

表面変位などの計測は、基準点をベースとして変位計測を行うことが一般的であるが、地震などにより基準点自体が変位している例が発生しており、基準点についても1回／年程度のチェックが必要である。

監査廊等に設置されている圧力（ブルドン）ゲージなどは、さびなどの腐食、ゲージに内蔵されているバネのへたりなどが発生する。また、外観からの故障などが見つけにくい。このため、数年に一度テストポンプにて、動作確認を行うことが望ましい。日常点検において良好な状態にあるか確認が必要である。

オ ダム本体等が定常状態に移行し安定性が確認された際には、ダム設置者は計器の老朽化のタイミングで計測の必要性検討などを行い、管理の合理化を図る必要がある。

前回測定値と現場で比較した際、その差が大きい場合は再度計測を行い、同程度の値が測定されるか確認することにより、計測値の信頼度を高めるよう努める必要がある。

フィルダムの主な計測項目は、浸透水（浸透量、水温、濁度、水質）及び変形（鉛直、水平移動量）である。

(引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書「フィルダム編」平成15年4月改定P. II-358 より引用)

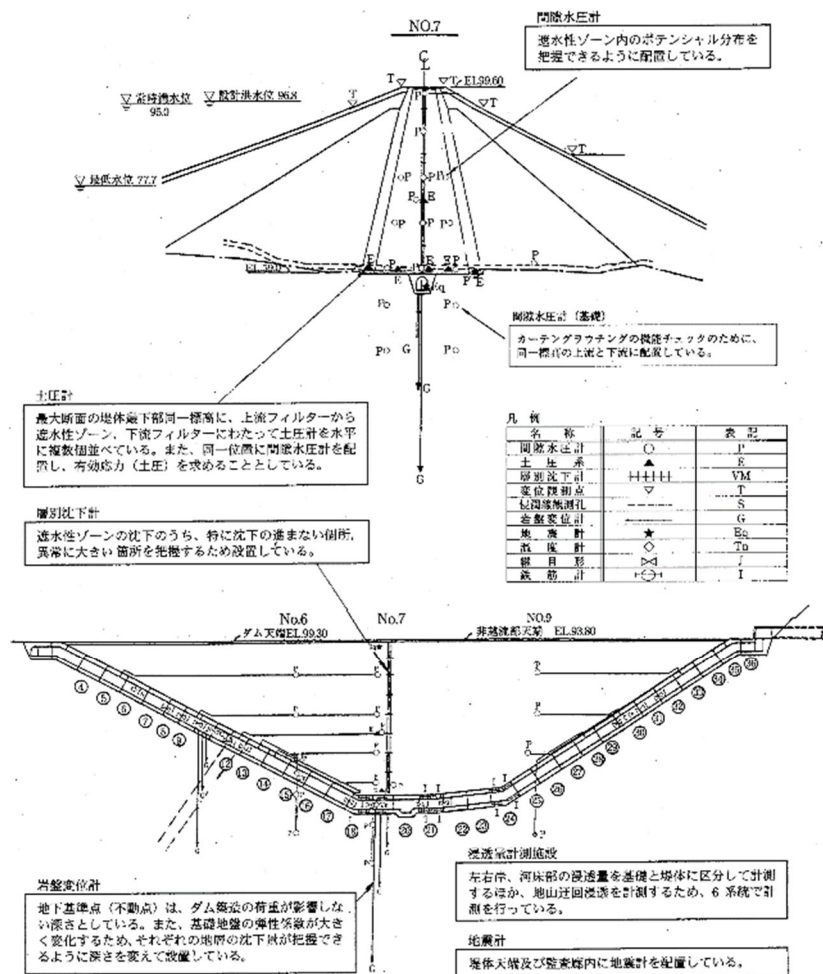


図-7.6 中心遮水ゾーン型フィルダムの計器配置事例

(引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-358より引用)

## (2) 浸透水

フィルダムの浸透水は、浸透量・濁度などダム施設の遮水機能を評価する上で重要な監視項目であり、日常はもとより地震時においては特に重視すべき項目である。

浸透水は、一般的に河床ドレーンから堤体下流に設けられた浸透量測定室に導水され、河床ドレーンには①堤体からの浸透水、②基礎の浅い部分を流れる浸透水、③地山の湧水、④地表水(沢水)、⑤堤体下流面の降雨が流入することから、これらを合計したものを計測することとなるが、このうち、ダムの遮水機能の評価では、①と②が重要であり、大規模なダムにおいてはドレーンを河床、左右岸などに分離計測しているものもある。

