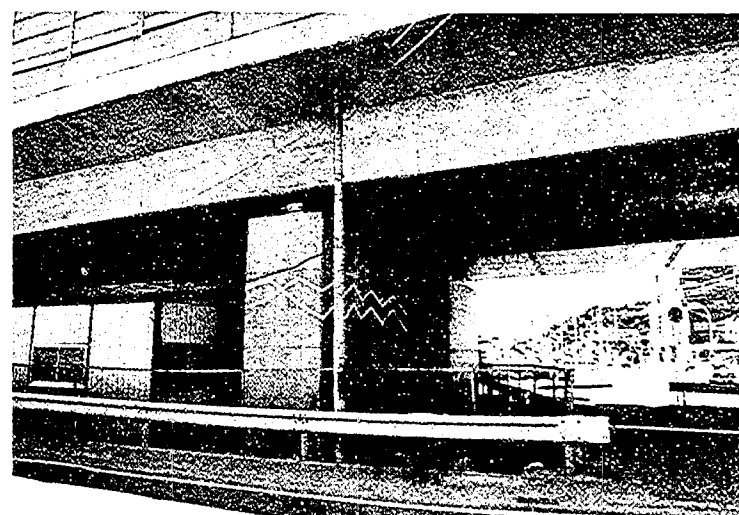
全 景



主桁クラック

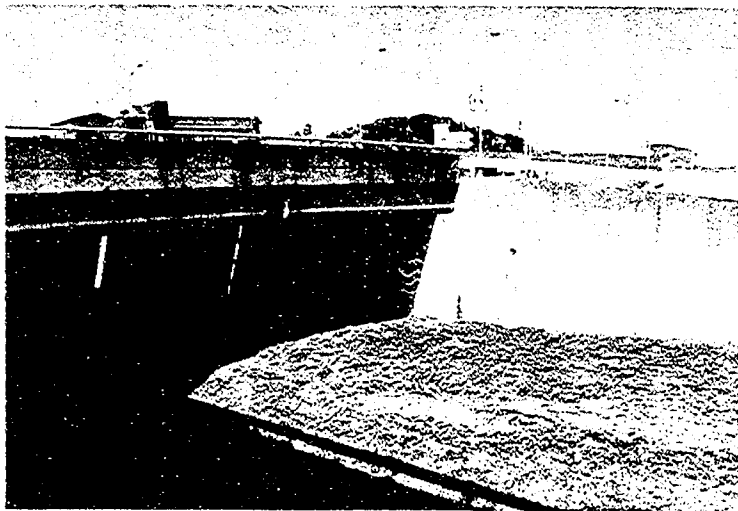


橋脚P 6クラック



橋脚P 5クラック

写真－ 3. 20 太田山高架橋（道路施設No. 9）



全 景



アバットクラック

写真- 3.21 矢那川橋（道路施設No.10）

4. ヘリコプターからの飛行調査

4-1 昼間飛行による調査

昼間飛行については、目視、写真、ホームビデオカメラ、防振装置（W E S C A M）付きテレビカメラを被害発見のためのセンサーとして使用した。それぞれのセンサーによる調査結果をまとめると以下のようになる。

a) 目視

落橋や堤防の崩壊などの大被害（マクロ情報）については、目視でも十分把握できると考えられるが、橋脚や水門のクラック（幅2～5 cm）程度の中～小被害は、ヘリコプターの飛行に伴う移動や振動のために、はっきりと発見するのは困難である。

b) 写真

写真-4.1～写真-4.4は、300mmの望遠レンズで模擬被害を写したものである。このように、300mの高度からでも300mm程度の望遠レンズを装着すれば、模擬クラック程度の中～小被害も把握できる場合がある。ただし、ヘリコプターの振動により、手振れが生じた状態で撮影されたものが多く、シャッタースピード、フィルム（ASA感度）などに注意した上で撮影する必要がある。今回の実験では、フィルムに高感度（ASA1600）のものを扱い、シャッタースピードも1/1000程度で撮影した。

c) ホームビデオカメラ

8倍のズームで堤体の模擬クラック程度の被害を捉えることができた。ただし、写真と同様にヘリコプターの振動による手振れが生じており、録画されたビデオを見る際に非常に見づらくなる。なお、振動防止装置が普及していない頃は、報道機関の撮影ではカメラマンが手持ちで撮影しており、十分な熟練により手振れの少ない映像を撮影することは可能かもしれない。

d) 防振装置付きテレビカメラ（W E S C A M）

防振機能のあるテレビカメラ（W E S C A M）でズームアップすれば、中～小程度の被害もほぼ把握することができる。写真-4.5～写真-4.14は、模擬被害を地上で撮影したものと上空から撮影したものを対比して示したものである。このように、高倍率のズーム（275mm×＝550mm）を使用すれば、橋脚、水門等の模擬クラックまではっきりと捉えることができる。防振装置の効果は大きく、映像のぶれはほとんど生じない。

4-2 都市内の調査

写真-4.15及び写真-4.16は、道路及び河川を撮影したものであり、都市内の河川及び道路の調査状況を示したものである。

道路の場合には、立体交差、防音壁が多く、また、沿道には、中高層の建築物が多い。特に大きい道路ほど沿道に高層の建築物がある場合が多く、橋脚等の陰になる構造物の被災調査を行う場合には、撮影方法が大幅に制限される場合が多い。ヘリコプターが道路の真上を飛行して垂直に近い、あるいは道路の縦断方向に対して斜めに撮影することによ

て被害を推定することが必要とされる。いずれにせよ、路面を撮すことによって被害が把握できるような大被害については問題なく被害の把握ができる。

一方、都市内の河川については、今回の実験では比較的川幅の広い荒川を対象として飛行を行った。このため、兩岸を同時に撮影するとズームは広角になり、その解像度が小さくなる。このため、片岸ずつ撮影する等の配慮が必要となる。なお、荒川の場合は、沿岸に高層建築物等の遮へい物は少なかった。

4-3 夜間飛行による調査

ヘリから下を肉眼で見た場合には、街灯や自動車のライトは確認できるが、各種の施設はもちろんのこと道路や河川の位置についても確認することはできない。また、テレビカメラで撮影した場合には、街灯や自動車のライトだけは確認できるが、光量が不足し各種構造物を撮影することはできない。

赤外線カメラを用いると、丁度白黒画面を見ているように眼下の状況を把握することができる。このため、大きな構造物の大被害（落橋、橋脚の大被害、堤体の崩壊等）は、夜間でもほぼ確実に確認することができると考えられる。

路上を走行中の車両については、テレビカメラでもライトの動きで発見することができるが、道路自体は見えないため（特に、商店街の照明、街灯等のない地方部や山間部）、どの道路にどのように車両が走行しているのかわからない。ところが、赤外線カメラを用いれば、停車中の車両も確認ができるため、放置車両の検出等には有効であると思われる。写真-4.17及び写真-4.18は、赤外線カメラにより撮影した水門と橋梁の撮影状況を示したものである。なお、現状の建設省ヘリコプターに搭載されている赤外線カメラは、簡単な防振装置のみで、テレビカメラと同一のW E S C A Mは装備されていないため、4倍にした場合にはぶれが多少生じる。また、倍率は4倍までであり、これが大きくできるならば、橋脚、水門等のクラック程度の被害についても把握できるのではないかと思われる。ただし、現状でも、マクロ情報の収集という観点からは十分に実用できるといえる。

赤外線カメラは、目標物の温度差を利用してその状態を捉えるものであり、今回の飛行では、日没直後の比較的好条件での撮影であった。このため、時間による違い、季節による違いについても検討しておく必要がある。

