3-1-2　ＢＯＸ・ヒューム管等の基礎

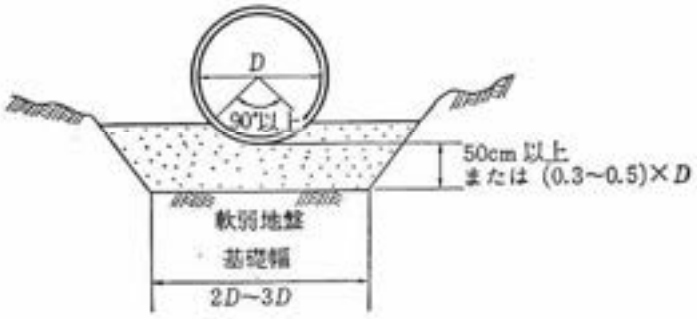
道路等の横断構造物としてＢＯＸ、ヒューム管、コルゲートパイプが用いられる。これらは用水を横断させる目的の場合が多く、あまり大きな沈下は許されない。これら構造物の沈下は、構造物の重量ではなく、盛土によって決まる。

図－30　構造物沈下概念図

対策工法としては、

1)　杭工法はさける。

2)　軟弱層がうすい場合または、盛土高が小さい場合は、軟弱層の全部、または、一部を砂置換とする。



図－31　軟弱地盤の基礎

3)　軟弱層が厚く且つ、盛土高が高い場合には、仮排水路を設けて盛土を行い、プレロードを行って許容される残留沈下となった時に開削し、本工事を行う。

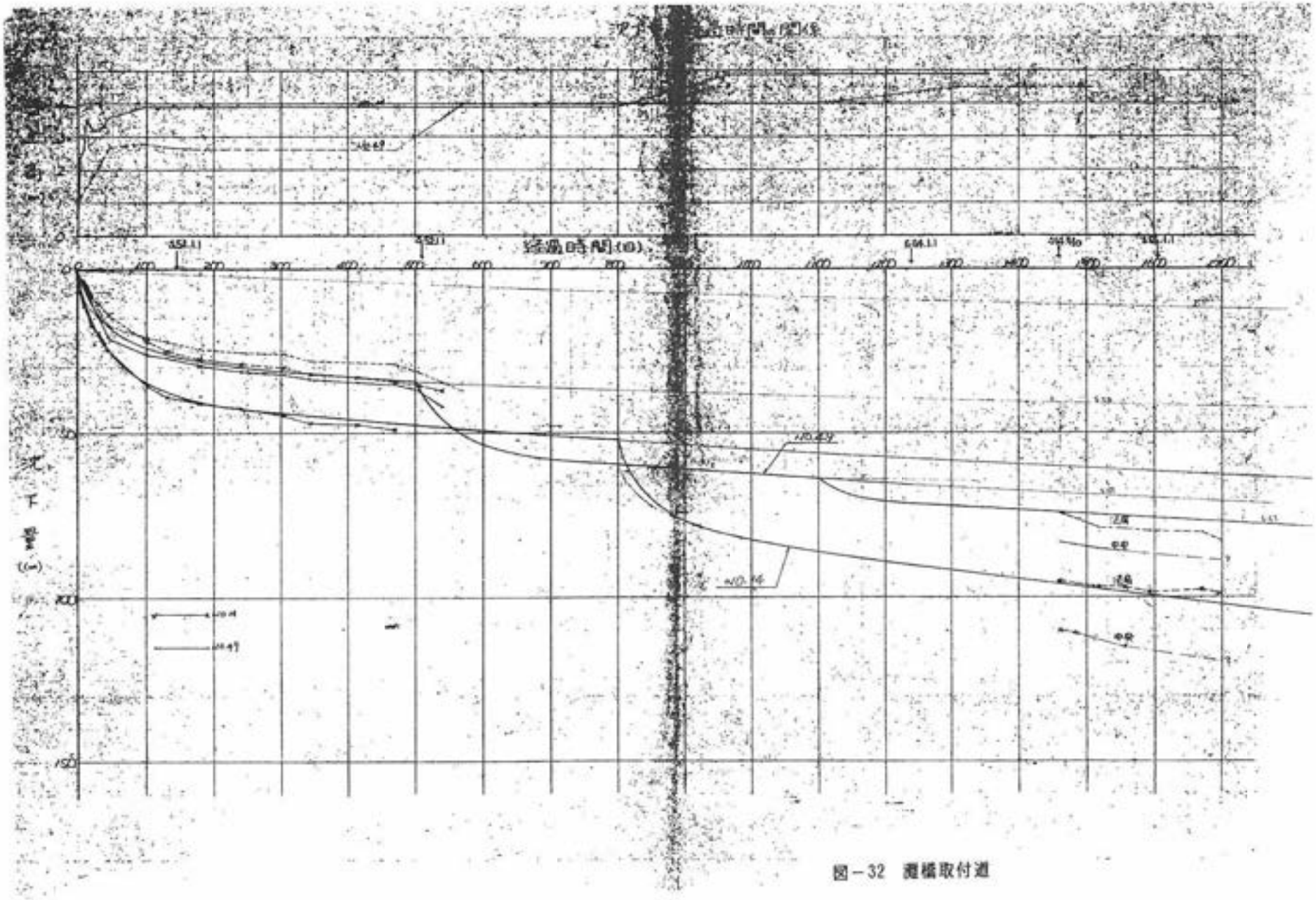
図－32は県道布崎庄原線瀧橋取付高盛土区間についての横断構造物の設置例である。

盛土は緩速段階施工とし、昭和５０年より昭和５４年にわたり３段階の盛土を行っている。当初はコルゲートパイプにより仮排水路を設置し、盛土が完成した昭和５５年に盛土を開削し、残留沈下量を推定した上で、図に示すような構造とした。

残留沈下量の許容値としては、道路土工指針に次表が示されている。

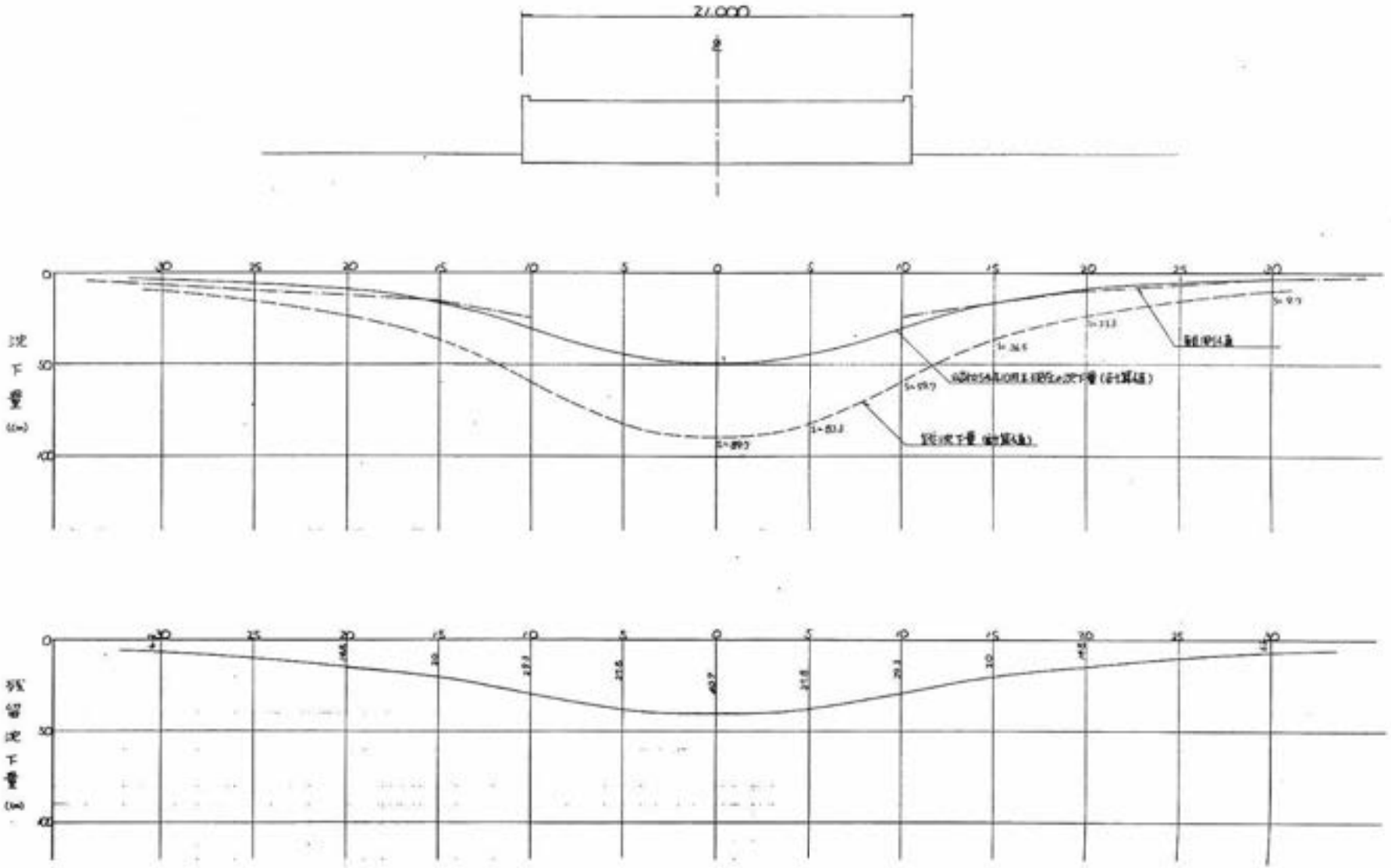
カルバートの沈下量許容値

カルバートの種類	沈　下　量	可　撓　角
剛性カルバート	30～40cm	ジョイントの構造数によって決まる
撓み性カルバート	50～60cm	$\frac{1}{75}$～$\frac{1}{100}$