ダムの水理的安定性を評価する上では、貯水位の上昇・下降に伴う浸透量の挙動を把握することが重要である。また、浸透量の計測では、堤体及び基礎地盤に発生している異常を、浸透量の急増や濁りといった特異挙動として把握することが可能である。

浸透量は、図-7.7の事例に示すように、堤体及び基礎地盤からの浸透水をそれぞれ河床ドレ

ーン、地山ドレーン等により区分して堤体下流部に設置する浸透量測定室まで導水し、三角堰によって計測する。

浸透水の計測においては、浸透量の計測と併せて、水温、濁度、水質を計測することにより、供給源の推定に有効な情報となる。

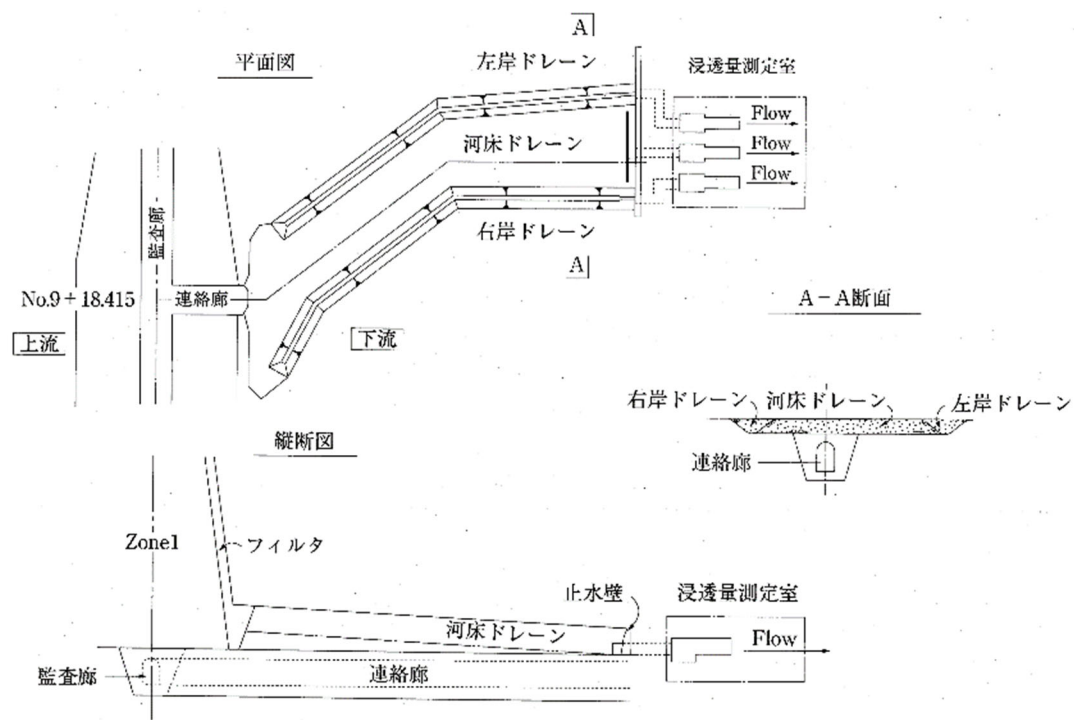


図-7.7 浸透量測定室の配置事例

(引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-372)

## ア 浸透量の計測

浸透量は、三角堰の越流水深より流量を評価することから、三角堰直上流部に整流板を設け、流況の安定や過度の流速の消失を行う必要がある。また三角堰からの流下は十分なナップ形状（自由落下の流況）を呈していることを確認する必要がある。

三角堰による流量測定は、ミリ単位の越流水深差により浸透量が大きく異なることから自動計測においては、定期的に「手計りによる信頼性の確認」や「目視点検」を行う必要がある。この際、三角堰のナイフエッジ部への遊離石灰などの異物が付着したり、水槽内及び上下流の水路に土砂堆積が確認された場合は、作業日時、状況写真等の記録後、「三角堰ナイフエッジの清掃」、「水槽内堆積物の除去・清掃」を行う必要がある。なお、堆積物の量が徐々に増加している場合などは、堆積物を採取しておく必要があり、併せて、堆積物の性状が明らかでない場合は、土地改良調査管理事務所等の技術職員へ相談するものとする。

