

# 新潟地震による最上川下流部の被害調査について（中間報告）

建設省酒田工事事務所

高 村 博  
荒 木 良 典

この報告は昭和39年6月16日の新潟地震（ $M=7.7$ ）による建設省酒田工事事務所管内の被害について、その状況と原因等を知るために行つた調査のうち、最も被害の大きかつた河川堤防についての現在までの成果概要である。

## I 調査の概要

調査にあたり、堤防等の破壊の有無はオ一にその基礎地盤の良否に基因するとの考えから基礎地盤の地質構成を明らかにするとともにその土質工学的性質を知ることがを主眼とし、併せて堤防自体に破壊の原因がある場合も考えられるのでその土質についても調査し、更にこれら被害の実態および原因究明の基礎資料を得るために、被害箇所が地形、地質および古地理的に全般の被害箇所の中で如何なる位置を占めるかを調査することとした。

具体的な調査内容としては

### (1) 広域地質および被害状況調査

踏査、聞き込みおよび資料収集による。

### (2) 河川堤防等被害状況調査

踏査、測量および資料収集、整理

### (3) 基礎地盤調査（図-1参照）

#### (イ) ボーリング 36ヶ所 延長約455m

大宮 新渡および大山川地区を主に $\phi 65\text{mm}$ および $\phi 85\text{mm}$ 、深度は基礎下10mを標準とした。

#### (ロ) スエーデン式サウンディング

被災地全域にわたり107ヶ所 延長約800m

#### (ハ) オランダ式貫入試験 16ヶ所 延長約150m

被害大なる地区において行い、スエーデン式と対比した。

(二) 土質試験 17ヶ所 33ヶ

(イ)によつて ( $\phi 85\text{mm}$ ) サンプリングしたものにつき、比重、含水比、粒度、稠度、単重一軸圧縮、三軸圧縮、直接剪断および圧密試験

(ロ) 透水試験および間隙水圧測定

砂越および大宮地区で行つた、なお間隙水圧計はキャサグランデ型を使用

(4) 堤体調査

大宮地区破壊堤防断面2ヶ所について

現場単重60ヶ、および突固め、比重、含水比、粒度、稠度各6ヶ、直接剪断試験3ヶ

以上の調査は被害の大なる箇所について重点的に行うとともにその近接非破壊箇所においても同様調査し比較検討出来るよう配慮し、これ等の現場調査をもとに調査の成果を整理し解析、検討を行うこととした。

## II 調査の成果

(1) 広域地質と一般被害状況

(イ) 庄内地方の地形と地質

この地方の地形および地質を大別すると次の6区分に分類できる(図-2.3参照)

① 鳥海山麓 — 才4紀火山物(鳥海山)安山岩質

② 海岸砂丘 — 中〜粗砂

③ 東側丘陵 — 才3紀層(泥岩、頁岩、凝灰岩)

④ 東南丘陵 — 才4紀火山物(月山)

⑤ 西南丘陵 — 才3紀層

⑥ 平野地区 — 沖積および洪積層

① 扇状地 (最上川をはじめとした各河川により運搬された砂礫および粘土)

② 古い沖積面

③ 古い河床面

④ 新しい河床面

(ロ) 被害の分類と分布

被害状況をその程度により次の4種に大別した。

(イ) 無被害地域

被害は皆無ではないが、極く稀に道路切取法面や法肩等が少々破損されている等の地域

(ロ) 軽被害地域

老朽した家屋が破損し、ほとんどの家屋で壁に小さな亀裂を生じたり若干建具等にも破損が認められ、地面の所々に小さな亀裂の生じた地域

(ハ) 大被害地域

ほとんどの家屋が改修を要する程度の破損を受け全壊、半壊の家屋もあり、地面の各所に亀裂、陥没、隆起及び砂泥の噴出が認められる地域

(ニ) 激甚被害地域

全壊、半壊の家屋が多く、(ハ)にみられる地変等が特に多く認められ、田の稲が倒れたり、陥没、隆起により植えなおした所等が多い地域

以上の分類により調査した結果は図-4で示すとおりである。その分布状況をみるに、この地方の四周を形成する山岳、丘陵及び砂丘部を除いた平野部の全地域は何らかの被害を受けており、特に被害の大きかつた地域として

(イ) 最上川をはじめとしたこの地方の大きな河川沿の地域

(ロ) 最上川河口以南の砂丘及び平野部南端の丘陵にそつた東側の地域と極めて判然と分布していることが特徴的である。

(2) 河川堤防の被害状況

この地震により各河川とも全区域にわたり大小の被害を受けたが、堤防の被害は下流部に大きな被害が集中している。被害箇所および被害額を図-1および表-1に示す。

堤防の破壊状況は箇所によりかなり異つたものであり、その代表的状態を大別すると

① 全体的な堤体の沈下

② 亀裂の優勢な発達による破壊陥没

③ 堤体及基礎地盤（極めて浅い位置）の切りと考えられ、これらが単一ではないが割合はつきりとした状態をしめている。

即ち、最上川に於て最も被害の大きかつた両羽橋上流部の大宮、新渡地区は②の状態であり

表一 新潟地震河川被害額表

種別	数	量	被害額
堤防	4.780 m	174.628 m <sup>3</sup>	254.000円
護岸	8.955 m	19.512 m <sup>2</sup>	138.000
水制	9ヶ所	5.01 m	95.000
床固	2ヶ所	3.4 m	14.000
計			501.000