図－32　護岸取付道

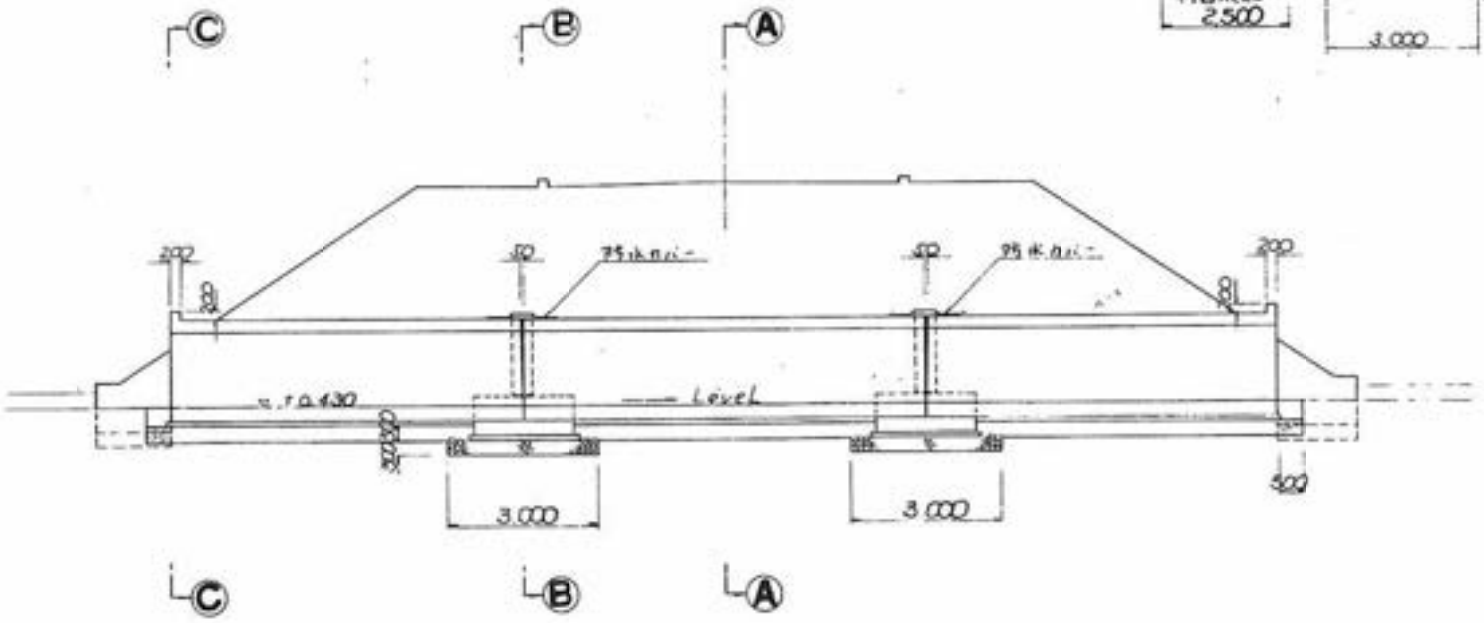
図－33　擁橋取付道　NO.54 付近ＢＯＸ沈下状況図

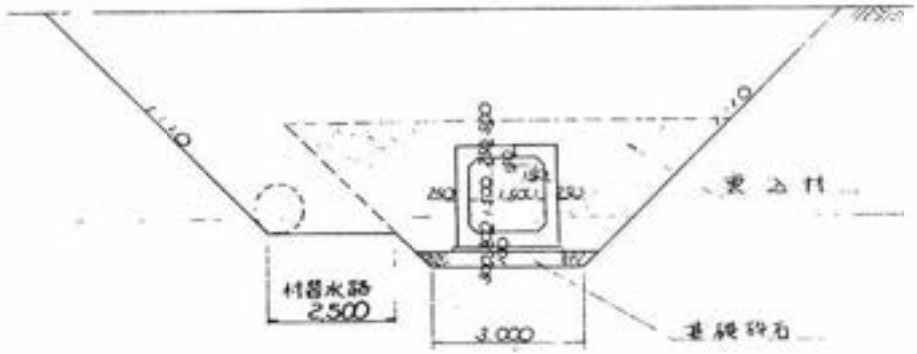


Ⓐ－Ⓐ

図－34　灌概取付道ＢＯＸ断面図（その１）

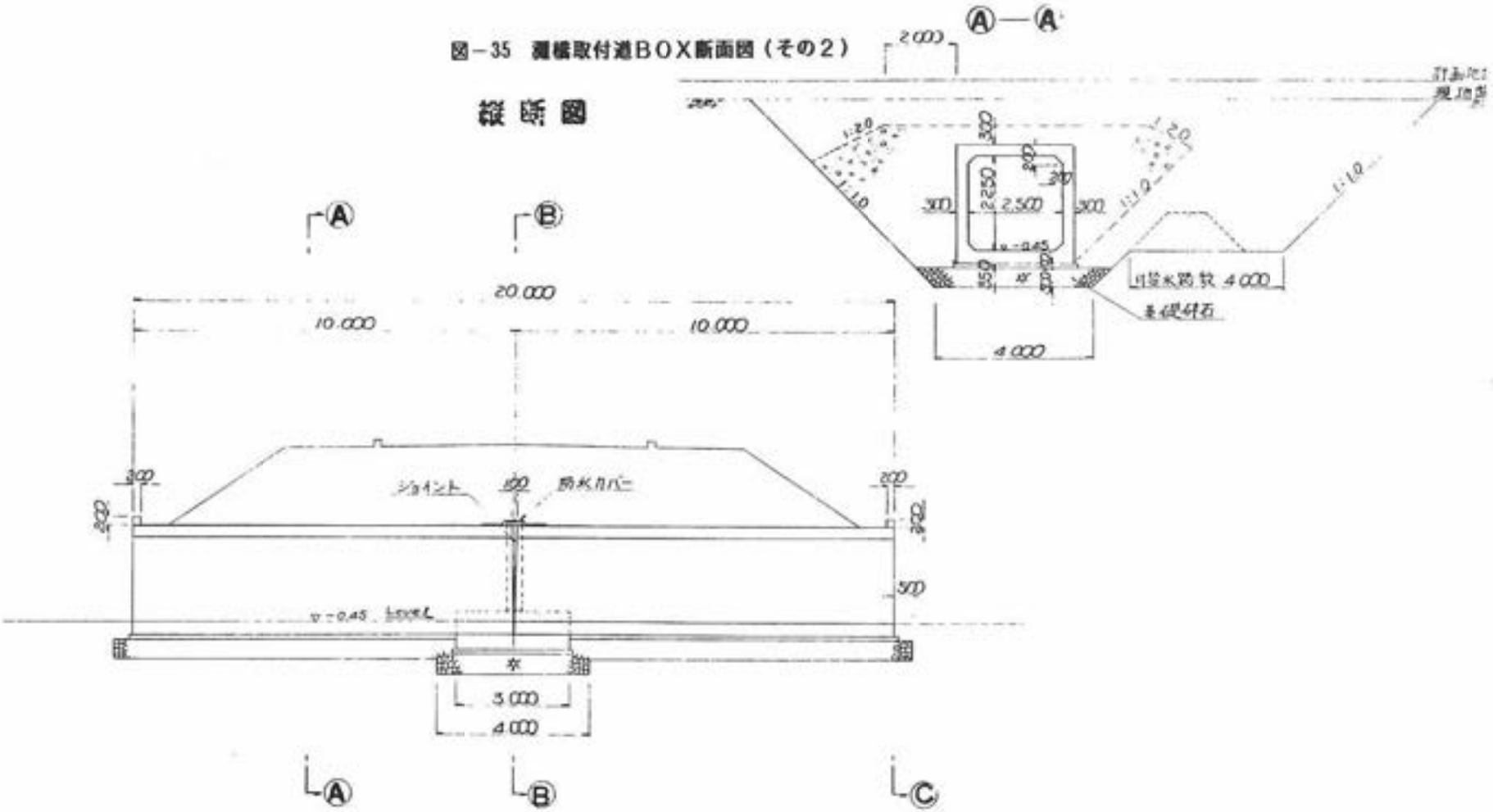
縦断図



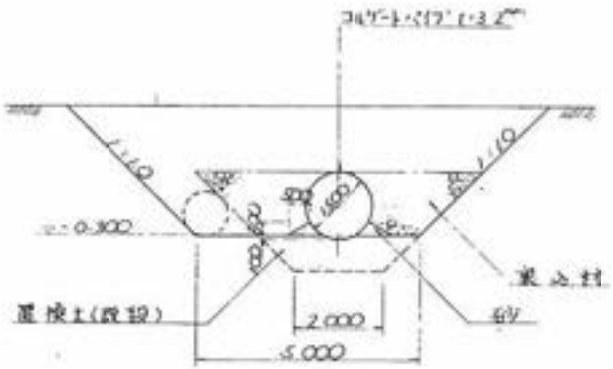


図－35　灌漑取付道BOX断面図（その2）

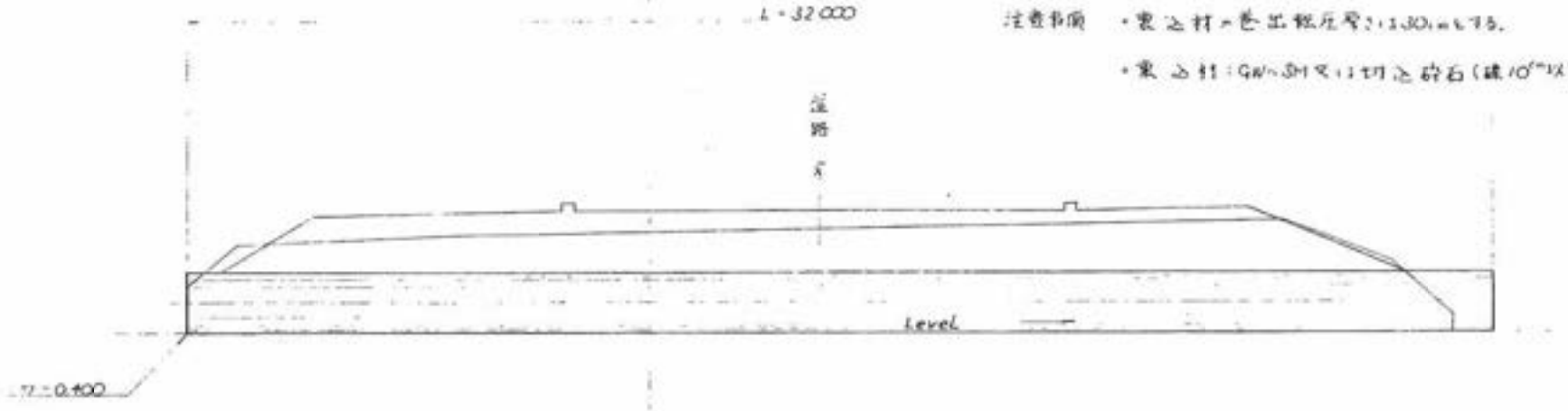
縦断図



図－36　灌漑取付道コルゲートパイプ断面図（その３）



縦断図



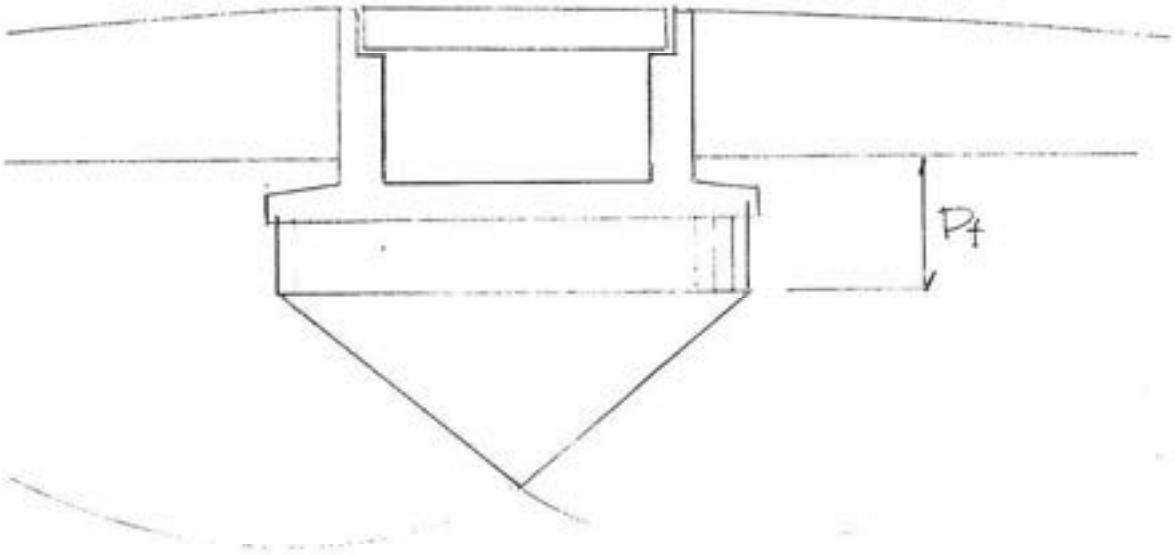
注意事項
・裏込材の巻出厚は30cmとする。
・裏込材：GW～SMで15%以下の砂礫（礫10cm以下）

3-1-3　中規模構造物の基礎

スパン10～15m の橋梁または、 5～10m のＢＯＸ等構造物を対象とする。

一般的沖積平野では支持層が深い場合が多い。橋台としては、支持層に達する杭基礎とするのが原則である。しかし、この程度の橋梁で深い杭基礎を用いるのは不経済である。

図の様な橋台間の床版を連結した構造を考案した。設計上の要点は以下の通り。



図－37　浮き基礎工法概念図

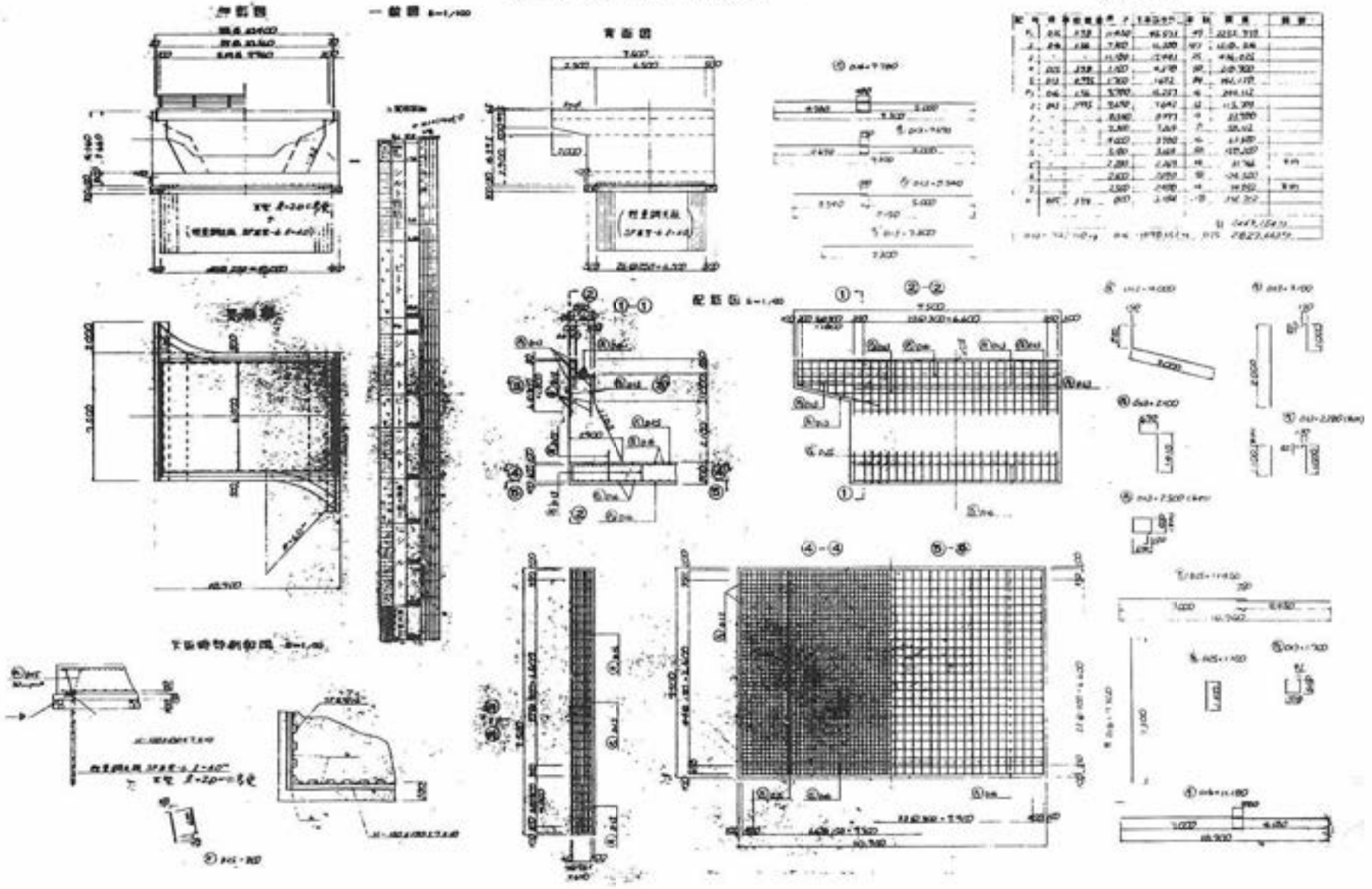
1)沈下に対しては、①床版の上げ越し施工

②橋座位置の調整　　とする。

2)支持力に対しては、床版外周に矢板を打ち根入を大きくする。

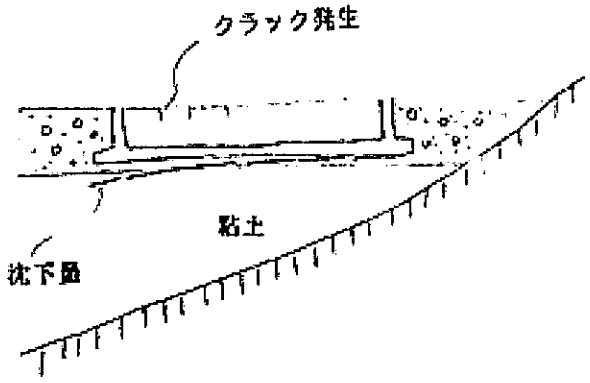
図－38は初めて本工法を採用した木ノ下橋の構造図である。沈下に対しては計測を実施し床版については鉄筋計等の応力測定を行った。

