

3. グ라우チング計画・設計・施工

3.1 コンソリデーショングラウチング

3.1.1 施工範囲

コンソリデーショングラウチングは、掘削に伴うゆるみの除去、基礎の変形の抑制、揚圧力の低減を目的に行うもので、ダム基礎全面に行う。

3.1.2 改良目標値

コンソリデーショングラウチングの改良目標値は、一般には2~5Luとされている。他ダムの事例を考慮して改良目標値を5Luとする。

3.1.3 施工時期

リーク防止と注入効率の向上を図るためにカバーコンクリート方式とし、堤体コンクリートのリフト厚3m施工後、コンソリデーショングラウチングを実施する。

3.1.4 孔の配置及び深さ

1) 四万十層群

河床から右岸側（四万十層群）の孔配置は、4m格子の規定2次孔とした。

施工深度は、着岩面に対し垂直に5mの範囲までとした。

2) 火砕流堆積層、境界層部

左岸部（火砕流堆積層、境界層部）の孔配置は、4m格子中1点の規定3次孔とした。

施工深度は、着岩面に対し垂直に10mの範囲までとし、鉛直下方に施工した。

3.1.5 計画・施工比較図

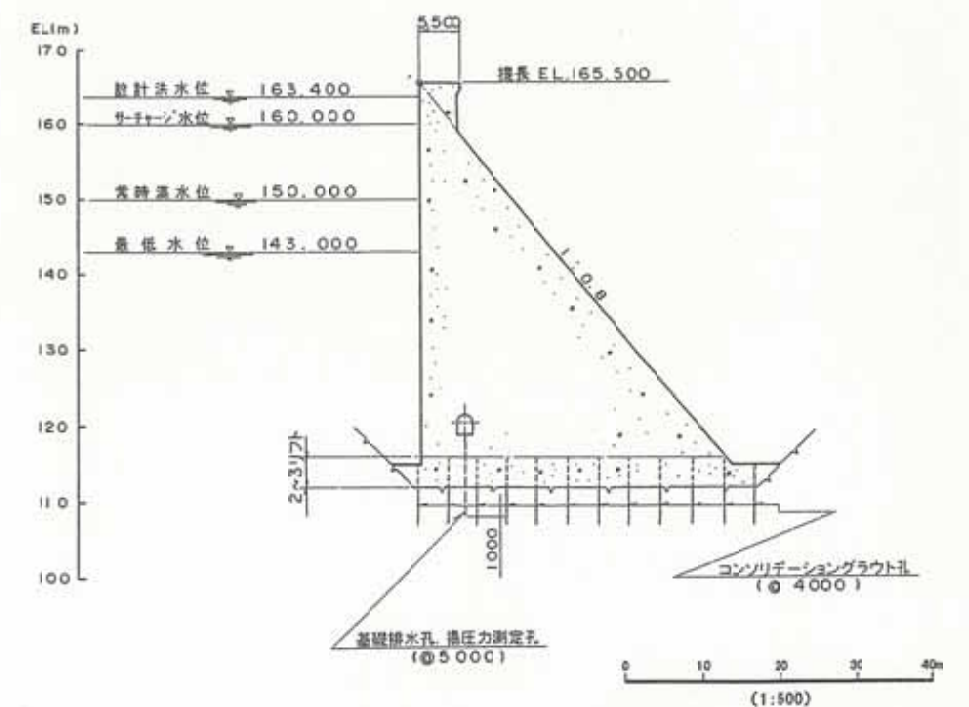
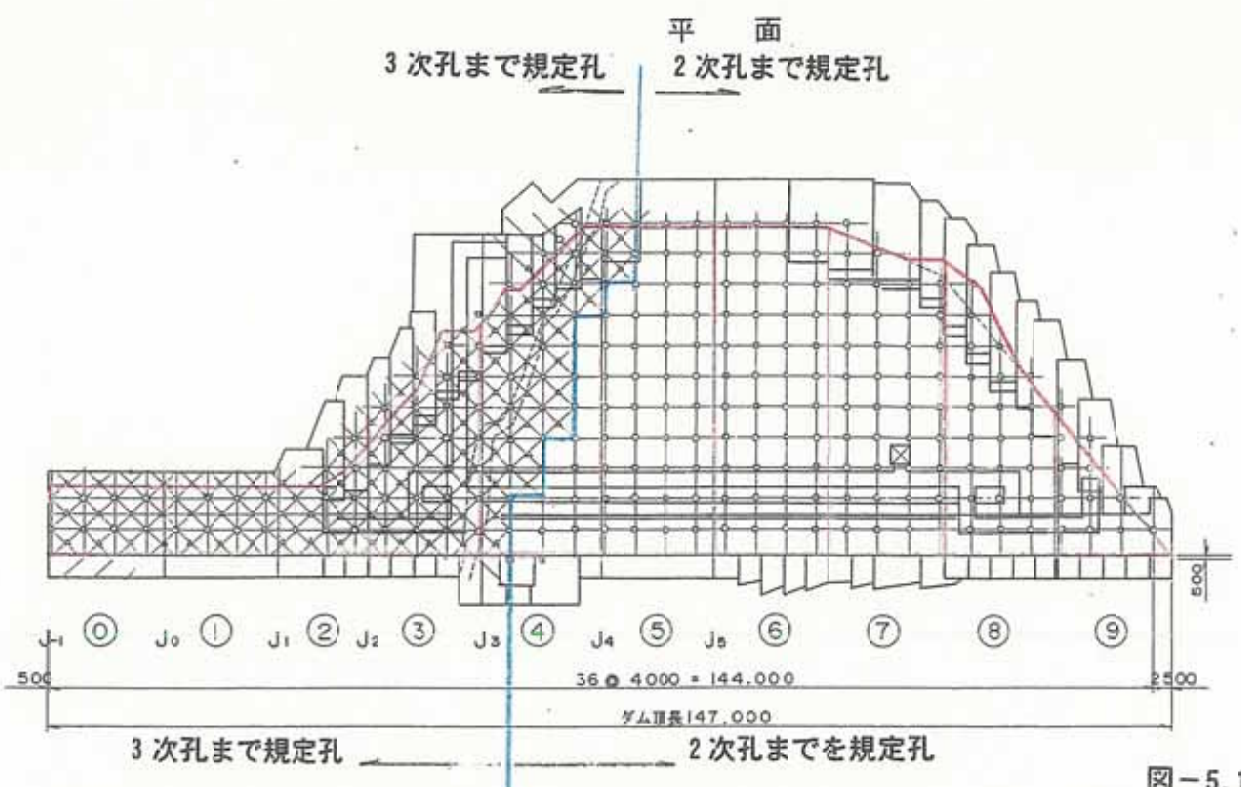
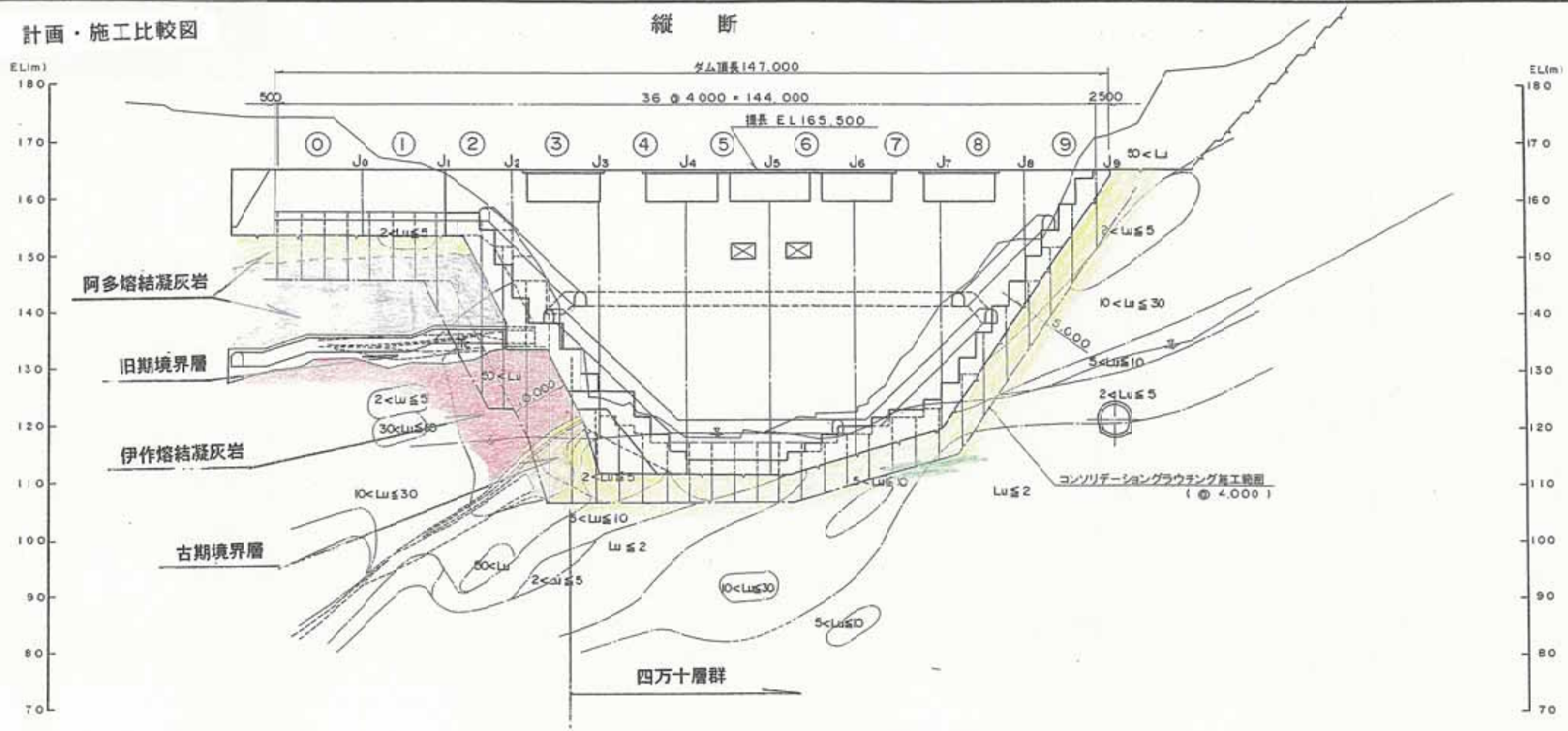