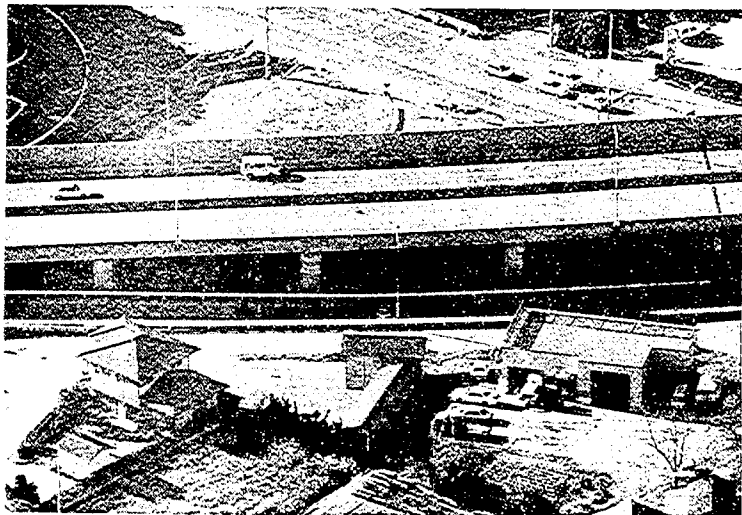


写真- 4.1 橋脚のクラック 300 mmの望遠レンズで撮影

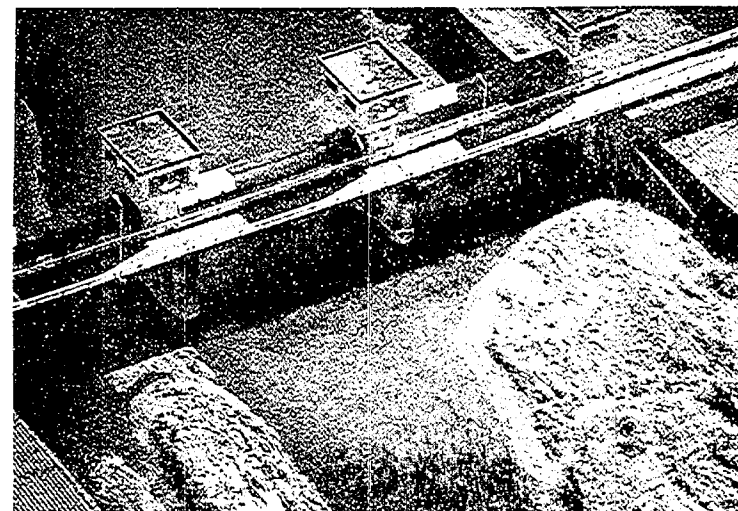


写真- 4.2 水門のクラック 300 mmの望遠レンズで撮影

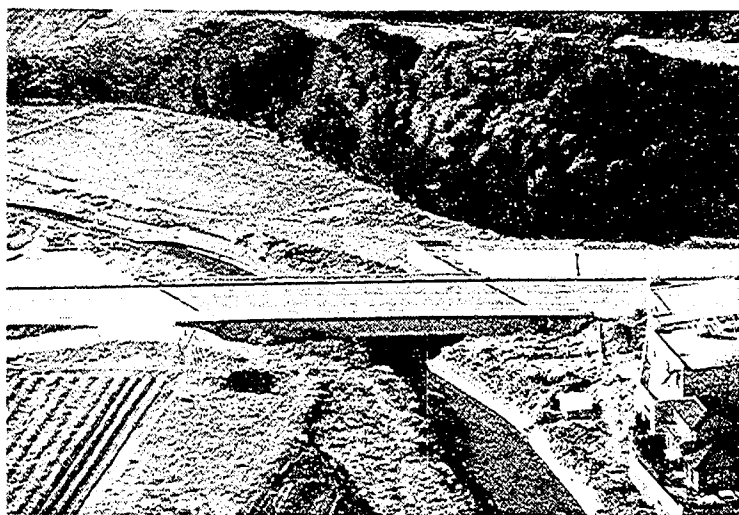


写真- 4.3 取付盛土のクラック 300 mmの望遠レンズで撮影

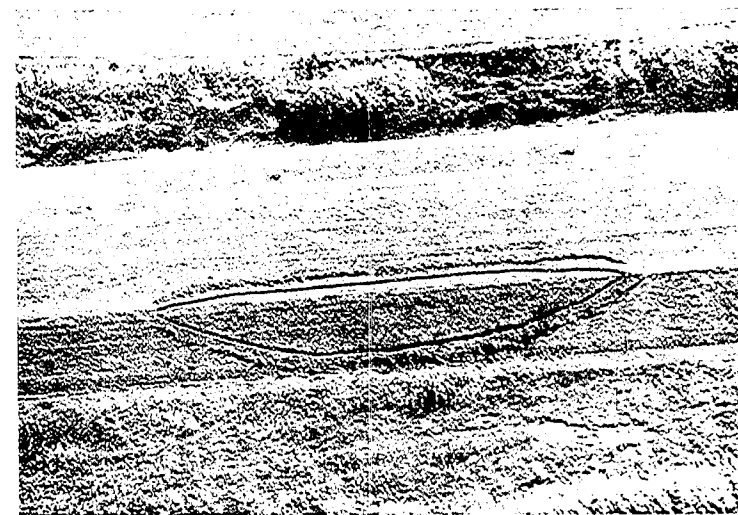
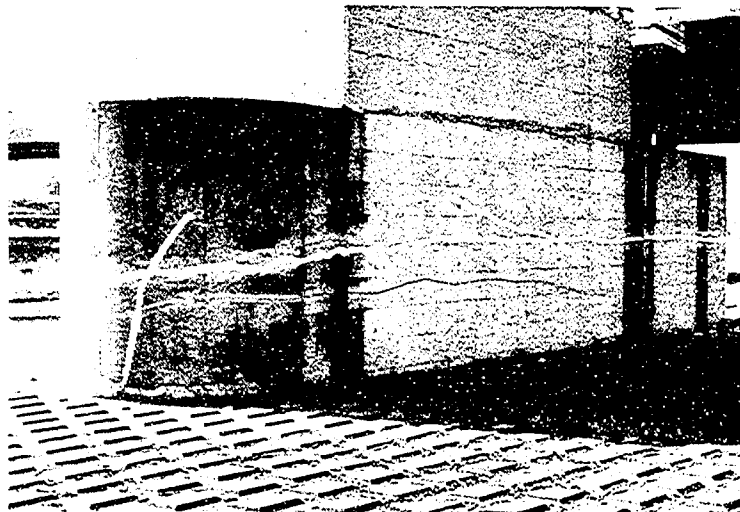
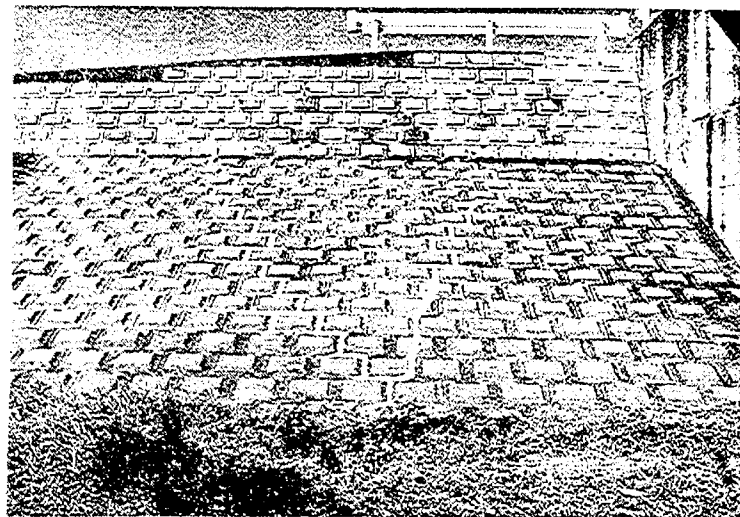


