

参考資料:「豊川用水初立池耐震対策技術検討委員会資料」(H24.1,水資源機構)

1. 施設概要(基本諸元)

※諸元・写真は日本ダム協会HPより引用

項目	諸元
ダム名	初立(はつたち)池
所在地 (河川名称)	愛知県田原市伊良湖町地内 (豊川水系豊川)
目的/形式	かんがい/アースダム
堤高/堤頂長/堤体積	22.5m/346.5m/250千 m^3
総貯水容量/有効貯水量	1,700千 m^3 /1,600千 m^3
ダム事業者	愛知用水公団(現・水資源機構)
着工/竣工	- /1969



2. 被災の状況(メカニズム): **該当しない**

本ダムは、被災復旧対策ではなく、既設ダムの補強対策として計画されている。

3. 補強工法の検討

<耐震補強工法の基本方針>

- 今回の耐震補強は、L1地震動に対する堤体の安定性確保を目的とする。
また、補強工法の選定は、L2に対して、基礎及び堤体の液状化の低減及び堤体の変形抑制に対する効果も合わせて行うものとする。
- 現堤体の安定性については、H20土質試験結果に基づく安定計算(震度法 $K_h=0.15$)の結果、すべり安全率($F_s \geq 1.2$)を確保できていないことを確認している。

表 2-1-1 堤体法面の安定計算に用いる解析物性値の一覧(底樋断面(STA. 2))

ゾーン区分	飽和密度	湿潤密度	粘着力	内部摩擦角	備考	
	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	c' (kN/m^2)	ϕ' ($^\circ$)		
基礎地盤	Cl ^{※1}	—	—	—	—	
	Dm ^{※1}	—	—	—	—	
	Dt ^{※1}	—	—	—	—	
	Dg1	20.58	19.60	57.9	33.5	第5回委員会資料と同一
	Dc	19.60	19.60 【18.62】	20.0 【24.5】	22.7 【29.1】	変更(H22年三軸圧縮試験結果を反映) 【 】内の数値：第5回委員会資料の値
	Ds	18.62	18.62	32.4	22.5	第5回委員会資料と同一(as層の値)
	Dg2	20.58	19.60	57.9	33.5	第5回委員会資料と同一
堤体	中央不透水部	19.60	19.60	18.6	24.8	第5回委員会資料と同一
	ブランケット・上流側不透水	19.60	18.62	20.6	28.7	第5回委員会資料と同一
	ドレーン	19.60	18.62	2.9	38.5	第5回委員会資料と同一
	上流側透水路、下流側透水路	20.58	20.58	16.7	30.3	第5回委員会資料と同一

表 2-1-2 貯水位および設計水平震度

貯水位条件	浸潤線 EL. (m)			設計 水平震度	設計 対象法面	備考
	OP-2	OP-3	OP-4			
常時満水位 EL. 20.0m	12.15	11.53	6.66	0.15	上流面 下流面	オープンピエゾメーターOP-2, 3, 4 の観測データより、浸潤線を設定した。
中間水位 EL. 9.0m	9.00	9.00	6.66	0.15	上流面	中間水位 EL. 9.0m における OP2, 3, 4 の計測データがないこと、EL. 9.0m が 概ね堤敷標高と一致することより、安全側 を考慮し、堤内水頭ロスを考慮せず、 浸潤線は水平とした。
水位急低下 EL. 20.0m→ EL. 6.0m	12.15	11.53	6.66	0.075	上流面	水位急低下範囲は、既往安定計算と 同様に残留間隙水圧を 100%とした。