図-5.1.1 コンソリデーショングラウチング計画図

| 鹿児島県 | |
|------|-------------------|
| 工事名 | 川辺ダム河川総合開発工事(3体工) |
| 河川名称 | 川辺ダム |
| 工事箇所 | 川辺郡川辺町神倉 |
| 図面種類 | コンソリデーショングラウチング詳細 |
| 縮尺 | 1/500 |
| 図面番号 | 1-38 |
| 調査 | 設計 |
| 製図 | 校訂 |

3.2 カーテングラウチング

3.2.1 施工範囲

1) 深度方向

基礎地盤の透水性が改良目標値 2Lu 以下となる範囲までを施工範囲とする。

2) 左岸アバット・リム部

左岸に分布する阿多非溶結部・旧期境界層はグラウチングによる改良が困難と判断し、置き換工（トンネル置換、地中連続壁）を採用した。施工範囲は不透水層の四万十層に達するまでの範囲とする。

3) 右岸アバット・リム部

地下水位がサーチャージ水位と交わる範囲までを施工範囲とする。

3.2.2 改良目標値

カーテングラウチングによる改良範囲は、堤体部 2Lu とし、左岸止水壁部の下部は顕著な漏水の経路を遮断することを目的として 10Lu 程度とした。

3.2.3 施工位置及び施工時期

河床部および右岸斜面部の施工位置は上流フーチングからとした。

また、置き換えトンネル下向きのグラウチングはトンネル内からとした。

3.2.4 孔の配置

孔間隔 1.5m、規定 3 次孔の単列施工とする。

効率的な注入を行うために主カーテン一般孔に先行して補助カーテンを計画した。補助カーテンは堤体岩着面から垂直に 10m を施工範囲とし、主カーテンから 1.0m 上流に 4.0m 間隔とした。