図－38　木ノ下橋下部工構造図



3-1-4　プール浄水場等の版構造の基礎

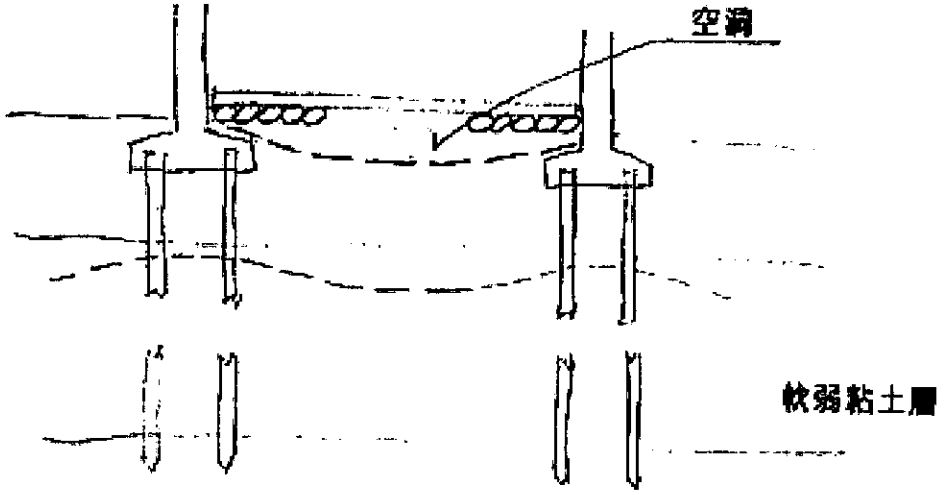
プール・浄水場等は盛土を行って設置するのが普通である。図－39の様な沖積粘土層と山体との境界に設置した場合、粘土層は盛土により圧密沈下を生じ粘土層の厚さにほぼ比例した沈下を生ずる。プール・浄水場構造は鉄筋コンクリート構造が多く、この沈下に沿ったタワミを受け上部に大きな引張り力が働き、側壁コンクリート上部に引張り開口クラックを生じる。鋼製構造にするとか、底版を梁構造としタワミを少なくするとか、または杭基礎とする等の事前に十分検討しておく必要がある。



図－39

3-1-5　建築基礎

1)柱構造と床構造



図－40　杭基礎と床との沈下状況図

図－40の様に杭基礎を持つ柱と盛土上に直接打設する床構造の場合、盛土による軟弱層の圧密沈下が進行すれば、床の両端は柱で支えられ中央が沈下するため、床と盛土表面の間に空洞が生じ、或る時点で床が折れ破壊することがある。

特に保育所、幼稚園等では重大な事故につながる危険があり、注意する必要がある。

対策としては、次の様なことが考えられる。

1. 盛土による圧密沈下の完了を待って建築にかかる。
2. 杭、床を一体とした構造とする。

図－41　浮き基礎構造

3. 空洞を観測し、グラウトによりてん充する。

2)　軟弱地盤上への一般住宅

一般的に 1～ 1.5m の盛土を行い、その上に木造２階建とすることが多い。

都市部では、沖積平野上への盛土が多いことから、まず軟弱地盤である。

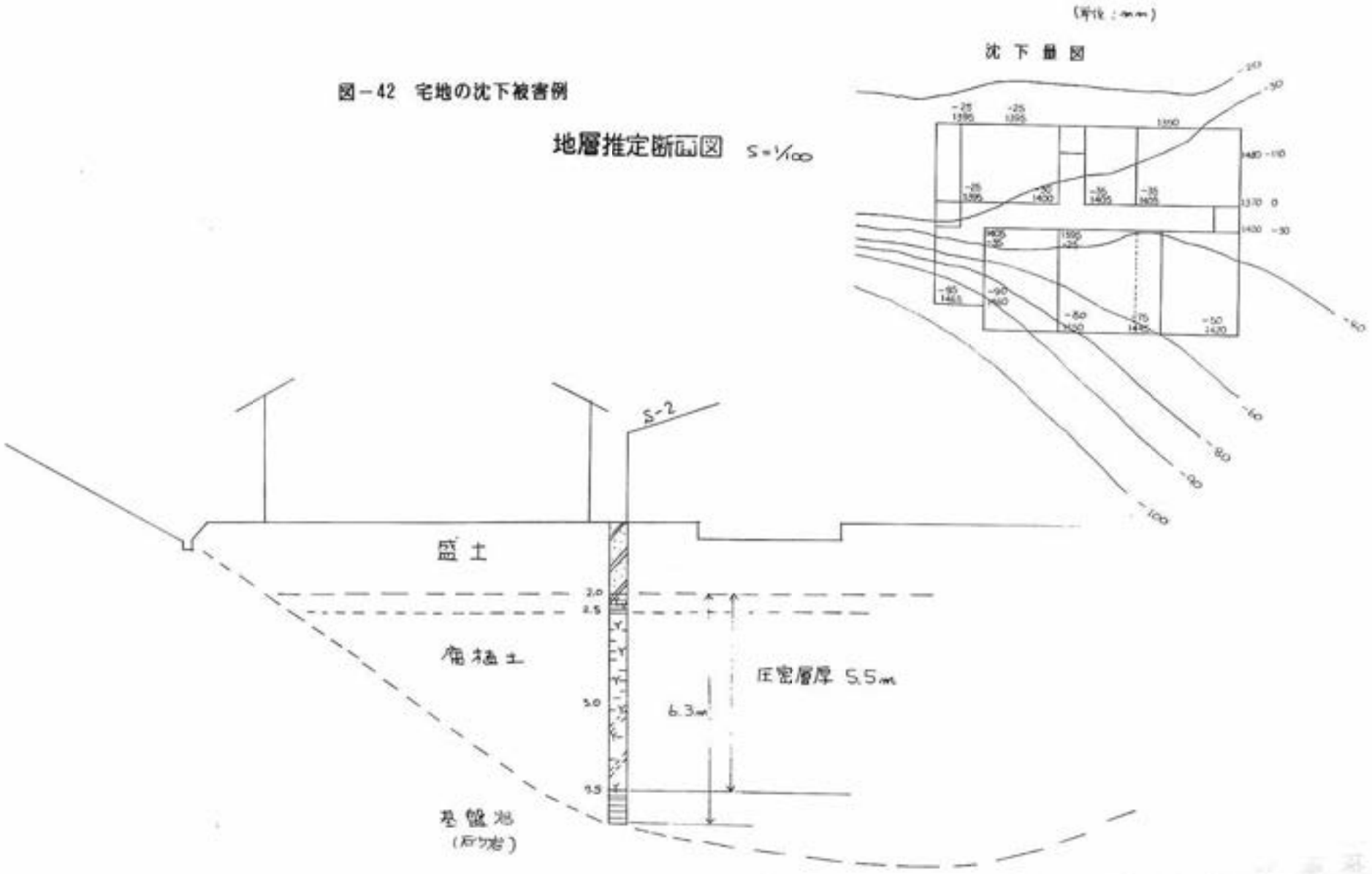
建築に当たっての注意事項は、

1. まず、盛土を行い出来るだけ長期間（５年位）放置する。
   盛土は２割り程度余盛をしておく。
2. 用地の四角と中央に木柱を打込み、年３回程度高さを観測する。（この観察資料から、今後の沈下を予測することが出来る）
3. 木造建築では杭基礎は用いない。幅の広い連続基礎とする。
4. 家屋の重心を中央となる様な構造とする。

3)　沖積粘土層と山体と境界付近の住宅

粘土層の厚さが異なるため沈下量も異なり、一定厚の盛土を行えば、盛土表面は傾斜することになる。民間宅地造成で新築家屋が傾斜したり、クラックが入る等のトラブルが極めて多い。図－42はその一例である。