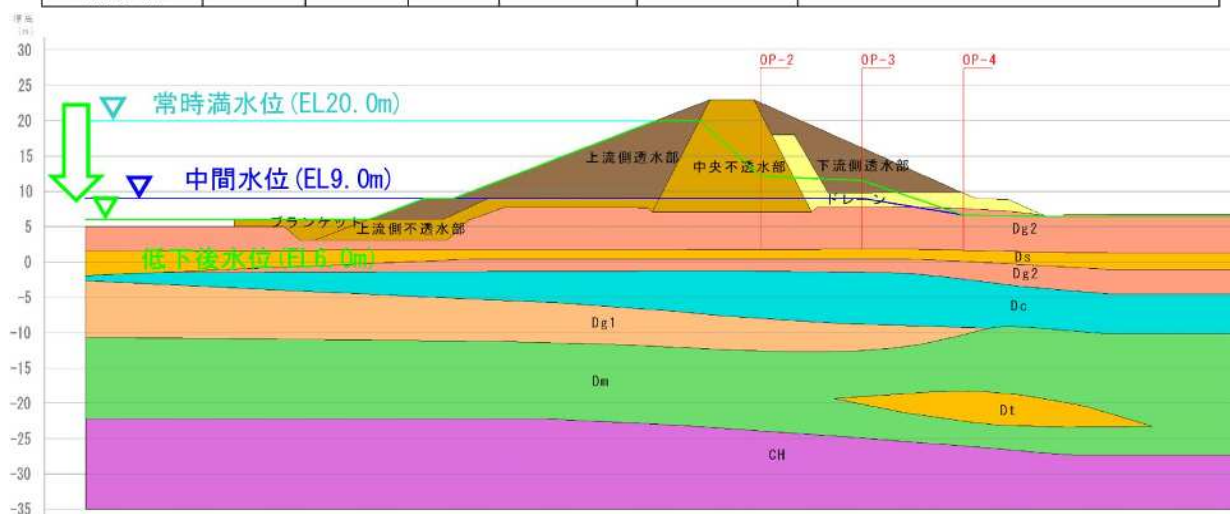
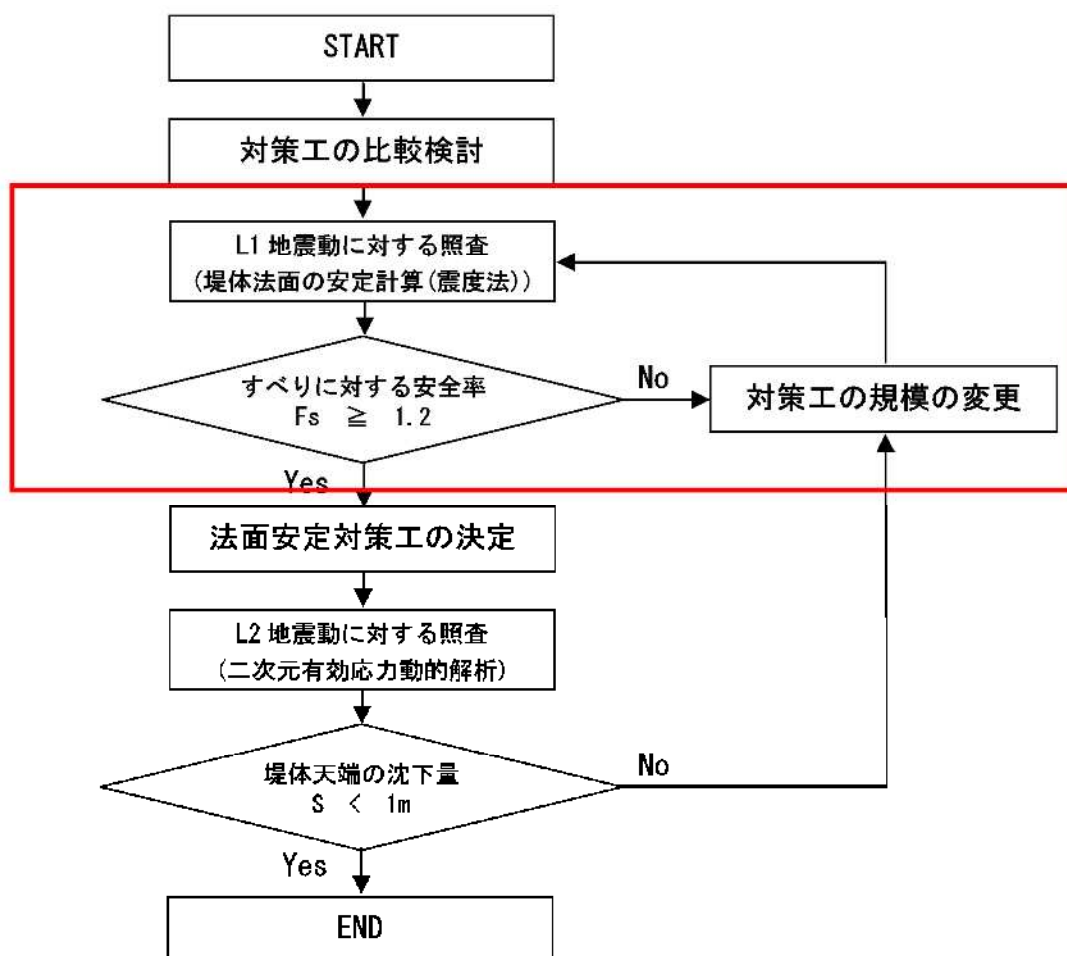


表 2-1-3(a) 安定計算結果一覧(最小安全率計算)