写真- 4.4 堤体のクラック 300 mmの望遠レンズで撮影



写真－4.5 水門のクラック



写真－4.6 護岸のクラック

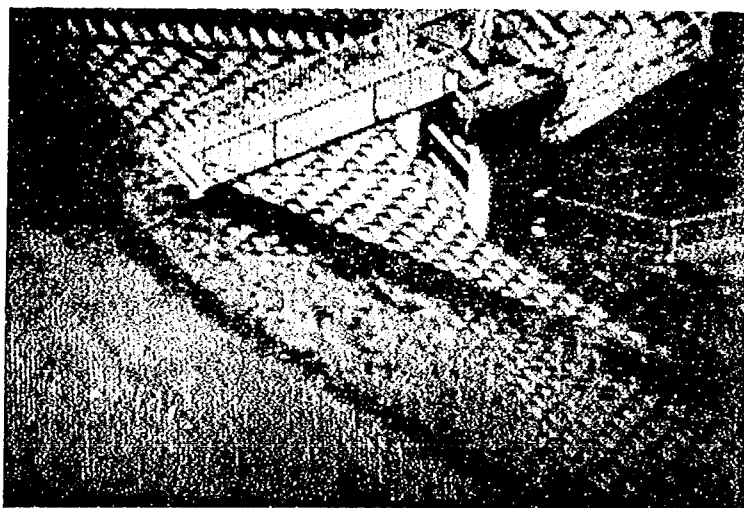


写真-4.7 門柱のクラック

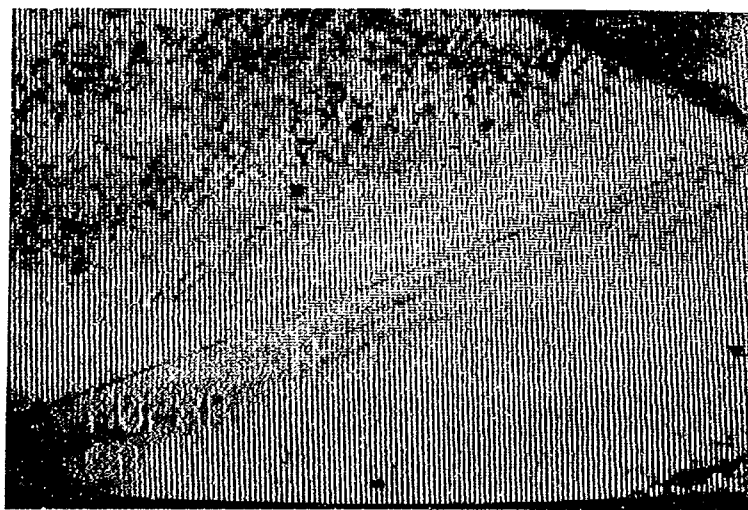


写真-4.8 堤体のクラック

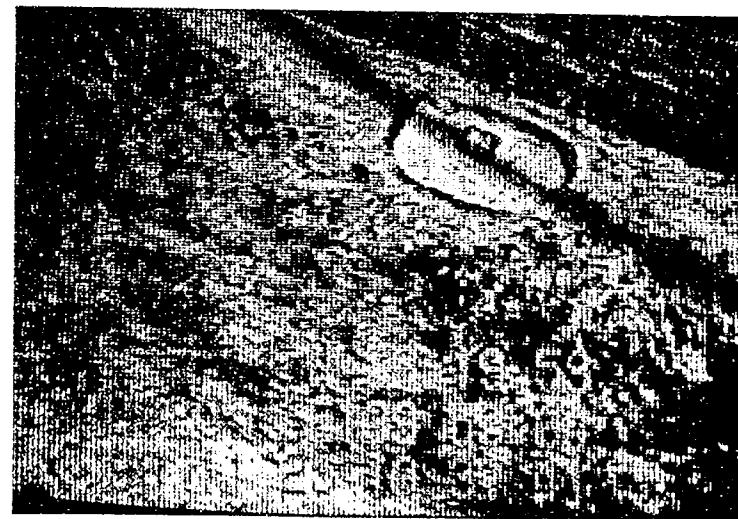
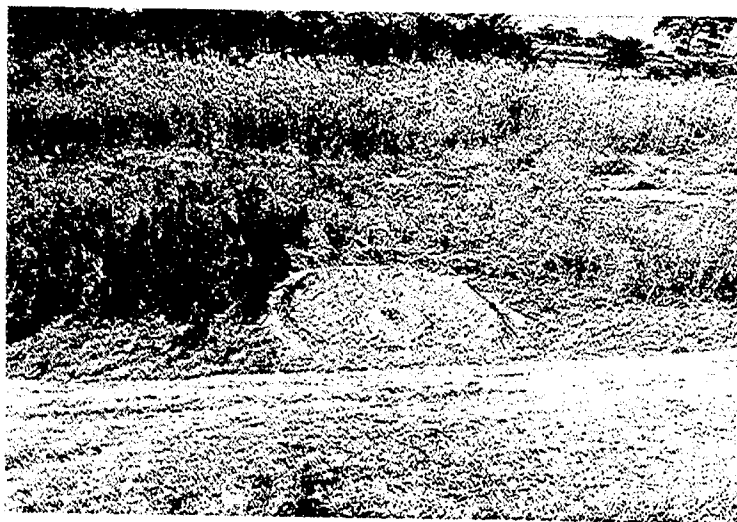


写真-4.9 噴 砂

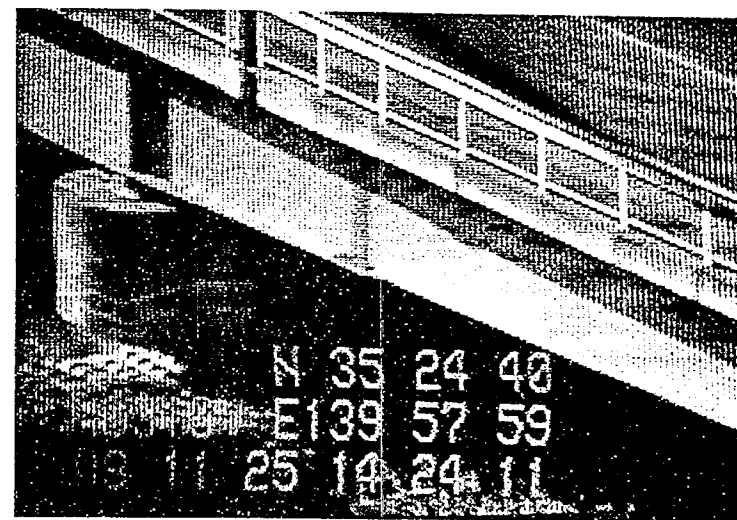
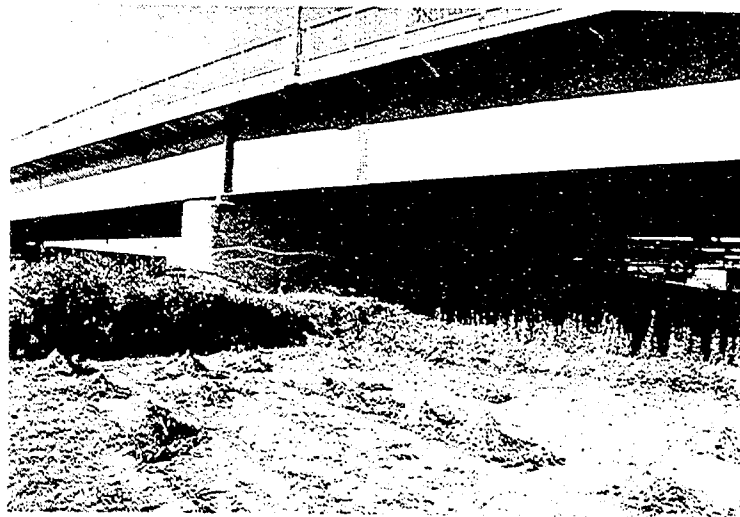
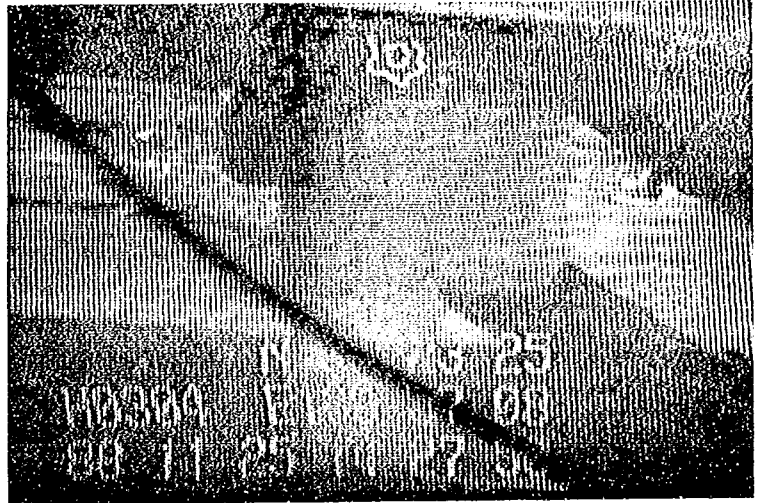
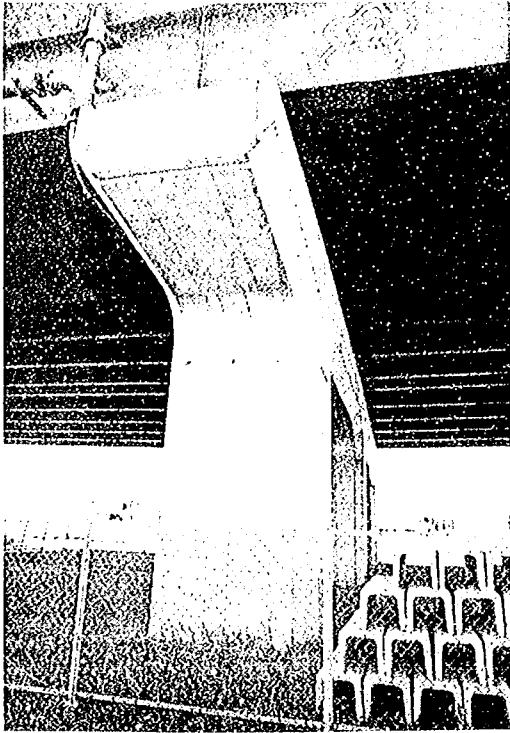
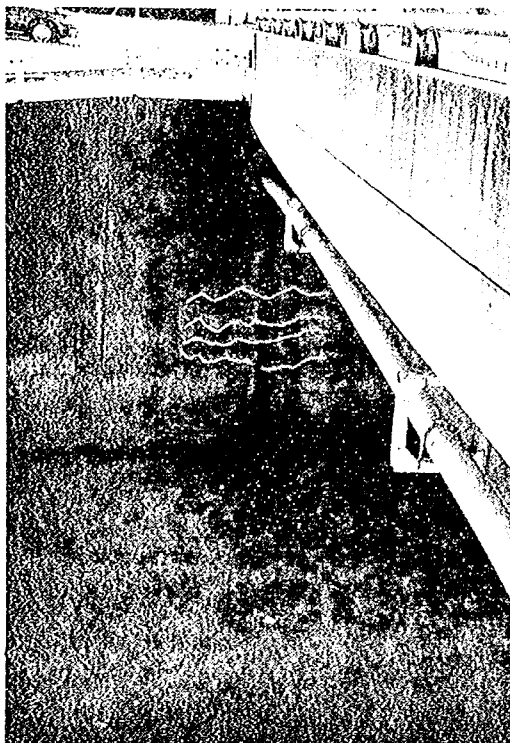