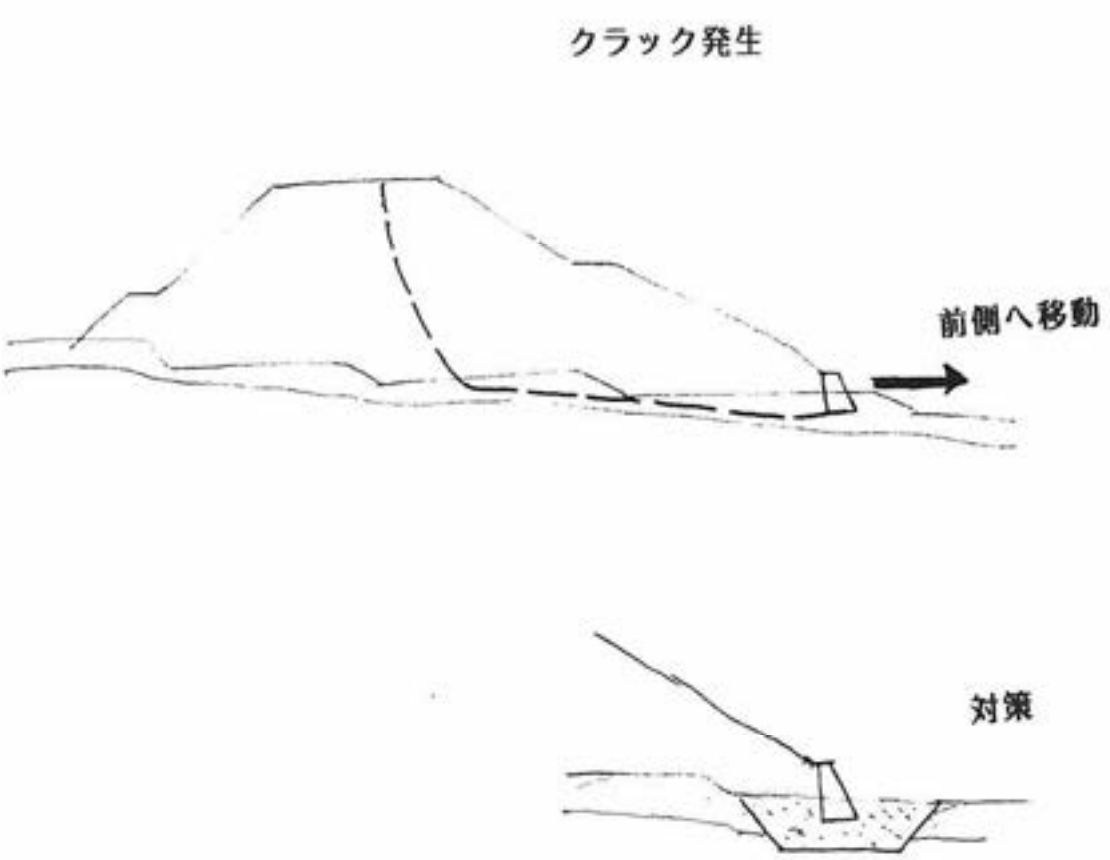
図－42　宅地の沈下被害例



3-2　盛土と周辺への影響

3-2-1　道路等の帯状盛土

1)山間部等で表層の薄い軟弱層は取除くかまたは、法尻部分を置換し法尻擁壁を設置する。

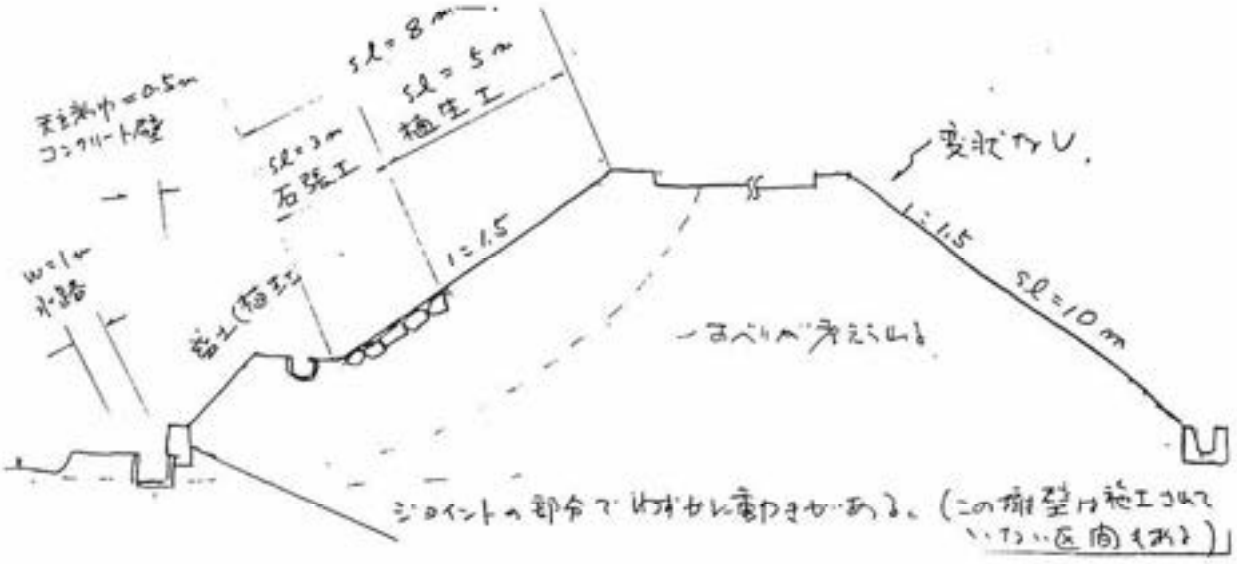


図－43　山間谷部の軟弱層上への盛土

破壊にはいたらないが、舗装にクラックが発生する。軟弱層のクリープ的移動が原因と考えられ、法尻付近を砂置換をしクリープ運動をカットする必要がある。

写真－3

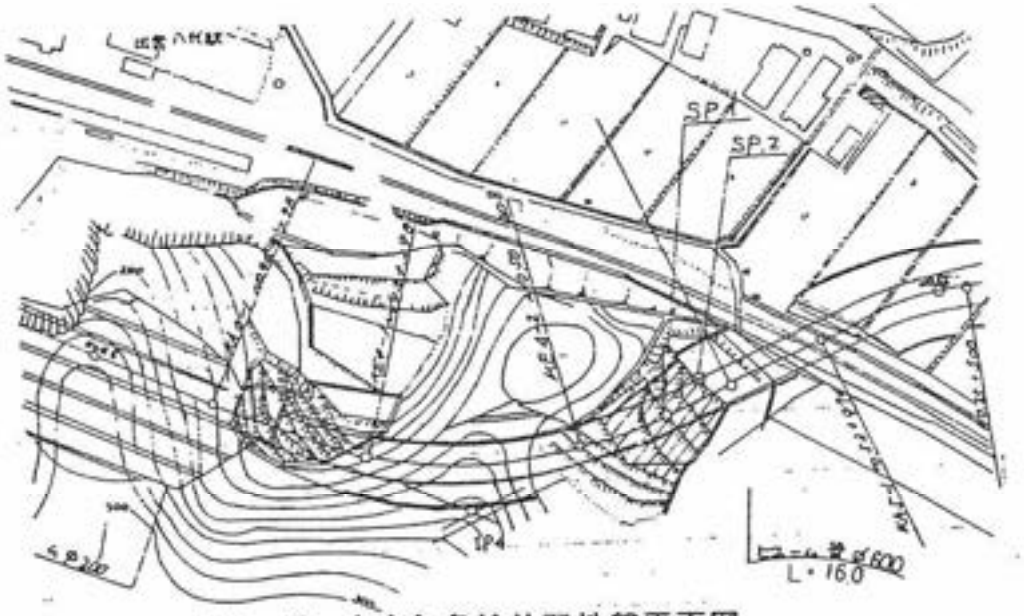
写真－4



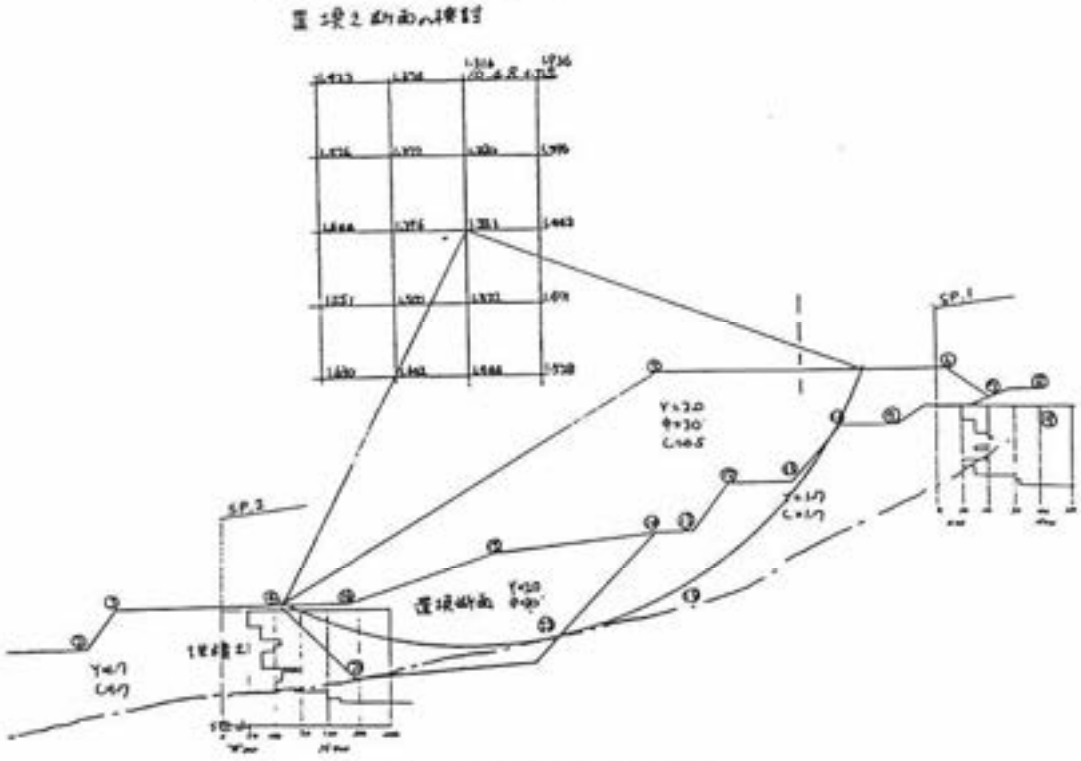
図－44　国道54号赤来町の盛土の状況

2)山間部谷部への盛土

特に中国地方山間部では大山、三瓶の噴火に伴う火山灰質土の堆積が多く、且つ、侵蝕作用の少ない地方では、谷部に通称黒ボクと呼ばれる粘土層が厚く堆積している。これが地下水以下となるとN≦3回となり盛土によりすべりが発生することが多い。事前にサウンディング程度の調査を行い、その程度によりボーリング調査の必要性を検討する。



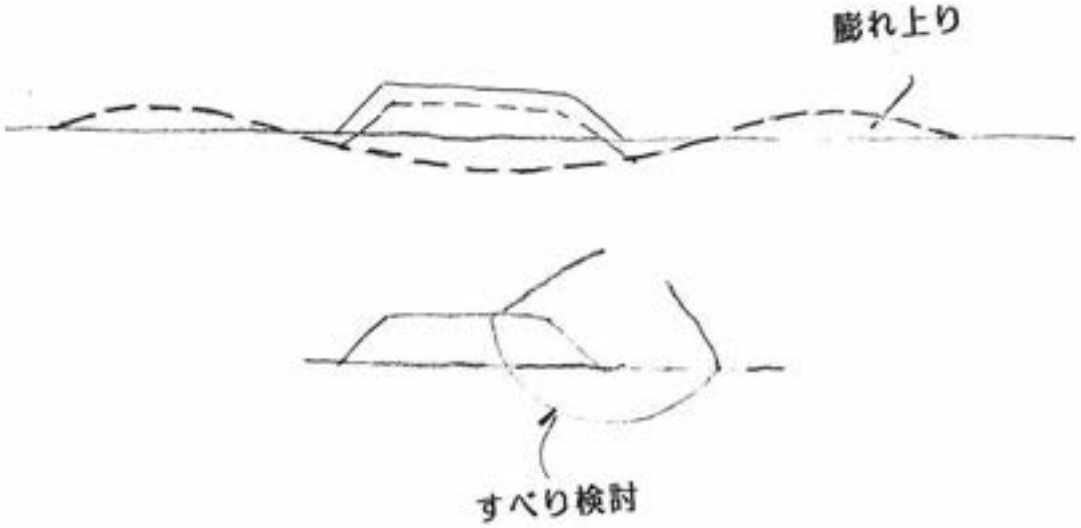
図－45　大東仁多線軟弱地盤平面図



図－46　大東仁多線対策図

図－45～46はサウンディング調査を行い、工法検討を行った例である。

3)超軟弱地盤への盛土

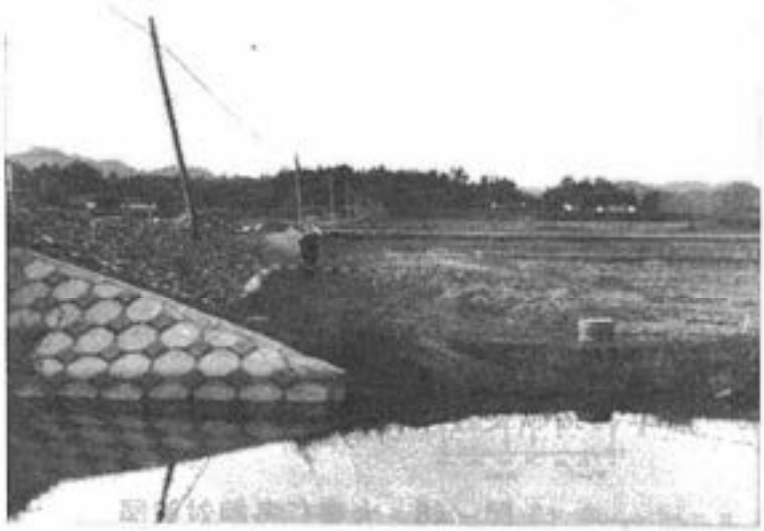


図－47　側方への膨れ上り（側方流動）

軟弱地盤へ盛土を行う場合、すべり破壊に対する安全性を検討し、押え盛土工、その他の対策を立てるのが一般的である。

しかし、湾口を砂洲で閉ざされたおぼれ谷平野では超軟弱地盤が堆積しており、ここへ盛土を行う場合は周辺の膨れ上り（側方流動）につき検討しておく必要がある。周辺に人家がある場合には、被害が発生し、また田の場合は耕作が出来なくなる。

写真－５は、県道溝武古江線の盛土区間で道路法尻から約２０mの範囲にわたり、中心で約５０cmの隆起を見た。



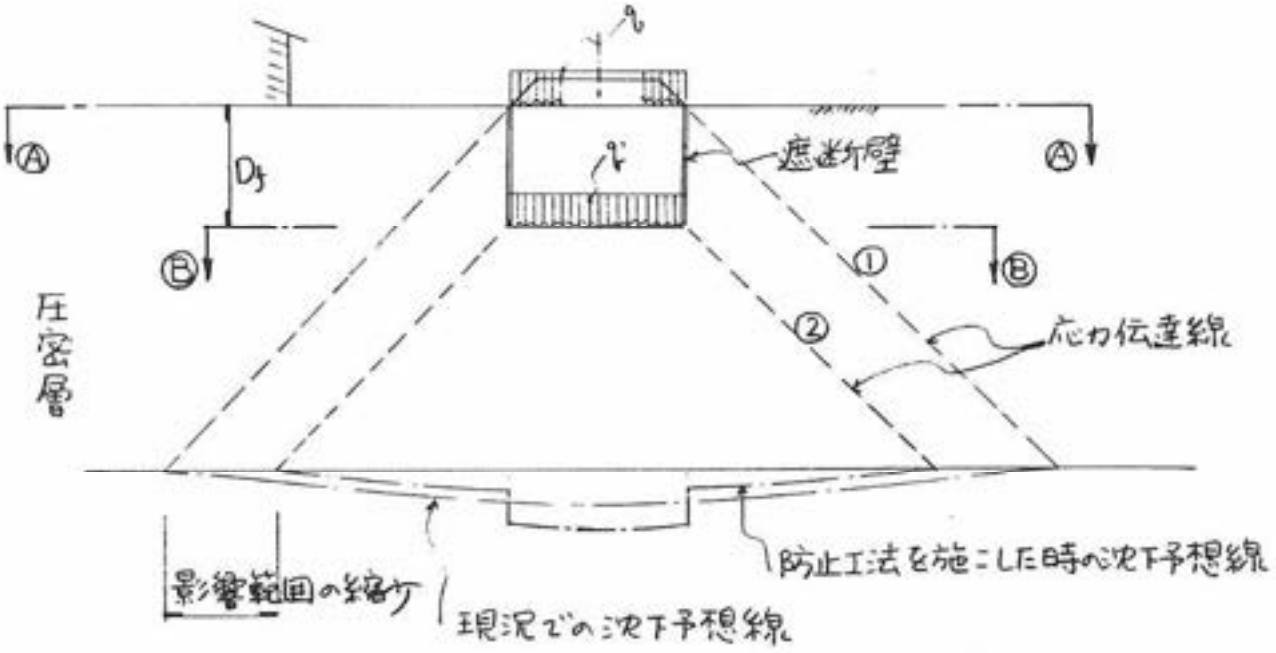
写真－５

4)盛土による周辺の地盤沈下

軟弱地盤上へ盛土を施工すれば、両側の地表面は或る範囲沈下する。周辺に人家があればこの影響で家が傾いたり、戸が立たなくなるなどの被害が出る。

道路計画時点で人家から影響のない程度離して計画するとか、出来ない場合には、それなりの対策を検討しておく必要がある。

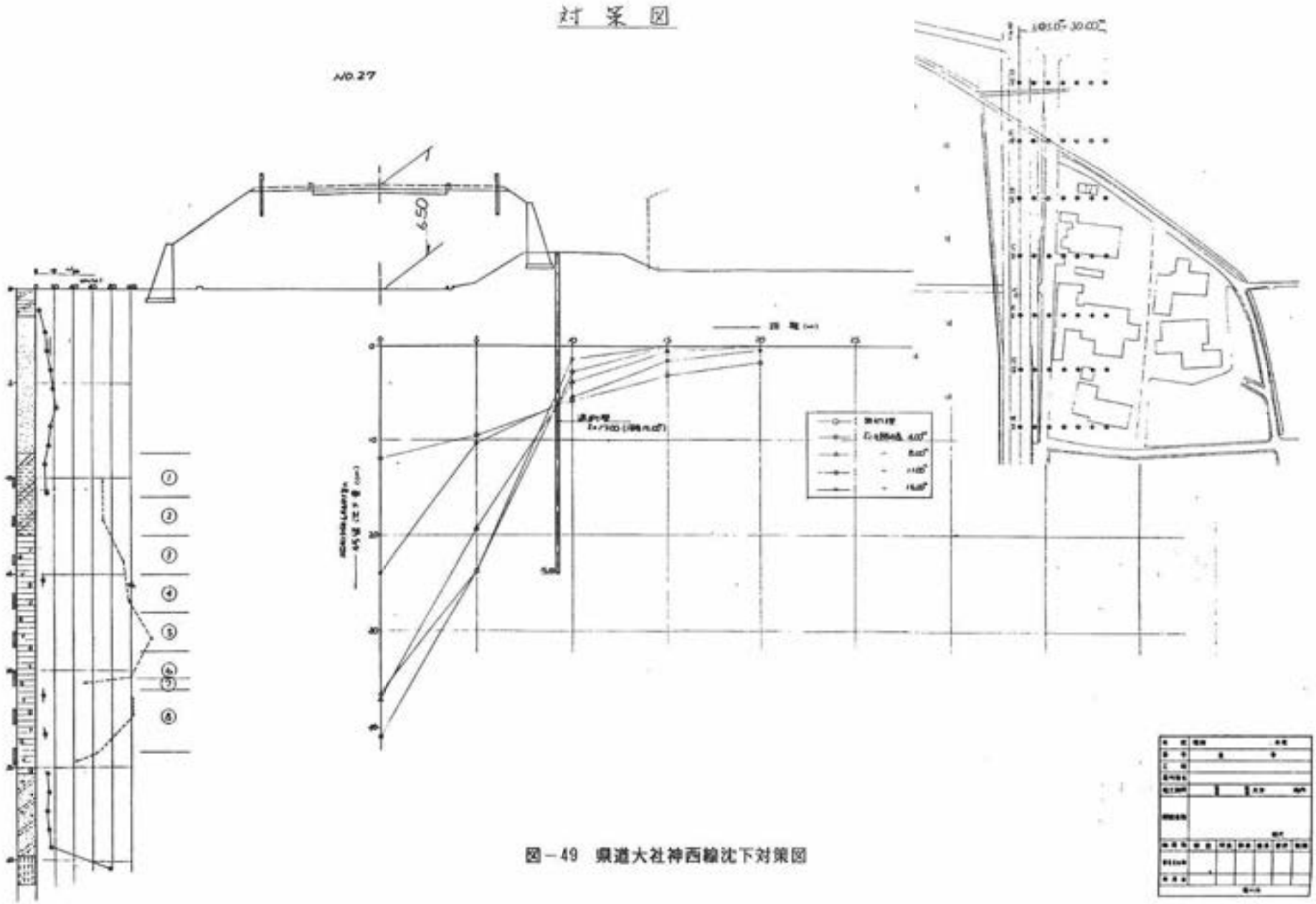
対策としては。図－48に示すように、盛土側方に矢板等による遮断壁を設けるのが一般的である。これにより盛土荷重の伝達する範囲を縮小することが出来る。