検討ケース(貯水位)	必要 安全率 $p \cdot F_s$	安全率 F_s	抵抗 モーメント M_p ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	起動 モーメント M_o ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	円錐の 半径 R (m)	安定性の照査 $p \cdot F_s < F_s$	備考
常時満水位	上流側	1.2	1.311	233256.0	177963.3	40.24	○
	下流側	1.2	0.935	230925.5	246966.9	33.74	×
中間水位	上流側	1.2	1.153	235813.2	204505.3	35.24	×
	下流側	1.2	1.118	246874.8	220732.1	33.74	×
水位急低下	上流側	1.2	1.011	133765.0	132312.8	30.24	×
	下流側	1.2	1.181	236085.1	199924.9	33.74	×

＜耐震補強工法のフロー＞

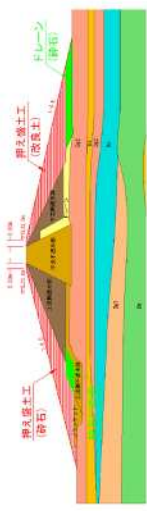
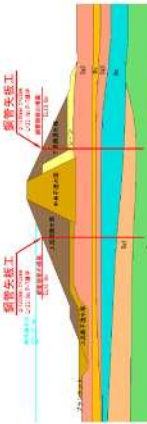
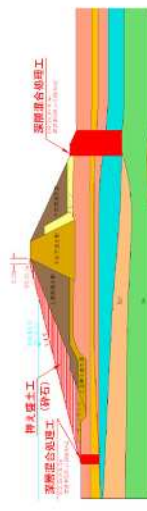


＜耐震補強工法の選定＞

- 一次選定：耐震補強工法の選定にあたっては、既存の補強事例から工法を3つ抽出し、この中から、経済性(直接工事費)から、
 - ・第1案(押え盛土工法)
 を選定した。

- レベル1地震動を対象として決定した対策工について、二次元有効応力動的解析を実施し、レベル2地震時の堤体天端の沈下抑制効果について検証した。その結果、対策工法を満足する工法及び仕様では、全ての案で地震動終了時点での堤体天端の沈下量が1mを超える結果となり、要求される耐震性能を満足することができないことがわかった。したがって、レベル2地震時の液状化による堤体天端の沈下量を抑制する工法を検討することとし、レベル1地震動の対策で検討した第1案(押え盛土)、第2案(鋼管矢板)、第3案(深層混合処理)をもとに、レベル2地震動の耐震性能を満足する形状等について検討を行った。