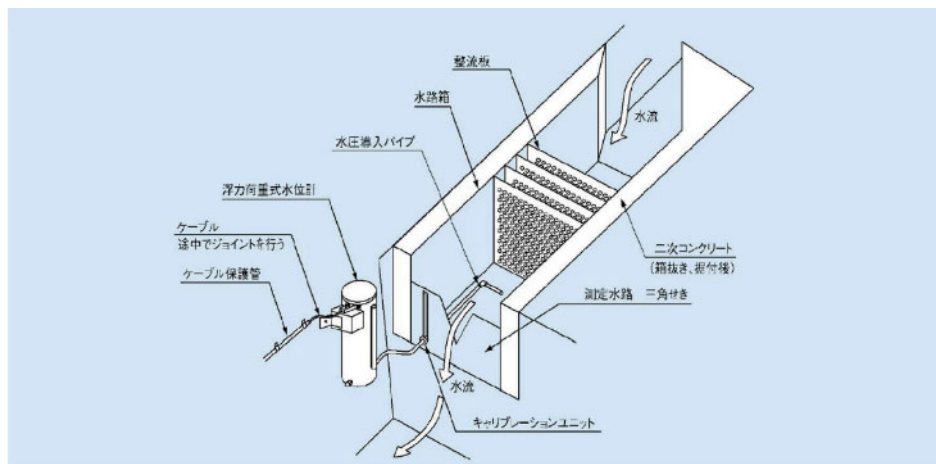


図-7.8 三角堰の例

(引用文献：農業用ダム機能診断マニュアル 計測データ管理用—土地改良区等の職員向け—、  
平成31年3月、P. 5)

堤体からの貯水の浸透水以外の水を含んで計測している場合は、堤体からの貯水の浸透量を推定する作業として、重回帰分析などにより雨水等の影響を排除する作業が行われる。

浸透量は、通常直角三角堰の水位で流量に換算して計測する。浸透量計測は、浸透量、水温、濁度、水質等を併せて計測することにより異常時の判定として有効である。図-7.9 に貯水位及び降雨量と浸透量の関係を示す。

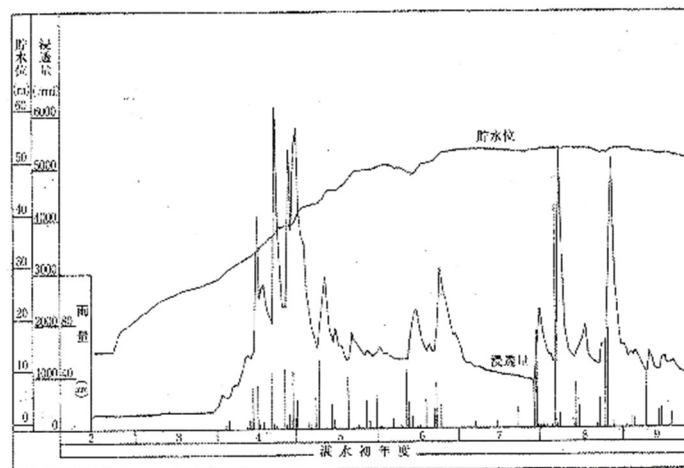


図-7.9 貯水位及び降雨量と計測された浸透量関係図

フィルダム浸透量の安全性評価は、管理基準値が設定されている場合には、基本的にその値を用いて行うが、経年的に増減している場合などは、定期的に検証を行い、管理基準値の見直しの必要性を判断する。浸透量の管理手法等については「農業用ダム機能診断マニュアル 計測データ分析用 土地改良調査管理事務所等の技術職員向け」が整備されているので

参考とされたい。

#### イ 浸透水温の計測

浸透水の水温変化は浸透水経路や、経路の浸透量変化を推定する際の情報として有効である。自動計測がされている場合は、定期的に手ばかりによる信頼性の確認が必要である。

#### ウ 濁度の計測

濁度は、堤体材料の流亡等を評価する上で重要な計測項目である。

濁度の計測は、遮水機能評価の一つとして用いられる。計測方法は目視によるものと濁度計などセンサーによる自動計測がある。濁度計による自動計測の場合には、センサー部の汚れによる計測値異常等が発生することから定期的に検定を行わなければならない。また、堤体からの土粒子の流亡の有無を評価するため、三角堰上流の水槽内には底面にステンレス板や白色の塩ビ板等を敷いて土粒子の目視確認が容易となるようにしておくことが望ましい。土粒子の堆積物状況を写真等に記録後、必要に応じて堆積物の性状を把握するため、堆積物を採取する。その上で定期的に堆積物の除去を行う必要がある。