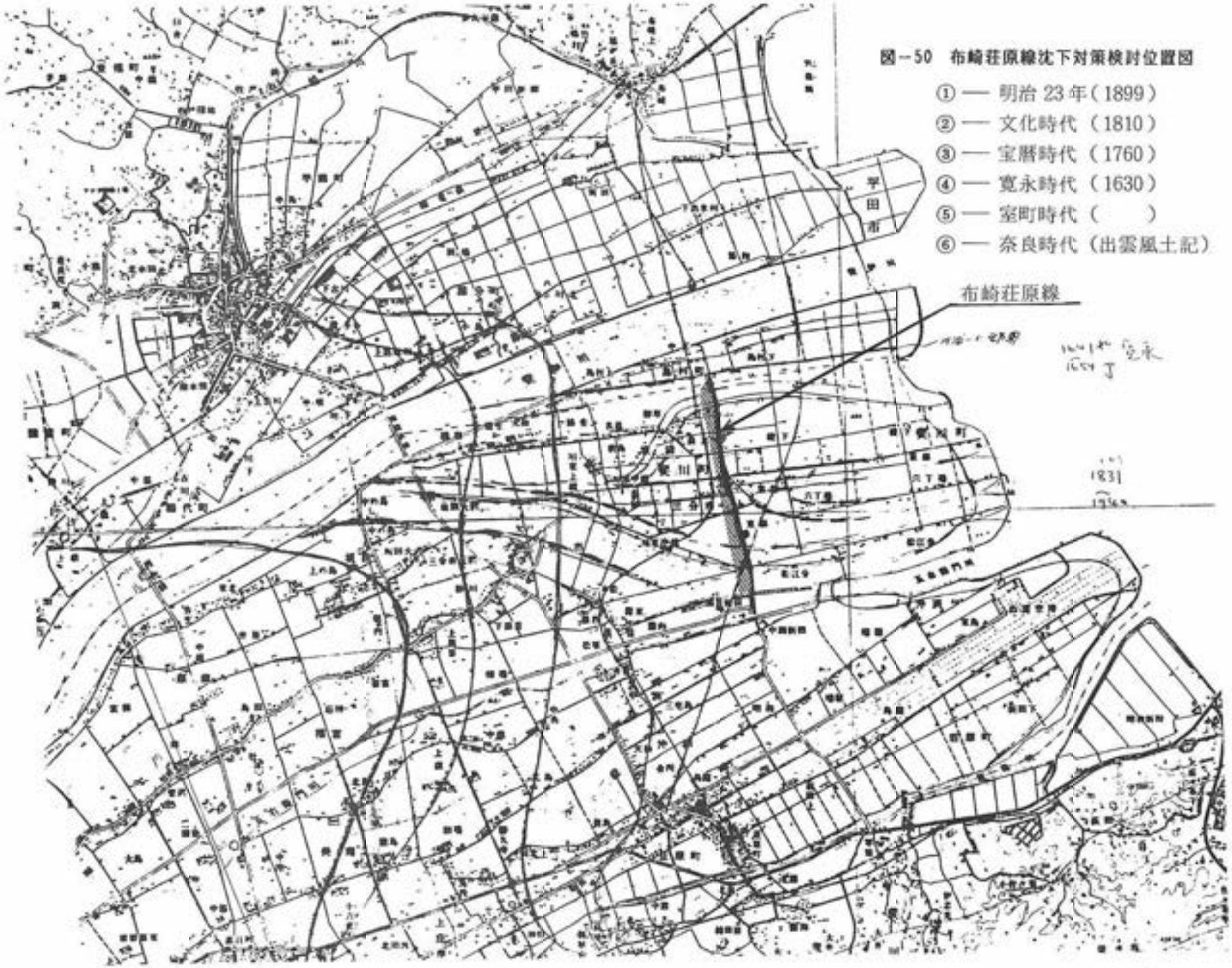
図－48　圧密沈下の周辺への影響概念図

図－49は県道大社神西線で高盛土区間で、周辺の人家に被害が出たところの沈下と対策図である。

また、図－50は盛土高 1.0～ 1.5mの低盛土であるが、道路計画時に沈下予測を行い中心線及び縦断を再検討し、やむを得ないところに遮断壁を行ったところの沈下検討図である。



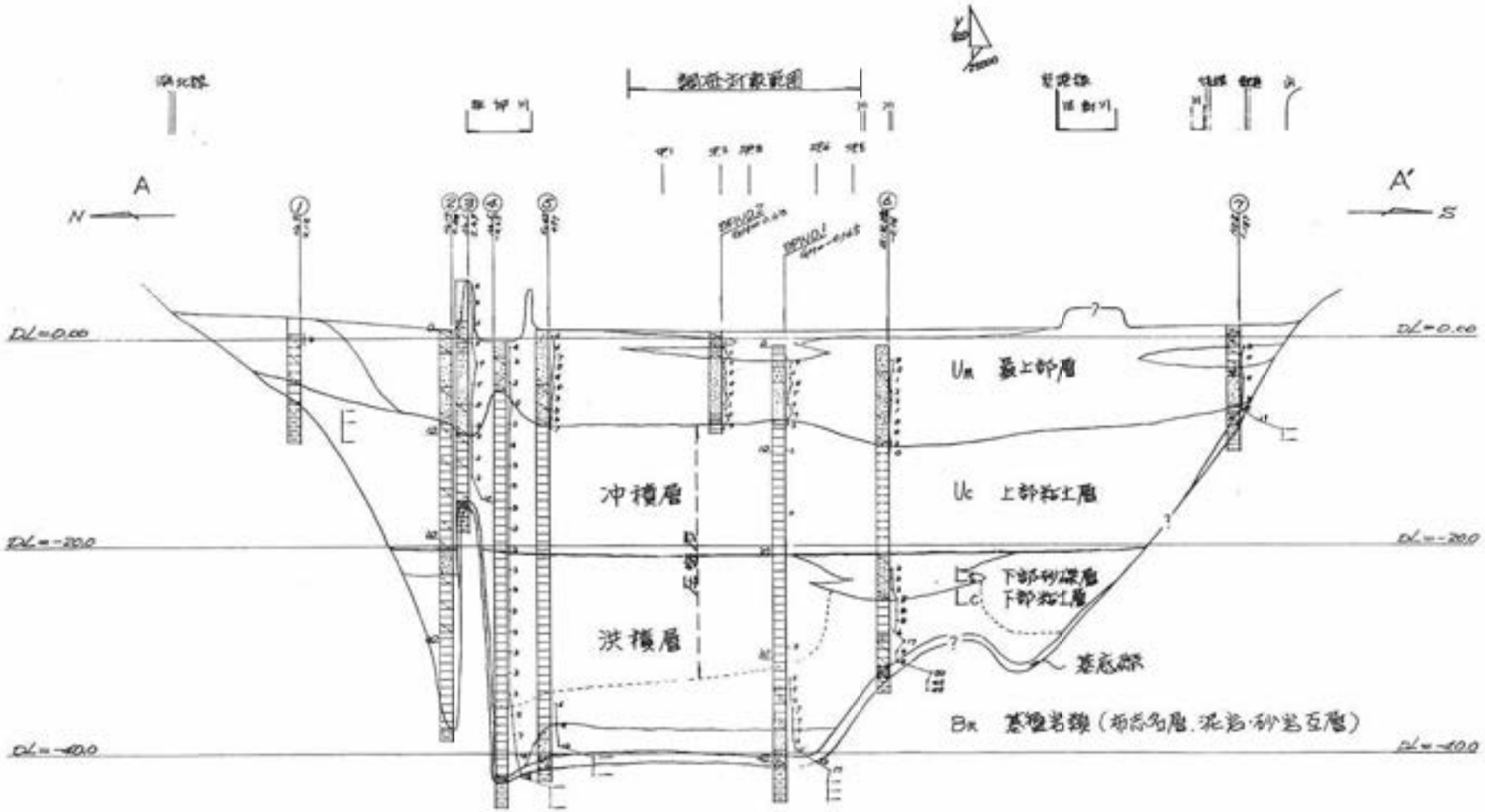
図－49　県道大社神西線沈下対策図



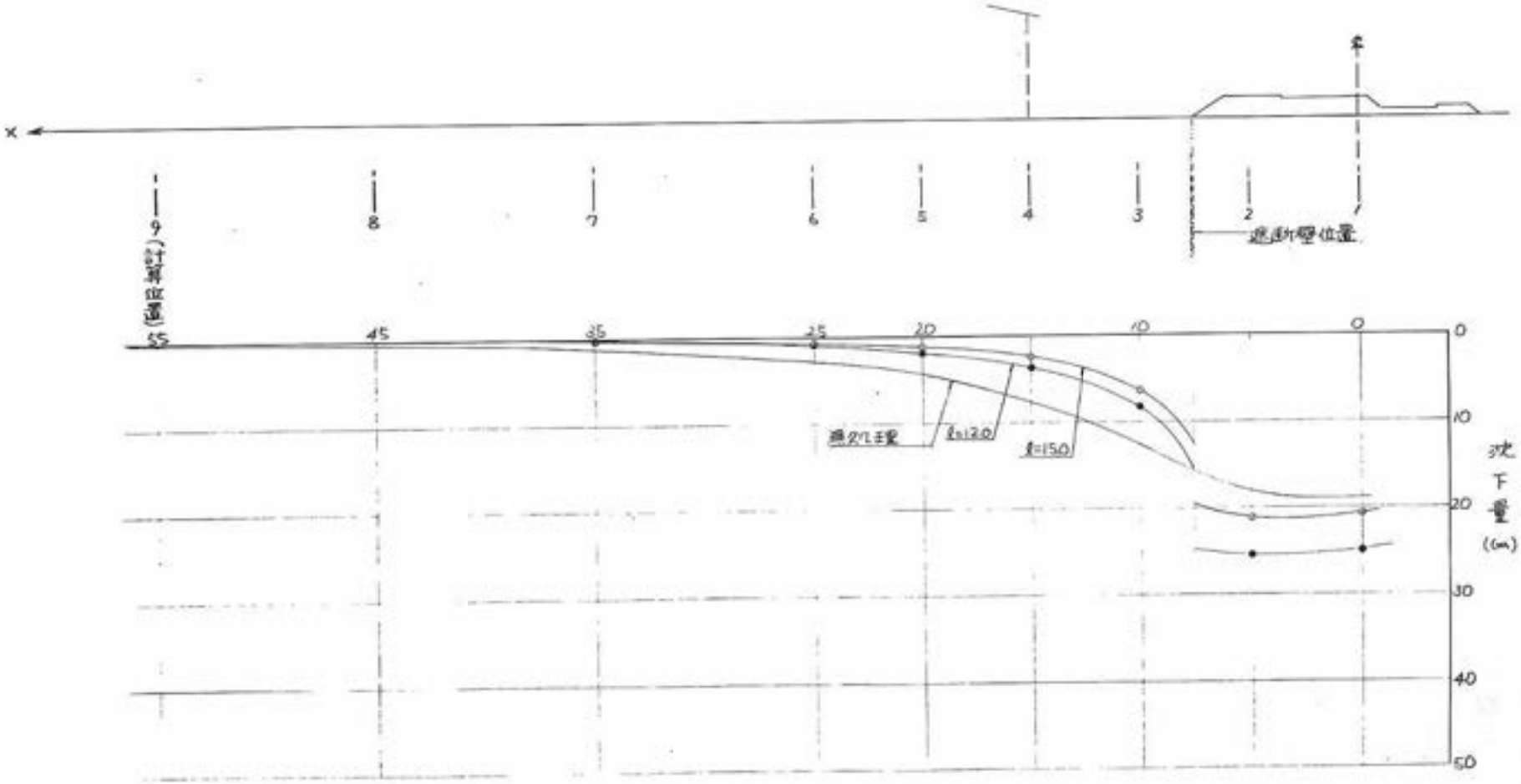
図－50　布崎荘原線沈下対策検討位置図

① ― 明治 23 年（1899）
② ― 文化時代（1810）
③ ― 宝暦時代（1760）
④ ― 寛永時代（1630）
⑤ ― 室町時代（　　）
⑥ ― 奈良時代（出雲風土記）

図－51　布崎荘原線計画位置地層断面図



図－52　布崎荘原線　NO.13 付近沈下対策と沈下図



3-2-2　宅地造成等の広い範囲の盛土

工業団地、宅地造成、運動場等では相当広い範囲を同じレベルで盛土することが多い。

この場合盛土位置としては、1)一般的な沖積平野へ盛土する場合、2)海を埋立てする場合、及び 3) 山地を切盛する場合とがある。

1)と 2) は一般的にほぼ一様な軟弱層が分布する場合が多いが、3)の場合は谷部での軟弱層の有無または、厚さ、工学的性質が不均一なことが多い。特に沖積平野に接する山体を切取し谷地形の沖積平野を盛土する場合に注意を要する。

1)沖積平野に接する部分の山体を切取る場合の宅地造成

谷に堆積する軟弱層は、谷の縦断的にも横断的にも厚さが異なっている。このことは、谷部での圧密沈下量が異なることになり、住宅を建築した後、不等沈下が発生し、住宅は傾斜しトラブルが発生する。

住宅の基礎の許容沈下量については、建築基礎構造設計基準によれば次の様な規準及び資料がある。

> 16 条　許容沈下量
> 1.　許容沈下量は，地盤の条件，基礎の形式，上部構造の特性，周囲の状況などを考慮し，有害な不同沈下を生じないように定める．
> 2.　地盤の状況により過大な沈下の避けられない場合は，適当な箇所に伸縮継手を設けるか，あるいは上部構造を剛にすることなどにより，有害な不同沈下が生じないようにしなければならない．
> 17 条　基礎の増強
> 基礎は，地盤の複雑性，計算の精度，施工の不備，腐食ならびに隣接地よりの影響などを考えて，必要に応じてこれを増強する．

限界あるいは許容変形角（単位：10^{-3} rad）

	下限 θ　上限 δ	許　　容
コンクリートブロック造	1.0　2.0 (大崎)[16.13] 0.3　1.0 (松浦)[16.40]	
鉄筋コンクリート造（ラーメン構造）	1.0　2.0 (大崎)[16.13] 0.7　1.5 (松浦)[16.13]	2.2 (浅間)[16.42]　3.3 (Ward & Green)[16.43] 3.1 (Terzaghi & Peck)[16.13]
鉄筋コンクリート壁式構造	0.8　1.8 (松浦)[16.13]	1.0 (Meyerhof)[16.43]
レンガ造		1.7 (Meyerhof)[16.43] 2.1 (Ward & Green)[16.43] 3.5 (Terzaghi)[16.13]
鉄骨造		ビル 2.2　工場 4.0～8.3　倉庫 12.5(浅間)[16.42]
鉄骨鉄筋コンクリート造	1.0　2.0 (松浦)[16.40]	

下限とは，有害なひび割れが発生するかしないかの境の状態に対応している．
上限とは，有害なひび割れが発生する率がきわめて高い状態に対応している．

許容相対沈下量（圧密沈下の場合）（単位：cm）

構造種別	コンクリートブロック造	鉄筋コンクリート造		
基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値	1.0	1.5	2.0	2.0～(3.0)
最大値	2.0	3.0	4.0	4.0～(6.0)