一部法先崩壊による法面および基盤の隆起が認められるが、その大部分は隆起を伴はず堤体の体積変化を生じているとしか考えられないものが多い。大山川、赤川においては㊦の状態が優勢であり、大山川右岸堤では堤外法先が約8 mも迂り出しており、又赤川黒森地区では堤外側天端を界として堤内側に明瞭な円弧迂りを生じて沈下したと考えられる状態で押え盛土から20～40 m先の田面が全体に隆起しているものもある。

坂田川および最上川河口部に於ては㊦の状態が多く見られ、その他の地区に於ては天端に小見出し亀裂や法面迂り等による20～30 cmの沈下がみられる程度の比較的軽い被害であつた。

堤体に発生した亀裂は一般に堤軸方向（縦断）のもので横断的亀裂の顕著なものは見出せずその大きさは巾0.3～0.5 m程度のものであるが中には1.0 m以上に達するものもありその深さは明確に知ることは出来なかつたが一部を除いては基盤に達するものはなく比較的浅いものと考えられる。これ等の亀裂は天端に5～6条（小なる所は2～3条）を主体に法面および小段とも波及している。

陥没は1.0 m内外のものが多いが、大宮地区では2.0 mに達するものもあり、天端中央部に於て著しいものや、堤内、外肩部の一方が著しいもの等様々であるが多くは亀裂を結んで発生している。被害箇所は延長は50～150 mの比較的短い長さのものが断続発生しているのが目につき、最も長いものは新渡地区の600 mである。（図一5および写真参照）

(3) 堤防基礎地盤および堤体の土質

堤防被災箇所およびその附近の地層の構成は京田川を除き、一般に表土（盛土）シルト質粘土および砂からなっている。その分布状態は箇所ごとにかなり異つてゐるが、各箇所とも基盤となつてゐる砂礫層の上のこれ等の層はきわめて弱いものである。今回行つた各種試験等の結

果から代表的地区について、その概要を記すと、

(イ) 最上川右岸地区（大宮）

表土は盛土材料と同様（同一ではないが盛土材が混り、はつきりした区分がつけにくいものが多い）砂質、礫質土からなつているがN値は3～5で極めてゆるい。

粘土層は両羽橋を頂点として層厚がかなり激しく変化し小さな谷状をなし下の砂層と接している。土質は砂分をほとんど含まないシルト質のもので腐植物を多く含み極めて軟弱な、高圧縮性の土でありN値は0～3、 $q_u$ は0.3～1.0 $\text{kg/cm}^2$ を示し深度と共に大きくなる傾向がみられる。粘着力は試験法により異なるが、0.2～0.4 $\text{kg/cm}^2$ で内部摩擦角は無視してよい程度の値である。鋭敏比は4以上のものが多く中には乱した状態では自重で崩れるものもあり、極めて不安定な粘土といえる。

圧密は一般に進行していると認められ、盛土直下のものが土尻のものより大きく、圧密進行による強度増加も0.1～0.5 $\text{kg/cm}^2$ とわずかなから認められる。

砂および砂礫層は粘土層の下にかなり厚く分布しておると考えられ、N値は30～50とかなりしまつており砂の $\phi = 3.0^\circ$ 以上と思われる。

(ロ) 最上川左岸（新渡）地区

地層は両羽橋の上下流で大きく変つており被災地である上流地区は盛土の下に層厚7～8mのほとんど等厚の粘土層があり、その下に砂、砂礫層がある。

粘土層は右岸地区よりも若干砂分が多い程度のシルト質のもものが多くN値は1～3、 $q_u$ は1.3～1.5 $\text{kg/cm}^2$ 、 $c = 0.2 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ である。その他強度特性、圧密等も大宮地区に類似している。

砂、砂礫層はN値が30～50のもものが多く良く締つている。又橋の下流部では一部を除いては粘性土は2～6mとうすくほとんど砂質土よりなつており、この層は $N = 10 \sim 20$ とあまりよく締つておらず比較的ゆるい層である。これらの地層上の盛土は右岸とはかなり異りシルト分を含む細砂からなり、下流部になるに従い徐々にシルト分が感じ砂分を増している。

一方京田川左岸はほとんど粘土分はなく盛土の下は極めてゆるい細砂～中細砂からなり1.0m以内ではN値も4～7程度で下部に従い2.0内外の甲位の締つた層になりその下は

小礫を点在している。

盛土材料はほとんど砂丘の細中砂からなっている。

#### (7) 大山川地区

他の地区と異り上部は粘質、下部は砂質がやや優勢な砂質土と粘性土との互層からなっており、この互層はかなり深い所まで続いている。粘性土は腐蝕物をかなり含み層厚の大きいものは極めて軟弱でありN値は0~3と低く、 $q_u$ は0.7~1.2噸、 $C=0.3$ 前後で鋭敏比は8以上と大きく、砂質土も極めてゆるい状態のものである。又盛土は河川土をそのまま使用したと思われるもので $N=3\sim5$ と非常に弱く、締固め効果も無い材料と考えられ、1.0~1.5m以深にある砂層は表を点在しているが $N=15\sim20$ とあまり良い状態ではない。