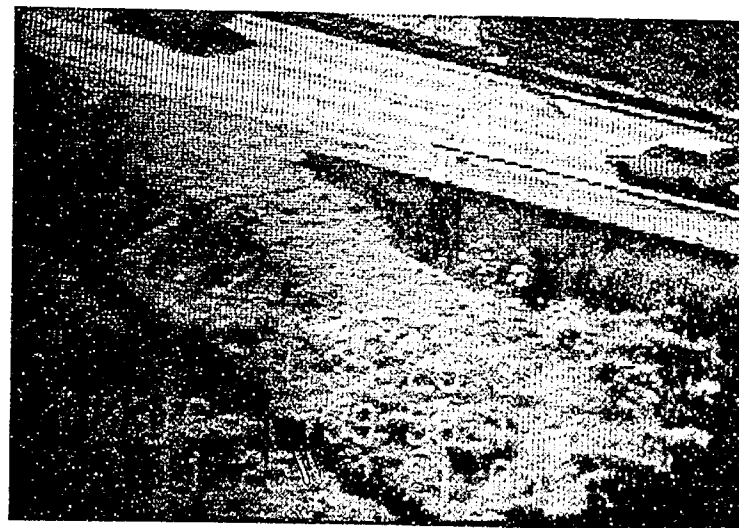
写真-4.10 橋脚のクラック



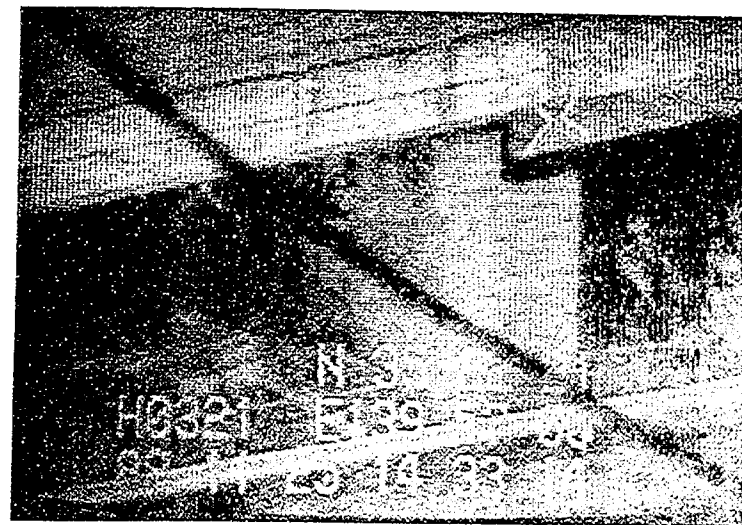
写真－4.11 橋脚のクラック，主桁の座屈



写真－4.12 橋台のクラック



写真－ 4.13 取付盛土のクラック



写真－ 4.14 橋脚・主桁のクラック

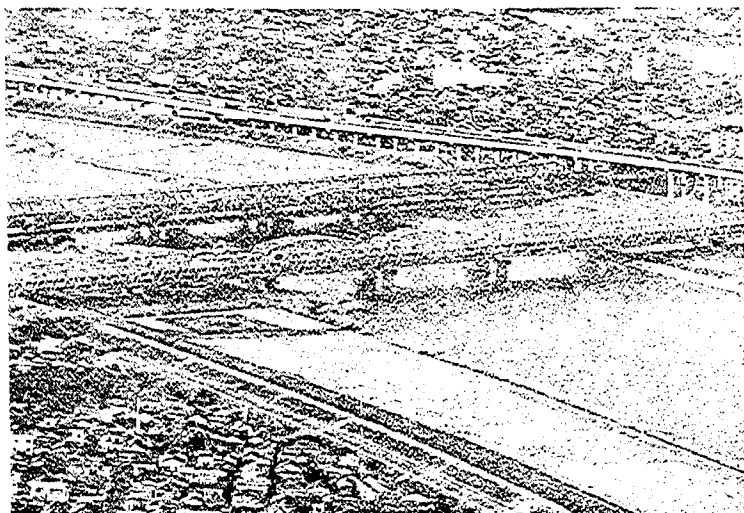


写真 - 4.15 都市内の河川

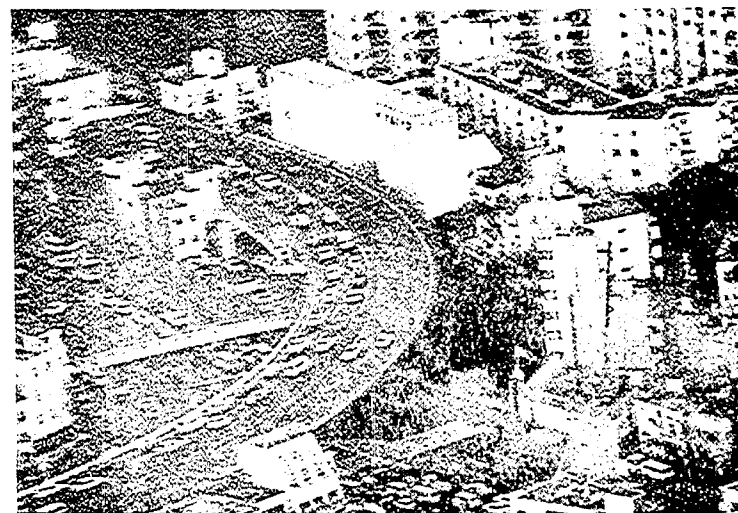


写真 - 4.16 都市内の道路

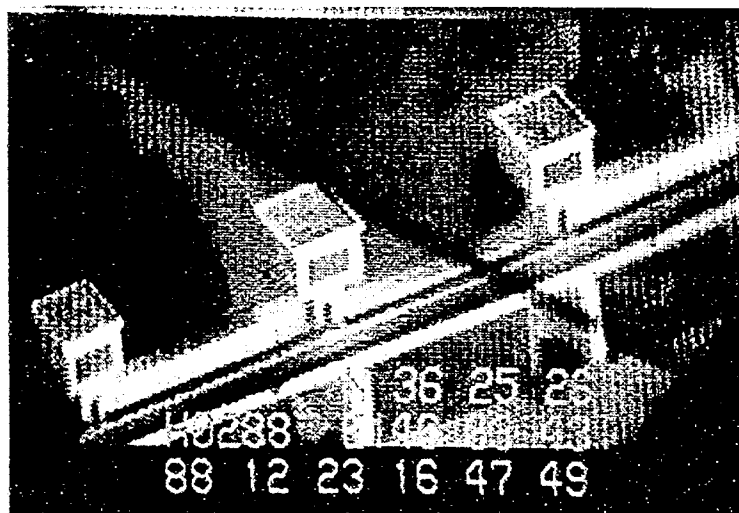


写真 - 4.17 水門の赤外線映像

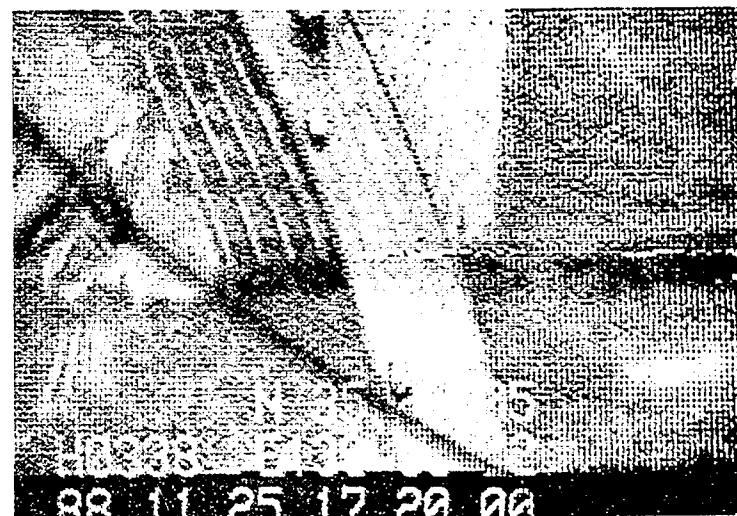


写真 - 4.18 橋脚の赤外線映像

5. 記録映像による被害調査

模擬地震調査飛行で撮影したビデオ映像を用いて、ヘリコプターから伝送されたり、撮影されたビデオ映像を見ることによって被害調査を行う場合を想定した調査を行い、ビデオ映像による被害の発見、被害状況の把握の実用性を検討した。

記録映像は、前述の一般国道16号、小貝川流域であり、この映像を現場の担当者及び別の現場の担当者にみてもらい図-5.1に示すように確認した被害をメモした結果をもとに、被害位置、被害状況について調査した。ビデオ映像の再生順序は以下の通りである。

- i) 一定高度(300m)・高速(130km/h)飛行
- ii) 一定高度(300m)・低速(60km/h)飛行
- iii) 一定高度(300m)・低速(60km/h)飛行(ポーズ、巻戻し可)
- iv) 重点構造物の精査飛行

また、模擬被害の設置状況は以下の通りである。

- a) 河川施設(8施設に複数個設置)
 - i) 水門のクラック . . . 6箇所
 - ii) 堤体のクラック 5箇所
 - iii) 護岸のクラック 2箇所
 - iv) 噴砂 3箇所
- b) 道路施設(10施設に複数個設置)
 - i) 橋脚・橋台のクラック . . . 20箇所
 - ii) 主桁の座屈・クラック . . . 13箇所
 - iii) 取付盛土のクラック . . . 3箇所
 - iv) 横断歩道橋 . . . 2箇所

調査した結果は、被害位置及び被害箇所の2項目の把握状況に着目して以下のように分類した。

a) 被害位置

A: 被害のあった施設の位置を特定できる場合

- (例) ・○○構造物(施設名)
- ・○○構造物の上流約△△m
- ・ビデオ画面上の緯度経度

B: 被害は発見できたが位置が特定できない場合

- (例) ・施設名を誤って記入した場合
- ・施設名がわからない場合

C: 被害が発見できない場合

b) 模擬被害以外の施設を被害と判定した件数

c) 被害箇所(被害施設を発見できた場合: 1)のA及びB)

A: 被害のあった箇所を確定できる場合

- (例) ・ ○○橋のP4橋脚の基部
- ・ ○○橋上流の堤防の天端
- ・ ○○水門の柱の基部

B：被害のあった箇所を概ね把握できる場合

- (例) ・ ○○橋の中央部の橋脚
- ・ ○○橋上流の堤防
- ・ ○○水門の柱

C：被害のあった箇所がわからない場合

- (例) ・ 施設名を誤って記入した場合
- ・ 施設名がわからない場合

