3.5 フィルダムの設計・耐震性能照査の合理化・高度化に関する研究

研究予算:運営費交付金(一般勘定) 研究期間:平23~平27 担当チーム:水工研究グループ(水工構造物) 研究担当者:榎村康史、藤田将司

【要旨】

近年、ロックフィルダムの建設において、設計施工の合理化やコスト縮減が強く求められている。本研究では、 ロックフィルダムの断面設計法の合理化のため、拘束圧依存性を考慮したロック材料の強度評価と材料安全率の 設定および修正震度法に用いる震力係数の設定について検討を行う。また、ロックフィルダムの耐震性能照査技 術の高度化・信頼性向上を図るために、堤体物性(密度、強度等)のばらつきが地震時変形(すべりを伴わない 揺すり込み沈下)に与える影響を評価する方法についても検討する。さらに、継続時間の長い地震動に対するフ ィルダムの耐震性能照査法について検討する。

平成27年度は、堤体内の物性のばらつきが地震時変形に与える影響の検討および巨大海溝型地震に対するフィ ルダムの耐震性能照査方法の検討として、地震時の繰返し荷重による強度低下と地震動の継続時間によるすべり 変形量への影響を検討した。本検討では、まずフィルダムの築堤材料を用いて室内試験を実施し、コア材および ロック材の締固め度の違いによる繰返し強度低下の影響を比較した。次に、試験結果により設定した締固め度別 の強度低下曲線を用いて繰返しによる強度低下を考慮したニューマークD法と従来法であるニューマーク法を用 いて、アースダムモデルおよびロックフィルダムモデルにおける両者のすべり変形量へ与える影響を検討し、併 せて入力地震動の継続時間による影響も検討した。

キーワード:フィルダム、設計、耐震性能照査

1. はじめに

近年、逼迫した国家財政事情から社会資本整備予算 の縮減が要請されており、ロックフィルダムの設計お よび施工においても更なる合理化が求められている。 現行のダムの断面設計は河川管理施設等構造令¹⁾(以 下、「構造令」という)に基づき実施されており、特に 耐震設計は震度法に基づいている。構造令に基づき設 計されたダムは、これまで東北地方太平洋沖地震や兵 庫県南部地震をはじめとする大地震を経験しても、直 ちにその安全性を脅かすような被害は生じていない 2)-4)。このことから、震度法は一定の信頼性を有した耐 震設計法であると認識されている。しかし、震度法に おけるロックフィルダムの主材料であるロック材料の 設計強度は、その三軸圧縮試験結果をモール・クーロ ンの破壊基準により整理したうえで粘着力を無視して 内部摩擦角のみを用いて設定されており、また地震力 は一様の設計震度を用いて計算される堤体慣性力とし て与えられている¹⁾。このように震度法は実物性、実 挙動を必ずしも忠実に反映していない面があり、この 設計方法を基本として適切な設計合理化が図りづらい 状況にある。一方、将来のより実際に近い地震荷重、

強度を採用した設計法を視野に入れ、耐震性の照査法 として、1991年6月に「フィルダムの耐震設計指針(案)」 (以下、「指針(案)」という)が策定されている⁵。 この指針(案)では、堤高100m以下のロックフィル ダムの耐震性能照査においては、地震時の堤体の応答 を考慮するため、高さ方向の地震力分布を変化させる 震力係数が導入された修正震度法と、ロック材料のせ ん断強度について拘束圧依存性を考慮した評価方法を 組み合わせた方法が提案されている。

しかし、震力係数については、指針(案)の策定後 も加速度の大きい地震動記録が多数観測されており、 これらを考慮したうえで地震時の応答を適切に設定し たものに見直す必要がある。また、指針(案)は照査 法であることから解析に用いるロック材料の強度には 試験強度をそのまま用いているが、設計法として用い るためには適切な材料安全率を定めて設計強度を設定 する必要があると考える。本研究では、上記の課題を 踏まえたうえで、ロックフィルダムの合理的な設計法 (以下、「新設計法」という)を提案するための検討を 実施する。

また、本研究においては、新設計法における材料安

全率の設定に関する検討にあたって、信頼性設計の概 念の導入を試みた。信頼性設計とは確率論的手法に基 づくもので、構造物の耐用期間における終局限界状態 と使用限界状態に相当する破壊モードを設定し、それ らの破壊モードの発生頻度を設定した範囲に抑えると いう思想に基づく設計法である⁹。近年、欧州では限 界状態の不確実性に対して確率統計を用いて安全性を 評価する手法として信頼性設計が用いられるようにな ってきている。このような国際的な流れに対応するよ う国内の土木分野においても各種の構造物において信 頼性設計の適用のための検討がなされており、一部の 構造物においては設計基準自体が信頼性設計に基づく ものに移行している。本研究における検討も、このよ うな設計基準の整備における最近の動向に対応したも のである。

また、フィルダムの耐震性能照査に目を移すと、近 年の大規模地震の頻発および地震観測体制の整備・充 実に伴い、ダムサイトにおいて兵庫県南部地震を上回 る地震動も観測されており、大規模地震に対するダム の安全性の社会的関心の高まりから、国土交通省は、 大規模地震に対する耐震性能の照査方法を体系的に示 した「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」 ⁷(以下、照査指針(案)という)を2005年3月に策 定し、直轄ダム等において試行している。

照査指針(案)によるフィルダムの耐震性能照査に おいて、フィルダムの堤体材料である粗粒材料や土質 材料は、ひずみによる非線形性を有するため地震応答 解析を実施することで地震時の堤体挙動を評価してい る。この地震応答解析では、繰返し三軸試験結果によ り算定するフィル堤体材料の動的変形特性が必要であ るが、既設の古いダムなどでは、繰返し三軸試験を実 施していないダムも多く見られる。今後、数多くのフ ィルダムの耐震性能照査を実施するにあたり、各種の 試験や解析に多大な時間と労力を要することが懸念さ れる。そのため、詳細な検討が必要なダムを効率良く 抽出するための簡易耐震性能照査方法が求められてい る。

さらに、近年のフィルダムの地震被害例⁸の中で、 すべりを伴わない堤体の沈下が比較的多くなっており、 揺すり込み沈下に対する検討の必要性が高まっている。 揺すり込み沈下の解析方法の一つとして累積損傷解析 が挙げられる。これは、地震時において発生する繰返 し応力による強度低下を考慮し、沈下量を算定する方 法であり、既往の研究において動的強度特性や再現解 析などが報告されている^{9,10,11}。フィルダムの施工に おいては、堤体材料を重機等により、ある層厚で締固 めを行いながら盛立てを実施する。締固め後の堤体材 料の密度分布については、施工条件や自然材料を用い ることなどによりばらつきが生じると考えられる。そ のため、堤体の動的強度のばらつきが地震時沈下量に 及ぼす影響を検討した上で、フィルダムの耐震性能照 査手法に反映させる必要がある。

過年度の研究成果をまとめると以下の通りである。

平成23年度は、①近年のダムサイトにおける地震動 記録を用いて堤高に加えて下流側の震力係数および上 下流勾配の影響も考慮した震力係数の検討を行った。 ②材料安全率を信頼性設計に基づき設定するための基 礎的検討として、ロックフィルダムの震度法に基づい て設計された堤体断面(以後、「震度法設計断面」とい う)に対して、ロック材料のせん断強度のばらつきを 考慮したモンテカルロシミュレーション(以下、「MCS」 という)を実施し、性能関数の基本統計量の比較・分 析を行い、せん断強度と地震力の評価方法や堤高等の 解析条件がすべり安定性評価に与える影響を検討した。 さらに検討結果に基づき信頼性設計に基づく材料安全 率の設定方法についての基本的な考え方を示した。 以下に、その結果をまとめる。

- (1) ロックフィルダムにおける上流側すべりと下流側 すべりの違いによる震力係数への影響はほとんど ない。また、通常考えられるロックフィルダムの 上下流面勾配の範囲においては、斜面勾配の違い による震力係数への影響もほとんどない。
- (2)(1)より本研究で得られた堤高と震力係数との関係式を用いることにより、下流側すべりや異なる斜面勾配にも適用可能である。
- (3) MCS を実施する際のロック材の強度評価法を震 度法(c-φ 法, c=0)から Ab 法にすると、同一断 面における安全性指標が大幅に低下する。これは 震度法による強度評価では粘着力を無視している ため強度の変動が小さく設定されるが、Ab 法によ る強度評価では強度の変動が相対的に大きく設定 されることに起因する。
- (4) 今回の条件においては、地震荷重の評価方法により破壊確率が1~2オーダー程度変化した。
- (5) 新設計法においては、ダム毎に担保される安全性 指標・破壊確率に大きなばらつきが生じないこと が望ましく、このような観点から材料安全率等の 設定方法について検討する必要がある。

平成24年度は、①材料安全率を信頼性設計に基づき 設定するために、ロックフィルダムの震度法に基づい て設計された堤体断面に対して、ロック材料のせん断 強度のばらつきを考慮したモンテカルロシミュレーシ ョンを実施し、せん断強度や地震力の評価方法や堤高 等の解析条件がすべり安定性評価に与える影響を検討 した。さらに検討結果に基づき、信頼性設計に基づく ロック材料の材料安全率の値を提案した。 ②ロックフ イルダムの合理的設計法および簡易な耐震性能照査法 に関する検討として、前年度までに提案した震力係数 について、東北地方太平洋沖地震においてダムサイト で観測された地震動記録を用いて引き続き震力係数の 検討を行い、前年度までに検討した内容とあわせて、 100m 以上のロックフィルダムにも適用可能な震力係 数を提案した。③既往の大規模地震、特に東北地方太 平洋沖地震では、フィルダムの天端に亀裂が発生した 事例が多かった。フィルダム天端に発生する亀裂が深 い場合には、安全性や修復可能性に影響を及ぼす可能 性があるため、地震時にフィルダム天端に発生する亀 裂を解析により再現するための基礎物性として、コア 材料の直接引張試験を実施した。④大規模地震により、 フィルダム堤体と関連構造物等の境界部において変状 が発生する可能性が考えられる。そのため、フィルダ ム堤体と関連構造物等の境界部における地震時の被害 形態を把握するための基本的な検討として、既往の地 震時にフィルダム堤体と関連構造物等の境界部に発生 した被災事例の文献調査を行った。

①の研究成果

- (1) 既設ダムに使用された 30 種類のロック材料における強度定数 c, φ の試験値と設計値の関係から、 粘着力 c を無視することと内部摩擦角の余裕 Δφ を見込むことによる材料安全率を算出した。この 結果、分析対象としたロック材料の材料安全率 yms の分布範囲は、土柱深さ 40m の深い円弧に対して 1.04~1.50 程度、土柱深さ 10m の浅いすべりに対 して 1.18~3.20 程度となった。
- (2) ロックフィルダムのより合理的な設計法として、 修正震度法に基づくすべり安全性の照査式に部 分安全係数法を適用し、各種安全係数の推奨値に ついての検討を行った。この結果、密度に関する 荷重係数は y_n=1.00、堤体震力係数に関する荷重 係数は y_n=1.00、材料係数については y_n=1.00、構 造物係数 y_iと構造解析係数 y_aの積で表されるすべ り安全率は Sf=y_i·y_a=1.055 を推奨値とすることで、

新設計法の基本構成を提案した。

- (3) 部分係数の検討の過程において、震度法の設計断 面に MCS による信頼性解析を実施した結果、本 研究の解析条件では震度法設計断面は同一の内 部摩擦角を採用した設計断面でも低拘束圧条件 下の強度特性の違いによりすべり破壊に対する 安全性指標 β が 1.17~3.80 の範囲で大きく異なる ことを示した。
- (4) 他の重要構造物に関する信頼設計に基づく設計 基準等を参考にロックフィルダムの許容破壊確 率を1.0×10⁴~1.0×10⁵の範囲と提案した。また、
 (2)に記述した新設計法におけるすべり安全率は 上記の MCS の結果から直接計算される破壊確率 が上記の範囲以下に入る設計断面が基準となる よう設定している。
- (5) 本稿で提案した新設計法の部分係数のうち、材料 係数については、盛立材料の動的物性の更なる収 集分析を行うことで堤体震力係数の推奨値を下 方修正することが出来れば拘束圧依存性を考慮 した関数として再設定できる可能性がある。
- (6) 提案した部分安全係数法に基づく新設計法を用いて断面設計を実施し、震度法設計断面との設計断面勾配の変化について比較分析を行った。この結果、許容破壊確率の基準とした強度定数付近では震度法と同等の設計断面となるが、強度定数が異なることで震度法設計断面と比べて大きく変化した。低拘束圧条件下の強度が大きい材料(c>50kPa)では震度法設計断面よりも設計勾配が大幅に急なるため、提案した新設計法に基づく断面設計を行う場合には上下流面の最急勾配を定めるなどの制限が必要となる。

②の研究成果

(1) 東北地方太平洋沖地震においてダムサイトで観 測された7地震動を含め、堤高の影響について基本的な堤体断面を対象とした震力係数k/kFの検討 を行ったが、既往の48地震動による検討結果と 同等の値であった。したがって、表-3.1で提案し た震力係数と堤高の関係式について、東北地方太 平洋沖地震の地震動を含めて提案可能な震力係 数であると考えられる。

③の研究成果

(1) 既設ロックフィルダムのコア材料を用いて、直 接引張試験を行った。その結果、試験後の供試 体にはほぼ直線の引張亀裂が発生し、引張応力 には明瞭なピークが見られた。締固め度の大き い供試体の直接引張強度が大きくなる傾向があ った。また、引張速度が大きいと引張強度も大 きくなる傾向があったが、破壊時の変位と引張 強度には明瞭な相関は見られなかった。今回の 試料では、引張強度と一軸圧縮強度の比は 0.1 程 度となり、既往の試験結果の範囲にあることが 分かった。

(2) 今後も他の材料などで試験を行いコア材料の引 張強度を評価するとともに、地震時にフィルダ ム天端に発生するクラックの評価についての研 究を進めていきたい。

④の研究成果

- (1) 地震時において、中央コア型ロックフィルダムの フィル堤体と非常用洪水吐導流壁の境界部に変 状が発生した事例が1、中心コンクリートコア型 フィルダムのフィル堤体とコンクリートコアの 境界部に変状が発生した事例が2つあった。いず れも、フィル堤体とコンクリートの剛性の差に起 因する振動特性の差が原因と推定される。いずれ のダムも決壊はしていない。
- (2) 地震時あるいは平常時において、フィルダム堤体 と関連構造物等の境界部における被災事例の文 献調査では、小規模なアースダムやため池の底樋 周辺の浸透破壊が多かった。底樋周辺は締固め不 足により浸透破壊に対して弱部になりやいと考 えられ、また底樋の形状が四角形の場合には底樋 上部隅角部周辺のフィル堤体に亀裂が発生する 可能性も考えられる。底樋周辺部の変状を回避す るためには、底樋の形状に配慮すること、塑性に 富む材料を底樋周辺に使用し締固めを十分に行 うこと、などの対策が考えられる。既設のため池 で底樋が設置されている場合には、底樋周辺から の漏水探知直後に貯水位を下げることにより漏 水を止めることができた事例があることから、地 震時あるいは豪雨時の底樋周辺からの漏水の監 視が重要であると考えられる。
- (3) 前述のとおり、フィルダムにおいては、河川管理 施設等構造令¹⁾において、フィルダムの堤体には 放流設備その他の水路構造物を設けてはならな い、と規定されており、構造令により建設された フィルダムにおいて、フィルダム堤体と関連構造 物等の境界部で地震により大きな被害が発生し

たとの報告はなかった。地震時や豪雨時に、底樋 が設置されている小規模なアースダムやため池 の決壊事例が多いことからも、フィルダム堤体に 放流設備等を設置しないことは、そのような施設 を発端とする被害を避けるためには重要である と考えられる。

- (4) 地震時あるいは平常時において、フィルダム堤体 と関連構造物等の境界部における変状を防ぐた めには、堤体と関連構造物等の境界部の設計、施 工が重要であると考えられる。清水ら^のは、フィ ルダム築堤の際に、コンタクトクレイを使用した 場合としなかった場合について FEM 解析を行い、 最小主応力と水圧の比較から、浸透破壊の検討を 行っている。その結果、コンタクトクレイを使用 した解析ケースでは、最小主応力が水圧より大き くなり浸透破壊の可能性は低いと考えられるが、 コンタクトクレイを使用しなかった解析ケース では、最小主応力が水圧よりも小さくなる領域が 大きくなり、浸透破壊が発生する危険性があると 指摘している。
- (5) 今後も、フィルダム堤体と関連構造物等の境界部 における地震時の被害形態についての検討を行 う予定である。