〔注〕（ ）は大きいはりせいあるいは2重スラブなどで十分剛性が大きい場合

許容最大沈下量（圧密沈下の場合）（単位：cm）

構造種別	コンクリートブロック造	鉄筋コンクリート造		
基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値	2	5	10	10～(15)
最大値	4	10	20	20～(30)

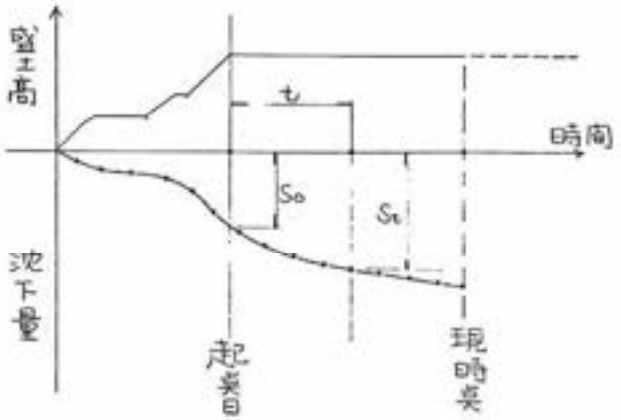
〔注〕（ ）は大きいはりせいあるいは2重スラブなどで十分剛性が大きい場合

図－53～54は斐川町つつじが丘住宅団地の沈下対策の資料である。谷部にはピート地盤が不規則に入り、軟弱地盤を形成していた。山側を切取り、谷部を盛土とするため、事前の沈下予測と工事中の沈下観測を行い、その対策としてはプレロードを行って所定の残留沈下となることを確認した。

実測沈下資料から残留沈下量の推定には、以下の双曲線型を用いる。

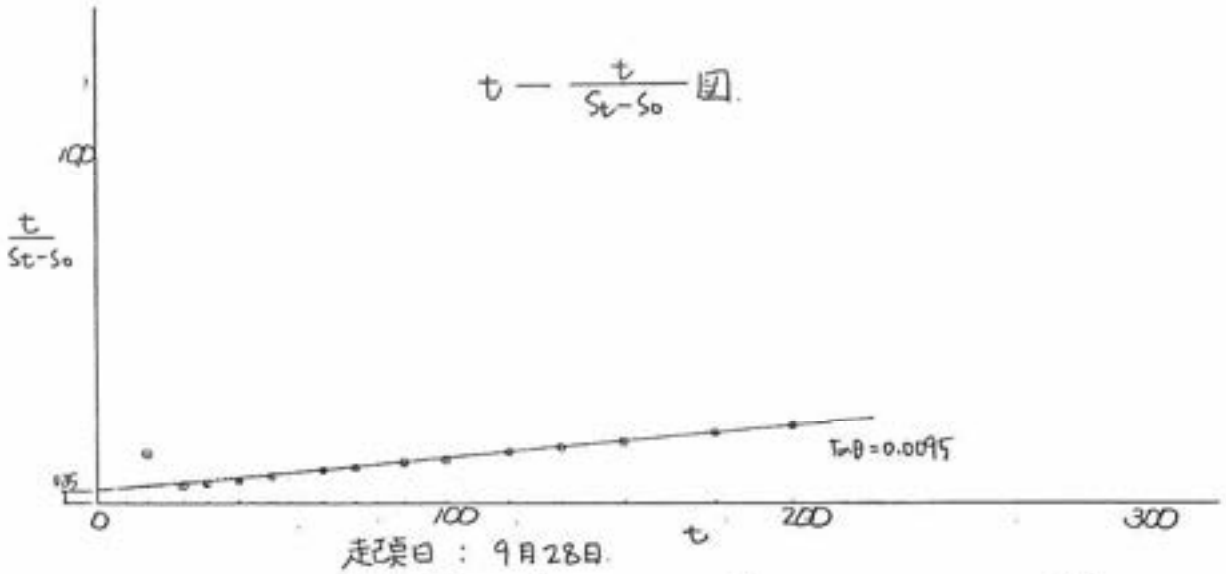
$$S_t = S_0 + \frac{t}{\alpha + \beta t}$$

$$S_f = S_0 + \frac{1}{\beta}$$



S_t：時間 t 時の沈下量
S_f：最終沈下量（$t=\infty$）
S_0：初期沈下量（$t=0$）
t：経過時間
α, β：実測値から得られる常数

$t - \frac{t}{S_t - S_0}$ 図

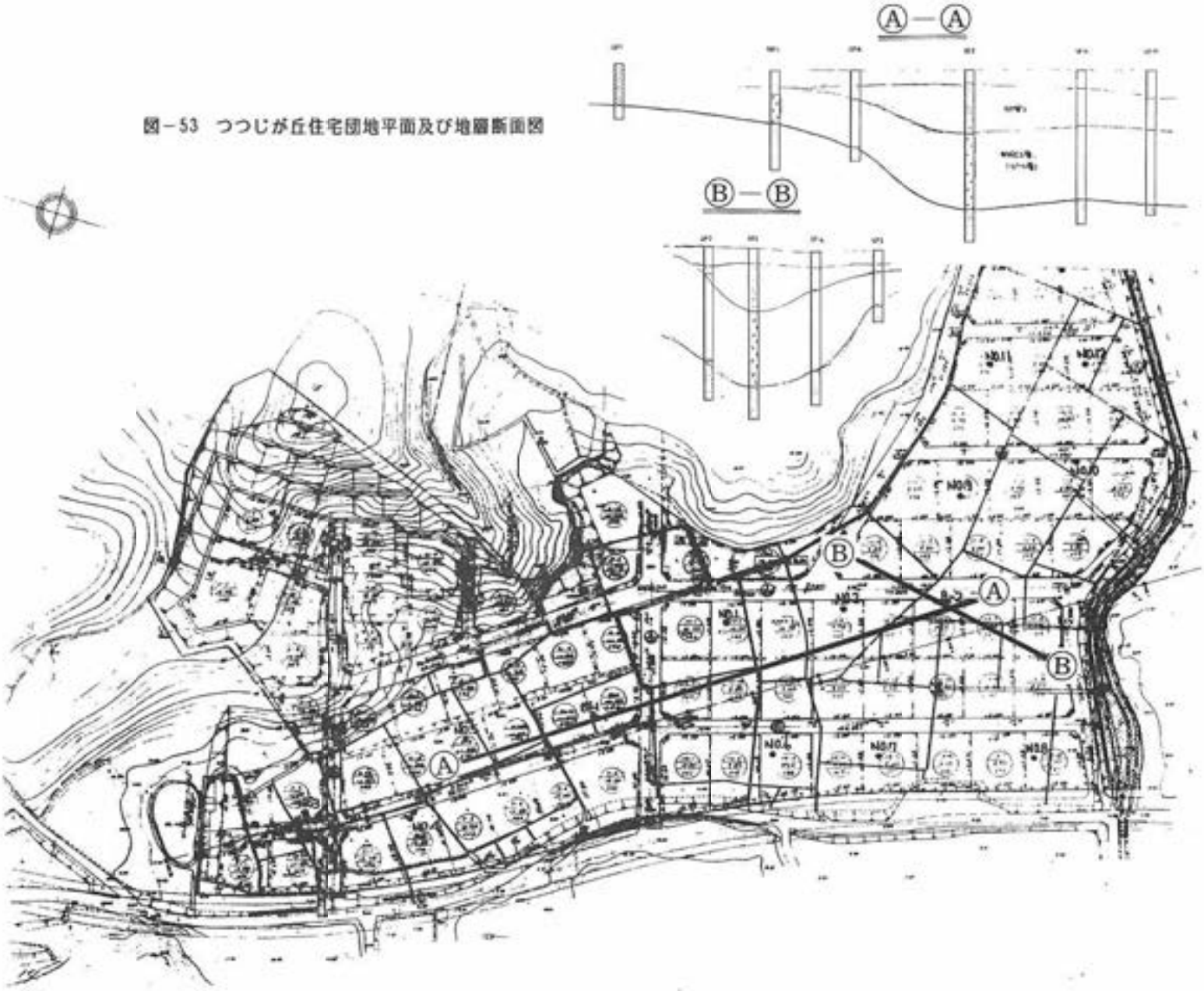


起点日：9月28日

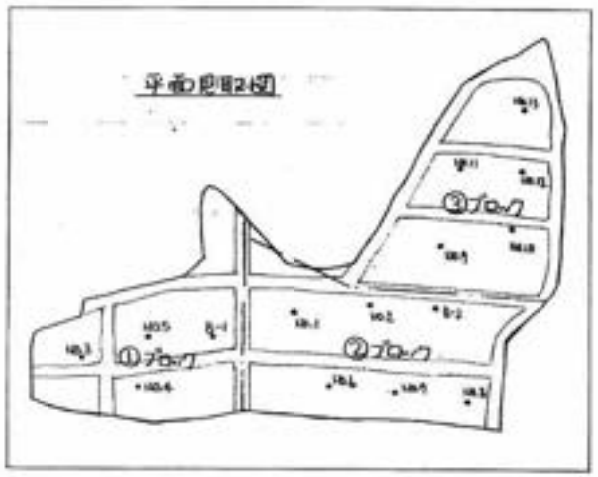
最終沈下量　$S_f = 145.4 + \frac{1}{0.0095} = 145.4 + 105.1 = 250.5^{cm}$