なお、上記a)及びc)については、言葉による表現のみではなく、ポンチ絵等で書かれた場合も同様に判断した。

以上のように調査結果を評価し、飛行法の違いに着目して整理すると以下のようになる。なお、整理に際しては、被害の箇所を次のように大きく分類した。

a) 同一の施設で複数個の模擬被害を作成した場合には、被害形態の種類で分類。

(例) ・ ○○橋に橋脚クラック及び主桁座屈、取付盛土クラックがあった場合は、それぞれを1つの箇所とした。

・ 同様に○○水門にクラックと堤防クラックのある場合は、それぞれを1つの箇所とした。

b) a)のように被害形態によって箇所を定義し、その箇所が複数個ある場合は、全てが正解の場合に被害箇所を把握しているもの(A)とし、一部が正解の場合に概ね把握しているもの(B)とした。

(例) ・ ○○橋の橋脚クラックが5箇所あった場合に、1箇所でも正解の場合B、5箇所が正解の場合Aと判定する。

c) 以上のように被害箇所を定義すると、箇所数は表-5.1のようになる。記

録映像による被害調査結果をまとめると表-5.2及び図-5.2に示すようになり、この結果をまとめると以下のようになる。また、調査担当者からの意見をまとめると表-5.3のようになる。

- i) 飛行方法に着目すれば、高速→低速→低速(ポーズ等)→精査の順で被害の発見率が高くなる。この中には続けて見ることによる慣れや学習効果も含まれるが、画像自体はこの順で見やすくなる。
- ii) 面内に道路(河川)が全て写る程度では、落橋、大崩壊等の”大被害”の発見はできるが、橋脚の損傷、堤防のり面の亀裂等の”中被害”もしくはそれ以下の被害の発見はできない。したがって、最初にざっと飛ぶ段階とその後に照査する段階では、撮影する範囲(ズーム倍率)を変えなければならない。
- iii) 130km/hの速度で飛行した場合には、速すぎて画面がちらつく感じがあり、やや見にくいと思われる瞬間がある。当然、ズームアップした場合に著しい。60km/h程度であると、ゆっくりした感じで画面を見ることができる。ただし、今回の調査では、飛行

速度が速いか、遅いかというよりもズーム倍率の違いの方が顕著に表れている。130km/hで飛行して撮影した画面をスロー再生すると画質があるため、現状の機器を用いる限りはやや問題がある。

iv) 模擬被害の”被害らしさ”が今一つなため、被害の発見率は必ずしも十分高いとは言えないかもしれないが、実際の地震被害が生じた場合には今回よりも、さらに被害の発見は容易であろう。

v) ホバリングし、構造物をいろいろな角度からズームして撮影すると、被害状況はよくわかる。ただし、以下の点に注意が必要である。

イ) ズームアップしないと(焦点距離550mm程度)、橋脚、ひ門の損傷等はわからない。

ロ) 太陽光線の陰部分と被害との関係がわかりにくい部分がある。

ハ) ビデオの解像度が低い —— 高解像度テレビが必要である。

ニ) 静止したり、スローにすると画面があれたり、あるいは、あたかも凹凸があるかのように画面が変形し、被害の発見がしにくい場合がある。将来のビデオ能力の向上が期待される。

ホ) 桁、橋脚、路面の被害を同一の人間がチェックするのは間違えやすい。また、被害を見逃しやすい。分担を決めてチェックするのがよい。

ヘ) 撮影する際、頻繁にズームを変化させると調査しにくい。

ト) 構造物名が頭に入っていると、どの構造物かを知るために注意力を取られなくて済むため、被害の発見に集中しやすい。構造物の名称、位置だけを別の担当者が分担することも一つの方法であろう。