平成25年度は、①動的解析にもとづく簡易耐震性能 照査方法の検討およびすべり変形解析の基礎的な検討 として、ニューマーク法による指定円弧と任意円弧に よるフィルダムの地震時すべり変形量について検討を 行い、指定円弧と任意円弧によるすべり変形量の差異 について検討を行った。②地震動の継続時間の長さが すべり変形量に及ぼす影響を検討するため、継続時間 の短い地震動と長い地震動を用いて、ニューマーク法 によりすべり変形量の差異を検討した。③ロックフィ ルダムの合理的設計法および簡易な耐震性能照査法に 関する検討として、前年度までに提案した震力係数を 用いて修正震度法による安定解析を行い、指針(案) との安全率の差異について検討を行った。

の研究成果

(1) Newmark 法におけるフィルダムの地震時すべ り変形量において、指定円弧と任意円弧がすべ り変形量に及ぼす影響を検討した。指定円弧お よび任意円弧ともに、斜面表層の浅い円弧にお いて最大すべり変形量が発生した。指定円弧よ りも任意円弧の方が、より大きいすべり変形量 を示した。また、指定円弧と任意円弧によるす べり変形量は、任意円弧の方が上流側で約 1.7 倍、下流側で約 12 倍大きくなった。これは、 指定円弧において斜面表層の中標高の飽和部 を通る浅い円弧が設定されていなかったこと、 最大応答加速度が堤体斜面の法尻付近で大き くなっていることによるものと考えられる。特 に下流側では、その差が顕著であった。また、 斜面表層の高標高部を通る円弧についても、指 定円弧で算出された最大すべり変形量よりも 大きいすべり変形量が任意円弧で算出された。

(2) 今後は、斜面勾配、最大加速度、入力波形、物 性値などの条件を変化させた解析を行い、指定 円弧と任意円弧の最大すべり変形量の影響に ついてさらに検討を行う予定である。

②の研究成果

- (1) 内陸型地震を想定した継続時間の短い波形 1 (継続時間 25 秒)および海溝型地震を想定し た継続時間の長い波形 2 (継続時間 300 秒)に よるすべり変形解析を実施し、継続時間による 最大すべり変形量の影響について検討した。そ の結果、上流側では、箕面川波(波形 1)のす べり変形量に対し、七ヶ宿波(波形 2)では、2 倍程度大きくなった。ただし、下流側では、入 力地震動が下流側のすべりに影響を与える考 えられる負の加速度が波形 2 で小さかったこと により、すべり変形量が小さくなる結果となっ た。
- (2) 今後は、すべり開始後のすべり変形量の増加に 伴う強度低下(ひずみ軟化)を考慮したすべり 変形解析を用いて、引き続き地震動の継続時間 の長短によるすべり変形量の影響検討を行う 予定である。

③の研究成果

- (1)本年度は、修正震度法にもとづく簡易耐震性能 照査方法の検討として、既設 12 基のロックフ ィルダムを対象として、昨年度までに提案した 震力係数と指針(案)による震力係数を用いた 修正震度法による安定解析を行い、安全率の差 異について検討を行った。その結果、提案した 震力係数による安全率は、指針(案)と同程度 か若干大きくなった。
- (2) 今後も検討ダムを増やして、フィルダムの簡易

耐震性能照査方法として、提案した震力係数の 妥当性の検討を行う予定である。

平成26年度は、①動的解析にもとづく簡易耐震性能 照査方法に関する検討として、照査指針(案)に基づ き耐震性能照査を実施したロックフィルダムの物性値 (初期せん断剛性、動的変形特性、せん断強度)の整 理を行った。さらに、整理した物性値から代表値を設 定し、その代表値を用いて、堤高100mのモデルロッ クフィルダムにおいて、ロック材のせん断強度と入力 地震動の最大加速度を変数としたすべり変形量をもと に耐震性能を簡易的に判定する方法を提案した。②堤 体内の物性のばらつきが地震時変形に与える影響の検 討として、コア材料の動的強度にばらつきを与えた累 積損傷解析による地震時沈下量の検討を行った。

①の研究成果

- 初期せん断剛性は、各ダムにおいて採用されている材料の岩種が異なるため、ロック、フィルタ、コアのばらつきが大きいことがわかった。
- (2) 動的変形特性(H-Dモデル)において、せん断 ひずみに対するせん断剛性低下率 G/G₀につい ては、佐藤ら⁶によって地震記録から定式化さ れた曲線と概ね近い値となった。また、せん断 ひずみに対する減衰率 h/h_{max}については、最大 減衰定数は、概ね10~20%で分布している。
- (3) ロック材のせん断強度定数は、フィルダムの耐 震設計指針(案)の発刊年前後で分布傾向が異 なり、発刊後は、せん断強度定数 A の値が 0.7 ~1.0、b の値が 0.8~0.95 の範囲で分布してい る。
- (4) 平均的な物性値を用いて、ロック材のせん断強 度と入力最大加速度の関係を算定し、耐震性能 を簡易的に判定する方法を示した。

②の研究成果

- (1) 締固め度が大きくなるほど、揺すり込み沈下による天端沈下量は小さくなる。
- (2) コア部の動的強度をばらつかせた場合の天端 沈下量は、ばらつかせた動的強度の中で最も小 さい動的強度を用いて算出した天端沈下量と、 最も大きい動的強度を用いて算出した天端沈 下量の間に位置する。
- (3) コア部の締固め度について、すべての層で均一 な締固め条件を想定した場合よりも、平均は

同等でも層ごとに不均一な締固め条件を想定 した場合では、揺すり込み沈下時に、より大き い沈下量が発生する可能性がある。

- (4) 地震動により堤体応答が異なるため、揺すり込み沈下において影響の大きい層は異なる。
- (5) 地震動の最大加速度が大きくなるほど、継続時 間の長さによる沈下の影響が大きくなる可能 性がある。

参考文献

1)河川管理施設等構造令研究会編集:解説・河川管理施設
 等構造令,(社)日本河川協会,pp.33~47,1978年3月.

 2) 例えば 建設省土木研究所:土木研究所所報 第 196 号, pp.321~339, 1996 年 3 月.

3)例えば 国土交通省国土技術政策総合研究所,独立行政法人土木研究所,独立行政法人建築研究所:平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震被害調査報告, pp.90~137,2008年12月.

 4)例えば 国土交通省国土技術政策総合研究所,独立行政法人土木研究所:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地 震土木施設災害調査速報, pp.342~366,2011年7月.

5) 建設省河川局開発課監修:フィルダムの耐震設計指針(案), (財) 国土開発技術研究センター編集, pp.5-10, pp.43~48, 1991 年 6 月.

6)例えば 星谷勝,石井清:構造物の信頼性設計法,鹿島 出版会, pp.1~9, 1986年5月.

7) 国土交通省河川局治水課:大規模地震に対するダム耐震 性能照査指針(案),2005.3

8)例えば、東日本旅客鉄道株式会社:信濃川発電所復旧工 事技術専門委員会、委員会報告書,2006.5

9) 島本和仁,山口嘉一,佐藤弘行,安田成夫,佐野貴之: フィルダムの累積損傷解析に伴う変形予測手法,ダム技術, No.244, pp.15-31, 2007

10) 佐藤弘行,山口嘉一:コア材料の締固め度と動的強度, ダム技術, No.252, pp.42-53, 2007

 佐藤弘行,下山顕治,吉田諭司,山口嘉一:岩手・宮城 内陸地震における胆沢ダムの沈下量の再現解析,ダム工学, 24(1), pp.4-16, 2014

2. Newmark 法によるすべり変形量に基づく簡易耐震 性能判定法の検討

2.1 平成 26 年度からの追加検討

平成26年度は、簡易耐震性能判定法の検討として、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」¹⁾による耐震性能照査の試行に用いられている物性値の 整理を行い、その整理結果から代表値を設定し、ニュ ーマーク法によるすべり変形解析結果から、ロック材 のせん断強度定数と入力地震動の最大加速度を変数と した最大すべり変形量の簡易判定法を提案した。

今年度は、耐震性能照査に用いられている物性値に ついて、新たな資料が入手できたことから、せん断強 度定数の再整理を行った。また、解析的検討としては、 解析モデル、静的解析、地震応答解析は前年度と同じ 条件を用いて、すべり変形解析について次に示す追加 ケースと再設定した条件を加えて簡易判定法について 再検討した。追加ケースとしては、前年度に4ケース で実施したせん断強度定数に2ケースを追加し、すべ り変形解析の解析方法として、前年度のニューマーク 法に加えて、渡辺・馬場法による解析結果を追加した。

2.2 せん断強度定数の追加整理

整理したダムの諸元と整理項目を表-2.1に示す。平 成26年の検討後に、新たな資料が入手できたことから、 ロック材のせん断強度を追加整理した。追加したダム はダムO~ABである。

2.2.1 整理結果

整理したダムは表-1 に示す 28 ダムである。これら のダムについて、せん断強度の応力単位を MPa として 表した場合のロック材のせん断強度定数 A とbの関係 を図-2.1 に黒丸で示す。強度定数の分布範囲をみると、 A の値が 0.7~1.2、b の値が 0.65~1.0 で分布しており、 強度定数 b の値が増加するほど A の値が減少する傾向 にある。せん断強度の分布図について、図-2.2 に堤高 別の区分図を、図-2.3 にロックゾーンを上流、下流で 区分した図を示す。図-2.2 の堤高 80m 以上 120m 未満 のダムを見ると、一部で A がおよそ 0.8 のダムも見ら れるが、A が 0.9~1.0 の範囲に b が 0.80~0.95 の範囲 で多く分布していることがわかる。図-2.3 では、下流 側ロックゾーンに採用された強度定数 b は、上流側ロ ックゾーンに採用されたせん断強度定数 b よりも大き い傾向にあることがわかる。

2.2.2 解析に用いる代表値の設定

本検討に用いるロック材のせん断強度には、図-2.2 から堤高 80m 以上 120m 未満のダムで一部 A が 0.8 の ダムも見られること、後述するすべり円弧の設定は上 流側のみを対象とすること、すべり変形量が大きくな ると想定されるせん断強度の小さい範囲を含めること などを考慮し、図-2.1 および表-2.2 に示すせん断強度 定数を6ケース設定した。フィルタ材のせん断強度は、 簡便のためロック材で用いるせん断強度と同じ物性値 を用いた。コア材のせん断強度には cop 法を用いて、 内部摩擦角はダム A~N の設計値の平均値 31°を、粘 着力は0として設定した。

表-2.1 検討ダムの諸元と整理項目

L* 1	<u>и</u> т		初期	動的	ロック材
ダム	堤高	竣工年	せん断	変形	のせん断
名	(m) *)	**)	剛性	特性	強度
А	66.0	2010	-	0	0
В	91.7	1990	-	0	0
С	91.6	-	0	0	0
D	75.0	2011	0	0	0
Е	128.0	1968	0	0	0
F	153.0	1979	-	0	0
G	52.5	1981	0	0	0
Н	113.5	-	0	0	0
Ι	132.0	2013	0	0	0
J	90.0	1991	0	0	0
K	86.5	1975	0	I	0
L	41.2	2009	0	I	0
М	78.5	2006	0	-	0
Ν	140.0	1996	0	0	_
0	66.0	1981	_	-	0
Р	112.0	1990	-	I	0
Q	119.5	1993	-	-	0
R	66.5	2004	-	-	0
S	105.0	2006	_	-	0
Т	89.9	2011	-	-	0
U	84.3	1984	-	-	0
V	40.0	1991	-	-	0
W	45.5	1980	-	-	0
Х	32.0	1982	-	-	0
Y	35.0	1987	-	-	0
Z	37.0	1993	-	-	0
AA	86.5	-	-	-	0
AB	139.0	-	-	_	0

*)ダム型式が複合ダムの場合は、フィル部の堤高を表す。 **)建設中または計画中のダムは「-」と記した。



▲ 堤高 80m 以上 120m 未満 □ 堤高 120m 以上

○ 堤高 40m 未満



図-2.2 堤高により区分したロック材のせん断強度定数

× 堤高 40m 以上 80m 未満

表-2.2	解析に用いるロック材のせん断強度定数
- L. L	

ケ ーフタ	せん断強度定数		
クー 入石	A(MPa)	b	
CASE1	0.7	0.9	
CASE2	1.0	0.9	
CASE3	0.7	0.8	
CASE4	1.0	0.8	
CASE5	0.8	0.85	
CASE6	0.9	0.85	

2.3 解析モデルおよび解析条件

基本的に平成26年度に報告した条件を用いて検討 を行った。詳細については、平成26年度の研究報告書 を参考にされたい。

2. 4 ニューマーク法と渡辺・馬場法による塑性変形 解析

2.4.1 すべり円弧の作成方法

すべり変形量はニューマーク法²⁾と渡辺-馬場法³⁾ による塑性変形解析により算出した。解析に用いるせ ん断強度には、設定した代表値を用いた。想定すべり 円弧は、既往の検討⁴⁾において上流側のすべり円弧は 下流側のすべり円弧に比べてすべり変形量が大きい場 合が多いことから上流側のすべり円弧を対象とした。 すべり円弧の作成には、すべり変形量が最大となる円 弧を半径と中心座標を変えながら探索する方法を用い た。具体的には、図-2.4に示すように、格子範囲を設 定し、その範囲で円弧の中心点となる格子分割を行っ た。次に1つの格子点(円弧の中心点)において、図 -2.5 のように堤体表面からの土被り厚が 5m となる基 準円弧を設定し、堤敷の最深部を超えない半径となる まで円弧の半径を基準円弧から刻み幅 5m ずつ増加さ せて複数のすべり円弧を設定した。なお、円弧の半径 を刻み幅ずつ増加させて作成した時の最大半径の円弧 が、堤敷と接する最大半径と一致しない場合は、堤敷 と接する最大半径を持つ円弧も追加した。設定した円 弧の数は、上流側で2826 個である。

図-2.3 上下流に区分したロック材のせん断強度定数



図-2.4 1つの格子点から設定した 住意円弧による想定すべり円弧



図-2.5 任意円弧の作成条件

2.5 最大すべり変形量の簡易推定法の検討 2.5.1 最大すべり変形量

入力最大加速度 3.5.7.5.10m/s²とせん断強度定数 A.b と最大すべり変形量の関係について、すべりによる塑 性変形解析にニューマーク法を用いた結果を図-2.7 に、渡辺-馬場法を用いた結果を図-2.8に示す。これ により、照査指針(案)に示す耐震安全性の確保に必 要な最大すべり変形量 1m 以下を確保できる入力最大 加速度とロック材のせん断強度を簡易的に推定した。 今回は、加速度応答が周期 0.5~1.0 秒付近で大きくな る箕面川波を用いて、固有周期が約0.56秒となる堤高 100m モデルにより解析を実施したため応答が大きく なり、大きなすべり変形量が発生したと考えられる。 図-2.7 および図-2.8 より、最大すべり変形量はロック 材のせん断強度がどのケースにおいても、入力最大加 速度の増加に伴い増加している。設定したロック材の せん断強度の中で、すべり変形量が最大となるケース はニューマーク法と渡辺-馬場法ともに入力最大加速 度が 10m/s²の時の CASE1 であり、両方法の変形量の 差はほとんどなかった。また、入力最大加速度が10m/s² の場合では、CASE1、CASE2、CASE3、CASE5 の最 大すべり変形量が1m以上となっており、CASE1につ いては入力最大加速度が 7.5m/s² の場合でも最大すべ り変形量が 1m を超えており、詳細な検討が必要と考 えられる。検討ケースの中で入力最大加速度が最も小 さい 3m/s² のケースでは、最大でも十数センチ程度の

すべり変形量であった。本検討で設定した物性値およ び解析条件においては、照査指針(案)に示す耐震安 全性の確保に必要な最大すべり変形量 1m について、 入力最大加速度 5m/s² 程度以下であれば確保できてい ると考えられる。図-2.6 に、CASE1 の各入力最大加 速度において最大すべり変形が発生した円弧を示す。 渡辺-馬場法による結果は、ロックゾーンのみを通る 浅い円弧が支配的であり、ニューマーク法によるすべ り円弧と比べて入力最大加速度に対する円弧位置や円 弧深さの変化が小さい。これらは、ニューマーク法で は応答加速度を、渡辺ー馬場法では応力の釣合いを考 慮していることが原因と考えられ、解析における留意 点を踏まえて照査を実施する必要があると考える。耐 震性能照査では、一般的にニューマーク法が用いられ る場合が多いが、今回の結果のように、渡辺-馬場法 がニューマーク法よりも最大すべり変形量が大きくな る場合もあることから、渡辺一馬場法を用いた検討も 行うことは重要であるといえる。



* 図中の数字は、解析に用いた上下流方向の入力 最大加速度を表す。

図-2.6 最大すべり変形が発生した円弧の形状 (CASF1)



図-2.7 ニューマーク法を用いた最大すべり変形量の簡易評価



図-2.8 渡辺・馬場法を用いた最大すべり変形量の簡易評価

2.6 まとめ

平成 26 年度と今年度の研究成果をまとめると以下 の通りとなる。

・初期せん断剛性は、各ダムにおいて採用されてい る材料の岩種等が異なるため、ばらつきが大きい。

・動的変形特性 (Hardin-Drnevich モデル) において、 せん断ひずみに対するせん断剛性低下率 G/G_0 は、佐藤 ら⁵⁾によって地震記録から定式化された曲線と概ね近 い値となった。せん断ひずみに対する減衰率 h につい ては、最大減衰定数 h_{max} は概ね 10~20%で分布してい る。