3.2.5 計画・施工比較図

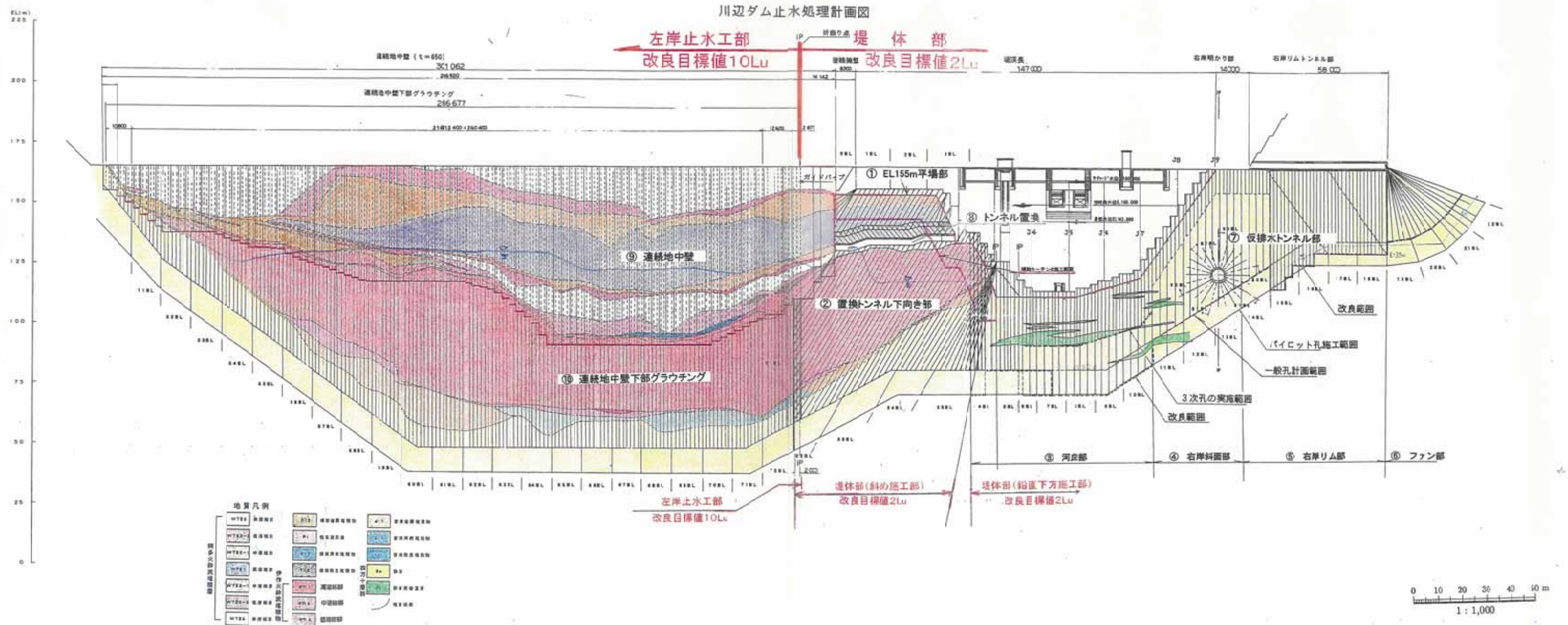
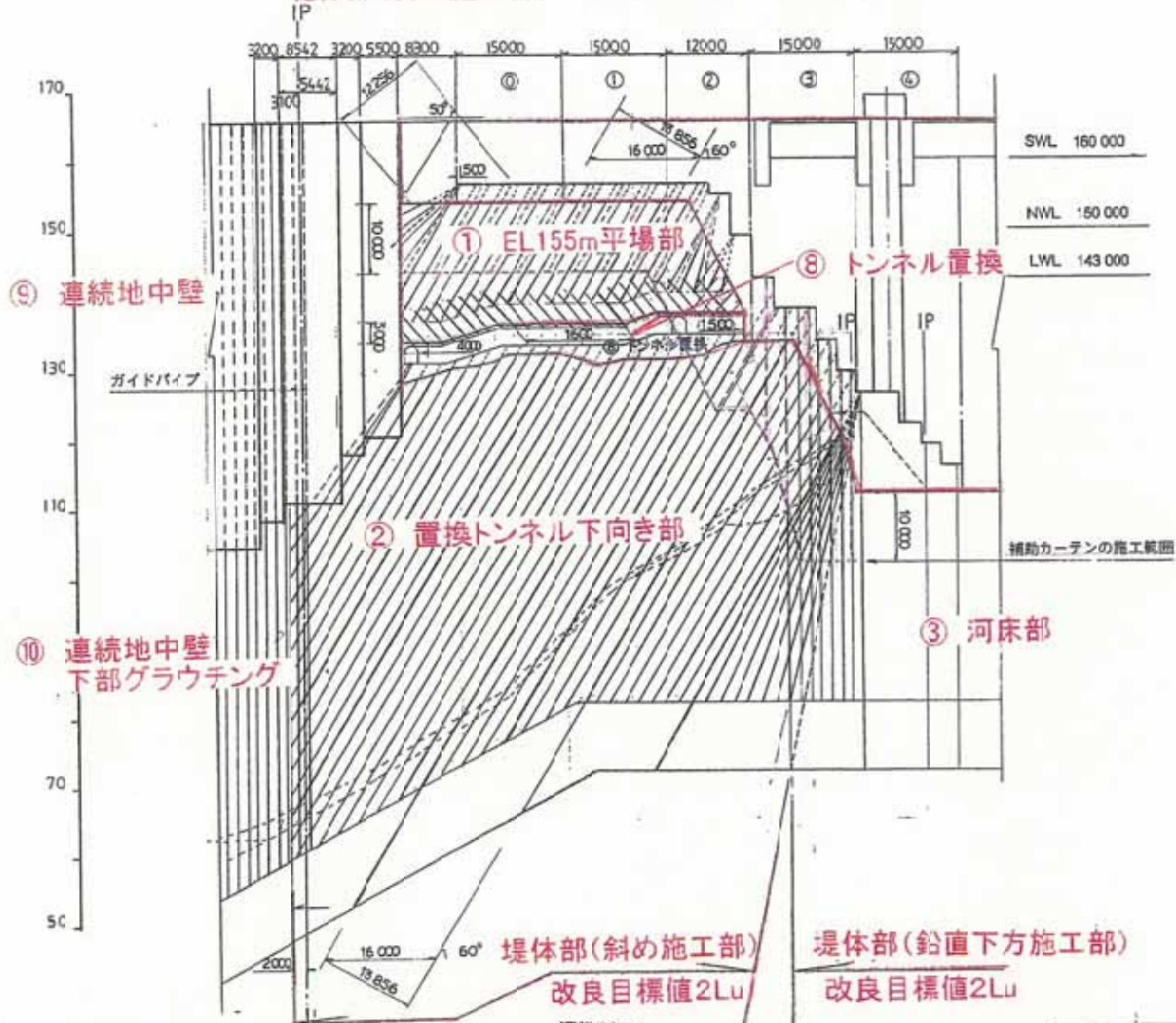
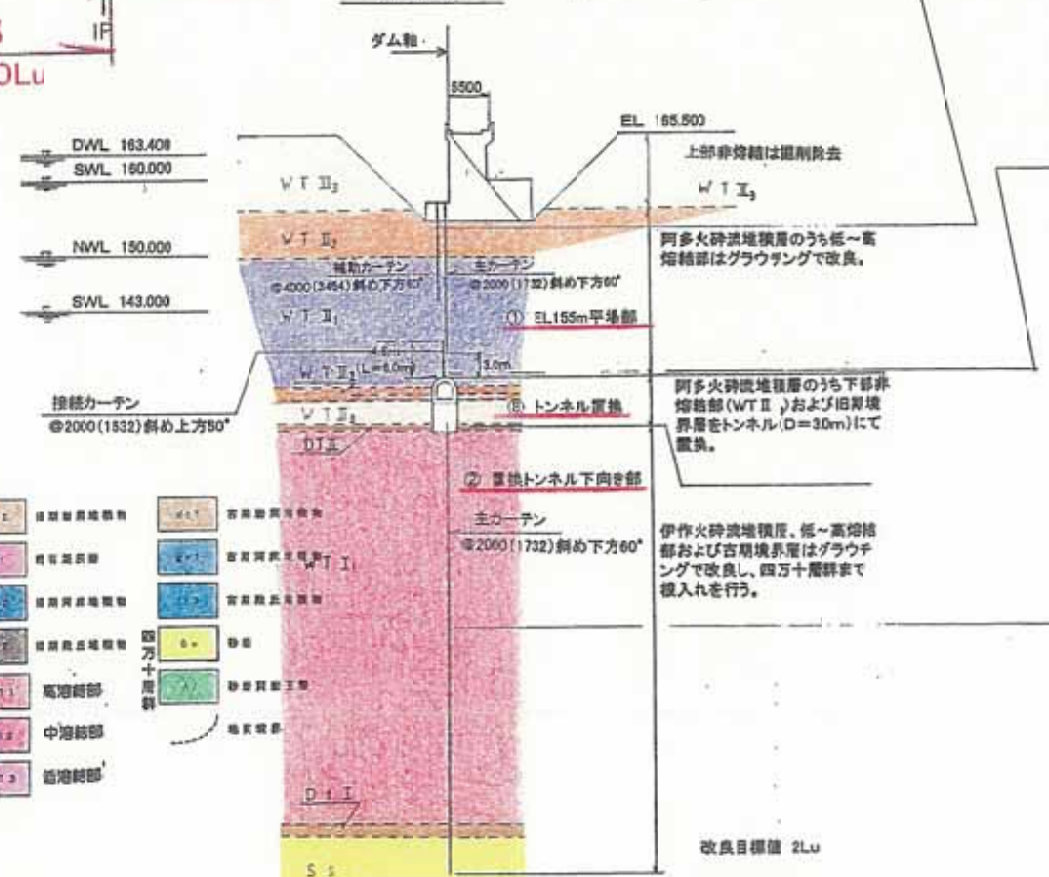