チ) ビデオ画像中に表示されているヘリの高度、緯度経度等の数字がじゃまに思える場合がある。これらの大きさ、位置等の表現方法について検討が必要である。

リ) 道路施設と河川施設を比較した場合、道路施設は建築物等の遮へい物が多く、撮影方法に配慮が必要である。

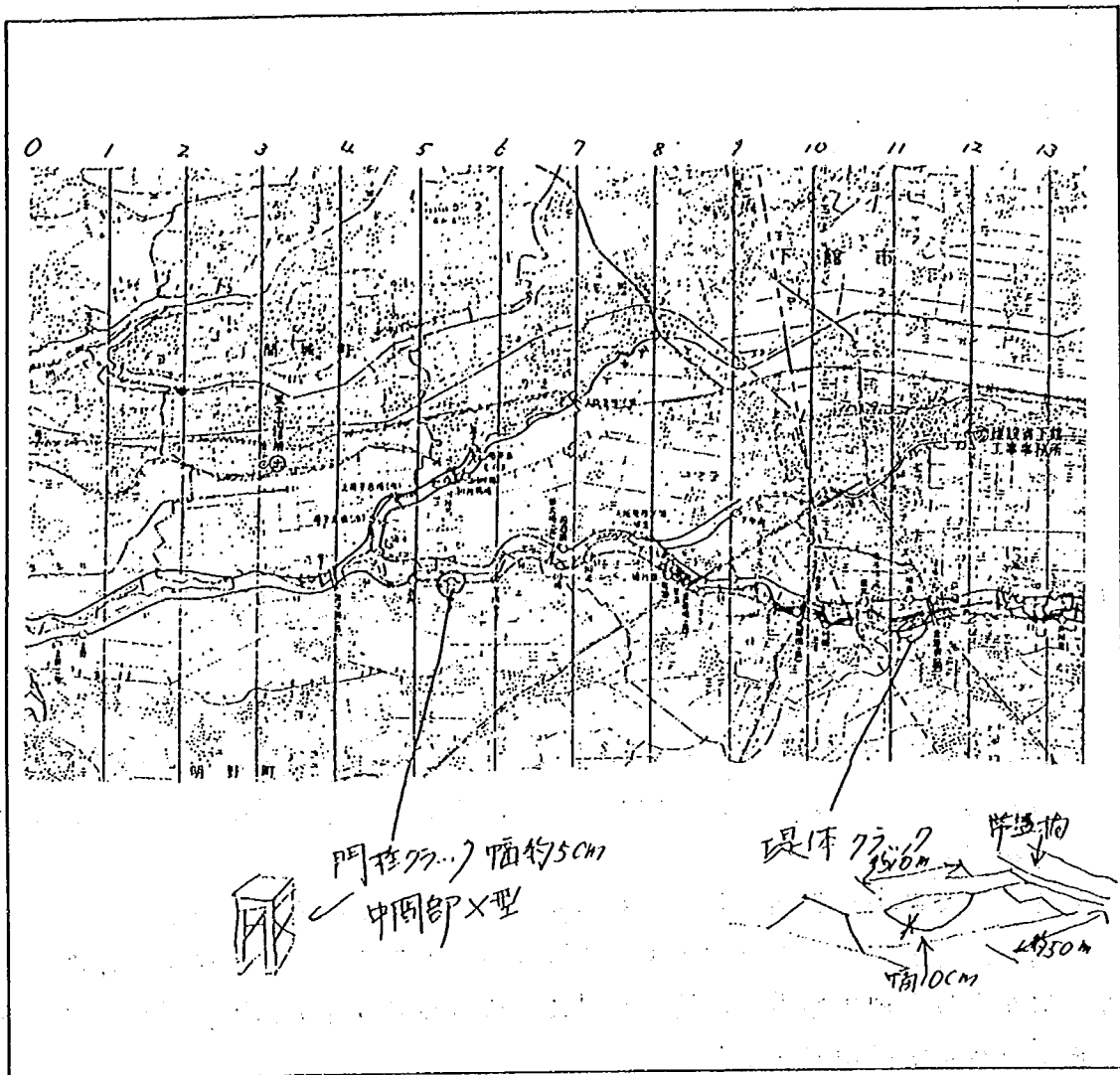


図-5.1 ビデオ映像による被害調査結果の記入例

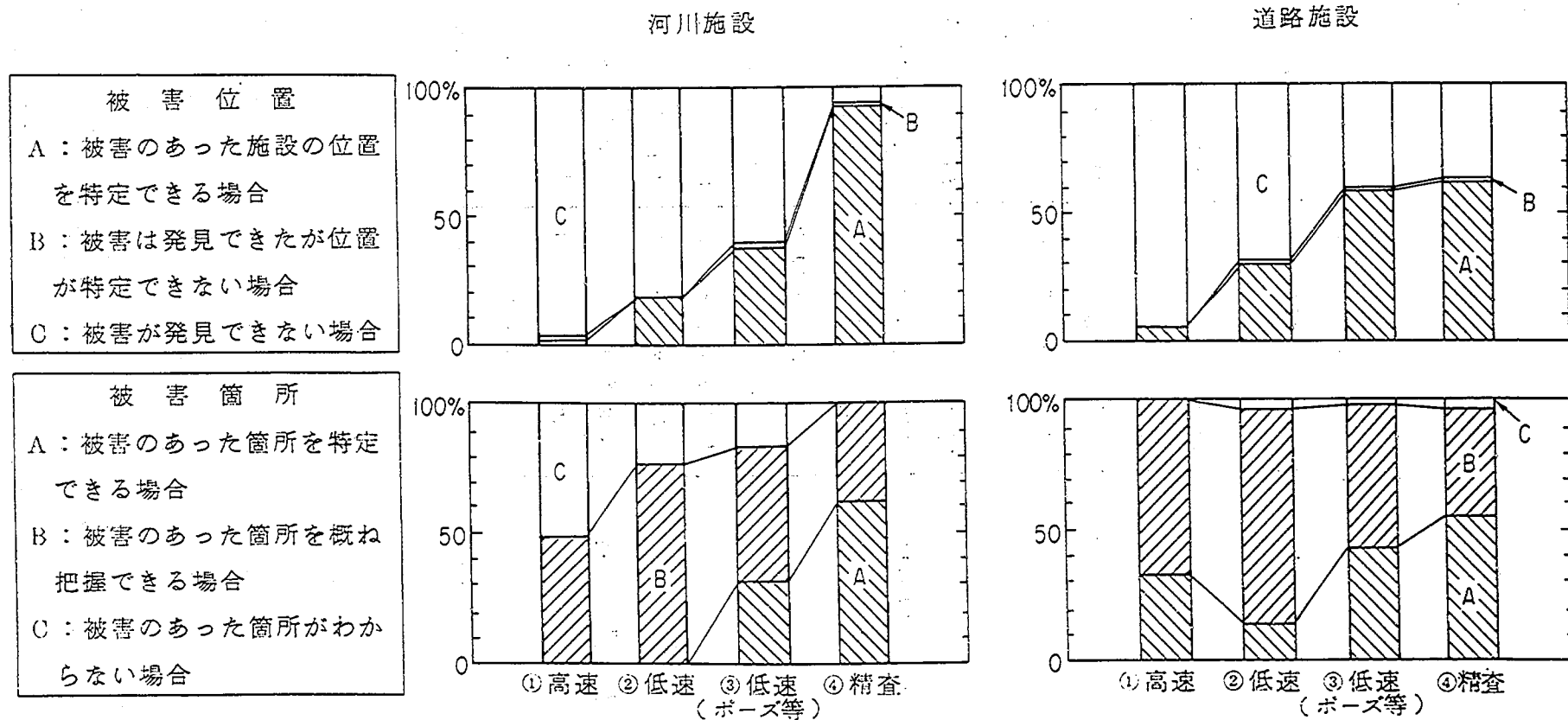


図-5.2 ビデオ映像による模擬被害調査結果

表-5.1 各飛行方法でビデオ映像から判読できる被害箇所数

飛行方法	河川施設	道路施設
① 一定高度 高 速	堤体クラック 4 護岸クラック 2 噴 砂 1 計 7 箇所	橋脚クラック 3 主桁座屈 1 盛土クラック 1 計 5 箇所
② 一定高度 低 速	堤体クラック 2 護岸クラック 1 噴 砂 1 計 4 箇所	橋脚クラック 5 主桁座屈 1 盛土クラック 3 計 9 箇所
③ 精 査	水門クラック 6 堤体クラック 4 護岸クラック 2 噴 砂 3 計 15 箇所	橋脚クラック 7 主桁クラック 3 主桁座屈 2 盛土クラック 3 計 15 箇所

表-5.2 ビデオ映像による模擬地震被害調査結果

調査区間		河川施設：下館工事事務所				道路施設：千葉国道工事事務所			
再生方法		一定高度 ① 高 速	一定高度 ② 低 速	一定高度 ③ 低 速 (※-ｽｰ-巻戻し)	④ 精 査	一定高度 ① 高 速	一定高度 ② 低 速	一定高度 ③ 低 速 (※-ｽｰ-巻戻し)	④ 精 査
被害位置	A	2/84 (2%)	9/48 (19%)	18/48 (38%)	167/180(93%)	3/50 (6%)	27/90 (30%)	48/81 (59%)	85/135 (63%)
	B	2/84 (2%)	0/48 (0%)	1/48 (2%)	1/180(1%)	0/50 (0%)	2/90 (2%)	1/81 (1%)	1/135 (1%)
	C	80/84 (96%)	39/48 (81%)	29/48 (60%)	12/180(6%)	47/50 (94%)	61/90 (68%)	32/81 (40%)	49/135 (36%)
被害箇所	A	0/ 4 (0%)	0/ 9 (0%)	6/19 (32%)	108/168(64%)	1/ 3 (33%)	4/29 (14%)	21/49 (43%)	36/86 (42%)
	B	2/ 4 (50%)	7/ 9 (78%)	10/19 (10%)	160/168(36%)	2/ 3 (67%)	24/29 (83%)	27/49 (55%)	47/86 (55%)
	C	2/ 4 (50%)	2/ 9 (22%)	3/19 (15%)	0/168(0%)	0/ 3 (0%)	1/29 (3%)	1/49 (2%)	3/86 (3%)
誤認件数		0 件	2 件	3 件	0 件	3 件	5 件	9 件	1 件