・ロック材のせん断強度定数はAの値が0.7~1.2、bの値が0.65~1.0の範囲で分布しており、強度定数bの値が増加するほどAの値が減少する傾向にある。

・渡辺-馬場法を用いた最大すべり変形量は、耐震 性能照査で一般的に多く用いられているニューマーク 法による最大すべり変形量よりも大きくなる場合があ り、渡辺-馬場法を用いた検討も行うことは重要であ る。

・整理結果より解析に必要な物性値の代表値を設定 し、入力最大加速度とロック材のせん断強度定数を変 化させて最大すべり変形量を算出した。その結果をも とに、ロック材のせん断強度と入力最大加速度の関係 から、地震時の最大すべり変形量の簡易的な推定を行 った。本検討で設定した物性値、および解析条件では、 照査指針(案)に示されている耐震性能の確保に必要 な最大すべり変形量 1m を入力最大加速度 5m/s² 程度 以下であれば確保できていると考えられる。

・本検討結果は、堤高 100m のモデルダムについての 結果である。様々な堤高においても対応可能な指標と するためには、堤高と最大すべり変形量との関係や用 いた代表値、入力地震動の大きさや位相特性などの検 討を更に重ねる必要がある。その上で、提案した方法 を活用すれば、室内試験結果から求められるロック材 のせん断強度定数 A,b から、簡易的に地震時の最大す べり変形量を把握することが可能となる。

参考文献

1)国土交通省河川局:大規模地震に対するダム耐震性能照 査指針(案),2005.3

 Newmark, N. M.: Effects of Earthquakes on Dams and Embankments, Geotechnique, Vol.15, No.2, pp.139-160, 1965
 渡辺啓行,馬場恭平,平田和太:フィルダムの動的解析 に基づくすべり安定評価手法の一考察,電力中央研究所報告, 研究報告 No.381020, 1981.12 4)山口嘉一,冨田尚樹,水原道法:ロックフィルダムの地 震時すべり変形量の影響分析と簡易推定方法,独立行政法人 土木研究所報告, No.212, pp.1-31, 2009

5) 佐藤信光, 曽田英揮, 太田垣晃一郎: 実測地震記録による既設ダム堤体の動的特性および物性値の推定と適用, ダム技術, No.321, 2013

フィルダム土質材料による繰返し強度低下を考慮したすべり変形量に関する検討

3.1 概要

本検討では、堤体内の物性のばらつきが地震時変形 に与える影響の検討および巨大海溝型地震に対するフ ィルダムの耐震性能照査方法の検討として、地震時の 繰返し荷重による強度低下と地震動の継続時間による すべり変形量への影響を検討した。本検討では、まず フィルダムの築堤材料を用いて室内試験を実施し、コ ア材およびロック材の締固め度の違いによる繰返し強 度低下の影響を比較した。次に、試験結果により設定 した締固め度別の強度低下曲線を用い、繰返し荷重に よる強度低下を考慮したニューマークD法と従来法で あるニューマーク法を用いて、ロックフィルダムモデ ルおよびアースダムモデルにおける両者のすべり変形 量へ与える影響を検討し、2 つの入力地震動を用いて 併せて継続時間による影響も検討した。

検討のフローを図-3.1に示す。



3.1.1 室内土質試験の概要と試験項目

(1) 試験項目

本検討で実施した物理試験および室内三軸圧縮試験 の試験項目を表-3.1に示す。

試験項目		規格等
物	よの炊産計験	JIS A 1204:2009
理	上の和皮試験	沈降分析、ふるい分け含む
試	土の含水比試験	JIS A 1203:2009
験	土粒子の密度試験	JIS A 1202:2009

|--|

	突固めによる土の 締固め試験	JIS A 1210:2009、 モールド径 10cm ランマー2.5kg、非乾燥法
	土の液性限界試験	JIS A 1205:2009
	土の塑性限界試験	JIS A 1205:2009
	純単調載荷試験	土の圧密非排水(\overline{CU})三軸圧縮試験
Ξ		方法(JGS0523)
軸		土の圧密非排水(CD)三軸圧縮試験方
圧		法(JGS0524)
縮	繰返し+単調載荷	土の繰返し非排水三軸試験方法
試	試験	(JGS0541)
験		を実施後に直ちに
		+の圧密排水(CD)=軸圧縮試験方法

(2) 純単調載荷試験

純単調載荷試験については、JGS 基準「土の圧密非 排水(CU)三軸圧縮試験方法(JGS0523)」または、「土の 圧密非排水(CD)三軸圧縮試験方法(JGS0524)」に基づい て実施した。試験結果より、各条件における全応力お よび有効応力でのせん断強度を評価した。

(3) 繰返し+単調載荷試験

繰返し+単調載荷試験は、JGS 基準「土の繰返し非 排水三軸試験方法(JGS0541)」に基づいて繰返し載荷を 与えた後、非排水状態を保ったまま、直ちに単調載荷 (JGS0523)を実施した。なお、繰返し+単調載荷試験を 実施する際には、表-3.2 に示す 9 試験(試験 No.11 ~19)のうち、試験 No.11~15の「DA=10%で繰返し 載荷から単調載荷へ移行する試験」(以降、試験 1 と する)を先行して実施し、試験 1 の結果から得られる 繰返し応力振幅比 SR20 で、試験 No.16~19の 「DA=1,3,5,7%で繰返し載荷から単調載荷へ移行す る試験」(以降、試験 2 とする)を実施する。ここで、 DA は両振幅軸ひずみ、SR20 は 20 回の繰返し載荷で DA=5%に達する繰返し応力振幅比を表す。

表-3.2 繰返し+単調載荷試験の一覧

試験概要	試験 No.	繰返し応力 振幅比 SR	繰返し載荷から単調載荷へ 移行する際の両振幅軸ひずみ DA	
	11	SR1		
DA=10%で 繰返し載荷から	12	SR2		
単調載荷へ	13	SR3	10%	
移行する試験 (試験 1)	14	SR4		
(試験))	15	SR5		
DA=1, 3, 5, 7%で	16		7%	
繰返し載荷から	17	SR ₂₀	5%	
 単調載何へ 移行する試験 	18	(SR1~5の 結果から算出)	3%	
(試験2)	19		1%	

上記の試験結果を用いて繰返し荷重による強度低下 を考慮するニューマークD法によるすべり変形解析に 必要な強度低下特性の設定・評価を行った。

(4) 強度低下特性の算出手順

純単調載荷試験結果および繰返し+単調載荷試験結 果を基にした、各材料の非排水載荷に伴う強度低下特 性の算出手順を図-3.2に示す。



図-3.2 非排水繰返し載荷に伴う強度低下特性の算出 方法

3.1.2 すべり変形解析の概要

すべり変形解析には、ニューマーク法およびニュー マーク D 法を用いて実施した。

(1) ニューマーク法

ダムの大規模地震に対する耐震性能照査において、 一般的に用いられているニューマーク法を用いる。詳 細については、『国土交通省河川局:大規模地震に対す るダム耐震性能照査指針(案)、平成17年3月』¹⁾(以 下、照査指針(案)という)を参考にした。

(2) ニューマークD法

強度低下を考慮したすべり変形解析の方法として、 龍岡ら²⁾の方法を用いて解析を実施した。詳細につい ては、『非排水繰返し載荷による強度低下とひずみ軟化 を考慮したニューマーク法による地震時斜面残留変位 推定、2014年5月14日(水)、15日(木)、「地盤工学会 特別シンポジウムー東日本大震災を乗り越えてー」』を 参考にした。

3. 2 室内土質試験

3.2.1 試験材料

試験材料には、現在施工中のダムの築堤材料である 外部ロック材(搬入時最大粒径 63mm 程度)とコア材 (最大粒径 19mm 程度)を用いた。これらの材料を最 大粒径 9.5mmに粒度調整し、各種試験を行った。







写真-3.2 搬入時試料状況(コア材)

(1) 物理特性

ロック材、コア材の物理特性を表-3.3に示す。

試験に使用する材料は、最大粒径 9.5mm の材料であ ることから、搬入材料の粒度試験結果より、粒径 9.5mm のせん頭粒度を求めた。図-3.3、図-3.4 にロック材、 コア材の搬入粒度と、搬入粒度より求めた粒径 9.5mm のせん頭粒度および、参考として相似粒度の粒径加積 曲線を示す。ロック材のせん頭粒度と相似粒度には礫 および砂分に相違があり、コア材は類似していること が分かる。

表-3.3 物理特性一覧

試料名		ロッ	ク材	=7	マ材		
		搬入粒度	せん頭粒度 (9.5mm)	搬入粒度	せん頭粒度 (9.5mm)		
土粒子の密度 ρ _{s g/cm} ³		2.680	2.680	2.728	2.728		
	含水比	w	%	0.8	1.1	6.0	-
	石分		%	2.8	0.0	6.0	0.0
	礫分		%	72.6	54.1	59.8	34.6
	砂分		%	18.5	34.6	22.1	42.3
	シルト分		%	3.1	5.6	5.9	11.3
	粘土分		%	3.0	5.7	6.2	11.8
	細粒分含有率	Fc	%	6.1	11.3	12.1	23.1
au ere	最大粒径	Dmax	mm	200	9.5	125.0	9.5
和皮	60%粒度	D ₆₀	mm	13.13	3.25	17.08	1.50
	50%粒度	D ₅₀	mm	8.00	2.34	7.90	0.88
	30%粒度	D ₃₀	mm	2.750	0.779	1.300	0.200
	20%粒度	D ₂₀	mm	1.200	0.311	0.400	0.035
	10%粒度	D ₁₀	mm	0.260	0.043	0.030	0.003
	均等径数	Uc		50.3	76.1	612.0	495.7
	曲率径数	Uc'		2.20	4.37	3.50	8.81
	液性限界	wL	%	-	-	34.5	34.5
コンシス	塑性限界	Wp	%	-	-	18.4	18.4
122	塑性指数	I _P		-	-	16.1	16.1
地盤材料の分類名		-	細粒分まじり 砂質礫	-	細粒分質 礫質砂		
分類記号		-	(GS-F)	-	(SEG)		



図-3.3 粒径加積曲線(ロック材)



(2) 試験粒度

図-3.3、図-3.4に示した粒度結果を考慮して三軸 試験に用いる粒度分布を**図-3.5**のように設定した。

コア材は粒径 9.5mm のせん頭粒度を試験粒度とした。ロック材はタルボット式 (*n*=0.6) により粒度を設定した。



図-3.5 コア材とロック材の試験粒度

(3) 締固め試験結果

(a)ロック材

ロック材の相対密度は、表-3.4 に示すエネルギー を変化させた突固めによる締固め試験により算定した。 後述する供試体作成の条件を考慮して供試体の作成 方法を検討した結果、供試体が自立可能となる含水比 4%を用いた突固めによる締固め試験結果を用いるこ ととした。

表-3.4 エネルギー変化による締固め試験の概要

項目	規格等	備考
ランマー質量(kg)	2.5	JIS A 1210に準拠
ランマー落下高(cm)	30	JIS A 1210に準拠
ランマー内径(cm)	10	JIS A 1210に準拠
モールド(cm ³)	1000	JIS A 1210に準拠
突固め層数(Ec)	3	JIS A 1210に準拠
突固めエネルギー(Ec)	0(投入)、0.5、1.0、2.0 、3.0、4.5、6.0、8.0	8モールド
含水比w(%)	4.0	供試体が自立できる含水比

供試体は、所定の密度となるようにモールド内に試 料を充填し、抜き出した後、重量および寸法を計測す る。予めゴムスリーブをセットし、負圧法により供試 体を作製する方法はあるが、ロック材の場合、所定の 密度とするためには締固めにより作製する必要があり、 礫分を主体とするため、供試体作製時にゴムスリーブ が破れることが想定された。そのため、供試体は自立 する状態とする必要があったが、風乾状態で供試体を 作製した場合、供試体が自立せず、かつ著しく不均質 になるため、供試体作製方法について想定する相対密 度85%および相対密度95%に対して自立可能な含水比 の検討を行った。その結果、含水比 w=4.0%に調整し て供試体を作成することとした。また、試料を用いて、 含水比 w=4.0%におけるエネルギー変化による締固め 試験を実施した。風乾状態との試験結果の比較を図ー 3.6 に示す。風乾状態と比較して、最大乾燥密度は同 程度であるが、最小乾燥密度が異なることから相対密 度が異なり、 $D_r=85\%$ で $\rho d=1.876g/cm^3$ 、 $D_r=90\%$ で $\rho d=1.940 \text{ g/cm}^3$ 、Dr95%で $\rho d=2.009 \text{ g/cm}^3$ となった。



図-3.6 エネルギー変化による締固め試験結果 (風乾時(w=0.5%)と自立可能含水比(w=4%)との比較)

(b)コア材

コア材料の締固め試験結果を図-3.7 に示す。最大 乾燥密度は1.987g/cm³、最適含水比は11.8%であった。 搬入時の含水比は6.0%であり、最適含水比は搬入含水 比の2倍程度である。



3.2.2 試験条件

(1) 使用機械

本業務において使用した機械の性能を表-3.5 に示 し、使用した機械を写真-3.3、写真-3.4に示す。

佐田			性能
使用	名称	静的三軸圧	液状化試験、
ĿЛ		縮試験	動的変形試験
三軸	適用供試体(mm)	ϕ 50~75	ϕ 50~75
室	耐圧(MPa)	0.99	0.99
	載荷方式	電動ジャッ キ	空圧サーボ
	載荷種類	単調	繰返し、単調
	制御方式	ひずみ	応力、ひずみ
栽井	軸力	10kN	2kN
^単 ¥110」	ストローク(mm)	25	± 25
	周波数(Hz)		0.01~1.0
	计史	_	正弦波、三角波、矩形
	<i>1</i> X 112		波
	載荷速度(%/min)	0.05~1	_
	大変 位(mm)	25	± 25
変位			ギャップセンサー ±1
計	小変位 (mm)	—	LDT による同時計測
			も可

表-3.5 使用機械一覧表

表-3.5 使用機械一覧表(続き)

使用		性能	
	名称	静的三軸圧	液状化試験、
ЪЛ		縮試験	動的変形試験
压力 -	容量(MPa)	1	1
	制御圧力(MPa)	0.001~1	0.1~0.99
āΙ	制御方法	手動	自動
飽和方法		二重負圧	二重負圧
サンプリング周波数(Hz)		_	1~250



写真-3.3 静的三軸圧縮試験装置



写真-3.4 動的三軸試験装置

(2) 供試体作製

供試体のサイズは、φ50mm×H100mm とし、突き固 めによる密度調整により作製する。ロック材について は相対密度を指標とし、表-3.6 に示す含水比に調整 した試料を所定の相対密度になるよう供試体を作製す る。コア材については締固め度を指標とし、表-3.7 に示す含水比に調整した試料を所定の締固め度になる よう供試体を作製する。なお、供試体作製時の供試体 の密度、粒度のばらつきによる、試験結果への影響を 回避するため、5 層(2cm/層)に分けて試料を分取りし、 突き固めにより供試体を作製した。作製した供試体と 写真-3.5~写真-3.9 に示す。

材料	相対密度 D _r (%)	乾燥密度 ρ _d (g/cm³)	含水比 w(%)	湿潤密度 ρ _t (g/cm³)	飽和密度 $ ho_{\rm sat}({\rm g/cm}^3)$
	85	1.876	4.0	1.951	2.176
ロック材	90	1.940	4.0	2.018	2.216
	95	2.009	4.0	2.089	2.259

表-3.6 ロック材の供試体条件

表-3.7	コア材の供試体条件
-------	-----------

材料	締固め度 D _c (%)	乾燥密度 ρ _d (g/cm³)	含水比 w(%)	湿潤密度 ρ _t (g/cm³)	飽和密度 ρ _{sat} (g/cm³)
コア材	95	1.888	11.8	2.110	2.196
	98	1.947	11.8	2.177	2.233
	100	1.987	11.8	2.221	2.259



写真-3.7 ロック材 No.1 (締固め度 Dr=95%)



写真-3.5 ロック材 No.1 (締固め度 Dr=85%)



写真-3.6 ロック材 No.1 (締固め度 Dr=90%)



写真-3.8 コア材 No.5 (締固め度 Dc=95%)



写真-3.9 コア材 No.5 (締固め度 Dc=98%)