#### (8) 赤川(長瀬)地区

大山川と大差はないが赤川田川滝切り部にあるをみて上部では砂、下部では粘棕土かうまく何枚もはさまれた状態をなしN値は砂質土では1.0~2.0、粘性土は2~1.0で下部のものが多い。Cは0.2~0.3噸、 $q_u=0.7\sim1.2$ 噸、C砂質土では $\mu=3.0\sim3.5$ であった。

以上各地区毎に構成は異なっているが、全般としてシルト質粘土と砂質土からなりいずれも良好な状態とはいえないもので、間瀬はほぼ完全に飽和の状態であった。

又砂質地区の非破砕地区とを対比してみるとあまり差異は認められず、若干含水比が小さく、強度が大きい傾向を示している程度である。この調査に於いてオランダ式貫入試験を一部について行つたがスエーデン式サウンテングと比較して地層の状態をきわめてはつきりと判別し互層状の地層について効果があつた。

又両者の測定結果と粘着力の關係については土質試験の結果と比較してオランダ式のものの方が大きな値をしめし、 $q_c=1/12c$ 程度であるが、深度と共にわずかな増大を示すことは一致している。スエーデン式によるものはやや小さめになつている。

$q_c$ とN値との關係については

$$q_c = 4N \quad \text{という式が提案されているが、この關係はほぼ満足されて}$$

いる。

N値と $q_u$ との関係は粘土において

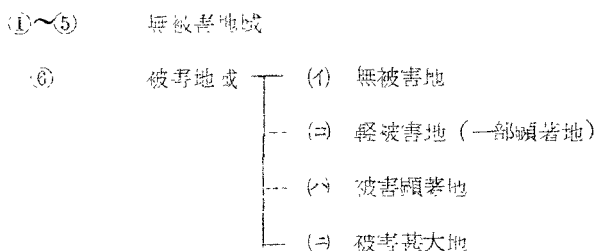
$$q_u \doteq N / 8 \text{ 噸} \quad \text{といわれているが土質試験の結果よりも小さく一致しない。}$$

大宮地区で行つた堤体材料の試験結果はN値で3~7と礫を含む砂層としては極めて低く現場単重においても $1.4 \sim 1.65 \text{ g/cm}^3$  のものが多く、一般に締固め効果の大きいこの種の土としては極めて悪い状態であり、直接剪断による $\phi = 30^\circ$  前後、透水試験の結果は $1.4 \times 10^{-8} \sim 1.2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$  のかなり大きな値であり堤体用土砂としては極値ともいえる。図-6は主要地区のボーリング、サウンテングの測定結果と想定地質断面図である。

### III 考察

#### (1) 広域地形、地質と被害

前記の地形、地質と被害分布状況を対比してみると



と極めて判然とした傾向を示している。このことは、この地方の外部を形成する山地および砂丘は地質構成からも岩又はよくしまつた砂層からなる一般的に堅固な地盤がこの大地震に耐えたものと考えられる。

又⑥に於ても①は砂の層からなる良好な地盤で被害がなく(2)は長年月の間に砂質土がよく締固り、比較的堅い地盤を形成してむつたので軽い被害であつたが、(3)、(4)は構成する土砂がまだ十分に締固まらずゆるい状態にあつたので被害が大きく、この事は(4)の新しい河床面に於て著しいことからもうなずかれる。一方古い沖積面に於て粘土層の厚、薄によつて被害状況が大きく異り砂丘の裏側に於て甚大なる被害を生じたのが特徴的である。

以上のことより今回の地震に於ては

- (1) 地震の激しい振動によるゆるい状態の砂層の流動化
- (2) 全面的に激動を受けた厚い粘土層のみだされた破壊

と考えられこの結果砂質土のところでは地下水位の高いことも加わつて噴砂等の現象を生じ上記の地区が大きな被害をうけたものといえよう。

## (2) 堤防基礎地盤および堤体土質と被害

被害発生地点と、今回の調査で明かにされたそれらの地層構成、地耐力および土質工学的性質の間には現在までの検討では明瞭な関係は見出せなかつた。

しかし、堤防の築堤箇所はほとんど、新しい沖積面に入り、最近まで河床面であつた箇所が多い。特に破壊箇所は現地および保存されている古資料からも明瞭であり、断続的破壊および延長等も符合するものが多い。

基礎地盤は前述のとおりシルト質粘土層をけさみ基礎をなす砂、礫層に接しているがその大部分は $N=1.0$ 以下、 $S_w$ でも $1.0-0.6$ kgの静荷重で貫入する箇所が多く、その値は層厚の増加と共に増大の傾向を示している。粘土層の比較的厚い下の砂は $N=1.0$ 以上で、この値も急速に増加し $3.0$ 以上の値を示すものが多いが、粘土層のうすい下の砂質や粘土層の間にはさまれた管および盛土に直接続いている砂層の上部は一般的にその値も小さい傾向を示している。