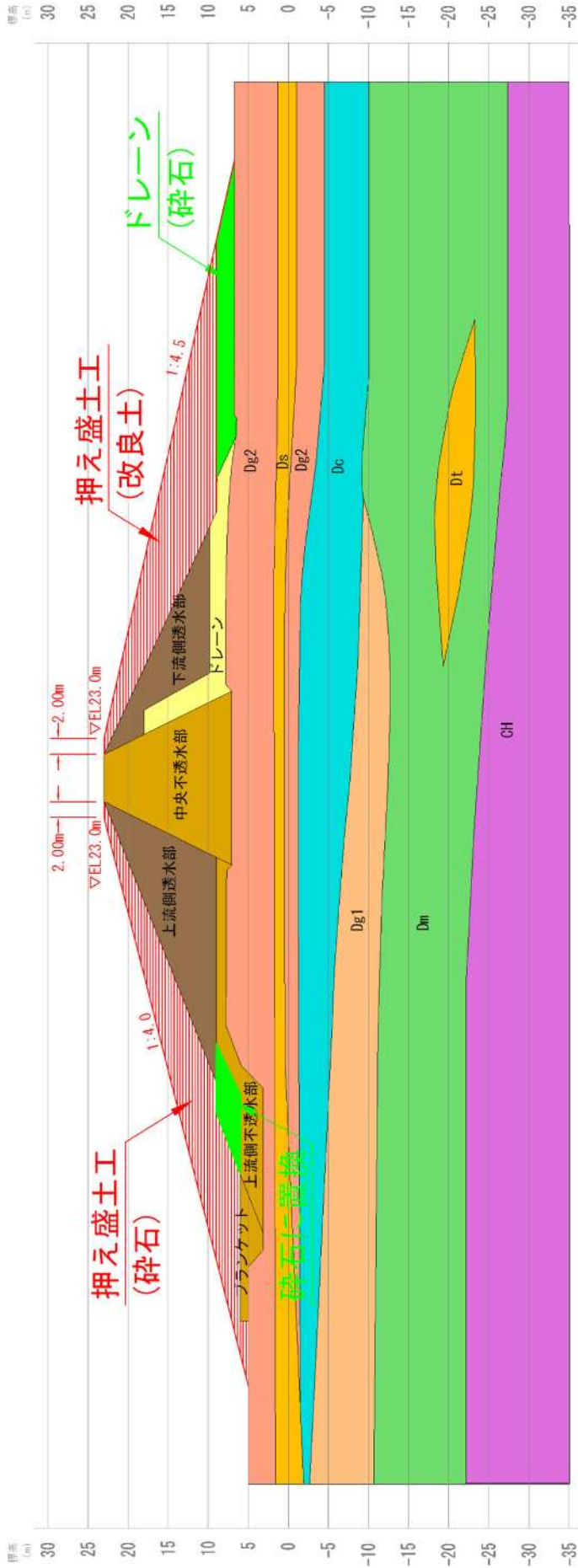
表 5-1(a) レベル1 およびレベル2 地震動に対する対策工法の比較表

工法分類	第1案 押え盛土案(砕石、改良土)	第2案 鋼管矢板案(剛性最大)	第3案 押え盛土(砕石)+深層混合処理工業
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> 上流側は、強度および剛性の高い砕石を行うことで、L1地震時は堤体内および基礎地盤(Dc層)を通るすべりを抑制し、L2地震時は液状化層の変形を抑制する。 下流側は、池敷掘削土の改良土による押え盛土を行うことで、L1地震時は堤体内および基礎地盤(Dc層)を通るすべりを抑制し、L2地震時は液状化層の変形を抑制する。なお、下流側押え盛土の下部は排水工として砕石を用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> 上・下流ともに、堤体中央付近に鋼管矢板を打設することで、L1地震時は堤体内および基礎地盤(Dc層)を通るすべりを抑制し、L2地震時は液状化層の変形を抑制する。 	<ul style="list-style-type: none"> 上流側は、強度および剛性の高い砕石により押え盛土を行うことで、L1地震時は堤体内および基礎地盤(Dc層)を通るすべりを抑制し、L2地震時は液状化層の変形を抑制する。 なお、L2地震時の基礎地盤の側方流動を抑えるために深層混合処理を施す。 下流側は、深層混合処理工により、L1地震時は堤体内および基礎地盤(Dc層)を通るすべりを抑制し、L2地震時は液状化層の変形を抑制する。
施工形状 底層断面(STA.2) (断面図)			
対策仕様 底層断面(STA.2) (仮設は除く)	<ul style="list-style-type: none"> 堤体法原の掘削・置換(砕石)29m²/m 押え盛土(砕石)240m²/m；天端幅2m、法面勾配1:4.0 押え盛土(池敷土+砕石)；天端幅2m、法面勾配1:4.5 ※上部：池敷土の改良土(29m²/m) 下部：砕石によるドレーン(7m²/m) 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管矢板工：φ1200mm、t=22mm、L=33.0m(ドレーン無し) 鋼管矢板工：φ1200mm、t=22mm、L=33.0m(ドレーン無し) 	<ul style="list-style-type: none"> 押え盛土(砕石)240m²/m；天端幅2m、法面勾配1:4.0 深層混合処理工：B=3.3m、H=6.5m、改良率a=50% 改良体の現場における設計基準強度 qu=400kN/m²(粘着力c=200kN/m²) 深層混合処理工：B=9.2m、H=18.4m、改良率a=50% 改良体の現場における設計基準強度 qu=580kN/m²(粘着力c=290kN/m²)
対策効果 底層断面(STA.2) 全体概算 直接工事費 (堤体延長346.5m) (仮設は除く)	<ul style="list-style-type: none"> レベル1地震動：OK レベル2地震動：OK(天端沈下量：地震動終了時0.75m 圧密終了時0.86m) 	<ul style="list-style-type: none"> レベル1地震動：OK レベル2地震動：OK(天端沈下量：地震動終了時0.23m 圧密終了時0.27m) 	<ul style="list-style-type: none"> レベル1地震動：OK レベル2地震動：OK(天端沈下量：地震動終了時0.75m 圧密終了時0.83m)
施工性 (仮設や実現性)	<ul style="list-style-type: none"> 上流側の押え盛土の施工範囲を仮締切りによりドライにする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤がN値の大きい砂礫地盤(Dg2：平均N=37、Dm1：平均N=53)であることから矢板打設時に補助工法が必要である。 鋼管矢板工の施工ヤードを盛土もしくはは棧橋形式により構築する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上流側の押え盛土の施工範囲を仮締切りによりドライにする必要がある。 基礎地盤がN値の大きい砂礫地盤(Dg2：平均N=37、Dm1：平均N=37)であることから深層混合処理工法の工法選定に留意する必要がある。
全体概算工期 (堤体延長346.5m) (仮設は除く)	約10億円	約30億円	約20億円
特記事項	約26ヶ月 ※	約25ヶ月 ※	約27ヶ月 ※
総合判定	○	△	△
	<ul style="list-style-type: none"> 工事費が3案中最も安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事費が3案中最も高価である。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事費が3案中、中程度である。 地下水の流動に関する検討が必要となる。