#### エ 水質の調査

管理値以上の浸透量が増加した場合などにおいて、浸透水の水質はその起原などを推定する上での有効な情報となる。水質の確認方法としては溶存イオン総量を確認する「電気伝導率（電気伝導度）」計測、溶存している各イオン量を確認する「イオン分析」がある。イオン分析を頻繁に実施することは困難なため、日常管理においては電気伝導率による管理が一般的である。想定以上の浸透量が確認された場合において、その起原などの詳細検討を行うに際して各溶存イオン量の変化を評価することもあることから施工時、試験湛水時などのイオン分析と分析項目を合わせることが肝要である。

水質調査箇所は、貯水池、下流河川、リム地下水観測孔、浸透流観測孔、浸透流等について行う。

水質調査項目は、電気伝導率、pH、イオン分析（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ ）、ラドン等の放射性同位体などがある。このほか上流に人家等が位置する場合には、硝酸イオン（ $\text{NO}_3^-$ ）が有効な指標となりうる。

### (3) 変形

堤体及び基礎地盤の変位について計測を行い、経年的な変位の収束傾向や貯水圧との関係、地震時の変位など不安定化が懸念されるような変位が発生していないかなどに着目した評価を行う。

#### ア 表面変位

表面変位は、代表的な計測対象断面を設定し、上流側1点、天端1点、下流側2点及び左右岸頂部各1点を最低計測する。計測基準点の無い場合は、あらかじめ設置することが望ましい。なお、対象断面として最大断面を選定することが一般的であるが、特に監視が必要な箇所がある場合は、その箇所を計測箇所に追加する等の検討を行う。

堤体に視準点（コンクリートブロック）を設け、左右岸固定点からの見通し測量（視準測

量) や、レベル・トランシットによる沈下・水平変位測量、トータルステーションによる自動計測が行われている。近年はGNSS (GPS, GLONASS 等の衛星測位システムの総称) による測量が行われつつある。

測量の信頼性を確保するため、1回/年程度測量の基準となる基準点の移動の有無の確認が重要である。

また、計測値は計測方法により精度が異なることから、計測結果の評価に際しては測量方法による許容誤差を考慮する必要がある。

#### 【参 考】堤体表面変位の整理方法と評価

下記に供用期間中のトランシット・レベル測量による表面変位測量整理事例を示す。

水平変位は、最大断面堤趾部に向かった変位を示すことが一般的である。

鉛直変位は、最大断面で最も圧密沈下が大きくなり経時と共に収束傾向を示すが、圧密沈下は10年以上に及ぶ場合もある。

法面中間部に特異なはらみ出しや、異常な沈下など通常と異なる傾向が確認された場合は、視準点の変位や測量の信頼性を確認するとともに、土地改良調査管理事務所等の技術職員などに連絡する必要がある。