堤体材料はそのほとんどが近地の河川土を利用したもので、上流部では比較的良好な砂礫質のものであるが、下流部では比砂質又はシルト質粘土のもので締固効果も悪く良材とはいえないものが多い。又大宮地区にみられるごとく礫土の比較的良好な材料で築堤されてあつても、当時の施工条件から十分たる締固めが行われず極めてゆるい状態であつた箇所もあり、これらの条件が重なり堤防の多くは良好な状態ではなかつたと思われる。

しかし前述した如く非破壊地の土質との間に定量的な差異は現在迄発見されず、極めて消極的な結論しか持つことが出来なかつた。今後、これら調査のデータの更に細分化した検討と、つあわせおよび模型実験も含む調査、研究等により鮮明に努力したい。

## IV 復旧対策

### (1) 応急復旧

被災した堤防のクラックは切込砂利および砂等で填充し、陥没した箇所は切込砂利等で在来高さまで盛土して一応堤防の機能を保たせた。又被害の大なる箇所は図-7に示すとおりシートパイル、切込砂利を用い仮メ切工を施工した。

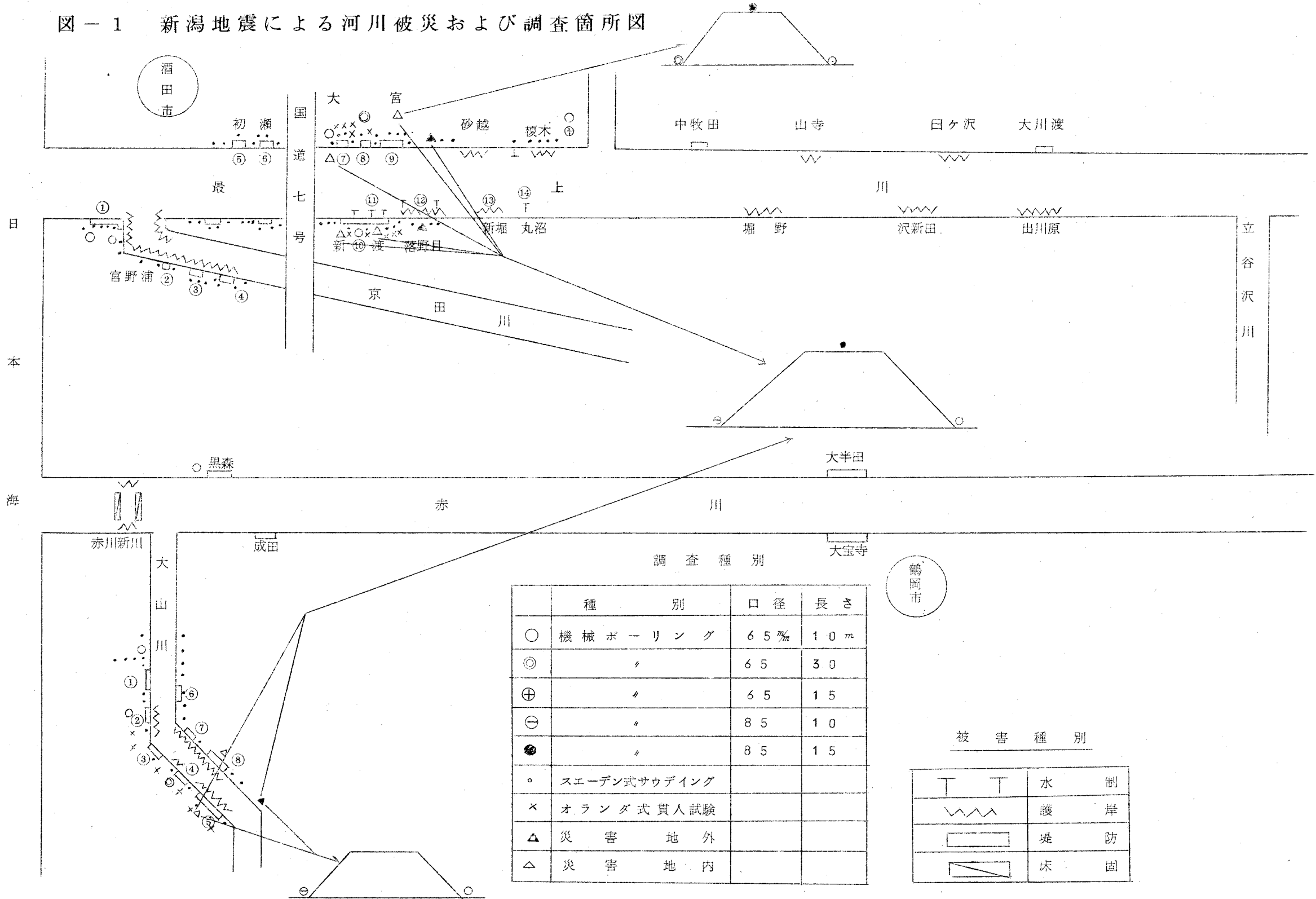


(2) 本復旧工事

被害の大なる箇所は基盤まで掘削し、良質土を以て規定断面に築堤する。尚堤外法先にはシートパイルを打込み（護岸箇所は法留工箇所にて）法面はH.W.L.までアスファルト法覆工を施工する。又堤内地は十分なる押え盛土を施工する。等で図一七にその詳細を示す。