(3) 試験ケース

三軸試験の数量一覧および試験条件一覧を表-3.8、 表-3.9に示す。

試験名	試験 No.	拘東圧 σ'。	SR	DA	数量	備考
64 14 an	01	σ' _{c-1}	-	-	3	ロック材3ケース
形 毕 祠 ++- 古=>+ #>	02	σ' c-2	-	-	3	ロック材3ケース
戦(何)武)映 (CD) 二 軸診(指統)	03	σ' c-3	-	-	3	ロック材3ケース
	04	σ' -4	-	-	3	ロック材3ケース
	05	σ' _{c-1}	-	-	5	ロック材2ケース+ コア材3ケース
	06	σ'2	-	-	5	ロック材2ケース+ コア材3ケース
純単調 載荷試験	07	σ' _{c-3}	-	-	5	ロック材2ケース+ コア材3ケース
(<i>TU</i> 三軸試験)	08	σ'4	-	-	5	ロック材2ケース+ コア材2ケース+
	09	σ' -5	-	-	1	コア材1ケース
	10	σ' _{c-6}	-	-	1	コア材1ケース
	11	σ' -1	SR1	10%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	12	11	SR2	10%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	13	11	SR3	10%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	14	11	SR4	10%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
繰返し+ 単調載荷試験	15	11	SR5	10%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
1 80300128 000	16	11	SR20	7%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	17	11	"	5%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	18	11	"	3%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース
	19	11	11	1%	4	ロック材2ケース+ コア材2ケース

表-3.8 三軸試験数量一覧

表-3.9 三軸試験条件一覧

試験名	武殿 No	ㅁ ッ	ク材の締固る	め度	コア材の締固め度			
		Dr=85%	Dr=90%	Dr=95%	Dc=95%	Dc=98%	Dc=100%	
	01	100	100	100	/	/		
純単調試験	02	200	200	200	/	/		
(CD 三軸試験)	03	400	400	400	/	/		
	04	700	700	700	/	/		
	05		100	100	50	50	50	
	06		200	200	100	100	100	
純単調	07	\sim	400	400	200	200	200	
載何試販 (\overline{CU} 三軸試驗)	08		700	700	300	300	300	
(00	09		/		400			
	10		/	/	700	\backslash	\square	
	11	\backslash	100	100		100	100	
	12	\backslash	100	100	/	100	100	
	13		100	100	/	100	100	
	14	\backslash	100	100	/	100	100	
繰返し+ 畄調載荷試驗	15	$\overline{)}$	100	100	/	100	100	
-+- (04) N(C [14] (0-142)	16		100	100	/	100	100	
	17		100	100	/	100	100	
	18		100	100	\backslash	100	100	
	19		100	100		100	100	
合計本数	合計本数		17	17	6	13	13	

3.2.3 純単調載荷試験による試験結果

(1) ロック材の圧密排水三軸試験(CD 試験)

ロック材の相対密度 *D*_r=85%,90%,95%の CD 条件の 純単調載荷試験結果より、後述する解析モデル作成に 用いる強度定数(cφ 法(c=0 として))と、すべり変形 解析に用いる強度定数(cφ 法,Ab 法)を設定した。設 定した強度定数を図-3.8~図-3.10 に示す。なお、 Ab 法は式(1)~(3)で、cφ 法は式(4)で強度を設定した。 試験後の供試体の状況を**写真**-3.10 に示す。

【Ab 法】

$$\tau_f = A \left(\overline{\sigma_n} \right)^b \tag{1}$$

$$\sigma_n = \frac{\left(\sigma_{1f} + \sigma_3\right)}{2} + \frac{\left(\sigma_{1f} - \sigma_3\right)\cos 2\alpha}{2}$$
(2)

$$\alpha = 45^{\circ} + \frac{\varphi_0}{2} \tag{3}$$

【cø法】

$$\tau_f = c + \sigma_n \tan \varphi \tag{4}$$

ここで、 ϕ はせん断強度、 $\overline{\sigma_n}$ はすべり面に作用する 垂直応力、 α は供試体せん断面の傾斜角、 ϕ_0 は粘着力 c=0と設定して求めた各拘束圧における内部摩擦角で ある。



図-3.8 強度定数の設定(ロック材(Dr=85%))



図-3.9 強度定数の設定(ロック材(Dr=90%))



図-3.10 強度定数の設定(ロック材(Dr=95%)))



写真-3.10 CD 試験後の状況(ロック材 No.1、締固め 度 Dc=90%)

ロック材 *D*,=85%,90%,95%の CD 条件の強度定数(cop 法)を比較したものを図-3.11 に示す。相対密度が大 きいほど、粘着力 c が大きくなり、せん断強度 y が大 きく なっていることが 確認 できる。ロック材 *D*,=85%,90%,95%の CD 条件の強度定数(Ab 法)を比 較したものを図-3.12 に示す。相対密度が大きいほど、 せん断強度 y が大きくなっていることが確認できる。



(2) ロック材の圧密非排水三軸試験(Cuber 試験)

ロック材 *D_r*=90%,95%のCU条件の全応力(三笠の考 え方)および有効応力の強度定数を比較したものを図 -3.13 に示す。全応力(三笠の考え方)でのせん断強 度は、相対密度が大きい *D_r*=95%の方が大きいことが 確認できる。有効応力でのせん断強度は、*σ*<1000kN/m² の範囲で、相対密度が大きい *D_r*=95%の方が、大きい ことが確認できる。

試験後の供試体の状況を写真-3.11に示す。





図-3.13 強度定数の比較(ロック材(CU条件))



写真-3.11 CUber 試験後の状況(ロック材 No.5、締固 め度 Dc=90%)

(3) コア材の圧密非排水三軸試験(Cuber 試験)

コア材 (*D_c*=95%) では、アースダムおよびロックフィルダムの解析モデル作成のために、それぞれの応力 状態に応じた圧密応力にて三軸圧縮試験を実施した。 アースダムの圧密応力は、50,100,200,300 kN/m²、ロッ クフィルダムの圧密応力は、100,200,400,700kN/m²とし た。

全応力(三笠の考え方)および有効応力の強度定数 を比較したものを図-3.14に示す。全応力(三笠の考 え方)、有効応力の強度定数ともに、顕著な違いは見ら れなかった。

また、試験後の供試体の状況を写真-3.12に示す。





(b) 有効応力

図-3.14 強度定数の比較(コア材 Dc=95%(CU条件))



写真-3.12 CUber 試験後の状況 (コア材 No.5、締固め 度 Dc=95%)

コア材 Dc=95%,98%,100%の \overline{CU} 条件の全応力(三笠 の考え方)および有効応力の強度定数を比較したもの を図-3.15 に示す。全応力(三笠の考え方)の強度定 数は、締固め度が大きいほど、粘着力 c_{cu} 、内部摩擦角 φ_{cu} ともに大きく、せん断強度 τ_f が大きくなっているこ とが確認できる。有効応力の強度定数は、締固め度に 関係なく、概ね同程度であることが確認できる。



図-3.15 強度定数の比較(コア材(CU条件))

3.2.4 繰返し+単調載荷試験による試験結果

繰返し+単調載荷試験では、3.1.1(3)で記述したよ うに試験1および試験2を実施する。試験1による試 験結果を用いて、試験2の実施に必要なSR₂₀を算定し た。さらに、ニューマークD法によるすべり変形解析 の実施に必要な任意のDAにおけるN~SRの関係式 (疲労曲線)を定義する。

(1) DA=10%で繰返し載荷から単調載荷へ移行する試 験(試験1)

試験1による試験結果より求めた各試料の繰返し載 荷回数Nと繰返し応力振幅比SRの関係を図-3.16~ 図-3.19に示す。ロック材では、両振幅軸ひずみが DA=10%まで進行する前にゴムスリーブが破れて試験 が継続できない場合が見受けられたため、その場合は、 破壊直前で単調載荷に移行した。DA=10%に達する前 に単調載荷に移行した場合、その時のDAで損傷内部 摩擦角を整理した。

また、試験1の試験状況を写真-3.13に、繰返し載 荷後の状況を写真-3.14、写真-3.15に示す。



図-3.19 N~SRの関係(コア材(Dc=100%))



写真-3.13 試験1の試験状況



写真-3.14 試験1による繰返し載荷後の状況 (ロック材 No.11、締固め度 Dr=90%)



写真-3.15 試験1による繰返し載荷後の状況 (コア材 No.11、締固め度 Dc=98%)

(2) すべり変形解析に用いる疲労曲線の評価(試験1の試験結果を用いて)

ニューマーク D 法における損傷度曲線は図-3.20 の式で近似する。累積損傷度理論を用いた繰返し載荷 に伴う損傷ひずみの算出には、繰返し+単調載荷試験 より得られる繰返し応力振幅比 SR~繰返し載荷回数 Nの関係(疲労曲線)を適切に再現することが可能な 近似関数を設定することが必要である。疲労曲線の設 定には以下の点に留意した。

①疲労曲線は、試験結果を図-3.20に示す近似関数 (SR=α・N・β+C) で近似することにより設定する。

②解析に使用する繰返し応力振幅比 SR が、試験値 の範囲から著しく外れる場合、試験値を外挿すること になるため、外挿範囲で異常な疲労曲線にならないよ う、特異値の棄却等を行い、パラメータを設定する。

③各両振幅ひずみ DA における疲労曲線が、相互に 整合するようパラメータを設定する。

最終的にパラメータ *α*,*β*,*C* は軸ひずみ両振幅との関係を図-3.21 に示す関数を用いてトライアル計算を行い決定した。



図-3.20 損傷度曲線の設定

多項式	$f\left(\boldsymbol{\gamma}_{DA}\right) = A_0 + \sum_{i=1}^{7} A_i \left(\boldsymbol{\gamma}_{DA}\right)^i$
指数関数1	$f(\gamma_{DA}) = A_0 + A_1 \left[1 - e^{-(\gamma_{DA} / A_2)} \right] + A_3 \left[1 - e^{-(\gamma_{DA} / A_4)} \right]$
指数関数2	$f(\gamma_{DA}) = A_0 + A_1 \left[1 - e^{-(\gamma_{DA}/A_2)^4} \right] + A_4 \left[1 - e^{-(\gamma_{DA}/A_2)^4} \right]$
指数べき乗	$\int f(\gamma_{DA}) = A_0 + A_1 \exp\left[A_2 \gamma_{DA}^{A_1}\right]$

図-3.21 α , β , cと軸ひずみ両振幅との関係

ロック材 *D_r*=90%、95%、コア材 *D_c*=98%,100%の 4 試料の試験結果をもとに設定した疲労曲線の近似関数 を表-3.10~表-3.13 に示し、疲労曲線を図-3.22~ 図-3.25 に示す。

表-3.10 疲労曲線パラメータ (ロック材 Dr=90%)

損傷ひずみ ɛ D(%)	DA=1%	DA=2%	DA=5%	DA=10%
実験定数 α	0.780	1.168	1.563	1.861
実験定数 β	0.656	0.656	0.656	0.656
実験定数 C	0.248	0.252	0.260	0.270



図-3.22 疲労曲線(ロック材 Dr=90%)

表-3.11 疲労曲線パラメータ (ロック材 Dr=95%)

損傷ひずみ <i>ɛ</i> _D (%)	DA=1%	DA=2%	DA=5%	DA=10%
実験定数 α	0.950	1.335	1.800	2.052
実験定数 β	0.202	0.202	0.202	0.202
実験定数 C	0.290	0.290	0.290	0.290



図-3.23 疲労曲線(ロック材 Dr=95%)

表-3.12 疲労曲線パラメータ (コア材 Dc=98%)

損傷ひずみ <i>ɛ</i> _D (%)	員傷ひずみ ε _D (%) DA=1%		DA=5%	DA=10%	
実験定数 α	0.480	0.535	0.634	0.730	
実験定数 β	0.155	0.165	0.187	0.205	
実験定数 C	0.000	0.000	0.000	0.000	



表-3.13 疲労曲線パラメータ (コア材 Dc=100%)

損傷ひずみ ε _D (%)	DA=1%	DA=2%	DA=5%	DA=10%
実験定数 α	0.469	0.562	0.728	0.922
実験定数 β	0.160	0.169	0.190	0.210
実験定数 C	0.000	0.000	0.000	0.000



図-3.25 疲労曲線 (コア材 Dc=100%)

(3) DA=1, 3, 5, 7%で繰返し載荷から単調載荷へ移行 する試験(試験2)

試験2は、試験1で算定したせん断応力比SR20を 用いた繰返し載荷試験後に直ちに単調載荷へ移行する 試験である。別途実施した単調載荷試験と、繰返し後 の単調載荷試験とで求まる圧縮強さを用いて損傷ひず みと損傷内部摩擦角の関係を求めることで、後述する ニューマークD法に活用する。

したがって、ニューマーク D 法による残留すべり変 位の算定には、繰返し+単調載荷試験より得られる、 損傷内部摩擦角 φ_{cuD} ~損傷ひずみ ε_D の関係を適切に評 価することが必要である。損傷内部摩擦角の設定・評 価には以下の点に留意した。

①損傷内部摩擦角 φ_{cuD} は、図-3.26 に示す純単調載 荷試験結果より算出した固定点と、繰返し載荷+単調 載荷試験のモール円より求める。

②損傷内部摩擦角 φ_{cuD} ~損傷ひずみ ε_D の関係(図-3.27)を整理し、強度低下特性を評価する。なお、損 傷ひずみ ε_D は、両振幅ひずみ DA とする。

③材料によっては、損傷ひずみ EDの小さい範囲で強 度低下が明瞭でない場合もあるため、材料特性および 試験結果を基に特異値の棄却等の判断を行い、図ー 3.28 に示す近似関数を用いて強度低下曲線を設定す る。

④損傷ひずみ ε_D が 10%以上の損傷内部摩擦角 φ_{cuD} は、試験結果を外挿して設定するため、材料特性(粒 度、密度)や既存の試験結果を参考に強度低下曲線を 設定する。

最終的に、関係式の定数は、トライアル計算を行い 決定した。



図-3.26 損傷内部摩擦角の算出方法





図-3.28 見掛け摩擦角と軸ひずみ両振幅との関係

試験 2 による単調載荷後の供試体の状況を写真-3.16、写真-3.17 に示す。



写真-3.16 試験2による単調載荷後の状況 (ロック材 No.11、締固め度 Dr=90%)



写真-3.17 試験2による単調載荷後の状況 (コア材 No.11、締固め度 Dc=98%)

上述した評価方法により評価した損傷内部摩擦角と 損傷ひずみの関係を図-3.29~図-3.32に示す。



図-3.29 ロック材 (Dr=90%)の損傷内部摩擦角と損傷 ひずみの関係



図-3.30 ロック材 (Dr=95%)の損傷内部摩擦角と損傷 ひずみの関係



ずみの関係



図-3.32 コア材 (Dc=100%)の損傷内部摩擦角と損傷ひ ずみの関係

(4) 各材料の強度低下特性

損傷内部摩擦角 φ_{cuD} と損傷ひずみ ε_Dの関係を図ー 3.33 に、損傷強度比 φ_{cuD}/φ_{cu} と損傷ひずみ ε_Dの関係を 図-3.34 に示す。



※純単調試験や繰返し振幅応力比 SR が異なる条件の結果を含む。

図-3.33 損傷内部摩擦角と損傷ひずみの関係



※純単調試験や繰返し振幅応力比 SR が異なる条件の結果を含む。

図-3.34 損傷強度比と損傷ひずみの関係

試験結果より各材料の強度低下特性について以下の ことがわかった。

・全試料とも、繰返し載荷に伴う強度低下が確認され、 DA=10%で20~30%程度強度が低下することが分かった。

・液状化強度比の大きいロック材 (*D_r=95%*) は、損傷 ひずみが小さい間は大きな強度低下が生じるが、損傷 ひずみが大きくなると強度低下が小さくなる傾向が見 られた。

・ロック材については、密度が高いほど、損傷ひずみ の増加に伴う強度低下率が小さくなる傾向が見られた。 コア材については、密度と強度低下傾向に顕著な差は 見られなかった。

3.3 繰返し強度低下の考慮によるすべり変形量への影響検討

図-3.35 に解析フローを示す。対象モデルダムには、 ロックフィルダムとアースダムを用いる。動的解析の 入力地震動には観測波形を基本波形とし、基本波形の 振幅を調整したから2種類の波形を加え、計3波形を 用いた。すべり変形解析には、ニューマーク法および ニューマークD法を用いた。なお、すべり変形解析に は、堤体材料の締固め度の影響を検討するため、締固 め度を2ケース用いて解析を実施した。



3.3.1 解析モデル

解析モデル作成条件の一覧を表-3.14 に示す。その 結果、ロックフィルダムおよびアースダムのモデル形 状はそれぞれ図-3.36、図-3.37 に示す断面に決定し た。なお、アースダムの断面設定において、浸潤線を カサグランデ法により設定した際に、浸潤線が下流面 に出る結果となったが、断面決定には上述した条件で すべり安定計算を実施した。この後に実施する浸透流 解析における水位条件や動的解析における飽和不飽和 の区分については仮想のドレーンを配置することを想 定した浸潤線とした。