図-5.2.1 川辺ダム止水処理計画図

堤体部(斜め施工部) カーテングラウテング計画図 (1:100)



左岸止水工部
改良目標値1OLu



地質凡例

| | | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| W T I | 砂礫層 | W T II | 砂礫層 | W T III | 砂礫層 |
| W T IV | 砂礫層 | W T V | 砂礫層 | W T VI | 砂礫層 |
| W T VII | 砂礫層 | W T VIII | 砂礫層 | W T IX | 砂礫層 |
| W T X | 砂礫層 | W T XI | 砂礫層 | W T XII | 砂礫層 |
| W T XIII | 砂礫層 | W T XIV | 砂礫層 | W T XV | 砂礫層 |
| W T XVI | 砂礫層 | W T XVII | 砂礫層 | W T XVIII | 砂礫層 |
| W T XIX | 砂礫層 | W T XX | 砂礫層 | W T XXI | 砂礫層 |
| W T XXII | 砂礫層 | W T XXIII | 砂礫層 | W T XXIV | 砂礫層 |
| W T XXV | 砂礫層 | W T XXVI | 砂礫層 | W T XXVII | 砂礫層 |
| W T XXVIII | 砂礫層 | W T XXIX | 砂礫層 | W T XXX | 砂礫層 |

主な注入仕様

注入圧力 (堤体左岸側上流フーチングより斜め下方、補助カーテンを含む)

| ステージ | 標準ステージ区間 (m) | 最大注入速度 (ℓ/min/st) | 注入圧力 (kgf/cm ²) |
|------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0~5.0 | 30 | 3 |
| 2 | 5.0~10.0 | 30 | 5 |
| 3 | 10.0~15.0 | 30 | 8 |
| 4 | 15.0~20.0 | 30 | 10 |
| 5 | 20.0~25.0 | 30 | 15 |
| 6以降 | 25.0~ | 30 | 20 |