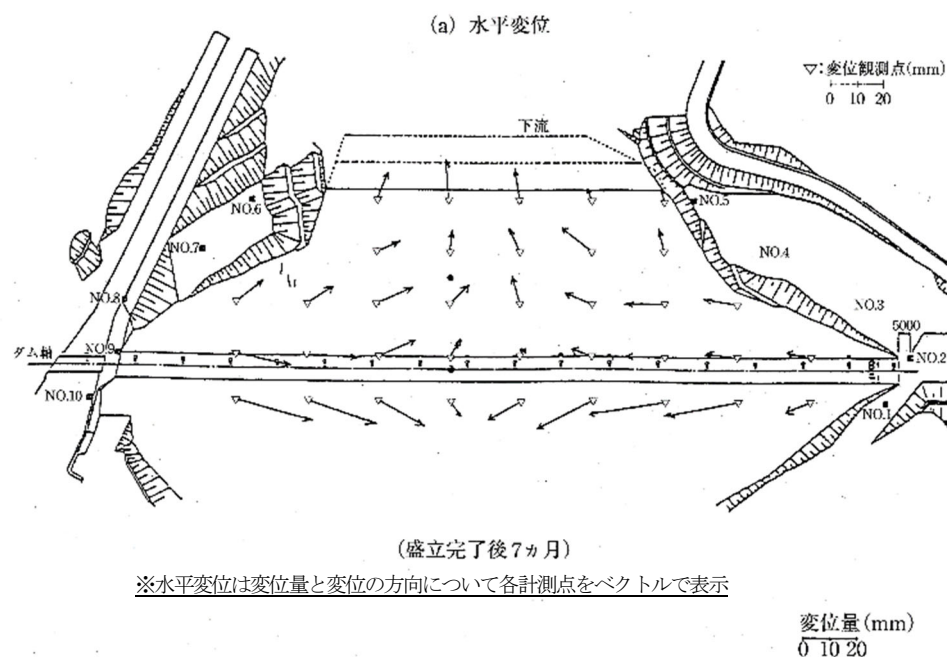
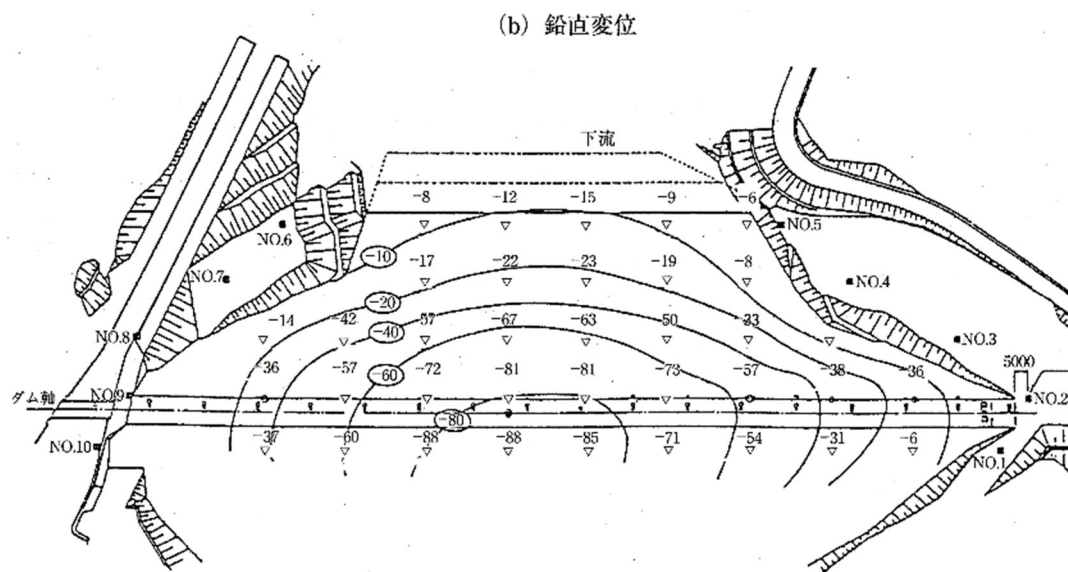


図-7. 参1(1) 表面変位分布図 (水平変位)

(引用文献: 土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-364)



(盛立完了後7ヵ月)

※鉛直変位 (沈下) は同じ沈下量を線で結んだコンターで表示

図-7. 参1(2) 表面変位分布図 (鉛直変位)

(引用文献: 土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-364)