残留沈下量　$S = 250.5 - 234.0 = 16.5^{cm}$

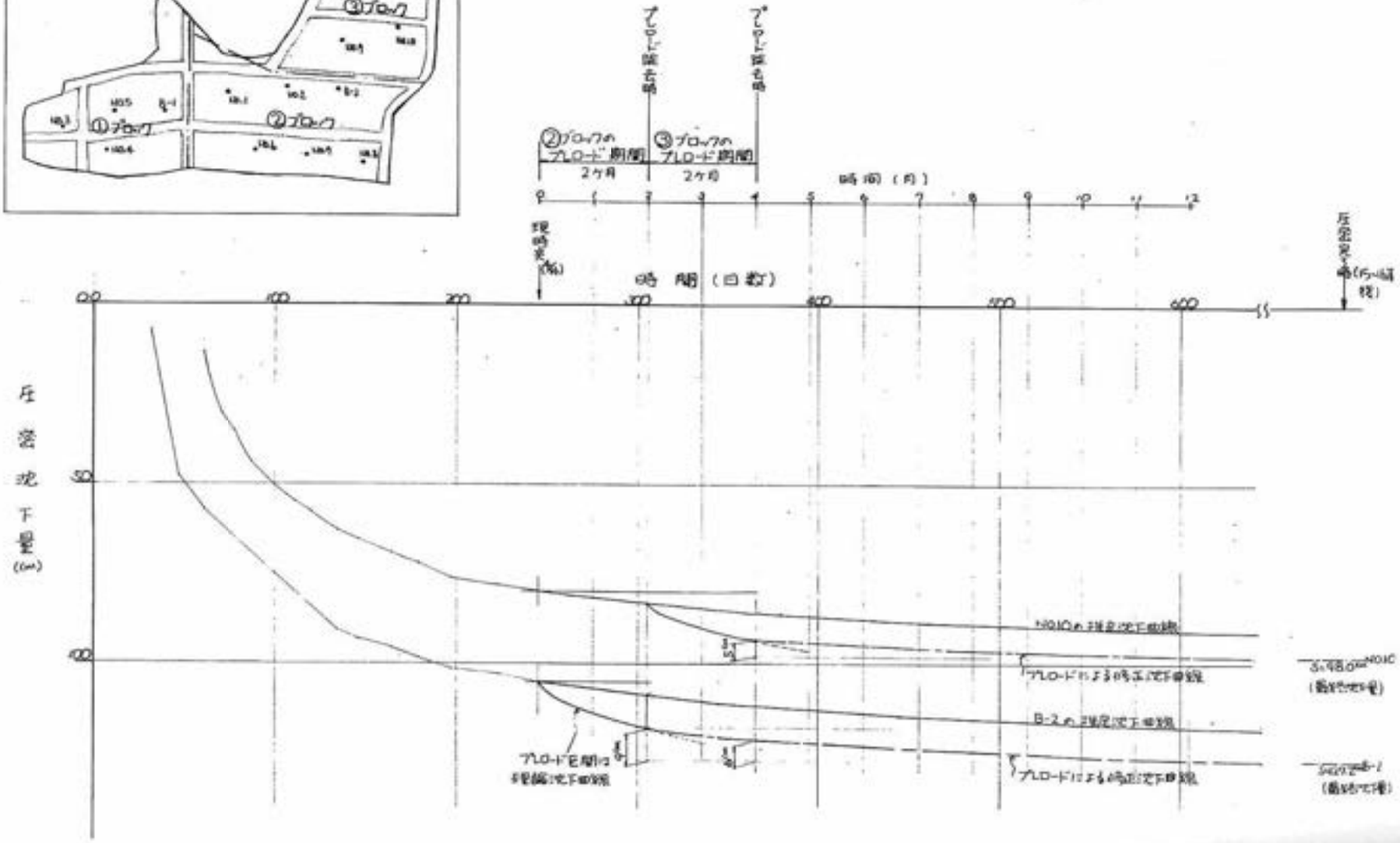
図－53　つつじが丘住宅団地平面及び地層断面図



図－54　つつじが丘住宅団地沈下検討図



沈下量と経過時間の関係図

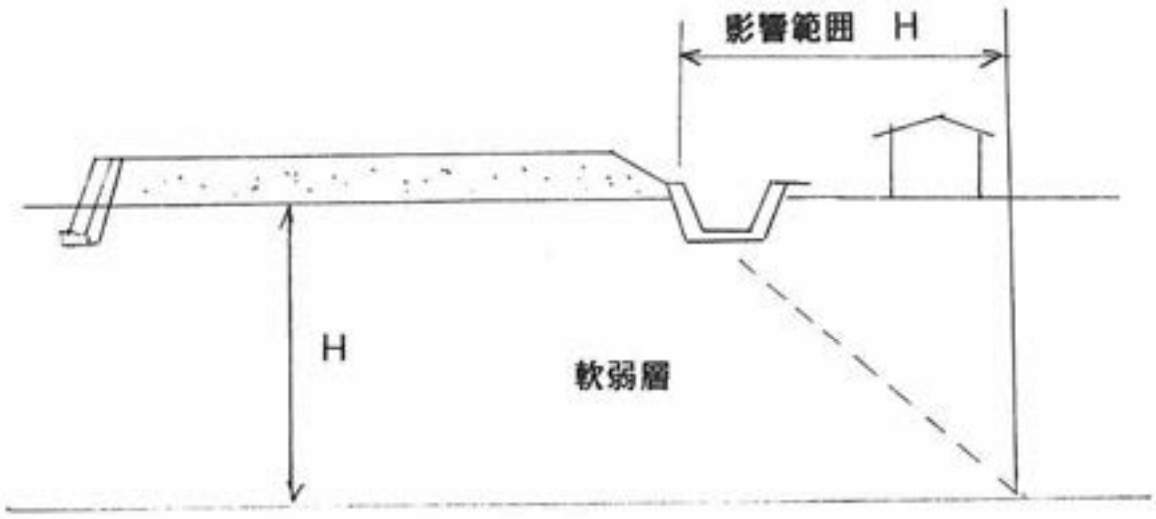


2)沖積平野への広範囲な造成

沖積平野は一般に軟弱層が深く、造成の盛土高は低い（ 1.0m ～ 2.0m ）のが一般的である。

また、学校校舎等構造物は支持層までの杭基礎とし、校舎以外は運動場として使用する場合が多いため、沈下量はあまり問題にならない。

また宅地造成の場合も比較的均一地盤であるため等沈下となり問題はない。



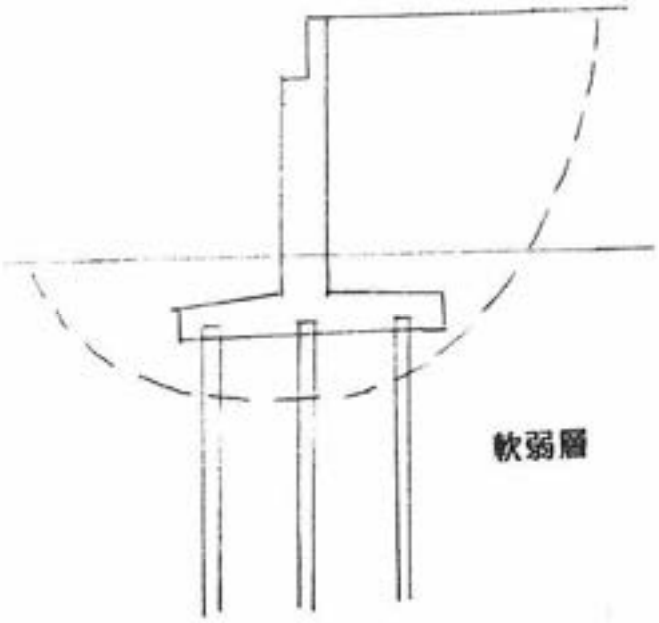
図－55　軟弱地盤上への広い盛土

しかし、盛土範囲が広く、且つ軟弱層が深いことは、周辺に与える影響が大きいため、1)周辺の人家への沈下、2)埋立周辺の水路・擁壁等の構造物について十分考慮しておく必要がある。

3-2-3　橋台等への影響

軟弱地盤への高盛土箇所に橋台が計画されている場合には、橋軸方向へすべり力が働き、橋台が前面へ移動し上部工が架設出来ない様な場合もある。

橋軸方向へのすべりに対する安全率を求めＦｓ ＜ 1.2の場合には、何らかの対策が必要である。道路橋示方書には、偏荷重を受ける基礎として次の様に記述されている。



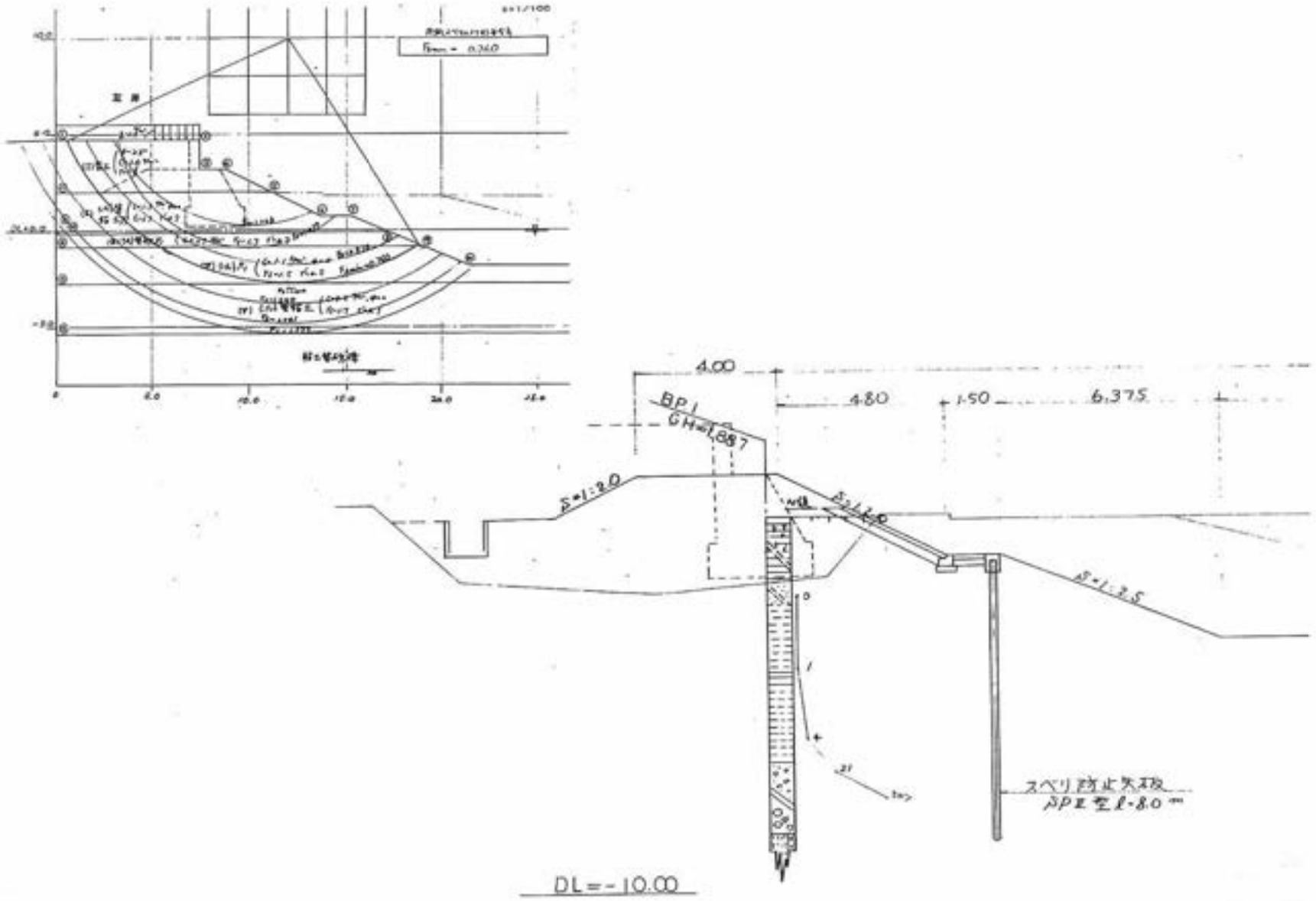
図－56　軟弱層への杭工法

> 常時偏荷重を受ける基礎で、側方移動のおそれのある場合は、その影響について検討しなければならない。

写真－６

写真－６は橋台が前面へ押し出された状況を示す。

橋台と主桁が密着し、承は破壊している。また、図－57は側方移動を検討し、矢板工法を採用した例である。

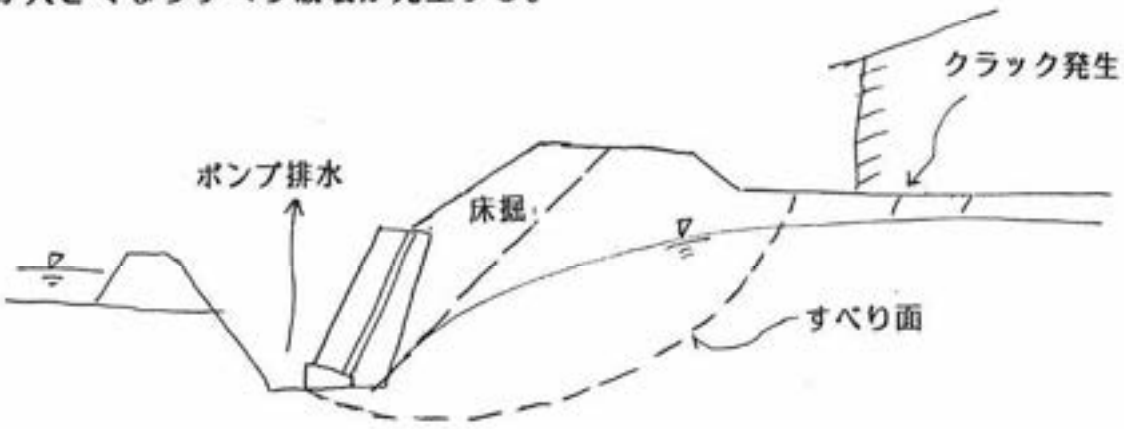


図－57　朝酌川筋嵩見橋の側方流動対策（矢板工）図

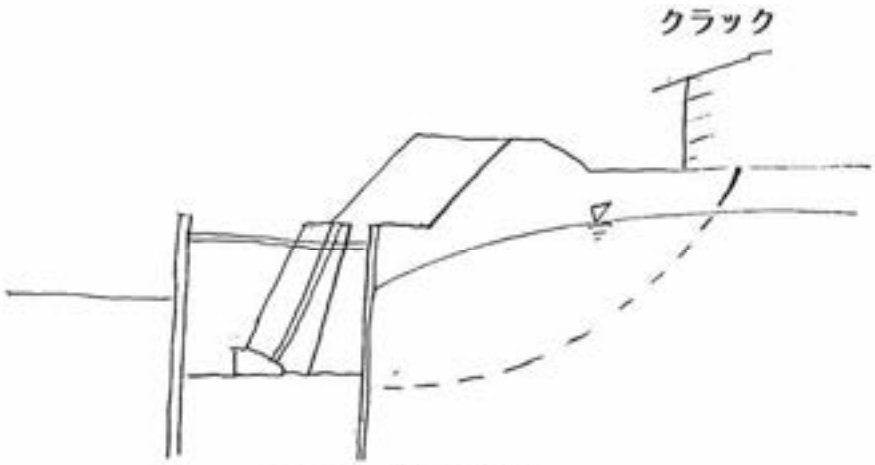
3-3　掘削の安定と周辺への影響

3-3-1　河川の掘削

3-1-1河川構造物の項と重複するが、図の様に河川の護岸を設置する際に床掘時が安定上最も危険となる。掘削底面はポンプにより水替を行う為、背面の残留水位との差が大きくなりすべり破壊が発生する。



図－58　河川護岸掘削



図－59　矢板締切工

事前に安定解析を行って、工事に着手する必要がある。

一般にすべり対策としては、矢板による締切工を行うが、締切の諸条件により変形が大きい場合には、背面の相当離れた位置にクラックが発生することがある。矢板の変形については、一応計算により求めることは出来るが、背面にクラックが発生するかどうかは計算では判断出来ない。