限界圧力が生じた場合は限界圧力で注入する。

注入圧力 (置換トンネルより斜め下方)

| ステージ | 標準ステージ区間 (m) | 最大注入速度 (ℓ/min/st) | 注入圧力 (kgf/cm ²) |
|------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0~6.0 | 30 | 3 |

限界圧力が生じた場合は限界圧力で注入する。

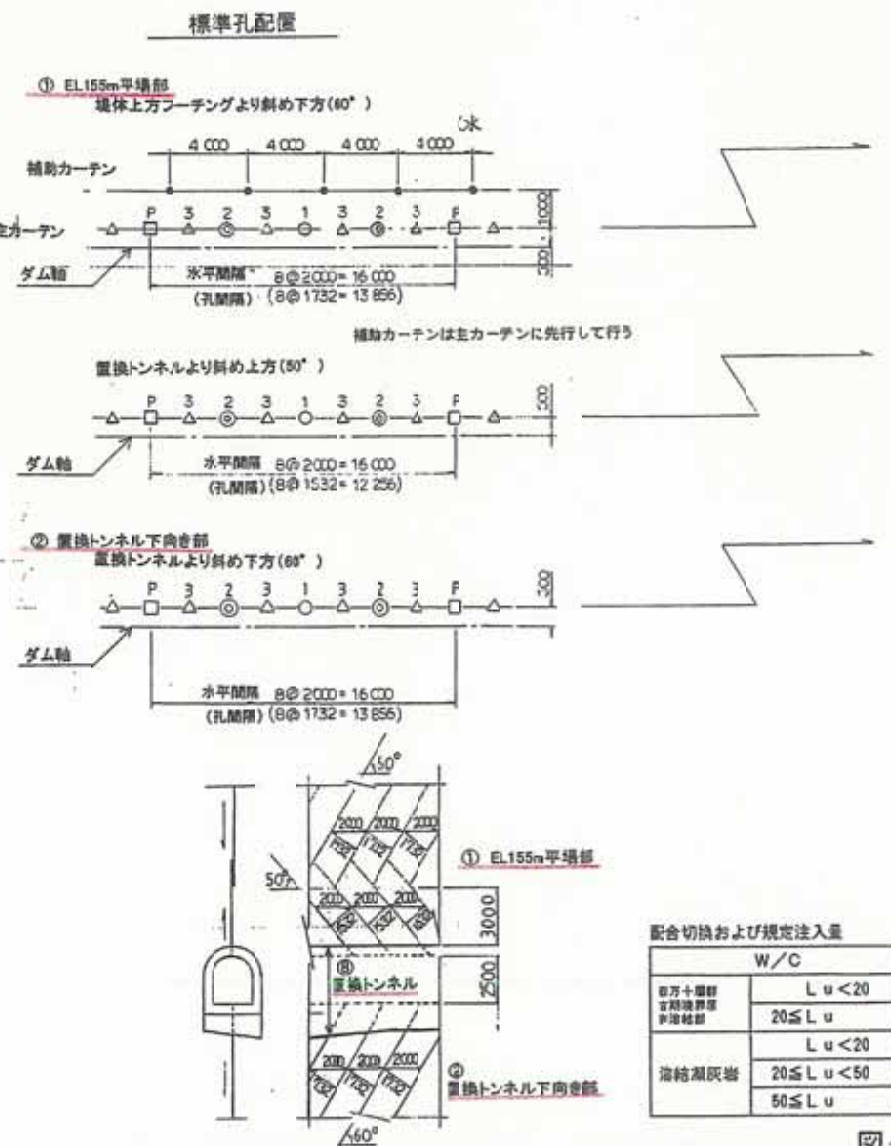
注入圧力 (置換トンネルより斜め下方、主カーテン)

| ステージ | 標準ステージ区間 (m) | 最大注入速度 (ℓ/min/st) | 注入圧力 (kgf/cm ²) |
|------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0~5.0 | 30 | 3 |
| 2 | 5.0~10.0 | 30 | 5 |
| 3 | 10.0~15.0 | 30 | 8 |
| 4 | 15.0~20.0 | 30 | 10 |
| 5 | 20.0~25.0 | 30 | 15 |
| 6以降 | 25.0~ | 30 | 20 |