			-		
		ロックフィルダム	アースダム		
堤高	H(m)	100	30		
天端	畐B(m)	10	10		
コア余	和面勾配	1:0.2	_		
天端の:	コア幅(m)	6	_		
水位约	≹件(m)	92	27		
設計震度		震度法(0.15)			
		排水強度(単調載荷			
	D/ 2++	試験値)			
せん断	ロック科	cφ法による評価	_		
強度		(表ー3.15 参照)			
	¬7 #	排水強度(単調載荷試験値)			
	Ч, К	(表-3.16参照)			
ナベリロ	口中社学士	フィルダムの耐震設計指針(案)平成3年			
9个9女正訂昇式		6月			
目標	安全率	1.2			
浸	潤線	カサグランデ法			

表-3.14 解析モデル作成条件一覧

表-3.15 ロック材の材料定数一覧

材料	相対密度 D _r (%) 湿潤重量 γ _t (kN/m ²)	做和素量	強度特性				
		小型/目里里 ン (kN/m ²)	r^{2} $\gamma_{sat}(kN/m^{2})$	粘着力	内部摩擦角	Ab	法
		/ t(KIN/ III)		$c_d(kN/m^2)$	φ ₀(度)	А	b
ロック材(Dr85%)	85	19.1	21.3	0.0	39.6	1.811	0.892
備考				c=0とする			

表-3.16 コア材の材料定数一覧

材料	締固め度 D _c (%)	湿潤重量 γ _t (kN/m²)	飽和重量 γ _{sat} (kN/m²)	粘着力 c _{cu} (kN/m ²)	内部摩擦角	粘着力 c'(kN/m ²)	内部摩擦角 φ'(度)
コア材(Dc95%) アースダム用	05	00.7	01 5	42.0	20.8	3.0	38.9
コア材(Dc95%) ロックフィルダム用	95	20.7	21.5	-	-	6.0	38.1
備考				非排水強度		排力	K強度





3.3.2 解析条件

(1) 解析ケース

各解析のケース一覧を表-3.17~表-3.20 に示す。 詳細については後述する。

表-3.17 解析モデル作成ケース一覧

モデル名	ケース
ロックフィルダム(中心遮水型)	M-1
アースフィルダム(均一型)	M-2



ケース			
浸透流解析	築堤解析		
S-1-1	S-1-2		
S-2-1	S-2-2		
	ケ- <u>浸透流解析</u> S-1-1 S-2-1		

表-3.19 動的解析ケース一覧

	モデル名	地震動名	調整レベル	地震波No	ケース
			元波形	1-1	D-1-1
		箕面川波	300gal	1-2	D-1-2
	ロックフィルダム(中心遮水型)		1000gal	1-4	D-1-3
			元波形	2-1	D-1-4
		七ヶ宿波	300gal	2-2	D-1-5
			1000gal	2-4	D-1-6
			元波形	1-1	D-2-1
		箕面川波	300gal	1-2	D-2-2
			750gal	1-3	D-2-3
アースフィルダム(均一型)	アースフィルダム(均一型)		元波形	2-1	D-2-4
		七ヶ宿波	300gal	2-2	D-2-5
			750gal	2-3	D-2-6

表一3.2	!0 すべり	すべり変形解析ケース一覧						
エニック	cto ata	お雪かり	開教により	ケー				
モナル名	密度	地展剿石	調整レベル	ニューマーク	Ĺ			
			元波形	N-1-1	ī			
		And the second second			c			

エニック	ata ata	お香かな	開教により	ケース		
モナル名	密度	地展剿石	調整レベル	ニューマーク	ニューマークD	
			元波形	N-1-1	ND-1-1	
		箕面川波	300gal	N-1-2	ND-1-2	
	コア材(Dc98%)		1000gal	N-1-3	ND-1-3	
ロックフィルダム(中心遮水型)	ロック材(密度Dr90%)		元波形	N-1-4	ND-1-4	
		七ヶ宿波	300gal	N-1-5	ND-1-5	
			1000gal	N-1-6	ND-1-6	
			元波形	N-1-7	ND-1-7	
		箕面川波	300gal	N-1-8	ND-1-8	
	コア材(Dc100%) ロック材(Dr95%)		1000gal	N-1-9	ND-1-9	
		七ヶ宿波	元波形	N-1-10	ND-1-10	
			300gal	N-1-11	ND-1-11	
			1000gal	N-1-12	ND-1-12	
		箕面川波	元波形	N-2-1	ND-2-1	
			300gal	N-2-2	ND-2-2	
	77tt (D=00%)		750gal	N-2-3	ND-2-3	
	- J / M (DC30%)		元波形	N-2-4	ND-2-4	
		七ヶ宿波	300gal	N-2-5	ND-2-5	
			750gal	N-2-6	ND-2-6	
アースフィルダム(均一型)			元波形	N-2-7	ND-2-7	
		箕面川波	300gal	N-2-8	ND-2-8	
	¬ ∠ #(D_100%)		750gal	N-2-9	ND-2-9	
	-17 M (DC100%)		元波形	N-2-10	ND-2-10	
		七ヶ宿波	300gal	N-2-11	ND-2-11	
			750	NI 0 10	ND 0 10	

(2) 築堤解析

築堤解析には、ダンカン・チャンモデルを用いて実 施する。築堤解析に用いたモデルを図-3.38 に示す。 基礎岩盤のモデル化範囲は、対象とするモデルダムに ついて深さ方向に堤高の2倍、側方に堤敷長の3倍と して設定した。築堤解析に用いたダンカン・チャンパ ラメータを表-3.21 に、基礎岩盤の物性値を表-3.22 に示す。



(a) ロックフィルダム



(b) アースダム 図-3.38 解析モデル(築堤解析)

表-3.21 ダンカンチャンパラメータ

区分	物理	特性	静的変形特性					強度	特性	
	単位体	単位体積重量		弹性係数 E ₁ ※		ポアソン比v			小学力。	内部
	湿潤	飽和	к	n	Rf	G	F	D	稻害力に	摩擦角 φ
	(kN/m3)	(kN/m3)	ĸ						(kN/m ²)	(*)
コア	20.7	21.5	200	0.8	0.6	0.36	0.12	5	39.2	38
ロック	19.1	21.3	600	0.4	0.7	0.34	0.12	6	19.6	44

表-3.22 基礎岩盤の物性値

密度(g/cm ³)	2.54
弾性係数(MPa)	1.8×10^4
ポアソン比	0.3

(3) 湛水解析

湛水解析は、飽和・不飽和定常浸透流解析によって 実施した。ロック材部分の湛水解析後の応力の算定は 照査指針(案)1)に従った。解析モデルを図-3.39に、 湛水解析条件一覧を表-3.23に、コア材の飽和不飽和 浸透特性を図-3.41に示す。また底面は不透水境界と した。



(仮想ドレーンより上流側)

図-3.39 解析モデル(浸透流解析)

衣一3.23 海水胜机来件一見						
	ロックフィル	アースダム				
	ダム					
水位条件	92m	27m				
飽和透水係数(cm/s)	1 × 1	0–5				
間隙率	試験値(単	調載荷)				
コア材の非貯留係数	1 × 1	0–4				
(1/m)						
飽和不飽和浸透特性	図-3	. 39				









(4) 動的解析

動的解析は、周波数領域における等価線形法による 複素応答解析によって実施した。解析モデルを図ー 3.42 に示す。また、動的解析条件一覧を表-3.24 に示 す。地震波形は底面より入力した。





(b) アースフィルダム 図-3.42 解析モデル (動的解析)

		ロックフィルダム	アースダム	
初期弹性係数 Go	ロック	$1634\sigma_m^{0.586}$	1773	
(kgf/cm ²)	37	673 m	.000	
動的変形特性	ロック	基準ひずみ 4×10 ⁻⁴ 最大減衰定数 15%	-	
H-D モデル	77	基準ひずみ 3.5×10 ⁻⁴ 最大滅衰定数 15%		
動ポアソン比		沢田式		
その他物性値	ロック	試験値(単調載荷)	-	
(密度等)	=7°	試驗值 (単調載荷)		
等価逸散減衰		15%		
入力波形		波形1:箕面川波 波形2:七ヶ宿波		

表-3.24 動的解析条件一覧

* 初期せん断剛性 Goについては、表層付近において Goが小さく なり過ぎない様に沢田 3による深さ 0~5m の Vs の最小値を用いて G₀の閾値を設定した。

(5) 入力地震動

入力地震動および適用について表-3.19に示す。

入力地震動には、1995年の兵庫県南部地震において、 箕面川ダムの監査廊内で観測された波形と、2011年の 東北地方太平洋沖地震において七ヶ宿ダムで観測され た波形を用いた。入力地震動の時刻歴波形を図-3.43 に示す。調整レベルは、観測波形の加速度時刻歴の振 幅を、水平方向の加速度時刻歴の絶対値の最大値がロ ックフィルダムでは 300gal,1000gal に、アースダムで は300galと750galになるように観測波形を調整するも のである。また鉛直加速度については水平加速度の調 整倍率と同じ倍率を用いて振幅を設定した。

- 28 -



図-3.43 地震動時刻歴波形 (元波形)

ーク D 法により実施した。すべり変形解析条件一覧を 表-3.25 に示す。すべり円弧は文献⁴⁾を参考に、作成 条件を以下の 1) ~6) により設定した。また θ、y/H、 点 A,B,C について図-3.44 に示す。下記の (1) ~ (4) 条件の組み合わせの中から、上流側・下流側に各 20 円弧を設定し、さらに (5),(6) の条件に従い、調整、 除外した。図-3.45、図-3.46 に設定したすべり円弧 を示す。

- 1) すべり円弧の大きさ: y/H=0.2,0.4,0.6,0.8,1.0
- 2) 中心角 θ: θ=40°、 θ=80°
- 3) すべり方向:上流側、下流側
- 4)円弧始点:点A(すべり方向側の法肩)、点B(す べり方向と反対側の法肩)、点C(すべり方向と反 対側へy/H=0.1下がった地点
- 5) 最小土被り厚:5m
- 6) 不透過線:フィルダム底面を通過しない



図-3.44 すべり円弧設定例 (すべり方向が上流側の場合)⁴⁾

(6) すべり変形解析

すべり変形解析は、ニューマーク法およびニューマ

表 — 3.25	すべり変形解析-	·覧
----------	----------	----

		ロックフィルダム	アースダム	
田郡の佐市	形状	円弧		
	最小土被り厚(m)	5		
ニューマーク法	ロック(Ab 法)	強度定数・単位体積重量(表-3.26参照)	-	
解析プログラム:COSTANA (富士通エフ・アイ・ピー)	コア(cø法)	強度定数、単位体積重量(表一3.27参照)	-	
		強度定数・単位体積重量(表-3.26参照)		
	ロック	SR-N 関係·強度低下曲線	-	
ーユーマーク D 法 解析プログラム:SERID		(図-3.47、図-3.48参照)		
(五大開発株式会社) 	77	強度定数·単位体積重量(表一3.27参照)		
		SR-N 関係・強度低下曲線(図-3.49、図-3.50参照)		
地震外力		すべり土塊に作用する平均加速度		

				強度定数							
++ +1	相対密度	湿潤重量	飽和重量	Ab法		全応力(三笠の考え方)		有効応力			
11 11	D _r (%)	$\gamma_{\rm t}({\rm kN/m^2})$	$\gamma_{sat}(kN/m^2)$			粘着力	内部摩擦角	粘着力	内部摩擦角		
				A(kN/m2)	b	c _{cu} (kN/m ²)	φ _{cu} (度)	c'(kN/m²)	φ'(度)		
ロック材(Dr90%)	90	19.8	21.7	2.691	0.837	537.1	24.9	38.8	39.6		
ロック材(Dr95%)	95	20.5	22.2	3.095	0.828	765.1	39.9	156.5	36.5		
適用				ニューマーク法		ニューマーク法		ニューマ (飽和部:強	ークD法 度低下あり)	ニューマ (不飽和部:引	・ 一クD法

表-3.26 ロック材の強度特性・単位体積重量

表-3.27 コア材の強度特性・単位体積重量

				強度定数				
ded also	締固め度	湿潤重量	飽和重量	全応力(三)	空の考え方)	有効	応力	
材料	D _c (%)	$\gamma_{+}(kN/m^2)$	$\gamma_{\rm sat}(\rm kN/m^2)$	粘着力	内部摩擦角	粘着力	内部摩擦角	
				$c_{cu}(kN/m^2)$	φ _{cu} (度)	c'(kN/m²)	φ'(度)	
コア材(Dc98%)	98	21.4	21.9	82.0	26.7	2.3	39.1	
コア材(Dc100%)	100	21.8	22.2	134.2	35.8	6.4	39.3	
適用				ニューマ (飽和部:強	ークD法 度低下あり)	・ニューマーク法 ・ニューマークD 強度低下なし)	、 法(不飽和部:	



実端下流端始点の深いすべり (θ = 80°)

天端下流端から天端幅 (Y/H=0.1) 下がり 始点の深いすべり (θ≒40°) (n) 上流側













this













天端下流端からY/H=0.1下がり 始点の深いすべり (*θ* ≒40°) (a)上流個







天城上流城始点の深いすべり (6 ~ 80°)



天端上遺越からY/H=0.1下がり 始点の深いすべり (6 号40°) (a) 下近側

図-3.46 アースダムのすべり円弧





● 強度低下曲線



A1 t1 d1 A2 t2 d2 10.000 10.000 1.053 14.900 53.402 1.404

図-3.47 SR-N 関係および強度低下曲線(ロック材 Dr90%)





● 強度低下曲線



図-3.48 SR-N 関係および強度低下曲線(ロック材 Dr95%)





● 強度低下曲線





図-3.49 SR-N 関係および強度低下曲線 (コア材 Dr98%)



● 強度低下曲線



図-3.50 SR-N 関係および強度低下曲線(ロック材 Dr100%)

3.3.3 最大水平加速度(動的解析結果)

動的解析結果について、ロックフィルダムモデルお よびアースダムモデルの最大水平加速度分布図を図-3.51~図-3.54に示す。動的解析では、入力地震動に 箕面川波および七ヶ宿波を用いて、それぞれの波形で 元波形1ケース、振幅を調整したケース2ケースの計 3ケースを実施した。振幅の調整レベルはロックフィ ルダムで300gal、1000gal、アースダムで300gal、750gl であるが、ここでは代表例として300galを図示した。 どちらのモデルも堤体底面から天端に向かうにつれて 加速度が大きくなる分布となった。

(1) ロックフィルダムモデル



(2) アースダムモデル





(ケース D-1-5:七ヶ宿波振幅調整 300gal)

3.3.4 ロックフィルダムモデルによるすべり変形解 析結果

(1) 最大すべり変形量

ロックフィルダムモデルにおいて各入力地震動ケースの上下流側の全すべり円弧において、最大となったすべり変形量を表-3.28 に、各円弧のすべり変形量を 表-3.29 に示す。また、解析結果の代表例を図-3.56 ~図-3.58 に示す。

ニューマーク法およびニューマークD法どちらも下 流側ではすべり土塊の平均加速度が降伏震度に至らず、 変位が発生しなかった。ニューマーク法の上流側では 堤体上部の円弧で平均加速度が大きく、振幅の調整レ ベル 1000gal のすべり円弧①において最大 214.8mm の すべり変位が発生した(図-3.55)。密度がゆるい(ロ ック材 D_r90%、コア材 D_c98%)場合と比較して、密(ロ ック材 D_r95%、コア材 D_c100%)な場合では変位が発 生しなくなるか、変位量が 1/2 程度になった。ニュー マークD法の上流側では材料の強度低下特性を考慮し ているが、一部の円弧を除いて強度低下が少なく、平 均加速度が降伏震度に至らないため、すべり変位が発 生しなかった。

ニューマーク法およびニューマークD法による解析 結果において、同一円弧の地震発生前の降伏加速度が 異なるのは、せん断強度の評価方法が異なるためであ る。表-3.25~表-3.27に示しているとおり、飽和部 の降伏加速度の算出にニューマーク法には有効応力強 度を、ニューマークD法には全応力強度を用いおり、 異なる計算方法や解析プログラムを用いていることも 一つの要因と考えられる.