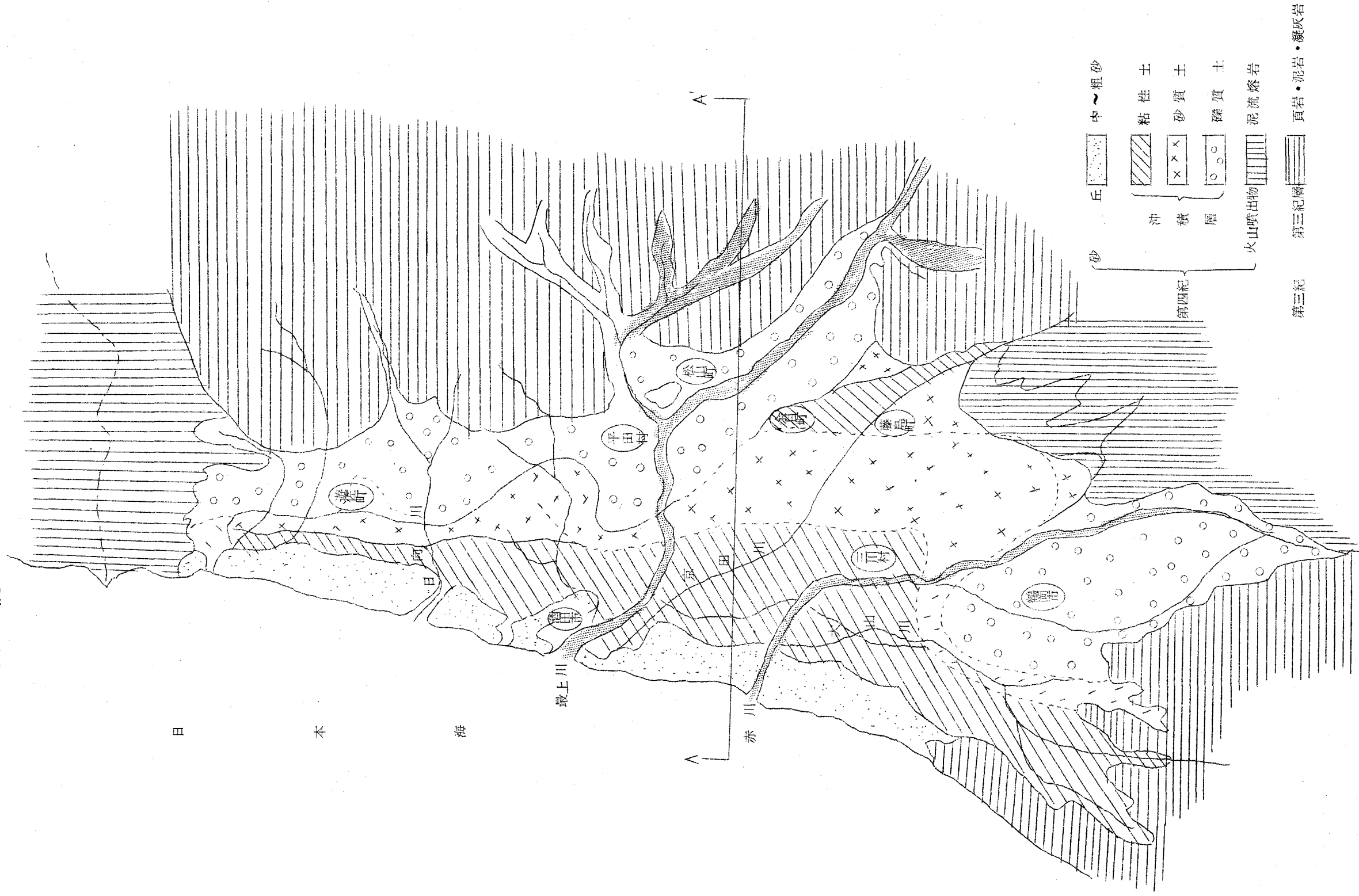
破壊が小なる箇所は現状を調査し破損部のみカットし置換する等の施工を行う。なお大宮、新渡をはじめとし基礎地盤の特に軟弱なる箇所は切込砂利にて2.0 m程度置換した。これ等堤防工事は全線39年度に施工完工させる。（了）