限界圧力が生じた場合は限界圧力で注入する。

注入材料

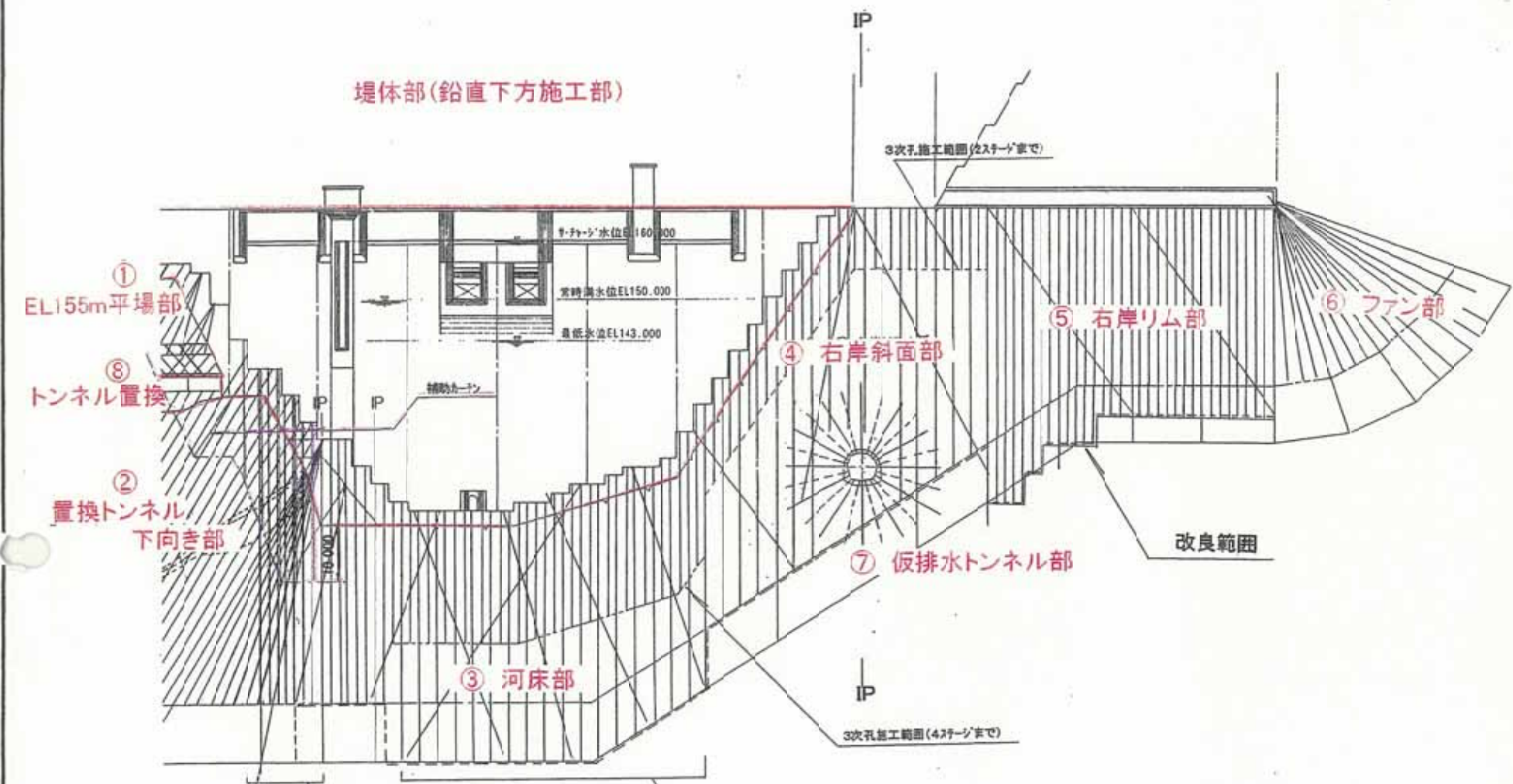
| 地質 | 注入材料 |
|--------|----------------------|
| 四方十層砂 | 高炉B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |
| 古相境界層 | 高炉B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |
| 非溶結部 | ベントナイト1.0% |
| 溶結凝灰岩部 | 高炉B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |



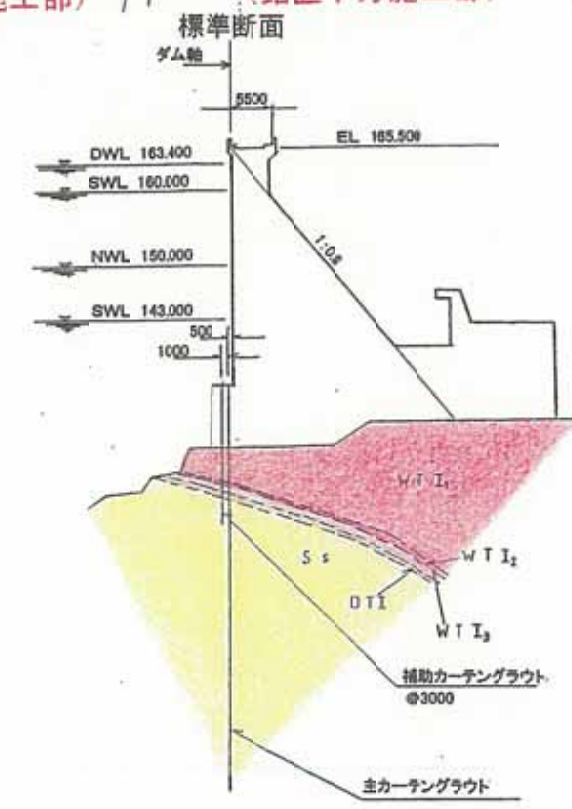
配合切換および規定注入量 単位: ℓ

| W/C | 8/1 | 6/1 | 4/1 | 2/1 | 1.5/1 | 1/1 | 1/0.75 | 合計 |
|---------------|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-------|
| 四方十層砂 非溶結部 | Lu < 20 | 400 | 400 | 600 | 600 | 600 | 800 | 3,400 |
| | 20 ≤ Lu | 400 | 600 | 600 | 600 | 600 | 800 | 3,000 |
| 溶結凝灰岩 | Lu < 20 | 400 | 400 | 600 | 600 | 600 | 800 | 3,400 |
| | 20 ≤ Lu < 50 | | | 400 | 600 | 600 | 800 | 1,000 |
| | 50 ≤ Lu | | | | 600 | 600 | 800 | 1,400 |

図-5.2.2 堤体部(斜め施工部) 止水工計画図



堤体部 (斜め施工部)
堤体部 (鉛直下方施工部)