表-3.28 ロックフィルダム最大変位量一覧

密度	北南社内	調整に必ず	- <u>-</u> -	マーク	ニューマークD	
省及	地展剿石	調整レベル	ケース	変位量(mm)	ニューマークD	<u> 変位量(mm)</u>
		元波形	N-1-1	0.0	ND-1-1	0
	箕面川波	300gal	N-1-2	0.0	ND-1-2	0
ロック材(密度Dr90%)		1000gal	N-1-3	214.8	ND-1-3	0
コア材(Dc98%)	七ヶ宿波 箕面川波	元波形	N-1-4	0.0	ND-1-4	0
		300gal	N-1-5	7.4	ND-1-5	0
		1000gal	N-1-6	9.3	ND-1-6	0
		元波形	N-1-7	0.0	ND-1-7	0
		300gal	N-1-8	0.0	ND-1-8	0
ロック材(Dr95%)		1000gal	N-1-9	124.1	ND-1-9	0
コア材(Dc100%)		元波形	N-1-10	0.0	ND-1-10	0
	七ヶ宿波	300gal	N-1-11	0.3	ND-1-11	0
		10001	N 1 10	0.0	ND 1 10	0

表-3.29 ロックフィルダムの各円弧のすべり変形量一覧

•N-1	-1			●ND·1·1				●N-1-7	
	すべい	円弧下	流側		すべり ニ流	I円弧 下i	売側	上	すべ 充
No.	変位量(mm) 00	No (1)	変位量(mm) 除外	No.	変位量(mm) 00	No (1)	麥位量(mm) 除外	No ①	<u>変位量(mm)</u> 0.0
2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
4	0.0	4	0.0	4	0.0	4	0.0	<u>a</u>	0.0
6	0.0	6	0.0	6	0.0	6	0.0	6	0.0
- 7 8	0.0	7	0.0	7	0.0		0.0	8	0.0
9	0.0	9	0.0	9	0.0	9	0.0	(9) (8)	0.0
n	0.0	10	0.0	10	0.0	0	0.0	00	0.0
12	0.0	12	0.0	12	0.0	12	0.0	(3) (4)	0.0
19	0.0	16	0.0	14 (5)	0.0	10	0.0	05 06	0.0
16 17	0.0	00 10	0.0	16 17	0.0	16	0.0	<u>()</u>	0.0
18	0.0	18	0.0	18	0.0	18	0.0	19	0.0
20	0.0	20	0.0	20	0.0	20	0.0		0.0
• • • •				• ND 1.0				●N-1-5	
-Nº I	- <u>-</u> すべり	円弧		UND-1-2	すべり	円弧			,
No	上流 変位量(mm)	™ No	·流側 変位量(mm)	No	 - 流 - 変位量(mm) 	No Tri	流側 変位量(mm)	No E	流 変位量(mm
0	0.0	1	除外	1	0.0	1	除外	2	0.0
3	0.0	3	0.0	ã	0.0	3	0.0	3	0.0
(4)	0.0	(4)	0.0	5	0.0	5	0.0	5	0.0
7	0.0	(6) (7)	0.0	(6)	0.0	(6) (7)	0.0	<u>ل</u>	0.0
8	0.0	8	0.0	8	0.0	(8) (9)	0.0	8 	0.0
 	0.0		0.0	00 11	0.0	10 11	0.0		0.0
Ū B	0.0	Ū	0.0	12	0.0	12	0.0	Ū Ū	0.0
00	0.0	<u>10</u>	0.0	ß	0.0	8	0.0	<u>00</u>	0.0
10	0.0	00	0.0	00 00	0.0	16	0.0	10	0.0
10	0.0		0.0	072	0.0	072	0.0	<u>u</u>	0.0
8	0.0	202	0.0	09 20	0.0	09 20	0.0	019 20	0.0
●N·1	1-3	im M		●ND-1-3		1100 30		●N-1-9	•
	すべい 上流	71151L T	流側		すべ 上流	9円51L 下	流側	Ŀ	す. 流
No	変位量(mm) 214.8	No	<u>変位量(mm)</u> 除外	No ①	変位量(mm) 0.0	No	<u>変位量(mm)</u> 除外	No ①	<u>変位量(mm</u> 124.1
(2)	0.0	2	0.0	(2)	0.0	2	0.0	(2) (3)	0.0
<u>(4)</u>	0.0	a s	0.0	a E	0.0	<u>(4)</u>	0.0	(4) (5)	0.0
Ğ	61.8	6	0.0	Ğ	0.0	ő	0.0	Č.	15.5
8	0.0	8	0.0	8	0.0	8	0.0	8	0.0
(9) 10	0.0	9	0.0	(9) 10	0.0	(9) 10	0.0	9 10	0.0
10	0.0	10	0.0	10	0.0	10	0.0	10	0.0
13 14	0.0	(3) (14)	0.0	(13) (14)	0.0	13 14	0.0	13	0.0
15	0.0	15	0.0	19	0.0	15	0.0	19	0.0
10	0.0	10	0.0	0	0.0	10	0.0	0	0.0
19	0.0	19	0.0	19	0.0	19	0.0	(8)	0.0
20				-				10	
	0.0	- 20	0.0	20	0.0	20	0.0	20	0.0
	0.0	3	0.0		0.0	3	0.0	20	0.0
●N-1	-4		0.0	●ND-1-4	0.0	0 0 0 0 0 0	0.0	●N-1-1	0.0 10
•N-1	-4 -4 上流 変位量(mm)	の (円弧 No	0.0 < <p>5.流倒 家位量(mm)</p>	●ND-1-4	0.0 すべ 上流 家位量(mm)) の り円弧 No	0.0 流側 変位量(mm)	●N-1-1	0.0 10 液 変位量(mm
●N·1· 	-4 -4 -4 支位量(mm) 0.0	の 一一 の 一 一 で 一 の	0.0	● ND-1-4	0.0 すべ 上流 <u>変位量(mm)</u> 0.0	の 9円弧 No の	0.0 流倒 変位量(mm) 除外 0.0	●N-1-1 ► No ①	0.0 10 麦位量(mm 0.0
●N-1 	-4 すべい 支位量(mm) 0.0 0.0 0.0	の 一 の 一 で の の の の の の の の の の の の の	0.0 š流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0	€ND-1-4	0.0 すべ <u>麦位量(mm)</u> 0.0 0.0 0.0	の の の の の の の の の の の の の の	0.0 流樹 変位量(mm) 除外 0.0 0.0	●N-1-1 ► No ① ② ③ ④	0.0 す. 変位量(mm 0.0 0.0 0.0
• N-1 ²	-4 -4 麦位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	の 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.0 5流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0	0 ND-1-4	0.0	の 明確 No で 3 4 5	0.0 流倒 変位量(mm) 酸外 0.0 0.0 0.0 0.0	●N-1-1 ► No ① ② ③ ④ ●	0.0 す。 麦位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
●N-1 No 2 3 4 5 6 7	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -2 -4 -4 -2 -4 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2	御 下班 No 1) 2 3 4 5 の 7)	0.0 流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	●ND-1-4 No ① ② ④ ④ ③ ④ ③ ④ ③ ③ ④ ⑤ ⑦ ⑦	0.0 すべ 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	り 円 到 下 No (1) (2) (3) (4) (5) (5) (7) (7)	0.0 清倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	●N-1-1 ► ► No ① ② ③ ④ ⑤ ⑤ ⑦ ⑦	0.0 素 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0
●N-1 No ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑦ ③ ③ ⑤ ⑤ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4	御 一 一 一 1 1 2 3 4 5 6 77 8 9	0.0 流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND-1-4 No ① ② ④ ④ ③ ③ ④ ③ ③ ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	0.0 すべ 支位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	の 一 の の の の の の の の の の の の の	0.0 清倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●N·1·1 No ① ② ④ ③ ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	0.0 支位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0
●N-1 ⁻ No 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 2 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4	御 一 1 1 1 2 3 4 5 6 7 9 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.0 流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND-1-4	0.0 すべ 上流 変位量(mm) 0.0	リ円列 No 1 2 3 4 5 6 7 9 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.0 清倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	No N-1-1 E No (1) (2) (3) (6) (7) (8) (9) (6) (7) (7)	0.0 麦位量(mm <u>変位量(mm</u> 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1: No ① ② ③ ④ ⑤ ⑤ ⑤ ⑦ ⑦ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	0) HAL No 1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 12 12 12 12 12 12 12 12 12	0.0 読制 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND-1-4 No ① ② ④ ④ ③ ③ ④ ③ ③ ④ ③ ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	0.0 すべ 支 支 支 な 重 な む ま な む	一 初 No 下 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.0 読制 変化量(mm) 酸外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	No N-1-1 E No (1) (2) (3) (6) (7) (8) (9) (10) (1	00 素 素 変位量(mm 00 00 00 00 00 00 00 00 00
N·1 ⁻¹ No O	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -6 -6 -6 -6 -6 -6 -6 -6 -6 -6		0.0 変位量(mm) 酸化量(mm) 酸小量(mm) 0.0	◆ND-1-4 No ① ② ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	0.0 オベ 支		0.0 読想 変位量(mm) 酸外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●N-1-1 No 1 2 2 3 4 6 7 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	00 支 支 支 支 位 量 (mm 00 00 00 00 00 00 00 00 00
N·1 No	-4 -4 ★☆ (mm) 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0		0.0 変位量(mm) 変位量(mm) 酸外 0.0	● ND-1-4 No 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9		UHA No 1 2 3 4 5 6 7 8 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	0.0 変位量(mm) 変位量(mm) 変位量(mm) 変位量(mm) の 0.0 0	●N-1-1 N= 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0
N-1 No () 2 ()	-4 支位量(mm) 空位 空(mm)	20 HP34 No C C C C C C C C C C C C C	0.0 次 一 一 一 一 一 二 一 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	●ND-1-4 ■ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	すべ 支信量(mm) 支信量(mm) 00	UHAT No 1 2 3 4 5 6 7 8 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	0.0 流費 家位置(mm) 家位置(mm) 家内 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●N·1·1 ► ► No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0
● N-1/ No ② ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	-4 -4 -4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5	20 NO 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 10	ND-1-4 No O	すべ 生 素位量(mm) 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0		0.0 10	N-1 No N-1 No C C C G	0.0 素 家位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
● N-1/ No ② ③ ④ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 支位量(rent) 支位量(rent) 数字 0.0	No No No C	\$ 0.0 \$ 7 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 < \$ 2 <	2/17 26 No 0 2 3 4 5 5 6 7 8 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	0.0 支位量(rmn) 支位量(rmn) 酸料 0.0		0.0 素 家位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0
●N-1-2 ●N-1-2 ● ● ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● N-1-2 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	-4 -4 -7 -4 -4 -5 -5 -4 -4 -4 -5 -4 -4 -5 -4 -4 -5 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 支位量(rem) 支位量(rem) 酸料 0.0		30 \$7 \$258 \$00 00	9/19/1 No 22 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 液便(重/mm) 液便(重/mm) 隙外 0.0	(N-1-2 (N-1-2	0.0 7 素 <u>零位量(mm 0.0</u> 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
●N-1-3 0 0 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	-4		0.0 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	(ND-1-4 (ND-1-4 (ND-1-4 (ND-1-4 (ND-1-5 (0.0	●N·1:1	0.0 10 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
●N-1-1 No (3) (4) (5) (6) (7) (8) (6) (7) (8) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9	-4 また。 また。 またの またの またの またの またの またの またの またの	御 一 一 一 一 一 一 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	0.0 変 変	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 D		UFF 200 UFF 200 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 () () () () () () () () () ()		0.0 0
● N·1: No 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	-4 -4 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7		0.0 0.0 支位量(rmn) 数4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 O	30 \$\$\frac{1}{2}\$\$\frac{1}{2}\$\$\frac{1}{2}\$\$\frac{1}{2}\$\$\frac{1}{2}\$\$\$\frac{1}{2}\$	UFF 200 UFF	0.0 家位 家位 家位 0.0		0.0 支 支 支 支 0.0
● N·1: No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ···· ····			ND-14 ND-14 ND-14 ND-14 ND-14 S	1 0.0 \$\$\frac{1}{2}\$ (\$\frac{1}{2}\$	UP3 N0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 夏位夏(mm) 夏位夏(mm) 夏位夏(mm) 0.0		0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
● N-1: No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 <u> </u>		0.0 0.0 支位異(mm)) 副約 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-5 D	3.0. \$\mathcal{F}(\mathcal{G}(\mathcal{m}))\$ \$\mathcal{G}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{G}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{O}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{C}(\mathcal{m})\$ \$\mathcal{m}\$ <td></td> <td>0.0 夏貧重(mm) 夏貧重(mm) 0.0</td> <td></td> <td>0.0 第 変位置(mm 0.0</td>		0.0 夏貧重(mm) 夏貧重(mm) 0.0		0.0 第 変位置(mm 0.0
●N·1/ No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 まく まく まく まで、 また。 また。 また。 また。 また。 また。 また。 また。		0.0 0.0 支信量(rem) 度信量(rem) 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 O		日日 2015年1月2月2日 日日 2015年1月2日 日日 2015年1月2日 日 2015年1月2日 日 2015年1月2日 日 2015年1月2日 日 2015年1月21日 日 2015年1月21日 1	0.0 支位量(rmn) 支位量(rmn) 0.0		00 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
●N·11 Ns 0 2 2 4 4 5 5 7 7 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-4 -4 <u>F(C)</u> <u>F(C)</u> -4 <u>F(C)</u> -4 <u>F(C)</u> -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5	UPA No 2 2 2 3 3 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	0.0 0.0 支(症(rmn)) 支(症(rmn)) 支(症(rmn)) (0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 O			0.0 東位夏(rmn) 東位夏(rmn) 0.0	● N·1:1 N·1:1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	00 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
●N·11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 4 - 4 上版 すべ1 - 東位置(mm) - 00 - 00	UPS	0.0 0.0 支位量(mm) 第位 0.0 第位 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5 ND-1-5 ND-1-5 ND-1-5 ND-1-5			0.0 支位夏(mm) 0.0		00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
Nr.11 No T O	-4 -4 <u>\$\$</u> \$\$ <u>\$\$\$\$</u> \$\$ <u>\$\$\$\$\$</u> \$ <u>\$\$\$\$\$</u> \$ <u>\$\$\$\$\$\$</u> <u>\$\$\$\$\$\$\$</u> <u>\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$</u>	ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア ア マ	0.0 0.0 支位数(mm) 数4 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 O	3.0. \$\$\mathcal{f}\$ \$\$\$\mathcal{f}\$ \$		0.0 液積 変積(mm) 変積(mm) 0.0		00 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
●N·1: No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 支位量(rm) 支位量(rm) 0.0 <	ND-1-4 ND-1-4 O	0.0 \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ 0.0		0.0 支습量cmm) 支습量cmm) 0.0 <		00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
●N·11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	··· ··· ±@ ¢ ±@ ¢ ½@ 00 0.0 0.0 0.0		0.0 0.0 支信量(cmr) 支信量(cmr) 0.0 0.0 <td< td=""><td>ND-14 ND-14 ND-14 ND-14 ND Q</td><td>3.0 \$\$\frac{1}{2}\$ \$\$\$\frac{1}{2}\$ \$</td><td>UPS 0</td><td>0.0 東位夏(rm) 東位夏(rm) 0.0 <</td><td></td><td></td></td<>	ND-14 ND-14 ND-14 ND-14 ND Q	3.0 \$\$\frac{1}{2}\$ \$\$\$\frac{1}{2}\$ \$	UPS 0	0.0 東位夏(rm) 東位夏(rm) 0.0 <		
●N·11 No ① ② ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	-4 -4 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7	UP34 7 N 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 支位量(mm) 支位量(mm) 0.0 <	ND-1-4 N	±x		0.0 夏位夏(mn) 0.0		
●N-11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 0.0 家徒(mm) 家徒(mm) 0.0 0.0	ND-1-4 ND-1-4 O	3.0. \$\$\mathbf{t}\$\$\mathbf{t}\$\$ \$\$\mathbf{t}\$\$\$\mathbf{t}\$\$ \$\$\mathbf{t}\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\mathbf{t}\$		0.0 滚積 支位量(ren) 支位量(ren) 0.0		
N-1-1 No N-1-1 O	-4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4 -4		0.0 支位量(rm) 支位量(rm) 0.0 <	ND-1-4	0.0 \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ \$\frac{1}{2}\sigma_{0}^{2}\$ 0.0		0.0 支位量(men) 支位量(men) 0.0		
N·11 N·1 N	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5			ND-1-4 ND-1-4 ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5 ND-1-5	3.0. \$\mathbf{y}(\mathbf{x}), \mathbf{y}(\mathbf{y}), \mathbf{y}(\m	Image: second	0.0 支信量(mm) 支信量(mm) 0.0 <		
●N·11 ●N·11 ●N·14 ●	-4 F(X) F(X) <	UP34 7	0.0 家位量(mm) 家位量(mm) 0.0 <	● ND-1-6 ■ 0 ● ND-1-6 ■ 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ●	tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr	3/17 S No No 0 0 0<	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0		
●N-11 ●N-11 ●N-11 ●N-11 ●N-11 ● ● ● ● ● ● ●	-4 E		0.0 0.0 支位量(mm) 総合(mm) 0.0 0.0 0.	ND-1-4 ND-1-6 ND-1-6	3.0. \$\$\xi\$\$ \$\$\xi\$\$ \$\$\xi\$\$\$ \$\$\xi\$\$\$ \$\$\xi\$\$\$\$ \$\$\xi\$\$\$\$ \$		0.0 家街 家街 家街 家街 0.0 <tr< td=""><td></td><td></td></tr<>		
N·1/2 N·1/2 N	-4 -4 -4 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7 -7		0.0 \$\$\mathcal{G}\$\$\mathcal{G}\$	ND-1-4 S	0.0 tr tr tr tr<		0.0 支位重0000 支位重0000 0.0 <		
N·11 No N	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5	Image: second	0.0 0.0 支位更(mm) 数位更(mm) 0.0 0.0 0	● ND-1-6 ● ND-1-6 ● 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 \$\$\frac{1}{2}\$	Image Image <th< td=""><td>0.0 京信(m)) 京信(m)) 京信(m)) 0.0</td><td></td><td></td></th<>	0.0 京信(m)) 京信(m)) 京信(m)) 0.0		
●N·11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 \$ ±\$ \$ ±\$ \$ \$ \$ <td>UP34 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td> <td>0.0 支位量(mm) 支位量(mm) 0.0 <</td> <td>● ND-1-6 ● ND-1-6 ● ND-1-6 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0</td> <td>0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<td></td><td>0.0 30 200 0.0 <</td><td></td><td></td></td>	UP34 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 支位量(mm) 支位量(mm) 0.0 <	● ND-1-6 ● ND-1-6 ● ND-1-6 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0	0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr <td></td> <td>0.0 30 200 0.0 <</td> <td></td> <td></td>		0.0 30 200 0.0 <		
●N·11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 E	Image Image No 0 0	0.0 \$\$\mathbf{c}\$\$ \$\$\mathbf{c}\$\$ 0.0 0	ND-1-6 S	3.0. \$\$\xi_\$\$ \$\$	30 30 7 8 7 10 <td>0.0 33 800 900 00</td> <td></td> <td>00 00 00 00 00 00 00 00 00 00</td>	0.0 33 800 900 00		00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
(N-1/2 (N-1/2 (N-1/	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 \$\$\mathcal{G}\$\$\mathcal{G}\$\$\mathcal{G}\$\$\mathcal{G}\$\$\mathcal{G}\$\$\$\mathcal{G}\$\$\$\mathcal{G}\$	ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5	0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<	····································	0.0 支位重(mm) 支位重(mm) 支位重(mm) 0.0		
N·11 N·11 No O	-4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5		0.0 \$\$\mathbf{c}\$(\mathbf{c}\$\mathbf{c}\$) \$\$\mathbf{c}\$(\mathbf{c}\$\mathbf{c}\$) 0.0	ND-1-4 ND-1-6 ND-1-6	0.0 # 0.0 # 0.0	Image: system No Image: system Image: system Image: sy	0.0 0.0	● N:1:1 № 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 <td></td>	
●N·11 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-4 ★	UP34 7 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.0 支位量(mm) 支位量(mm) 0.0 <	● ND-1-6 ● ND-1-6 ● ND-1-6 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0	0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<		0.0 0.0		
	-4 E	Image Image Image <td>0.0 \$\$\overline{Coversity}\$ \$\$\overline{Coversity}\$ 0.0</td> <td>ND-1-6 ND-1-6 ND-1-6</td> <td>3.0. \$\$\xi_\$ \$\$</td> <td>30 30<</td> <td>0.0 33 800 800 0.0 <</td> <td></td> <td></td>	0.0 \$\$\overline{Coversity}\$ \$\$\overline{Coversity}\$ 0.0	ND-1-6 ND-1-6	3.0. \$\$\xi_\$ \$\$	30 30<	0.0 33 800 800 0.0 <		
(N-1/1) (-4 -4 -4 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 -5	Image Image Image <td>0.0 \$\$\mathcal{C}\$\$\mathcal{C}\$\$\mathcal{C}\$\$ \$\$\mathcal{C}\$\$\$\mathcal{C}\$\$\$ 0.0 <t< td=""><td>ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5</td><td>0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<</td> tr<</t<></td> </td <td>Image Image <th< td=""><td>0.0 \$\$\mathcal{g}(\mathcal{g}(\mathcal{metric}))\$ \$\$\mathcal{g}(\mathcal{metric})\$ 0.0</td><td></td><td></td></th<></td>	0.0 \$\$\mathcal{C}\$\$\mathcal{C}\$\$\mathcal{C}\$\$ \$\$\mathcal{C}\$\$\$\mathcal{C}\$\$\$ 0.0 <t< td=""><td>ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5</td><td>0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<</td> tr<</t<>	ND-1-4 ND-1-5 ND-1-5	0.0 tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr tr<	Image Image <th< td=""><td>0.0 \$\$\mathcal{g}(\mathcal{g}(\mathcal{metric}))\$ \$\$\mathcal{g}(\mathcal{metric})\$ 0.0</td><td></td><td></td></th<>	0.0 \$\$\mathcal{g}(\mathcal{g}(\mathcal{metric}))\$ \$\$\mathcal{g}(\mathcal{metric})\$ 0.0		