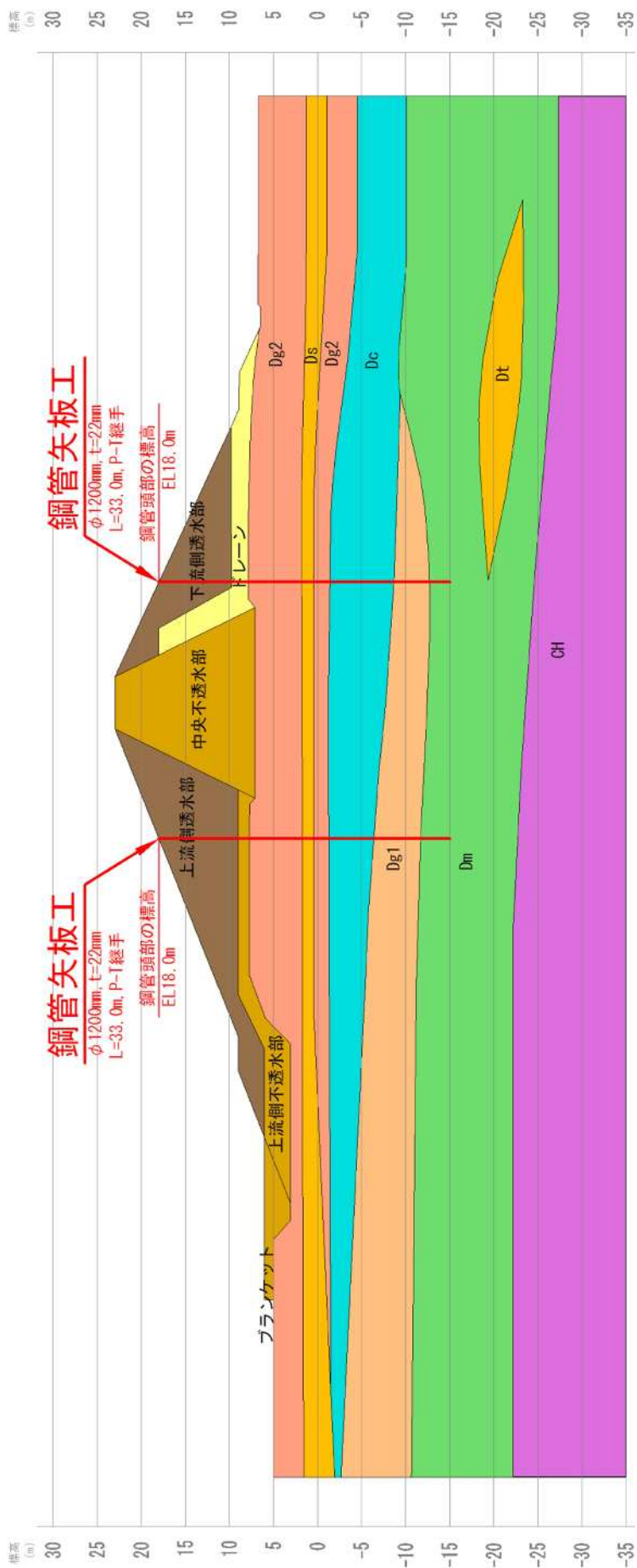
※工期には準備工3ヶ月、試験治水4ヶ月を見込んでいます。

表 5-1(b) レベル1およびレベル2地震動に対する対策工法の比較表(底層断面(STA.2)解析結果)