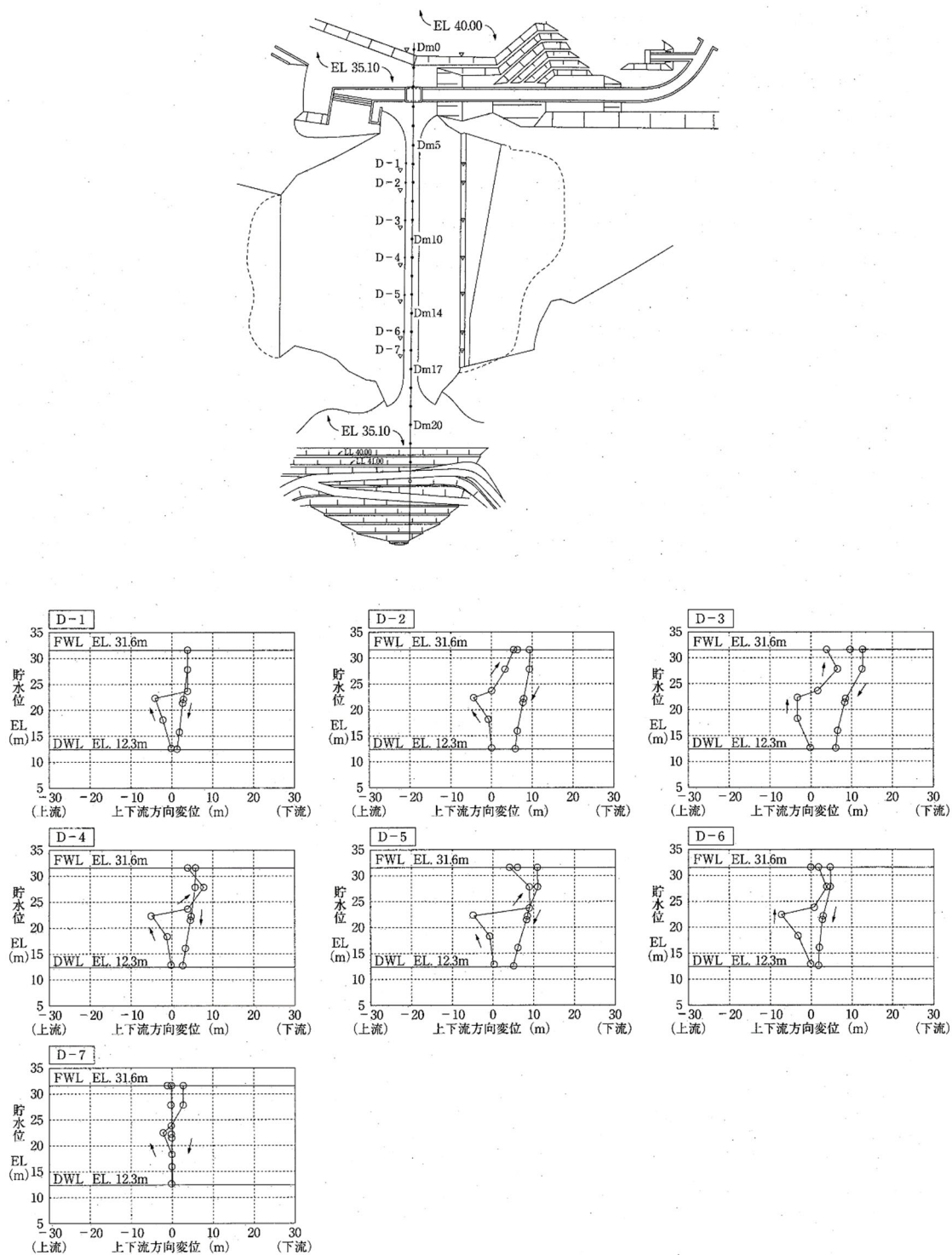


図-7. 参2 貯水位-表面変位の関係図

(引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-365)

## イ 層別沈下

層別沈下は、堤体内部に5m 程度ごとにクロスアームを設置した層別沈下計により計測される。

沈下量はクロスアームの位置を計測することにより深さごとの沈下量を確認するものであり、主に圧密沈下が発生する遮水ゾーンに施工時に埋設され、計測が開始される（構造や計測法等の詳細は、「土地改良事業計画基準設計「ダム」技術書〔フィルダム〕」P. II-366 参照）。

供用期間中の沈下量算定は、管頭標高を基準とすることから、1回／年程度は管頭標高の確認が必要である。

計測方法の特性上誤差が大きい計器であるが、地震時の堤頂部沈下における被災状況評価や堤体内間隙水圧計測定値の補完データとなることから、可能な限り定期的な長期間の計測が望ましい。