矢板設計の安全性を高めることで対処しなければならない。同時に施工にあたって伸縮計を設置し、変形をチェックする必要がある。

図－60、図－61は、軟弱地盤で人家に隣接する護岸の施工実例である。

いづれも護岸の背面に人家が連担しており、人家に被害を与えない為、変形を極力少なくする為の工法である。

一般図

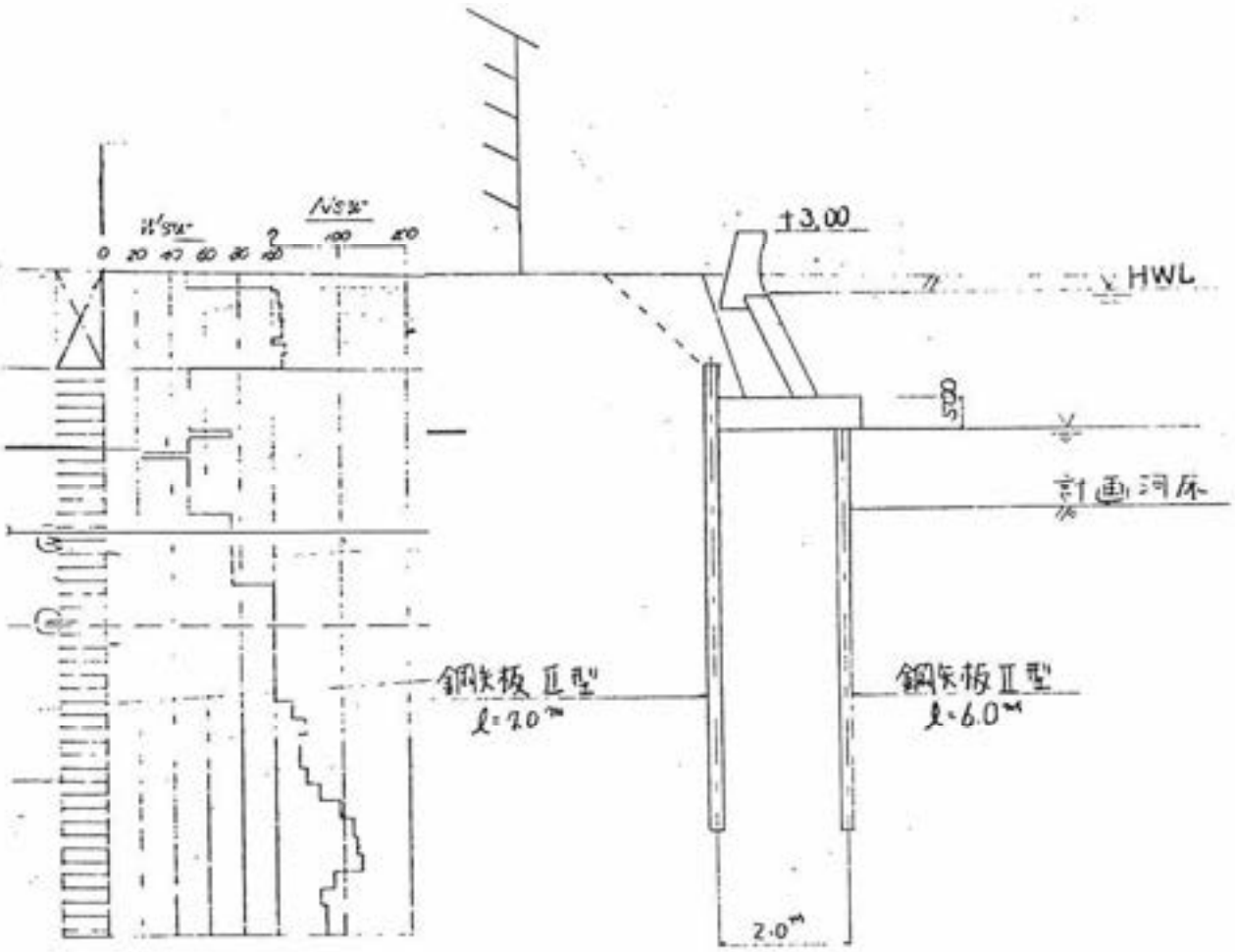
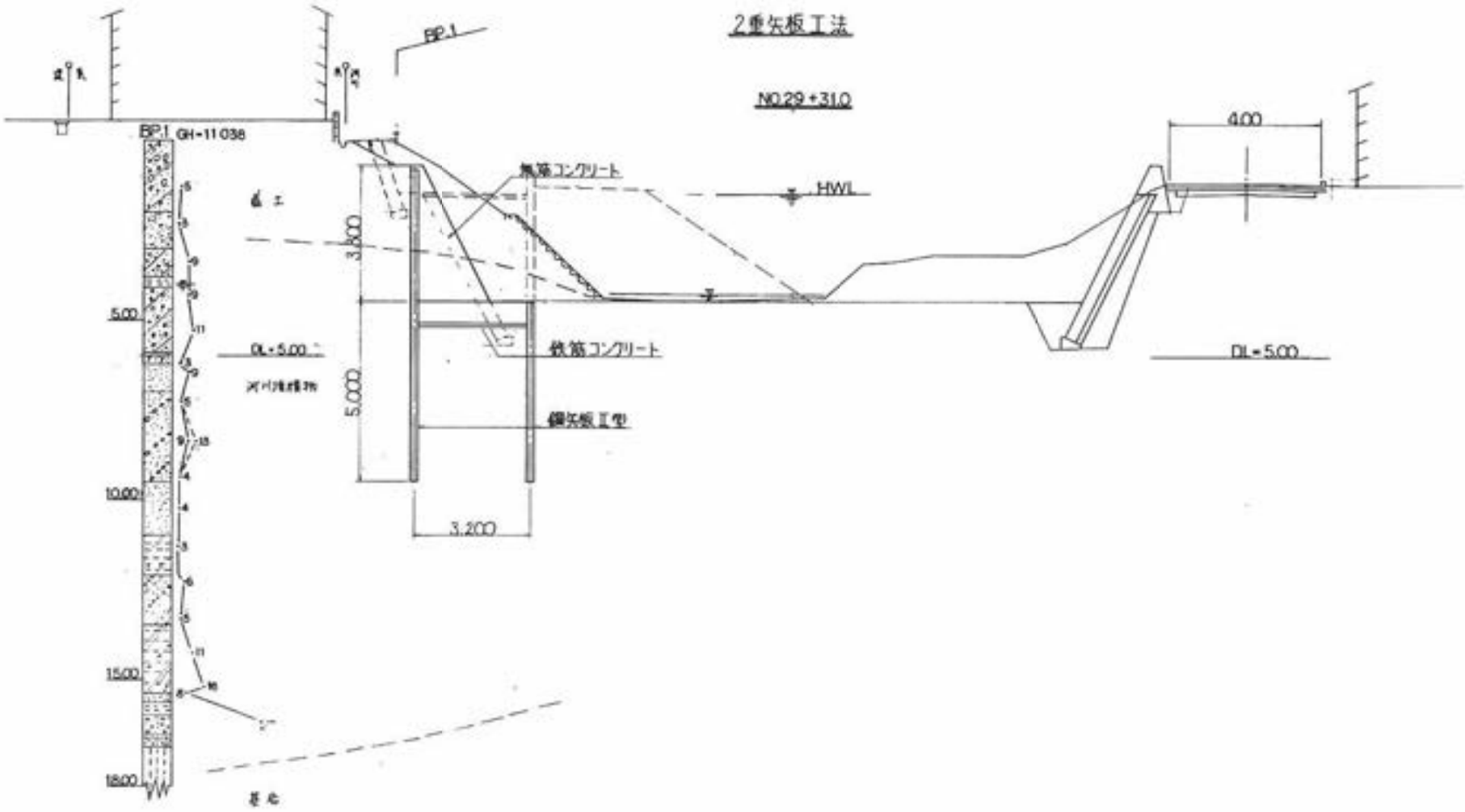


図--60　潮川護岸工法


2重矢板工法
NO.29+31.0
BP.1
BP.1 GH-11.038
無筋コンクリート
HWL
4.00
3.600
5.000
5.00
10.00
15.00
18.00
O.L=5.00
DL=5.00
鉄筋コンクリート
鋼矢板工型
3.200

図－61　福光川護岸工法

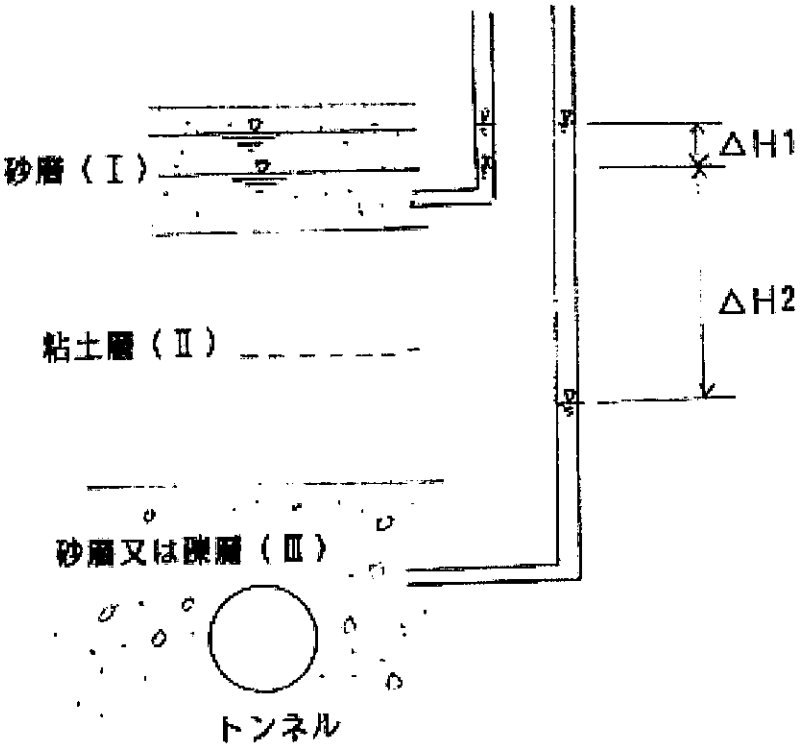
3-3-2　トンネルの掘削

近年、下水道事業の進展に伴い沖積層の軟弱地盤内にシールド等によりトンネルを掘削することも多くなってきた。

この場合、上部に砂層（Ⅰ）があり、次いで粘土層（Ⅱ）があり、その下に砂層または礫または透水性の良い岩盤（Ⅲ）がある場合で、（Ⅲ）層にトンネルを掘削する場合には特に注意を要する。　即ちトンネルへの漏水により図の様に（Ⅰ）層、（Ⅲ）層の水頭が低下し、中間の粘土層（Ⅱ）はこの水頭差分（$\Delta H_1 \cdot \gamma_w + \frac{\Delta H_2}{2} \gamma_w$）の有効応力が増大することにより圧密沈下が発生する。

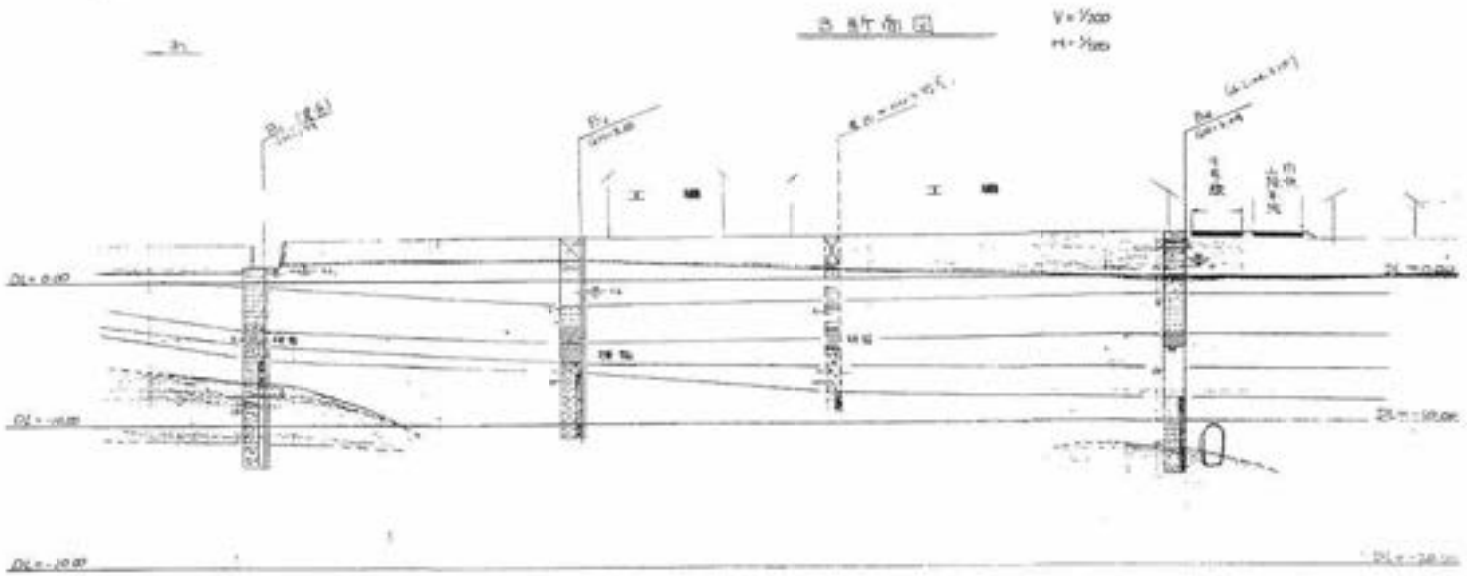
漏水の程度、下部砂層の透水性及び粘土層の圧密特性と厚さ等により、沈下量及び沈下範囲が決まるが、実例では半径２００mにわたり沈下を発生した事もあり、注意を要する。

特に、下水道は都心部の人家連担部に多く、重大な被害が考えられるため、慎重な検討が必要である。図－63、64は下水道工事における地層状況と地下水変動の状況図である。上部砂層と下部砂礫層の水位差のあるところで、広範囲に沈下現象が見られ被害を受けた。



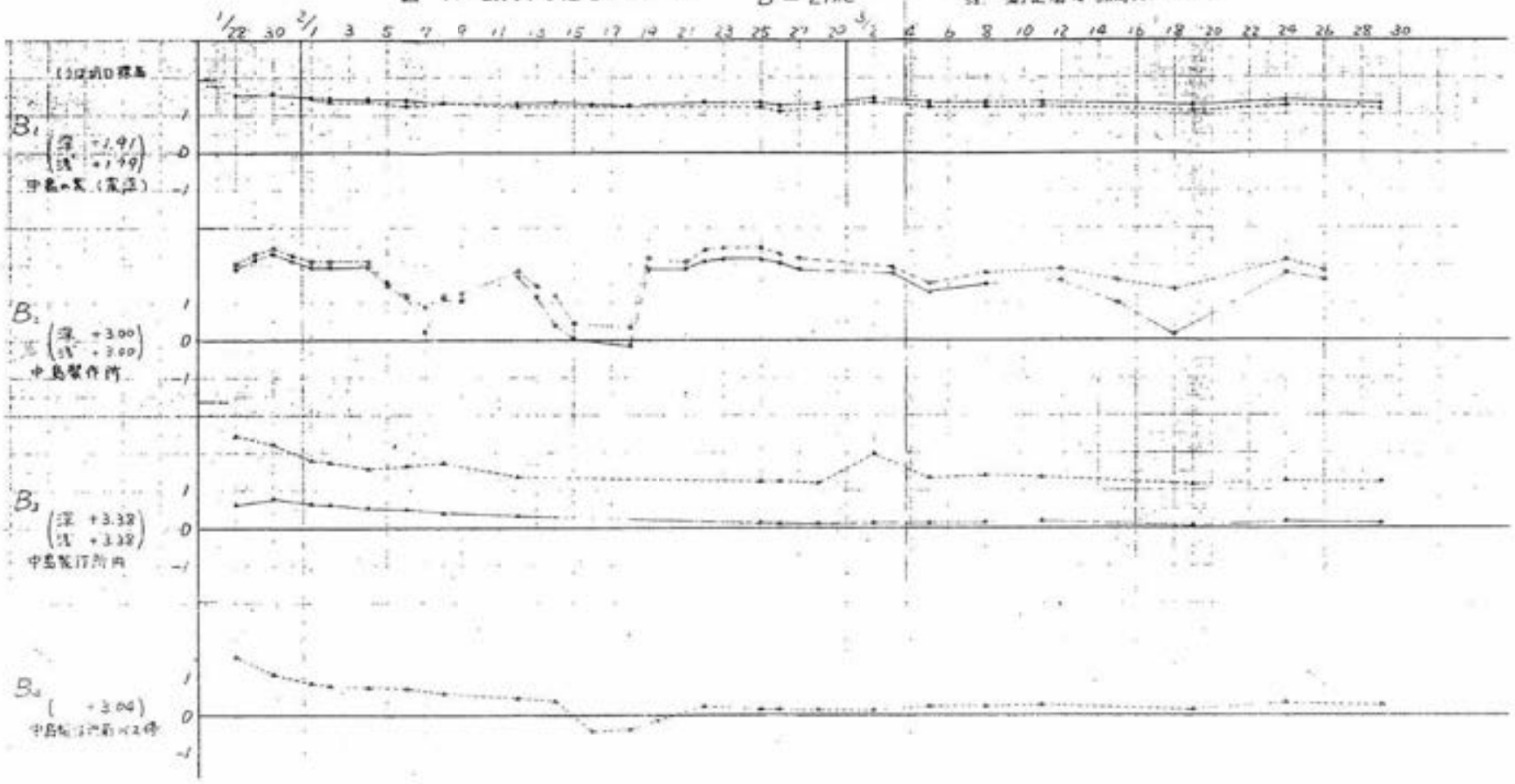
図－62　地下水低下の概念図

図－63　公共下水道（松江市）地質断面図



凡　例

現　世		現世堆積層（含盛土）
沖積世		粘土、シルト、砂層（軟弱層）
洪積世		硬質粘土層
		砂礫層（粘土混り）
新第三紀中新世～鮮新世		砂岩、泥岩、頁岩互層
		凝灰岩
		玄武岩

図－64　公共下水道地下水変動図　B－Line

注．測定値は標高表示である。