図-1 新潟地震による河川被災および調査箇所図

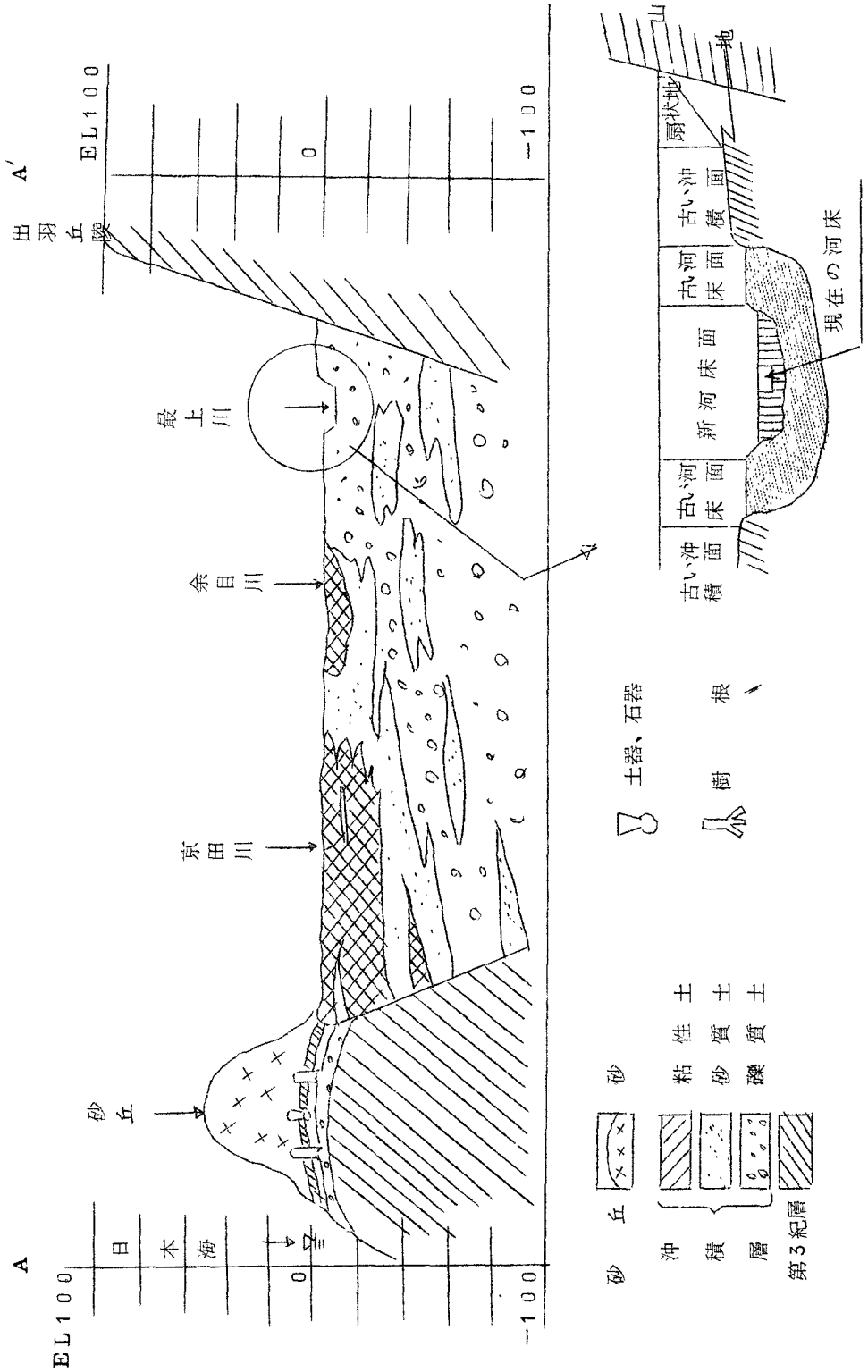




圖一 3 地 質 概 況 圖



圖一3' 地質模式斷面圖



- 砂丘
- 沖積層
- 粘性土
- 砂質土
- 礫質土
- 土器、石器
- 樹根
- 第3紀層

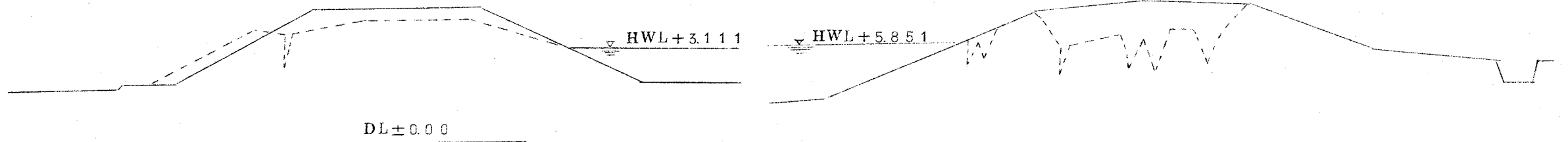


图-5 堤防破坏状况图

S-1/200

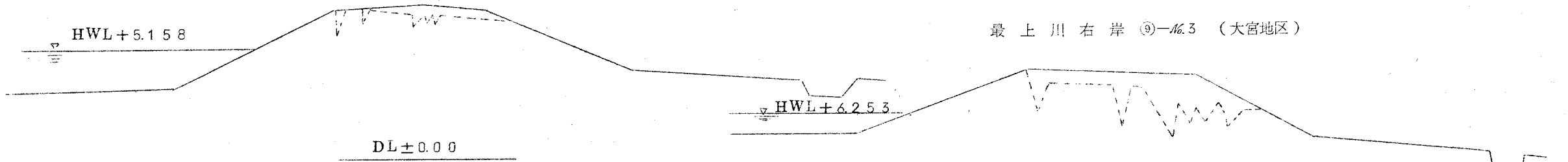
京田川左岸 ①-1/3

最上川右岸 ⑧-1/2 (大宫地区)