E

●N·1·	7			●ND·1·7			
•	すべり	円弧下い	2-0	E	すべりP 恋	9弧 下液像	-
No	変位量(mm)	No	<u>変位量(mm)</u>	No	変位量(mm)	No 1	乾位量(mm) 안서
2	0.0	2	原介 0.0	2	0.0	2	原介 0.0
3	0.0	3	0.0	(3) (4)	0.0	3	0.0
5	0.0	5	0.0	5	0.0	5	0.0
(6) ⑦	0.0	(6) ⑦	0.0	(6) ⑦	0.0	(6) ⑦	0.0
8	0.0	8	0.0	8	0.0	8	0.0
0	0.0	(9) (9)	0.0	(9) (10)	0.0	(9) (1)	0.0
(Ū)	0.0	<u>(1)</u>	0.0	(1) (2)	0.0	10 19	0.0
13	0.0	13	0.0	10	0.0	10	0.0
<u>00</u>	0.0	00	0.0	00	0.0	00 00	0.0
a)	0.0	10	0.0	16	0.0	16	0.0
00	0.0	<u>10</u> 18	0.0	(17) (18)	0.0	10 18	0.0
09	0.0	19	0.0	ŭ	0.0	ŭ	0.0
20	0.0	20	0.0	20	0.0	20	0.0
●N-1	-8			●ND·1·	8		
	すべ 上流	り円弧	下流側		す. 上流	べり円弧	下流側
No ①	<u>変位量(mm)</u> 0.0	No (1)	<u>変位量(mm)</u> 除外	No (1)	<u>変位量(mm</u> 0.0	(1) No	<u>変位量(m</u> 除外
2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
(3) (4)	0.0	(3) (4)	0.0	3	0.0	(3) (4)	0.0
5	0.0	5	0.0	5	0.0	5	0.0
(6)	0.0	(6)	0.0	(6)	0.0	(6)	0.0
8	0.0	8	0.0	8	0.0	8	0.0
9	0.0	9	0.0	9	0.0	9	0.0
	0.0	10	0.0		0.0	10	0.0
Ū.	0.0	02	0.0	œ	0.0	Q	0.0
13	0.0	13 10	0.0	- 13	0.0	13	0.0
19	0.0	05	0.0	15	0.0	15	0.0
19 17	0.0	16	0.0	16	0.0	10	0.0
10	0.0	18	0.0	18	0.0	W	0.0
(B) (R)	0.0	09 20	0.0	 /9	0.0	(1)	0.0
 			. 0.0	• ND -	0	49	. 0.0
•N-1-	ש. <u>לאל</u>	り円弧		●ND-1-	9 	ベリ円弧	mut k
No	上流 変位量(mm)	No	ド流側 変位量(mm)	No	上流 変位量(mm) No	下流側 室位量(m
Ū	124.1	0	除外	1	0.0	T)	除外
2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
<u>4</u>	0.0	4	0.0	<u>(4)</u>	0.0	(A)	0.0
5	0.0	5	0.0	5	0.0	5	0.0
Ő	0.0	0	0.0	Ő	0.0	Ű.	0.0
(8)	0.0	(8)	0.0	8	0.0	(8)	0.0
(9) 10	0.0	(9) (11)	0.0	9	0.0	9	0.0
10	0.0	10	0.0	10	0.0	Ű	0.0
10	0.0	12	0.0	12	0.0	12	0.0
(13)	0.0	(13)	0.0	13	0.0	13	0.0
19	0.0	15	0.0	15	0.0	15	0.0
- (B 	0.0	(6) (7)	0.0	16	0.0	15	0.0
19	0.0	18	0.0	18	0.0	18	0.0
(19 20	0.0	19 20	0.0	13 20	0.0	(1) 20	0.0
●N-1	・10 すべ	り円弧	下流側	●ND-	1-10 <u>す</u> 上流	ベリ円弧	下流側
●N·1	-10 すべ 上流 変位量(mm)	り円強 No	下流倒 变位量(mm) 除机	●ND-:	1-10 上流 	ベリ円弧) No	下流倒 変位量(m 除外
●N-1 No ① ②	-10 -10 上流 変位量(mm) 0.0 0.0	9円弧 No ① ②	下流倒 変位量(mm) 除外 0.0	●ND-	1-10 上流 変位量(mm 0.0 0.0	ベリ円弧) No ① ②	下流側 変位量(m 除外 0.0
●N-1	-10 -10 -10 -10 -10 -10 -10 -10	り円弧 No ① ② ③	下流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0	●ND-1	1-10 上流 <u>変位量(mm</u> 0.0 0.0	ベリ円弧) No ① ② ③	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0
●N-1 No 1 2 3 4 5	-10 <u> 上流</u> 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	9円弧 No ① ② ③ ④ ⑤	下流倒 <u>変位量(mm)</u> 除外 0.0 0.0 0.0 0.0	●ND- 1 No 1 2 3 4 5	1-10 上流 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	ペリ円弧) No ① ② ③ ④ ⑤	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0 0.0 0.0
●N·1·	-10 すべ 支 支 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	り円弧 1) 2) 3) ④ 5) 6)	下流倒 変位量(mm) 防外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	●ND- 1 No 1 1 2 3 4 5 6	1-10 上流 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	ペリ円到) No ① ② ④ ⑤ ⑥	下流倒 変位量(m 於外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
●N-1 No 1 2 3 4 5 6 7 8	-10 すべ 支位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	9円祖 No ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑧	下流倒 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	● ND-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1-10 <u>上流</u> 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0	<リ円弧)) No ① ② ④ ⑤ ⑥ ⑧	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1 No 1 2 3 4 5 6 7 8 9	-10 また 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	9円到 No ① ② ③ ⑤ ⑤ ⑦ ⑦ ⑧ ③	5流例 変位量(mm) 取外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND· No ① ② ③ ④ ③ ③ ⑤ ⑦ ⑦ ⑦ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	1-10 ま流 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0	 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1 No 1 2 3 4 5 6 7 7 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	-10 また 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	9円弧 No 2 3 6 5 6 7 7 8 8 9 9 0 10	F流倒 変位量(mm) 取外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND- No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (1) (1) (2) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7	1-10 支流 変位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0	 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	下流倒 <u>変位量(m</u> 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1 No 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	-10 また。 変位量(mm) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	り円弧 No ① ② ③ ⑤ ⑤ ⑦ ③ ① ① ① ① ① ① ③ ③ ① ① ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	下流街 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND ⁻ No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (9) (1) (1) (2) (3) (4) (5) (7) (6) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7	1-10 ま流 家位量(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0	<り円組)) No ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑦ ③ ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ①	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1/ No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10	10 また 支 支 支 支 支 支 支 支 支 支 支 支 支	9円弧 No 22 ④ ⑤ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦	下流樹 変位量(mm) 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,	●ND ⁻ No (1) (2) (3) (4) (5) (5) (6) (7) (8) (9) (1) (1) (2) (2) (3) (3) (5) (6) (6) (7)	1-10 <u> </u> <u> </u>	<り円祖) No ① ② ④ ① ① ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	下流倒 変位量(m 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N-1 No ① ② ③ ④ ⑤ ⑤ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦	-10 <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>trained</u> <u>train</u>	UH31 No (1) (2) (3) (5) (6) (7) (7) (8) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9) (9	下流樹 変位重(mm) 0.0	●ND ⁻ No 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 また を位置(mm 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0	 〇月祖 〇〇 <li< td=""><td>下流例 家位量(m) 原外 0.0</td></li<>	下流例 家位量(m) 原外 0.0
●N-1 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-10 t-x ±x 200 (mm) 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	UP31 No (1) (2) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (1) (1) (2) (3) (1) (1) (2) (3) (1) (1) (2) (3) (1) (1) (2) (3) (3) (1) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3	r流倒 変位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND ⁻ 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1-10 <u>+</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u> <u>-</u>	 ×リ円弧 ・) <	下流樹 支位 量(m
●N-1 N0 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (7) (8) (9) (9) (1) (1) (1) (1) (2) (3) (3) (4) (5) (6) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7	-10 * 7× * * * * * * * *	UP31 No 22 44 5 6 7 7 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	F:法則 要位量(mm) 除外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	●ND- 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1-10 す 上流 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	 ペリ円弧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	下点根 変位量(m 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
●N·1 No 3 4 5 6 77 77 77 77 77 77 77 77 77	-10 また。 家位量(mm) の0 00 00 00 00 00 00 00 00 00	リ円3組 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	 予造街 参合賞(mm) 参合賞(mm) のの 0.0 0	●ND- No 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	第二日 第二日 第二日	 VP3 No 0 0 2 3 4 6 7 6 7 7 8 9 9 9 10 <l< td=""><td>下次例 変位量(m) 除外 0.0</td></l<>	下次例 変位量(m) 除外 0.0
●N-1 N0 3 4 5 6 7 7 8 9 4 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	-10 \$\$7.00 \$\$0.00 0.0	リ円頭 Ne 3 3 5 5 7 8 9 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	下造倒 東位量(mm,h 東位量(mm,h 原外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	•ND- 	state state gdd (mean 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	× リ円望 (1)) No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (6) (7) (7) (6) (6) (7) (7) (6) (7) (7) (6) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7	下流倒 家位量(m) 0.0
●N·1 No ① ② ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③	-10	リ円値 (1) (2) (2) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3	○法告 要在量(mm, 要在量(mm, 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	●ND- 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 + 10 - 10 - 00 - 00	 No 0 No 0	下点倒 麦位量(m 原外 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.
N·1 No No No O	-10 注意 すべ -10 -10 -11 -11 -11 -11 -11 -11	UP31 No 2 3 4 6 5 6 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	RGE RGE RGE 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	● ND- 1 2 2 3 6 6 6 7 7 7 7 8 8 6 6 7 7 7 7 7 8 8 6 6 7 7 7 7	1-10 ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★	 ×∪Pla No Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q7 Q1 Q2 Q2 Q3 Q4 Q4 Q5 Q6 <	下点倒 変位量(m) 第外 60 0.0 0.0
N·1 No N No No No No No No No No No	-10		送付置(mm) 単位量(mm) 0.0 <	●ND- 1 2 2 4 5 5 6 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	1-10 \$	 ≺UPI≴ No ① ② ③ ② ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ③ ○ ○<	下点街 反位量(m) 支位量(m) 0.0 0.0
N-1 No No O	-10	リ円弧 No 2 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	広告 () ()	● ND- 1 2 2 2 2 3 3 6 6 0 6 0 6 0 6 0 6 0 6 0 6 0 6	1-10	 No No T T	下透樹 東 隆谷 0.0
● N-11 No 2 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4	10 ₹ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ ¥ % % 0	リア30 No 2 2 2 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3		●ND- 1000000000000000000000000000000000000	1-10	 ペリ円提 No ① ○ No ○ ○ No ○ 	下点側 家位量(m) のの 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
●N·1 No 2 3 4 5 5 5 5 7 7 7 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-10 \$7% 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	5/74	Edit Edit General 1000 0.0 0.0 0.0	● ND- 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 <u>F</u> 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	 VIPS No 0 0<td>下店街 支包重 東久山夏(一) 第六人 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0</td>	下店街 支包重 東久山夏(一) 第六人 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
● N-1 N-1 22 33 44 5 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	-10 **** ******************************	UP3		●ND- 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10	 < 以内理 、 No 、 Co 、 Co	下点根 下点根 ● 家位量(不) 0.0 0.0 0.0
N+1 N-1 C	-10 \$C\$	ジ門類 下 2 3 4 5 5 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	Edd RES 100 0.0 0.0 0.0	● ND- 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 F C C C C C C C C	Kupge No 0 0.0 0.0 0.0	下透樹 支佐量(m) 支佐量(m) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
● N-1 No 2 3 4 3 4 5 5 6 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8	-10 \$7(3) \$(2)	リ円類 1000000000000000000000000000000000000	広告	● ND- 1 2 2 2 3 3 6 3 6 3 7 3 8 4 4 4 4 5 6 1 7 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8	1-10	 、以内賀 、 <	下点樹 支位量(m) 0.0 0.0
● N+1 - N-2 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0	-10 x x x x x x x x x x x x x x x	4円載 一 で 1 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	注意目 F 道道(mm) 第45 章(mm) 0.0 0.0 0.0	●ND- - 0.0 -	1-10 ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★	 < UP3E No 0.0 0.0<td>下流樹 度位量(小 東谷型(小 0.0 0.0 0.0</td>	下流樹 度位量(小 東谷型(小 0.0 0.0 0.0
N-1 N-1 No 1	-10 \$7% \$00 00 00 00 00 00 00 00 00 0		Baseline	● ND- 1 00 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 <u>F</u> <u>0</u> 00 00 00 00 00 00 00 00 00	 No No 0 	下洗樹
● N-1 N-1 N-1 O	10 ★ ▼GESCOND 00	UFR No. 2 2 4 4 4 5 5 6 5 7 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	E.8.0 E.8.0 <th< td=""><td>●ND- 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>1-10 ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★</td><td> < 以門質 ・ No ・ ① ・ ① ・ ① ・ ② ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ● ・ ● ・ ● ・ ● ● ●<!--</td--><td>下流假 支位量(m) 0.0</td></td></th<>	●ND- 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★	 < 以門質 ・ No ・ ① ・ ① ・ ① ・ ② ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ● ・ ● ・ ● ・ ● ● ●<!--</td--><td>下流假 支位量(m) 0.0</td>	下流假 支位量(m) 0.0
N+1 N-1 1	-10 \$7% \$60	UPRE No. 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	Edit Reference 1 2.02 (Errors) 1 0.0 0.0 0.0	● ND- 1 No 1 0 2 0 2 0 3 0 1 0 2 0 1 0 2 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	1-10 F R R R R R R R R	 VIPE No 0 0<td>下流樹 安在愛(m) 東久(愛(m)) 四人((((((((((((((((((((((((((((((((((((</td>	下流樹 安在愛(m) 東久(愛(m)) 四人((((((((((((((((((((((((((((((((((((
● N·1 No No 1	-10 ▼ (x) ▼ (x) ▼ (x) 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	UFB No. 2. 2. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4	広告	● ND- 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10	 No No 0 	下流樹 支位量 (m)
● N+1 N-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-10 x x x x x x x x	UPRE 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	注意目 F 道道(mm) 第854 0.0 0.0	●ND- 1 0 0 1	1-10	 ≺ UPBE No 0.0 0.0<td>下流樹 下流樹 夏位量作, 0.0 0.0 0.0</td>	下流樹 下流樹 夏位量作, 0.0 0.0 0.0
● N+1 N0 2 2 3 4 4 4 5 5 5 5 5 6 7 5 6 7 5 6 7 5 6 7 6 7 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-10 \$7< \$60 00 00 00 00 00 00 00 00 00	UPRE No. 2 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2	Bit Res 0.0 0.0 0.0	●ND- 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1-10 ★ ★ 0 00 00 00 00 00 00 00 00 00	VIPE 0 No 0 0 <tr< td=""><td>下流樹 支位量(m) 支化量(m) 0.0 0.0 0.0 </td></tr<>	下流樹 支位量(m) 支化量(m) 0.0 0.0 0.0
● N-1 No 2 2 3 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	-10 \$7% \$60	UPRE No.0 2 2 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	Edit Rest 0.0 0.0 0.0 0.0	●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	1-10	Kupper No 0 No 0 0<	下洗樹 反位量(m) 東久人 0.0 0.0 0.0
● N-1 No 2 2 3 4 4 4 5 5 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-10 \$7% \$60 00 00 00 00 00 00 00 00 00	UPE	法側	ND ND ND S	1-10	XUPE No 0 No 0 0 <td>下洗樹 支佐量(m) 東外 0.0 0.0</td>	下洗樹 支佐量(m) 東外 0.0 0.0
● N-1 No 1	IU f× g(g(g(nn))) 0.0 0.0	HP型 HP型 Fin fin		●ND- ●ND- ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	title y <thy< th=""> y y y<td>ペリ門選 へり門選 へり への の の の の の の の の の</td><td>下流機 支包量(小 0.0 <</td></thy<>	ペリ門選 へり門選 へり への の の の の の の の の の	下流機 支包量(小 0.0 <
● N+1 No 2 3 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5	·10 ₹ ₹ ₹ 0.0	UPRE No. 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	法例	●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	titl f ■ 0.0 0.0	Kuppe No 0 No 0 0	下流樹 支位量(m) 支化量(m) 0.0 0.0 0.0
● N-1 No No 1	-10 \$7.5 \$0.0 0.0	UPRE No. 2. 2. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4	E.S.B PR-9 0.0 0.0 0.0 <td>●ND- ● ND- ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0</td> <td>1-10</td> <td> < 以門道 へいののののである へいのののののののののののののののののののののののののののののののののののの</td> <td>下流例 夏位皇(の) 0.0</td>	●ND- ● ND- ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0 ● 0	1-10	 < 以門道 へいののののである へいのののののののののののののののののののののののののののののののののののの	下流例 夏位皇(の) 0.0
● N+1 N0 0 0 0 0 0 0 0 0	·10 ţ≺. z z (00) 00 000 00	UPRE No. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Fille Fille 1 20 G (mm) 0.0 0.0 0.	●ND- → ND- → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0	total state x x x x </td <td> ×リ戸建 ×リ戸建 ① ○ <li< td=""><td>下読得 支位量(m) ● 85% ● 00</td></li<></td>	 ×リ戸建 ×リ戸建 ① ○ <li< td=""><td>下読得 支位量(m) ● 85% ● 00</td></li<>	下読得 支位量(m) ● 85% ● 00
N-1 N-1 No 1	-10 \$7% \$00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	UPE No. 2 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	Baseline Baseline 200 100 00 00 00<	• ND· 0.0 0.0	till y Image: Section of the secti	 ×リ門提 No ① ① ① ② ③ ○ No ○ ○ ○ No ○ 	下洗樹 支佐量(m) 0.0 0.0 0.0
●N+1 N-0 2 2 3 3 3 0 0 0 0 0 0 0	-10 ▼K ▼K ▼K ▼K 0.0 <tr< td=""><td></td><td>注意側</td><td>●ND- → ND- → ND- →</td><td>1-10</td><td> < 以門理 べ 以門理 ① ② ② ② ② ○ <</td><td>F.3.8 E 02 80.4 0.0 <!--</td--></td></tr<>		注意側	●ND- → ND- →	1-10	 < 以門理 べ 以門理 ① ② ② ② ② ○ <	F.3.8 E 02 80.4 0.0 </td
● N+1 No 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-10 \$7< \$60 00 00 00 00 00 00 00 00 00	UPE	法例	●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	titl F ■ 0.0 0.0	XUPE No 0 No 0 0	下透樹 反位量(m) 支位量(m) 0.0 0.0
● N-1 No 12 23 4 4 5 5 6 7 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9	-10 ▼K ▼K ▼K ▼K 0.0 <tr< td=""><td></td><td></td><td>●ND- ●ND- ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●</td><td>titl y <thy< th=""> y y y</thy<></td><td> ペリ門理 ペリ門理 ① ② ② ② ② ② ② ② ○ </td><td>下流樹 支佐量介 0.0</td></tr<>			●ND- ●ND- ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	titl y <thy< th=""> y y y</thy<>	 ペリ門理 ペリ門理 ① ② ② ② ② ② ② ② ○ 	下流樹 支佐量介 0.0
● N+1 N0 0 0 0 0 0 0 0 0	-10 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	UPRE NO. 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	F.K.B. P.G.S. 1 2.0.2 (cm). 1 0.0 0.0 0.0	●ND- → ND- → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0 → 0	1-10 ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★	 ≺UPBE No 0.0 0.0	下読機 夏位量(m) ● 第外(
● N-1 No 2 3 4 4 5 5 5 6 7 7 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-10	UPE No. 22 24 44 45 45 45 45 45 45 45 45 4	E.M. E.M. D.S. D.S. <thd.s.< th=""> D.S. D.S. <thd< td=""><td>●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●</td><td>till y Image: second se</td><td> () No () No () () () () () () () () () () () () () (</td><td>下流倒 下流例 医分子 0.0 0.0</td></thd<></thd.s.<>	●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	till y Image: second se	 () No () No () () () () () () () () () () () () () (下流倒 下流例 医分子 0.0 0.0
● N+1 N-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	·10 x x	UPRE NO. 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	E.B.B. F.G.B. RES O.S. 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	●ND- → ND- →	1-10 y ■ KG (2007) 0.0 0.0 0.0 0.	 < 以同題 べ 以同題 ① ① ① ② ③ ○ ○	T.B.W EQUARC B3/A 0.0
● N+1 No 2 3 4 4 4 5 6 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9	-10 \$7< \$60 00 00 00 00 00 00 00 00 00	UPRE No.0 2 2 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	BALL BALL 100 0.0 0.0	●ND· ●ND· ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	titl F ■ 0.0 0.0	XUPE No 0 No 0 0 <td>Tright Construction EXA 0.0 0.0 0.0 <t< td=""></t<></td>	Tright Construction EXA 0.0 0.0 0.0 <t< td=""></t<>
● N-1 No 2 3 4 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	····································	UPB	E.M. PERSON 2000 2000 0.0 0.0 0.0<	●ND- ●ND- ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	1-10	 < UPBE No ① ① ① ① ② ② ③ ○ 	Trans gtogen 0.0