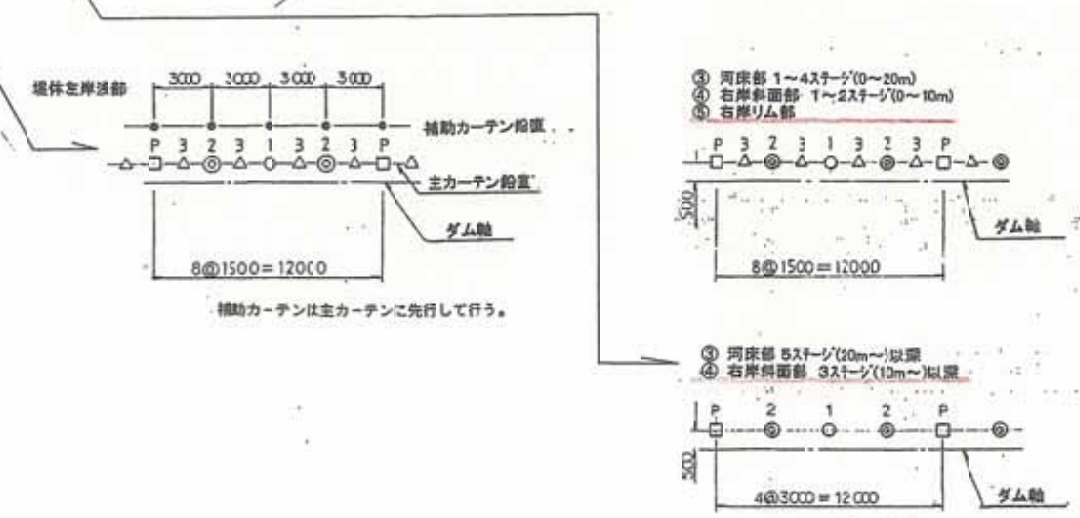


地質凡例

| | | |
|------------|----------|---------|
| WTE3 砂礫層 | D-2 砂礫層 | Z11 砂礫層 |
| WT13-4 砂礫層 | P1 砂礫層 | Z12 砂礫層 |
| WT22-1 砂礫層 | D-2 砂礫層 | Z13 砂礫層 |
| WT23 砂礫層 | D-2 砂礫層 | Ss 砂 |
| WT22-2 砂礫層 | WT1 高粘性土 | A1 砂礫層 |
| WT22-3 砂礫層 | WT2 砂礫層 | A2 砂礫層 |
| WT23 砂礫層 | WT1 砂礫層 | 地質群 |

阿多火砕流堆積層

標準孔配置



主な注入仕様

注入圧力

| ステージ | 標準ステージ区間 (m) | 最大注入速度 (ℓ/min/st) | 注入圧力 (kgf/cm ²) |
|------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0~5.0 | 30 | 3 |
| 2 | 5.0~10.0 | 30 | 5 |
| 3 | 10.0~15.0 | 30 | 8 |
| 4 | 15.0~20.0 | 30 | 10 |
| 5 | 20.0~25.0 | 30 | 15 |
| 6 以降 | 25.0~ | 30 | 20 |

限界圧力が生じた場合は限界圧力で注入する。

注入材料

| 地質 | 注入材料 |
|--------|----------------------|
| 四方十層群 | 高伊B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |
| 古期境界層 | 高伊B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |
| 非溶結部 | ペントナイト5.0% |
| 溶結凝灰岩部 | 高伊B, 分散剤 (遅延系) 0.25% |

配合切換および規定注入量

| | W/C | 単位: ℓ | | | | | | | 合計 |
|------------------------|--------------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-------|
| | | 8/1 | 6/1 | 4/1 | 2/1 | 1.5/1 | 1/1 | 1/0.75 | |
| 四方十層群 古期境界層 非溶結部 | Lu < 20 | 400 | 400 | 600 | 800 | 800 | 800 | | 3,400 |
| | 20 ≤ Lu | | 400 | 600 | 800 | 800 | 800 | | 3,000 |
| 溶結凝灰岩部 | Lu < 20 | 400 | 400 | 600 | 800 | 800 | 800 | | 3,400 |
| | 20 ≤ Lu < 50 | | | 400 | 600 | 800 | 800 | 1000 | 3,400 |
| | 50 ≤ Lu | | | | 600 | 800 | 800 | 1400 | 3,400 |

図-5.2.3 堤体部 (鉛直下方施工部) 止水工計画図

4. 施工仕様

4.1 コンソリデーショングラウチング施工仕様一覧表

| 項目 | コンソリデーショングラウチング注入仕様 | | | | |
|-------------------|--|-------------|------------|------------|---------|
| 1. 施工位置 | 基礎岩盤全域 | | | | |
| 2. 孔配置 | 1) 四万十層群： 4m 格子 / 規定 2 次孔 2) 火砕流堆積層、境界層部：4m 格子中 1 点 / 規定 3 次孔 | | | | |
| 3. 施工時期 | 堤体コンクリートのリフト厚 3m 施工後 | | | | |
| 4. 改良目標値 | 5 ルジオン | | | | |
| 5. 注入材料 | 1) 四万十層群、古期境界層・非溶結部 高炉セメント B 種、ベントナイト 5%、分散材 (遅延形) 0.25% 2) 溶結凝灰岩部 高炉セメント B 種、分散材 (遅延形) 0.25% | | | | |
| 6. 水押透水試験 圧力段階 | 水押試験 (一般孔) | | | | |
| | st | 水押し試験 (Mpa) | | | |
| | 1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | |
| | 2 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | |
| | 3 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | |
| 7. 注入圧力 | ステージ | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 規定注入圧力 (Mpa) | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.7 |
| 8. 注入速度 | 1ST : 5L/min/m 以下、2~4ST : 6L/min/m 以下 | | | | |
| 9. 配合切替基準 | 〔四万十層群、古期境界層・非溶結部〕 | | | | |
| | 配合 (W / C) | Lu < 20 | 20 < Lu | | |
| | 1:8 | 400 リットル | - | | |
| | 1:6 | 400 リットル | 400 リットル | | |
| | 1:4 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:2 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:1.5 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:1 | 800 リットル | 800 リットル | | |
| | 1:0.75 | | | | |
| | 計 規定注入量 | 3,400 リットル | 3,000 リットル | | |
| | 〔溶結凝灰岩〕 | | | | |
| | 配合 (W / C) | Lu 10 | 10 < Lu 20 | 20 < Lu 50 | 50 < Lu |
| | 1:8 | 400 リットル | - | - | - |
| | 1:6 | 400 リットル | 400 リットル | - | - |
| | 1:4 | 600 リットル | 600 リットル | - | - |
| 1:2 | 600 リットル | 600 リットル | 600 | - | |
| 1:1.5 | 600 リットル | 600 リットル | 600 | 600 | |
| 1:1 | 800 リットル | 800 リットル | 1,000 | 1,000 | |
| 1:0.75 | | | 1,200 | 1,800 | |
| 計 規定注入量 | 3,400 リットル | 3,000 リットル | 3,400 | 3,400 | |
| 10. 注入完了基準 | 注入圧力が規定圧力に達し、注入速度が 0.2L/min/m 以下の状態を 30 分間継続した場合、注入完了とする。 | | | | |

| 項 目 | コンソリデーショングラウチング注入仕様 |
|------------|---|
| 12. 注入中断基準 | 1) 注入量が規定量に達した場合 2) 岩盤変位が 0.2mm に達した場合 3) リーク処理をしてもリークが止まらない場合 |
| 13. 再注入基準 | 注入を中断した孔の再注入は、注入中断後 6 時間を経過した後に行う。 |
| 17. 追加基準値 | Lu ≥ 20 : 2 孔追加 10 ≤ Lu < 20 : 1 孔追加 |
| 18. 追加孔基準 | 2 次(3 次)孔が Lu ≥ 20 の場合、周囲 2 次孔の大きい側へ 2 孔追加する。 2 次(3 次)孔が 10 ≤ Lu < 20 の場合、周囲 2 次孔の大きい側へ 1 孔追加する。 5 ≤ Lu の 2 次(3 次)孔が連続した場合、当該 2 次孔の midpoint に 1 孔追加する。 |