最上川右岸 ⑥-1/1 (初瀬地区)

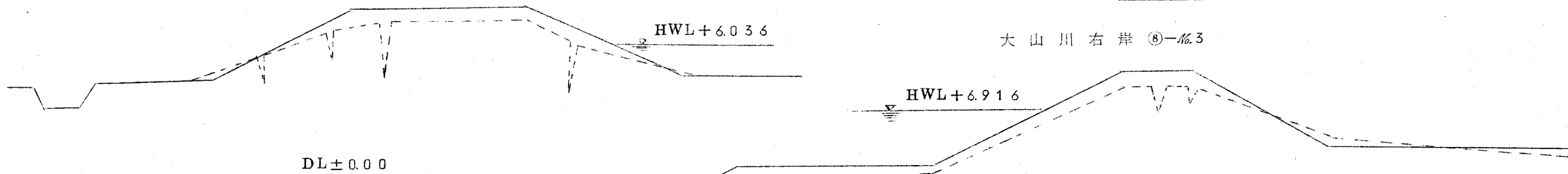
DL±0.00



最上川右岸 ⑨-1/3 (大宫地区)

最上川左岸 ⑩-1/1 (新渡地区)

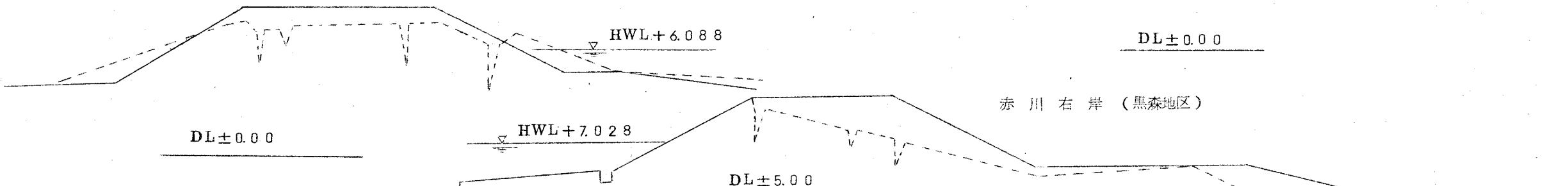
DL±0.00



大山川右岸 ⑧-1/3

最上川左岸 ⑩-1/2 (新渡地区)

DL±0.00



赤川右岸 (黒森地区)

DL±0.00

HWL+7.028

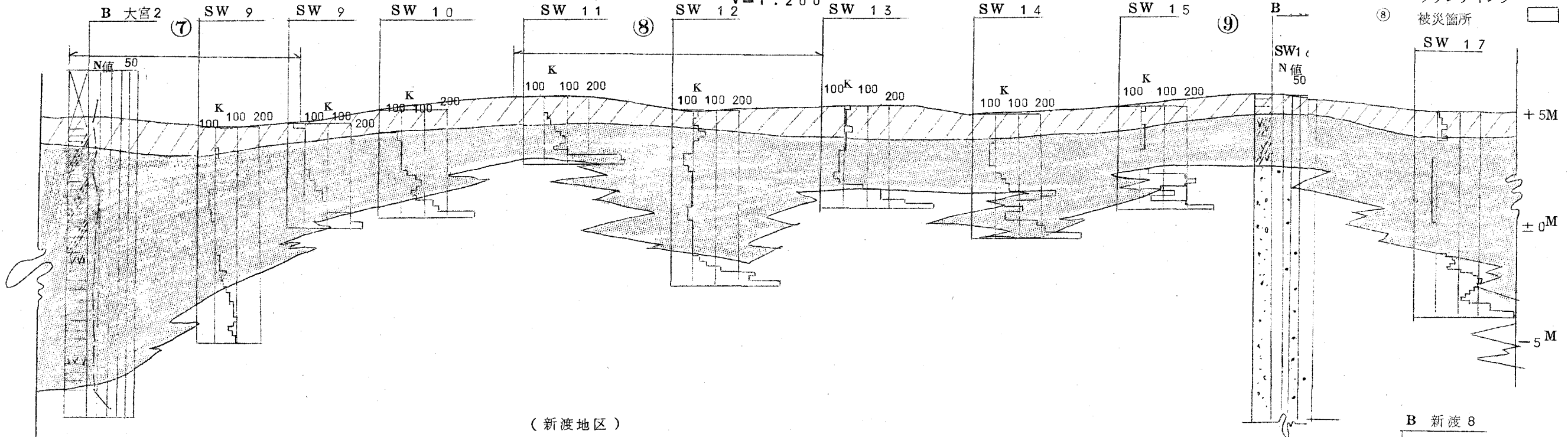
DL±5.00

図-6 堤防基礎地盤地質縦断図

(大宮地区)