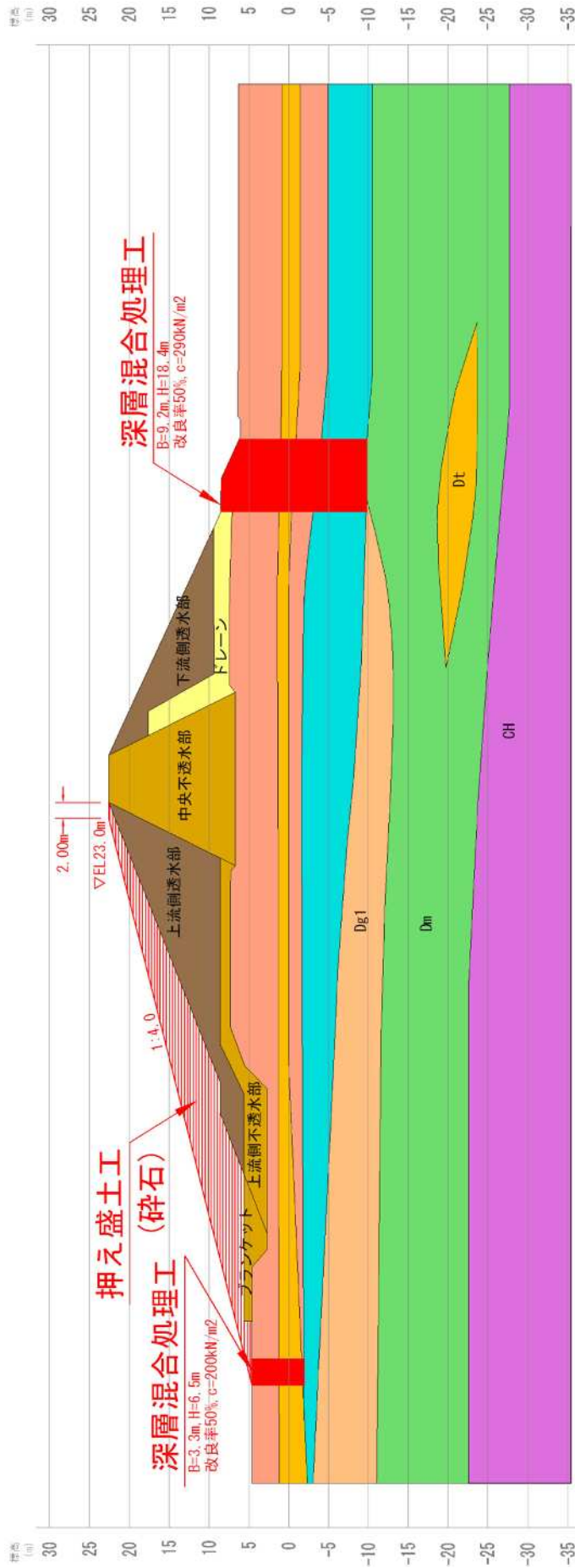
工法分類	第1案 押え盛土案(砕石、改良土)	第2案 鋼管矢板案(剛性最大)	第3案 押え盛土(砕石)+深層混合処理工案
施工形状 底層断面 (STA.2) (断面図)			
対策仕様 底層断面 (STA.2) (仮設は除く)	上流側 <ul style="list-style-type: none"> 堤体法尻の肥削・置換(砕石)250³/m 押え盛土(砕石)240³/m:天端幅2m,法面勾配1:4.0 	上流側 鋼管矢板工:φ1200mm,t=22mm,L=33.0m(ドレーン無し)	上流側 <ul style="list-style-type: none"> 押え盛土(砕石)240³/m:天端幅2m,法面勾配1:4.0 深層混合処理工: B=3.3m, H=6.5m, 改良率 a=50%,改良体の環壁における設計基準強度 $q_{ul}=400kN/m^2$(粘着力 $c=200kN/m^2$)
	下流側 <ul style="list-style-type: none"> 押え盛土(池敷土+砕石):天端幅2m,法面勾配1:4.5 ※上部:池敷土の改良土(250³/m) 下部:砕石によるドレーン(71³/m) 	下流側 鋼管矢板工:φ1200mm,t=22mm,L=33.0m(ドレーン無し)	下流側 <ul style="list-style-type: none"> 深層混合処理工: B=9.2m, H=18.4m, 改良率 a=50%,改良体の環壁における設計基準強度 $q_{ul}=560kN/m^2$(粘着力 $c=290kN/m^2$)
変形図 (圧密終了時)			
変形ベクトル図 (圧密終了時)			
過剰間隙水圧比分布図 (圧密終了時)			



第1案 押え盛土案



第2案 鋼管矢板案



第3案 深層混合処理案

1. 施設概要(基本諸元)

※諸元・写真は日本ダム協会HPより引用

項目	諸元
ダム名	山口(やまぐち)ダム
所在地 (河川名称)	埼玉県所沢市山口 (多摩川水系多摩川)
目的/形式	上水/アースダム
堤高/堤頂長/堤体積	22.5m/690.9m/1,404千m ³
総貯水容量/有効貯水量	20,649千m ³ /19,528千m ³
ダム事業者	東京都
着工/竣工	- /1934



2. 被災の状況(メカニズム): **該当しない**

本ダムは、被災復旧対策ではなく、既設ダムの補強対策として計画されている。

3. 補強工法の検討

<耐震補強工法の基本方針>

- H7に発生した阪神・淡路大震災を契機に、水道施設の耐震性を見直しを実施、この結果L2地震(南関東直下型M7.9)により、堤頂部で1000gal程度に増幅、1m強の沈下が生じることが判明。
- 耐震対策上、非常に重要な施設であること、堤体直下に市街化が進行している現状をふまえ、耐震性を強化させるための堤体強化工事を実施。
- 現堤体、基礎地盤の遮水性、水理的安全性に問題はないが、現堤体は断面不足であり、浸潤線が高いことにより安定性が低いことが判明。
- そこで、堤体強化工法は、「断面の増厚によりすべり抵抗性を高める工法」、「浸潤線を下げて有効応力を増すことによりせん断堤高を高める方法」、これらを組み合わせた工法として比較検討を実施。