4.2 カーテングラウチング施工仕様一覧表

| 項目 | カーテングラウチング注入仕様 | | | | | | |
|--|---|---------------------|------|------|------|-----|-----|
| 1. 施工位置 | 河床部、右岸斜面部：上流フーチング 置き換えトンネル：トンネル内 | | | | | | |
| 2. 孔配置 | 孔間隔 1.5m単列（規定孔：3次孔） 補助カーテン 4.0m間隔（主カーテンから1.0m上流） | | | | | | |
| 3. 穿孔方法 | ロータリーボーリング P孔・C孔 66コア採取 一般孔 46ノンコア | | | | | | |
| 4. 改良目標値 | 堤体部：2Lu 置き換え工下部：10Lu | | | | | | |
| 5. 注入材料 | 1) 四万十層群、 高炉セメントB種、分散材（遅延形）0.25% 2) 古期境界層 高炉セメントB種、ベントナイト5%、分散材（遅延形）0.25% 3) 溶結凝灰岩部 高炉セメントB種、分散材（遅延形）0.25% | | | | | | |
| 6. 水押透水試験 圧力段階 | st | 透水試験(Mpa) | | | | | |
| | 1 | 0.10⇔0.15⇔0.20⇔0.30 | | | | | |
| | 2 | 0.10⇔0.20⇔0.30⇔0.50 | | | | | |
| | 3 | 0.20⇔0.40⇔0.60⇔0.80 | | | | | |
| | 4 | 0.30⇔0.50⇔0.70⇔1.00 | | | | | |
| | 5 | 0.40⇔0.60⇔1.00⇔1.50 | | | | | |
| | 6～ | 0.60⇔1.20⇔1.50⇔2.00 | | | | | |
| | 水押試験（一般孔） | | | | | | |
| | st | 水押し試験(Mpa) | | | | | |
| | 1 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | | |
| | 2 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | | |
| | 3 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | | |
| | 4 | 0.30 | 0.50 | 0.70 | 1.00 | | |
| 5 | 0.40 | 0.60 | 1.00 | 1.50 | | | |
| 6～ | 0.60 | 1.20 | 1.50 | 2.00 | | | |
| 7. 水押透水速度 | グラウトポンプ最大吐出可能量 | | | | | | |
| 8. 注入圧力 | ステージ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6～ |
| | 規定注入圧力 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 水押、透水試験時に限界圧力が確認された場合、注入圧力は限界圧力とする。 なお、古期境界層を含むステージは注入圧力を0.3Mpaと低く変更した。 | | | | | | | |
| 9. 注入速度 | 6L/min/m以下 | | | | | | |

| 項 目 | カーテングラウチング注入仕様 | | | | |
|------------|---|------------|------------|------------|---------|
| 10. 配合切替基準 | 〔四万十層群、古期境界層・非溶結部〕 | | | | |
| | 配合 (W / C) | Lu < 20 | 20 Lu | | |
| | 1:8 | 400 リットル | - | | |
| | 1:6 | 400 リットル | 400 リットル | | |
| | 1:4 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:2 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:1.5 | 600 リットル | 600 リットル | | |
| | 1:1 | 800 リットル | 800 リットル | | |
| | 1:0.75 | | | | |
| | 計 規定注入量 | 3,400 リットル | 3,000 リットル | | |
| | 〔溶結凝灰岩〕 | | | | |
| | 配合 (W / C) | Lu 10 | 10 < Lu 20 | 20 < Lu 50 | 50 < Lu |
| | 1:8 | 400 リットル | - | - | - |
| | 1:6 | 400 リットル | 400 リットル | - | - |
| | 1:4 | 600 リットル | 600 リットル | - | - |
| 1:2 | 600 リットル | 600 リットル | 600 | - | |
| 1:1.5 | 600 リットル | 600 リットル | 600 | 600 | |
| 1:1 | 800 リットル | 800 リットル | 1,000 | 1,000 | |
| 1:0.75 | | | 1,200 | 1,800 | |
| 計 規定注入量 | 3,400 リットル | 3,000 リットル | 3,400 | 3,400 | |
| 11. 注入完了基準 | 注入圧力が規定圧力に達し、注入速度が 0.2L/min/m 以下の状態を 30 分間継続した場合、注入完了とする。 | | | | |
| 12. 注入中断基準 | 1) 注入量が規定量に達した場合 2) 岩盤変位が 0.2mm に達した場合 3) リーク処理をしてもリークが止まらない場合 | | | | |
| 13. 再注入基準 | 注入を中断した孔の再注入は、注入中断後 6 時間を経過した後に行う。 | | | | |
| 14. 追加基準値 | Lu 20 : 2 孔追加 10 Lu < 20 : 1 孔追加 | | | | |
| 15. 追加孔基準 | 最終次数孔が 2 < Lu 4 の場合、隣接孔をみてルジオン値の大きい側に 1 孔追加する。 (着岩部第 1 ステージでのみ適用する) 最終次数孔が 4 < Lu の場合、隣接孔をみてルジオン値の大きい側に 1 孔追加する。 最終次数孔で 2 < Lu が 3 連続した場合、当該孔のルジオン値の大きい側に追加する。 最終次数孔で 3 Lu2 が 2 連続した場合、当該孔のルジオン値の大きい側に追加する。 最終次数孔で改良目標値に対して非超過率が 85% に達しない場合、追加孔を実施する。 | | | | |