Scale H=1:3000  
V=1:200

- 凡例
- B ボーリング
  - SW スウェーデン式  
サウンディング
  - 被災箇所
  - 表土
  - シルト質粘土
  - 砂



(新渡地区)

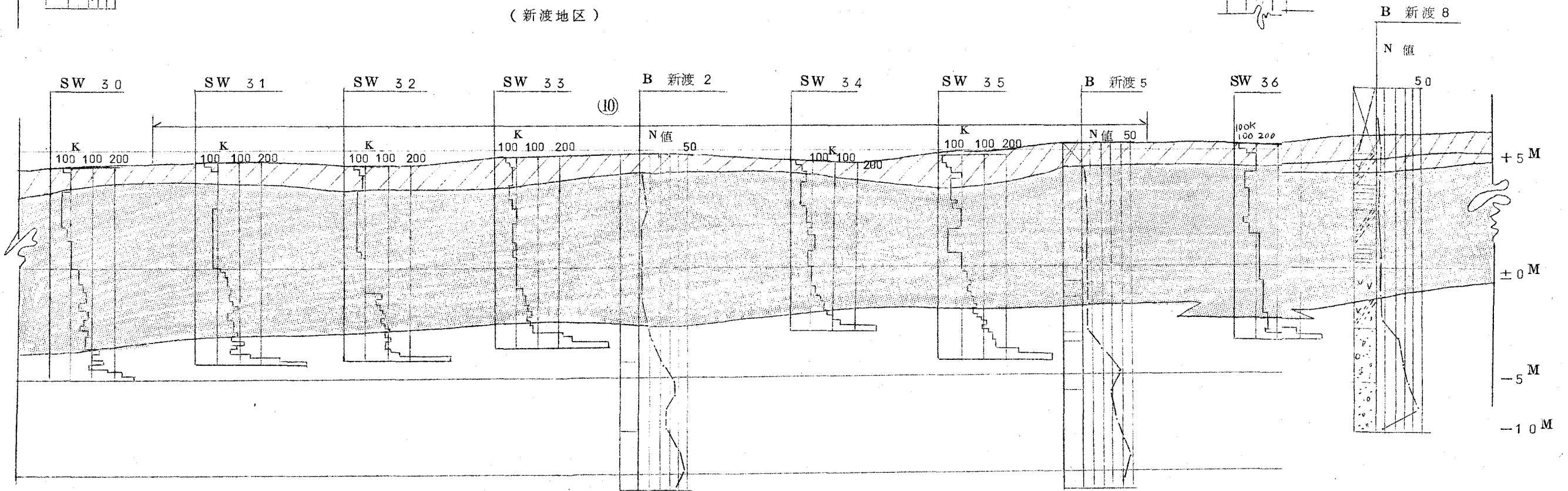
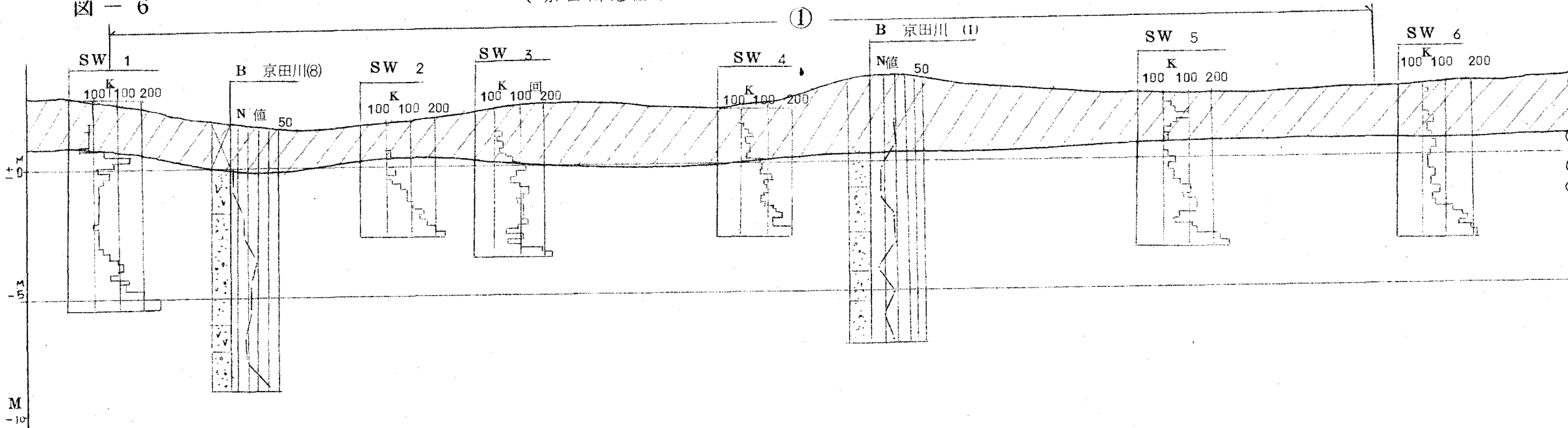




図 - 6

(京田川地区)



(大山川地区)