表-5.3 今後の参考となる事項

1) 河川系 (関東地方建設局)

a) 飛行位置

- ① 伝送画像あるいは撮影映像を事務所等で見ても被害調査を行なうためには、撮影しているものがわかるように搭乗者がビデオに音声で入力するか、ポイントとなる構造物を撮影する必要がある。
- ② 調査起点からの距離がわかれば飛行コース上の位置が割り出しやすいのではないかと。
- ③ 画面に出力される緯度経度から概ね飛行位置が把握できる (オメガ航法システム: 公称最大誤差1.7km)。
- ④ 「あおぞら号」は計器飛行が可能なヘリコプターであるため、事前に調査重点箇所等を含めたコースを決めて飛行する方法がある。

b) 飛行方法・撮影方法

- ① 河川の場合は、カメラのズーム値を一定にして、右岸、左岸を別々に撮影した方が被害を発見しやすい。
- ② 被害の発生しやすい箇所を十分に撮影できるように各種の施設、構造物ごとに撮影する角度、方向、倍率を決めるマニュアルが必要である。広角で撮影すれば中小被害の発見は難しく、ある構造物のまわりを旋回して調査を行うと時間を要する。
- ③ 各種の施設の被害箇所、被害程度に応じて飛行高度、撮影倍率を決める必要がある。
- ④ 一方向から撮影する場合死角ができるため施設に応じて見るべきポイントを定める必要がある。
- ⑤ 全体概況の把握や大被害の発見にはなるべく広角で撮影するのがよいが、各構造物の被害を細かくみるのはある程度ズームアップ等を行なう必要があり、調査を別にした方がよい。
- ⑥ 飛行速度は調査結果にあまり影響しないと考えられる。速い速度でなるべく早くたくさんの地点を調査するのがよい。
- ⑦ 飛行の準備や調査地点までの到達時間を考えれば、飛行速度の違いが調査できる範囲に与える影響は小さく、ある程度低速の方がより被害を発見しやすい。
- ⑧ 撮影する場合は同一の方向から撮影した方が飛行方向が分かりやすい。
- ⑨ 全体の状況を撮影する場合と個々の構造物を細かく調査する場合では要する時間が異なる。地震の大小や被害の発生程度に応じた飛行方法、撮影方法を知る必要がある。

c) 調査項目

- ① ヘリコプターから調査すべきポイントを明確にする必要がある。河川施設については、堤防及びその付帯施設が主な対象となる。
- ② 重点的に調査する場合でも旋回して撮影する必要はなく、ある1方向から撮影すれば被害状況を把握できる。

d) 調査体制

- ① 基本的には調査区間の地理に詳しい担当者が搭乗する必要がある。地上の地理に詳しい人が伝送映像を見ていれば、無線で連絡することにより調査を行なうことは可能かも知れない。
- ② 地上における点検も同時に行なわれるため、ヘリコプターで大被害の発見や災害概況の把握を行って地上に連絡するという相互の連携プレーが有効である。
- ③ 映像の情報等によっては1人で被害調査を行なうのは難しい。今回の映像のように河川とその両岸が映っている場合は、全体を見る人、右岸を見る人、左岸を見る人などの分担が必要である。
- ④ 見る人によっては被害の判断が異なってくるため、実際の被害状況を撮影したようなモデルとなる映像を見て訓練する必要がある。

c) その他

- ① 被災前の映像を映しておけば被害のチェックや被害の報告に利用できる。
- ② 再生映像を見るときモニターの大きさがどう影響するか検討する必要がある。
- ③ 通常のビデオデッキでポーズやスロー再生を行うと画質が悪くなる。業務用のビデオデッキ等の機器の検討を行う必要がある。スロー再生が可能であれば高速飛行を行って短時間に多くの情報を収集することができる。
- ④ インフラビジョンを使った夜間調査には有効に利用できる。

2) 河川系(下館工事事務所)

a) 飛行位置

- ① 調査の範囲がある程度広くなり、いくつかの出張所の管轄にまたがる場合には、現場担当者でも担当管内以外の施設名称までは分からない。このため、全管内の地理に精通する訓練が必要である。
- ② 旋回を行なうと位置が分からなくなるため画面中に河川の上下流方向を常にいれておいたり方角を入れる等の配慮が必要である。

b) 飛行方法・撮影方法

- ① 今回の映像は河川及びその両岸が映っており構造物等の見るべき情報が多い。このため、河川の場合は右岸及び左岸を別に撮影した方が被害の発見は容易である。
- ② 河川の場合堤防間隔が狭い範囲とかなり広い範囲があるため、飛行高度を一定にした場合は必要な情報を得やすい撮影範囲と倍率を選択する必要がある。
- ③ 施設を細かく見る場合にズームアップをしすぎると画面がぶれて見づらくなる場合がある。

c) 調査項目

- ① コンクリートの亀裂等の小さいものは実際にはほとんど分からない。どの程度まで調査できるかを明らかにする必要がある。
- ② 地上のパトロール員に連絡するために被害情報のみならず災害現場に早く行き着くための交通混雑や道路被害などの道路情報も調査する必要がある。
- ③ 地震による被害の場合は、堤防や堰等の調査が中心となる。
- ④ 水害の場合には浸水範囲や河川水位等を地上から調査するのは容易ではないため、上空から調査が有効である。
- ⑤ 浸水範囲や河川の水位を見る場合は広角で撮影した方がよく、細かく構造物を見る場合は倍率を上げて撮影した方がよい。したがって、調査の目的や対象項目を規定したマニュアルを作った方がよい。

d) 調査体制

- ① 4回の映像を見ているうちに徐々に慣れて施設を目で追えるようになってきており、十分な訓練を行なうことによって有効に使えるようになる。
- ② 今回の調査で1時間ほど映像を見ていたが非常に目が疲れる。慣れと同時に交代で調査する必要がある。
- ③ 地上と無線で交信をしながら被害調査を行なうなどの訓練が必要かもしれない。
- ④ 調査を行なう際には燃料補給等緊急離着陸の場所を用意する必要がある。

e) その他

- ① 被害発生前に撮影したものと被害発生後に撮影したものと比較することにより被害の発見が容易にできるかもしれない。
- ② 夜間調査を行なう場合のインフラビジョンはかなり有効に使える。
- ③ 画面からクラック幅等を測定できるように画面上にスケールがあればよい。

3) 道路系 (関東地方建設局)

a) 飛行位置

- ① デジタル地図等と対応させて位置を確認するのが有効である。
- ② 道路管理者が位置を把握する上でわかりやすいのは「〇〇国道〇〇km地点」という表現である。
- ③ 地上との交信や位置確認で緯度経度はわかりにくいので、例えば画面上に起点から統一番号を付すなどの単純な記号による表示がよいのではないか。
- ④ 現在上空からみた場合に目印となる建築物に印を付けるというような対空標識の整備を行っている。
- ⑤ 道路上に信号発信器を取り付けてそれによって位置が把握できるような方法が考えられる。

b) 飛行方法・撮影方法

- ① のり面のクラックと照明ボール等による影との判別が難しかった。
- ② 高速飛行の映像は速度が早く被害の発見や地図との照合が難しかった。
- ③ 構造物の被害を発見しやすいアングルを調査する必要がある。
- ④ 都市部の場合、道路には遮音壁が設置されている区間が多いため、路面を調査する場合には真上からの撮影が必要となる。
- ⑤ 軟弱地盤が被害を受けたときなどのように、路面全体に広がる変形が生じた際の撮影方法を考える必要がある。
- ⑥ インフラビジョンは非常に有効である。
- ⑦ 都心では、国道と都道を幅員で区別するのは難しい。また、国道がクランク状に曲がったりする。山間部では山側から撮影する場合は起伏によって道路が見えかくれする。このような場所は、カメラのアングル、ズームを一定にした状態での道路の追跡が困難である。

c) 調査項目

- ① 現実の橋脚のクラック等の被害は色による識別は難しいのではないか。
- ② 道路被害として路面の段差が数多く生じると考えられるが段差は比較的に見つけやすいと考えられる。
- ③ 被害発生時のヘリコプターの役割は、高速で飛んでも発見できる程度の大きな被害の調査が中心になると考えられる。