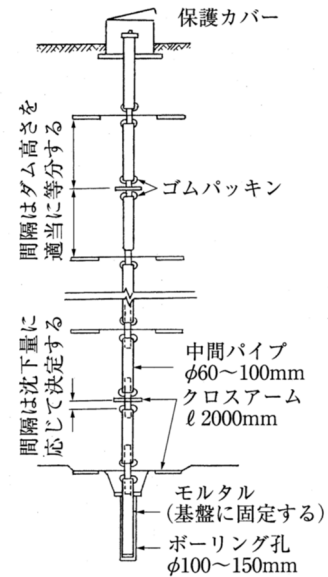
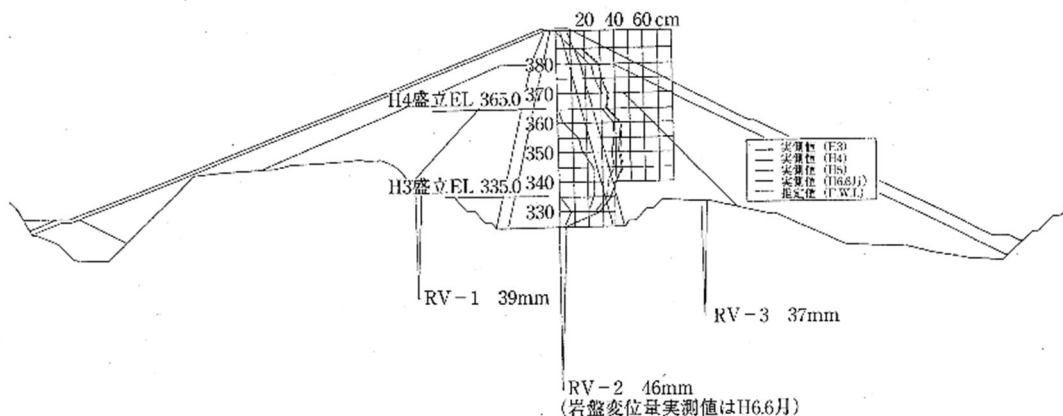


図-7.10-1 層別沈下計概要図

（引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕平成15年4月改定P. II-366）



- \* 縦軸を堤体横断面図又は縦断面図と併合させたクロスアームの初期標高とし、それに対する変位を横軸にプロットする。同一測定日の各沈下量を結ぶと、ダム中央付近では最大となる。また、基礎地盤も沈下することから、計器固定端も「0cm」とはならない。

図-7.10-2 標高-層別沈下量図

（引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕平成15年4月改定P. II-368）

## ウ 岩盤変位

岩盤変位計は、盛立及び貯水による基礎地盤の変位状況を把握するために設置する。岩盤変位には、①築堤荷重による基礎地盤の鉛直変位を計測する岩盤圧縮変位計、②破碎帯とそれ以外での相対的な鉛直変位差を計測する着岩面相对変位計、③アバットメント部での堤体盛土と岩盤面との変位差を計測する着岩面すべり変位計があるが、一般的に岩盤変位計と呼

んでいるのは①の岩盤圧縮変位計（以下、「岩盤変位計」という）である。

岩盤変位計は、ボーリング孔を利用してロッドの先端を孔底に固定し、固定端と基礎地盤面の間の合計変位を計測する。また、地層別の変位量を把握するため、固定部の深度を変えて数本設置する場合もある。

基礎地盤の変位は、長期にわたりクリープ変形を示し、時間の経過とともに変位量が収束していくのが一般的である。しかし、変位量が収束しないような場合は、基礎地盤内に異常が発生している可能性があるため、浸透量、間隙水等の挙動とのクロスチェックを行い、堤体の安全性を検証する。

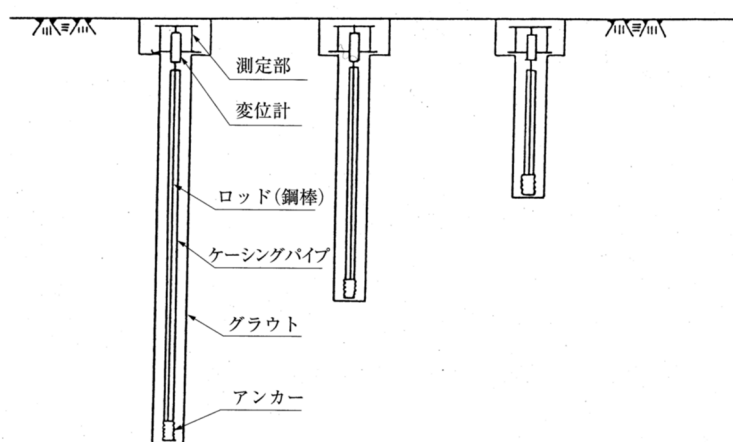


図-7.11 岩盤変位計の概要図

（引用文献：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書[フィルダム編]平成15年4月改定P. II-369)