＜耐震補強工法の検討＞

○ 対策工法(案)として以下の5案を比較

- A案: 単純押え盛土
- B案: 表面土質遮水壁
- C案: 表面人工遮水壁
- D案: 単純押え盛土+下流傾斜ドレーン
- E案: 単純押え盛土+鉛直ドレーン

○ 各案を比較の結果、D案が適切であると判断。



図-2 堤体強化工法(案)

表-2 堤体強化工法(案)の比較

比較要因	盛土用土の確保	変形追従性	維持管理性	工法の確実性	工期(対D案比)	経済性(対D案比)	総合評価
A案	×	○	○	◎	1.3	1.3	△
B案	○	○	△	△	1.1	1.0	○
C案	◎	×	×	△	1.3	1.5	×
D案	△	○	○	◎	1.0	1.0	◎
E案	○	○	○	△	1.0	1.1	△

＜耐震補強工法の選定＞

○ 耐震補強(堤体強化)工事の標準断面図を以下に示す。強化盛土量 97万m^3 、ドレーン部土量 2.5万m^3 である。

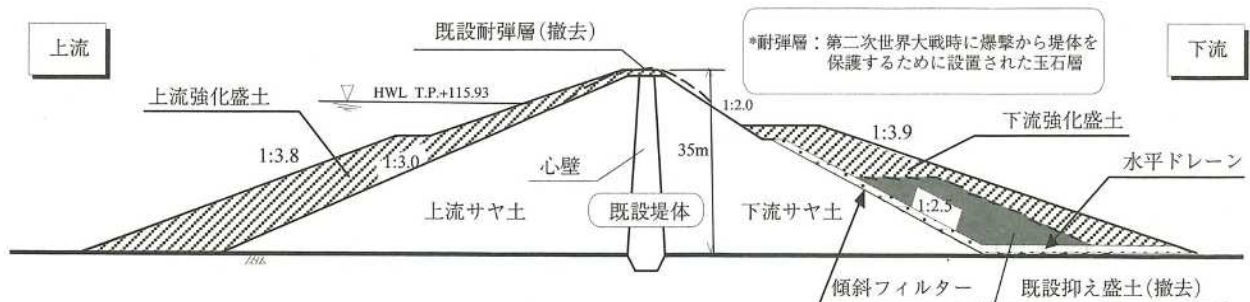


図-3 堤体強化工事 標準断面図

○ 整備水準(耐震性能)及び照査結果

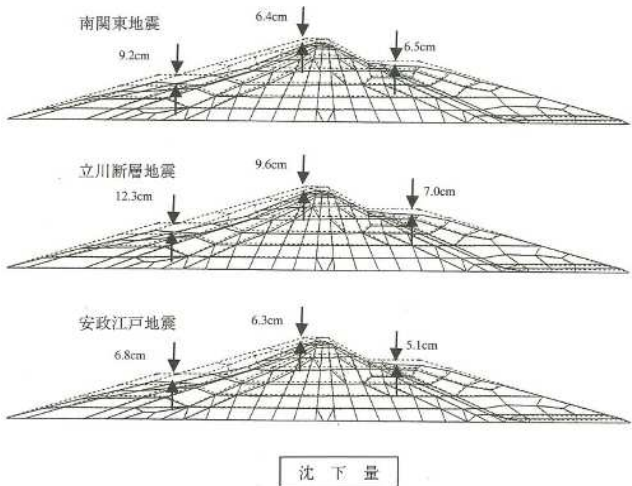
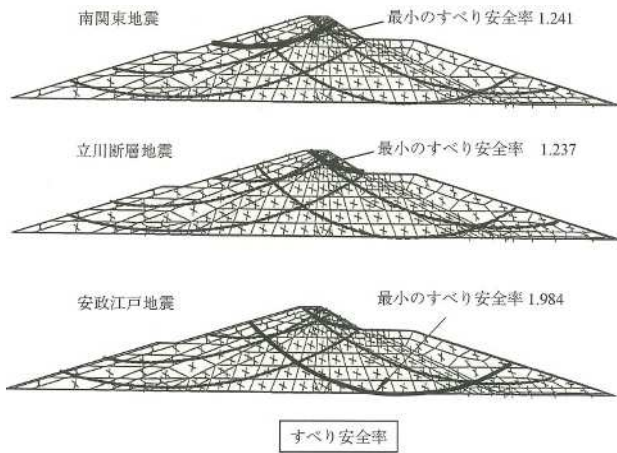
耐震性の照査について、震度法で設計した断面について、レベル1地震動(安政江戸地震、M6.9、直下型)、レベル2地震動(南関東地震、M7.9、海溝型、立川断層による地震動、M7.1、近傍直下型)を対象とし、動的解析による照査を実施。
各々のレベルに対する耐震性能を満足することを確認した。