d) 調査体制

- ① 現在ヘリコプターは一機しかいないため、被害調査時は効率的な運用を図る必要がある。
- ② 工事事務所の職員でも管内の構造物全てを把握しているわけではないため、管内のビデオ映像に見慣れるなどの訓練が必要である。
- ③ 実際に地震が発生した場合には、職員がヘリコプターに乗るためにヘリポートまで移動する余裕はないと考えられる。このため契約業者のパイロットやナビゲーターとの交信体制を決めておく必要がある。
- ④ 災害時のヘリ調査に対処する体制を地方建設局で考えておく必要がある。
- ⑤ ヘリが離発着できる臨時ヘリポートとなる場所を把握しておく必要がある。

e) その他

- ① 画面に表示される文字が大きすぎて映像が見にくい。

3) 道路系(千葉国道工事事務所)

a) 飛行位置

- ① 道路の場合は、橋梁等の大きな構造物が見えれば概ね位置を把握できる。
- ② 画面に緯度経度が出力されるが、現場では緯度経度をあまり使はないため慣れが必要である。
- ③ 道路上の距離標等から信号を出力して位置がわかるようにはならないか。
- ④ 重点箇所を決めてヘリコプターで計器飛行を行えば目的地にたどりつくことができる。

b) 飛行方法・撮影方法

- ① 130km/hの飛行速度では細かい被害の発見は難しい。しかし、大地震直後に最も必要となるのは道路の通行が可能なのか否かという点であるため、土砂崩れや路面の陥没等大きな被害の発見には十分使える。
- ② 細かい被害を発見する場合は60km/hの速度でもズームアップする必要があり、細かい被害の状況の把握を目的とした場合は飛行速度よりもカメラの倍率が問題となる。
- ③ 地震直後の初動調査には、交通混雑や被害による交通の寸断に影響されず調査が行うことができ有効である。
- ④ 沿道家屋や火災状況などの全体の状況の調査をまず行なう必要がある。
- ⑤ 路面、橋脚、桁などの構造部分別に撮影すれば細かい被害も発見できる。
- ⑥ 速い速度で飛行する方法は広角で周辺状況を撮影することにより道路状況、火災、沿道状況を把握するのに適する。

c) 調査項目

- ① 災害直後の段階では道路走行上支障のある箇所を至急決める必要があるため、第一段階では路面を中心に撮影するのがよい。
- ② 地震が発生した際には被害を受ける可能性のある地点から優先的に調査するのがよい。

d) 調査体制

- ① 撮影ビデオから被害を判定する場合は複数の担当者によって低速で撮影したものや重点調査で撮影したものをポーズや巻戻しを使って判断するのがよい。
- ② 災害時に調査を行なうためには構造物の状況を把握しておく必要があるため管内のビデオを見て慣れておく必要がある。
- ③ 無線で交信する場合は、ヘリコプターから事務所、事務所から出張所、パトロール員へと情報が流れて行くことになる。
- ④ 最終的には人間が目目で判断する必要がある、ヘリコプターは大被害を迅速に発見する点が活用の主目的となる。
- ⑤ 映像、地理、災害に精通した乗務員を決めて訓練しておく必要がある。
- ⑥ 映像によって被害調査を行なう担当者は、現場を知っているだけでなく、被害の発生しやすい箇所や被害状況の判断に詳しい必要がある。
- ⑦ 常時から雨天の法面崩壊調査等の業務の中にビデオを見たり、ヘリコプターを利用することを取り入れて十分に慣れておけば災害時にも有効に使えるようになる。
- ⑧ 現状では事務所からヘリポートまで離れており、地震発生直後に人が移動するのは難しいと考えられる。このため、航空会社が初動調査を行えるようにしておく必要がある。

e) その他

- ① 直轄道よりも市町村道の方が被害を受ける可能性は高く、多数の被害が生じた場合にはどこかの調査を優先的にすべきかわからなくなる可能性がある。また、道路の場合はネットワークとして重要であるため総合的な判断をするためには地震の規模や被害の程度に応じた調査マニュアルしておく必要がある。
- ② 画面に緯度経度が表示されるが、画面を見やすくするためには端によせたほうがよい。
- ③ 5万分の1の地図は構造物の位置のみを示しており、細かい被害を把握するためには1/500 1/1000の工事図面も同時に利用する方が有効である。
- ④ 長時間画面を見続けるのは非常に疲れるため慣れと同時に順次交代して調査する必要がある

6. ま と め

上空からの迅速な被害調査手法の開発を目的として、建設省ヘリコプター”あおぞら号”を用いた模擬地震被害調査飛行を行った。本調査結果及び今後の検討課題ををまとめると以下ようになる。

- a) 昼間調査については、防振機能のあるテレビカメラ(WESCAM)を用いれば、橋脚、水門等のクラック程度まではっきりと把握することができる。
- b) 道路では、建物の陰となって目標施設が見えなかったりするため、撮影角度、したがって、飛行コースの選定は重要である。また、太陽光線、風向き(ヘリコプターは追風での低速飛行が難しい)等により撮影方向を変えたりする必要がある。このような飛行方法や撮影方法については細かく検討する必要がある。
- c) 飛行位置や構造物の識別は、昼間であれば現状でも現場に精通した担当がいればよくわかる。
- d) 夜間調査については、赤外線カメラを用いれば、大きな構造物の大被害はもちろんのこと、堤体のクラック等その幅がある程度大きければ(幅10cm以上)、十分把握することができる。
- e) 夜間については、周囲の状況が把握できないため、どこを飛行しているか、また、どこを撮影しているかがよくわからない場合が多い。このため、熟練と同時に各種のノウハウを蓄積していく必要がある。
- f) 機内は騒音・振動がひどく非常に疲労が激しい。普段からヘリコプターに乗り慣れる等の熟練が必要であると同時に乗員の交代などの支援体制を確立する必要がある。
- g) パイロットやテレビカメラのオペレーター指示を出しながら、飛行位置及び構造物を識別し、地図と照らし合わせ、同時にモニターテレビを見て、ノートに記録することはとても1人ではできない。したがって、少なくとも以下の3人がチームを組み、十分なチームプレイで調査にあたる必要がある。

イ) 位置・施設に精通している担当者

ロ) ビデオで被害をチェックする担当者(被害に精通した担当者)

ハ) 地図を見ながら、メモに記入する担当者

謝

辞

本調査の実施に際しては、模擬地震被害の作成並びに撮影した記録映像からの被災度判読精度の把握に対して関東地方建設局の全面的な協力を得た。特に下記の方々には、本調査に際して、便宜を払って頂いた。

建設省関東地方建設局企画部	環境審査官	長井典雄
〃	企 画 課 課 長	細見 寛
	企 画 係 長	鳥居謙一
下館工事事務所	副 所 長	神田 弘
〃	管 理 課 課 長	本田修巳
	維 持 係 長	岡田和郎
	真岡出張所 所 長	石原久雄
千葉国道工事事務所	副 所 長	芦澤 公
〃	管理第二課 課 長	斎藤忠治
	維 持 係 長	丸山 要
	修 繕 係 長	秋元孝夫

また、本調査結果については、国土開発技術センターに設けられた「災害情報システムの開発全体委員会」（梅村 魁委員長）、「復旧計画作成支援システムの開発委員会」（久保慶三郎委員長）、「震災復旧計画作成支援システムの開発分科会」（栗林栄一分科会長）において種々有益なる御指摘を賜った。ここに厚く御礼申し上げる次第である。

ヘリコプターを用いた
上空からの震災状況の把握
(その1) 模擬地震被害を用いた
適用性の検討

ISSN 0386-5878
土木研究所資料2802号
平成元年4月(1989)
耐震研究室 川島一彦
連上茂樹
杉田秀樹
加納尚史
飯田寛之

要 旨

本報告は、地震直後のパトロールを想定したヘリコプターによる上空からの被災調査飛行を行い、被害の発見、被害状況の把握の実用性に関する検討を行うことを目的として、建設省ヘリコプター“あおぞら号”を用いた調査飛行による被害の概況把握の検討を行った結果をとりまとめたものである。調査対象は、道路については千葉県道工事事務所管内の一般国道16号、河川施設については下館工事事務所管内の小貝川流域とした。道路上の橋梁、道路盛土、横断歩道橋、河川の堤防、護岸、ひ門に対して、粘土・ペイント等で模擬的な被害を設けて、実際の被害調査を想定した飛行を行った。

キーワード：ヘリコプター、被災調査、情報伝達

郵便はがき

下は切
さっ手
いてを

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部・耐震研究室
行

No. 047

No. 047

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2802号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印