#### (4) 浸潤線

浸潤線は、堤体の遮水機能や安定性、定常状態への移行状態を評価する上で重要な計測項目である。

浸潤線は、一般的にアースフィルダムの場合は浸潤線観測孔、ロックフィルダムの場合は間隙水圧計測定値により評価される。

設計時の安定計算に用いられた浸潤線よりも高い状況や地震時における急激な変化が確認された場合は、堤体に何らかの懸念材料が考えられることから土地改良調査管理事務所の技術職員等に連絡する必要がある。

特に、アースフィルダムにおいて下流法面における浸透水の発生は注意が必要である。

##### ア 浸潤線観測孔

アースフィルダムでは、堤体内に吸出し防止材を巻いた有孔塩ビ管（浸潤線観測孔）を埋設し、計測した孔内水位から推定した堤体内浸潤線の位置が、設計時の浸潤線以下であることを確認することにより、堤体の安定性の評価を行う。

このため、設計時に堤体の安定性を検討している堤体の最大断面に、浸潤線観測孔が設置

される。

浸潤線観測孔の上下流方向への配置は、立上がりドレーンの配置などアースフィルダムでも堤体内のゾーニングがダムごとに異なるが、堤体の下流側において、浸潤線が上昇しないことを確認したい位置に数本配置されることが一般的である（図-7.12 参照）。この孔内水位を計測することにより浸潤線を推定する。

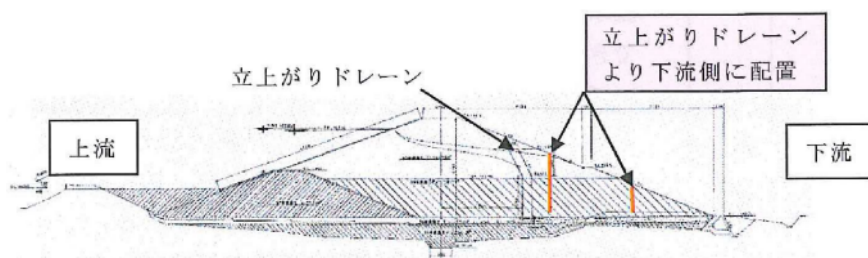


図-a 断面図(立上がりドレーンを有するダム)

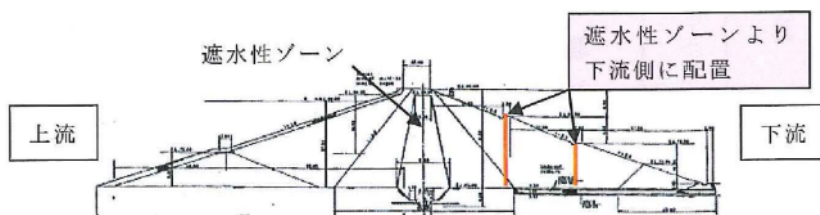


図-b 断面図(遮水性ゾーンを有するダム)

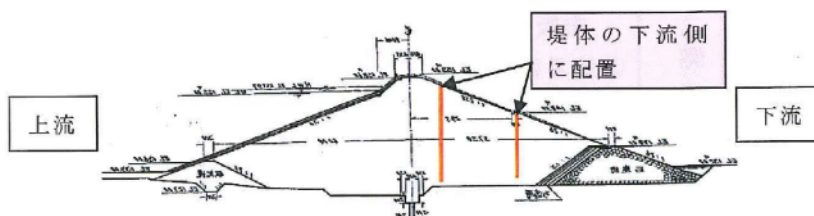


図-c 断面図 (立上がりドレーン、遮水性ゾーンのいずれも有しないダム)

図-7.12 浸潤線観測孔の配置例

(引用文献：浸透量および浸潤線の簡易観測手法による機能診断のための技術資料（案）

—土地改良区等の職員向け— 参考資料編 P. 参考8)

## イ 間隙水圧計

間隙水圧計は堤体内水圧を直接水圧として確認する「循環式」と、水圧をひずみゲージにより電気信号に変換し確認する「ひずみゲージ式」とがある。

### (ア) 循環式間隙水圧計

「循環式」は、落雷の影響が無く、耐用年数も電気式より長いが、正確な間隙水圧を計測するためには、以下の方法により1日程度の時間を費やし、チューブ内のエア抜きを行