表-4 水道施設が地震時に保持すべき耐震水準

		地震動レベル	
		レベル1	レベル2
重要度	ランクA	無被害であること。	人命に重大な影響を与えないこと。 個々の施設に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。
	ランクB	個々の施設に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。	個々の施設には構造的損傷があっても、水道システム全体としての機能を保てること。 また、早期の復旧が可能なこと。

表-3 解析結果

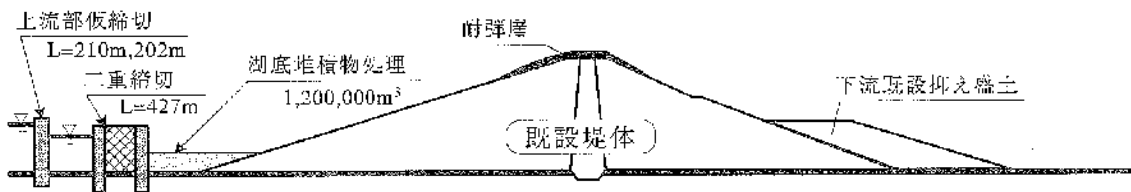
		動的解析結果		静的(沈下)解析結果		
		最大応答加速度 (gal)	最大相対変位 (cm)	堤体天端 (cm)	上流部 (cm)	下流部 (cm)
レベル1	安政江戸地震	508	2.9	6.3	6.8	5.1
	南関東地震	946	22.0	6.4	9.2	6.5
レベル2	立川断層地震	1,206	21.7	9.6	12.3	7.0



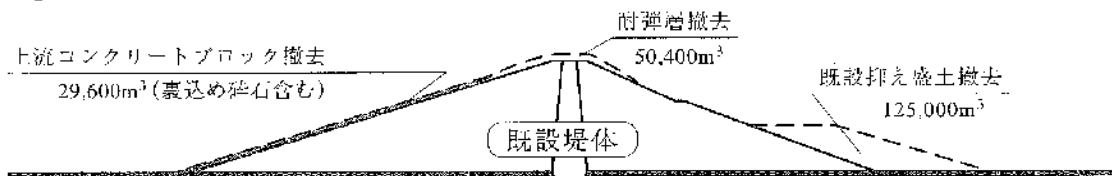
<施工概要>

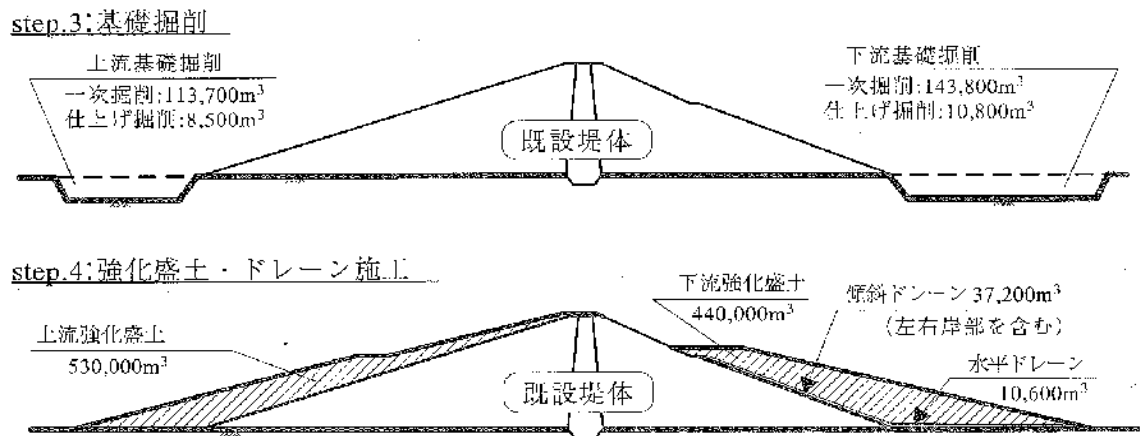
○ 堤体補強工事は、以下に示す手順で実施(平成10年1月準備工事着工、平成14年11月堤体強化工事完了)。

step.1: 準備工事(仮締切工・湖底堆積物処理)



step.2: 耐弾層・既設抑え盛土・上流コンクリートブロック撤去





図一5 堤体強化工事 全体工程