- 34 -



箕面川波 1000gal 調整波形 ニューマーク法 5 0 4 111111



ケース名

密度

地震動

手法

N-1-3

図-3.55 ニューマーク法による上流側円弧の解析結 果代表例 (最大すべり変形量発生ケース)





図-3.57 ニューマークD法による上流側円弧の 解析結果代表例



解析結果代表例

3.5 フィルダムの設計・耐震性能照査の合理化・高度化に関する研究

(2) せん断強度の低下の影響検討

繰返しによるせん断強度の低下についてニューマー クD法の解析結果により堤体の締固め度の影響と地震 動の継続時間の影響について考察した。

(a) 堤体の締固め度によるすべり安定性の影響

締固め度による影響を検討するに際して、ニューマ ークD法は下流側では、すべり量が発生しなかったた め、最小すべり安全率を用いて密度が密な条件(ロッ ク材 D,95%、コア材 D_c100%)とそれに対して相対的 に密度が緩い条件(ロック材 D,90%、コア材 D_c98%) とを比較した。図-3.59~図-3.62に入力地震動の振 幅調整レベル300galの各条件における締固め度による 最小すべり安全率を示す。図より、上流側すべりおよ び下流側すべり、継続時間の長短と、どの条件におい ても、密度が密な条件の最小すべり安全率は、相対的 に緩い密度条件よりも大きくなっており、締固め度を 大きくするほどすべりに対する安全性は上がることが わかる。



クD法、上流側、箕面川波振幅レベル300gal)





クD法、上流側、七ヶ宿波振幅レベル300gal)



図-3.62 締固の度による最小女主率比較(ユユーマー クD法、下流側、七ヶ宿波振幅レベル300gal)

(b) 地震の継続時間によるすべり安定性の影響(箕面 川波と七ヶ宿波)

図-3.63,図-3.64 に地震発生直後の降伏加速度 a_0 から、地震動終了時までの降伏加速度 a の低下率 (a_0 -a) /a を示す。また、図-3.65,図-3.66 にニューマ ークD法によるすべり面の強度低下状況を示す。図よ り、東北地方太平洋沖地震時に計測された継続時間の 長い七ヶ宿波が継続時間の短い箕面川波よりも大きな 低下率を示していることがわかる。また、締固め度別 に見ると密な締固め条件の方が相対的に緩い締固め条 件よりも降伏加速度の低下割合が小さいことがわかる。 また、密な条件では、継続時間の長さに関わらず、降 伏加速度の低下率が一部の円弧を除いて、ほぼ変わら ない値となっている。







3.3.5	アースダムモラ	「ルによるすべり	変形解析結果
-------	---------	----------	--------

(1) 最大すべり変形量

アースダムモデルにおいて各入力地震動ケースの上 下流側の全すべり円弧において、最大となったすべり 変形量を表-3.30 に、各円弧のすべり変形量を表-3.31 に示す。解析結果の代表例を図-3.67~図-3.70 に示す。

ニューマーク法およびニューマークD法どちらも下 流側では一部の円弧のみ、すべり土塊の平均加速度が 降伏震度に至り、変位が発生した(下流側はニューマ ーク法もニューマークD法も強度低下を考慮しない)。 ニューマーク法の上流側では堤体上部の円弧で平均加 速度が大きく、振幅の調整レベル750galのすべり円弧 ⑦ニューマーク法で最大 322.8mm のすべり変位が発 生した。密度がゆるい(コア材 D_c98%)場合と比較し て、密(コア材 D_c100%)な場合では変位が発生しな くなるか、変位量が1/5~1/2 程度になった。ニューマ ークD法の上流側では材料の強度低下特性を考慮して いるが、一部の円弧を除いて強度低下が少なく、平均 加速度が降伏震度に至らないため、すべり変位は発生 しなかった。代表的な円弧のすべり面の強度低下状況 に示す。

ロックフィルダムと同様に、ニューマーク法および ニューマークD法による解析結果において、同一円弧 の地震発生前の降伏加速度が異なるのは、せん断強度 の評価方法が異なるためである。

表一3.30 アースダム最大変位量一覧	表-3.30	アースダム最大変位量-	-覧
---------------------	--------	-------------	----

密度	おきかん	調整しるエ	ニューマーク		ニューマークD	
省度	地展到石	調金レベル	ケース	変位量(mm)	ニューマークD	変位量(mm)
		元波形	N-2-1	5.0	ND-2-1	0
	箕面川波	300gal	N-2-2	1.9	ND-2-2	0
		750gal	N-2-3	230.1	ND-2-3	0
- J / M (DC30%)	七ヶ宿波	元波形	N-2-4	0.0	ND-2-4	0
		300gal	N-2-5	66.0	ND-2-5	2.5
		750gal	N-2-6	322.8	ND-2-6	3.5
	箕面川波	元波形	N-2-7	0.0	ND-2-7	0
		300gal	N-2-8	0.0	ND-2-8	0
		750gal	N-2-9	120.1	ND-2-9	0
-17 M (DC100%)		元波形	N-2-10	0.0	ND-2-10	0
	七ヶ宿波	300gal	N-2-11	14.5	ND-2-11	0
		750	N 0 10	70.1	ND 0 10	0

表-3.31 アースダムの各円弧のすべり変形量一覧

●N-2-1				●ND-2-1	•N-2-7	●ND·2·7	
	す 上流	トベリ円弧	下流側	<u>すべり円弧</u> 上流 下流側	すべり円弧 上流 下流側		下流側
No	<u>変位量(m</u> 除外	m) No ①	<u>変位量(mm</u> 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 麦位量(mm) ① 除外	No 麦位量(mm) ① 除外
2	除外除外	2	除外除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② <u>除外</u> ③ 除外	2 3 除外
(4)	0.0	(4) (5)	0.0	④ 0.0 ④ 0.0 ⑤ 0.0 ⑤ 0.0	(4) 0.0 (4) 0.0 (5) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0
6 7	除外 5.0	6	除外 0.0		⑥ 除外 ⑥ 除外 ⑦ 0.0 ⑦ 0.0	6 除外 ⑦ 0.0	6 除外 ⑦ 0.0
8	0.0	8	0.0		8 0.0 8 0.0 9 0.0 9 0.0	8 0.0 9 0.0	8 0.0 9 0.0
<u>0</u>	0.0	10	0.0		00 0.0 00 0.0 00 0.0 00 0.0	0.0 00 0.0	00 0.0
12	0.0	10	0.0			0.0	00 0.0
8	0.0	10	0.0			0.0 00 0.0	0.0
16	0.0	16	0.0	15 0.0 (5 0.0 16 0.0 (6 0.0	6 0.0 6 0.0 6 0.0 6 0.0	0.0	0.0
18	0.0	18	0.0	10 0.0 10 0.0 10 0.0 10 0.0	00 0.0 00 0.0 00 0.0 00 0.0	0.0	00 00
20	0.0	8	0.0	(19 0.0 (19 0.0 (19 0.0 (19 0.0) (19 0.0 (19 0.0) (19 0.0)		20 0.0	20 0.0
●N-2-2				●ND-2-2	●N-2·8	●ND-2-8	
-	す	ベリ円弧	下這側		すべり円弧 上流 下流例		リ円弧
No (1)	変位量(m) 除外	m) No ①	<u>変位量(mm</u> 除外	 No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外 	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No <u>変位量(mm)</u> ① 除外	No <u>変位量(mm)</u> ① 除外
2	除外除外	2	除外除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② 除外 ③ 除外	② 除外 ③ 除外
(4) (5)	0.0	(Å) (5)	0.0	<u> </u>	(4) 0.0 (4) 0.0 (5) 0.0 (5) 0.0	<u>(4)</u> 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0
6	除外	6	除外 0.0	⑥ 除外 ⑥ 除外 ⑦ 0 0 ⑦ 0 0 ⑦ 0	<u>⑥ 除外 ⑥ 除外 </u> ⑦ 0.0 ⑦ 0.0 ⑦ 0.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	<u>⑥</u> 除外 ⑦ 0.0	<u>⑥</u> 除外 ⑦ 0.0
8	1.9	(8)	0.0	8 0.0 8 0.0	8 0.0 8 0.0 9 0.0 9 0.0	8 0.0 9 0.0	8 0.0 9 0.0
00	0.0	00 M	0.0	0 0.0 0 0.0	10 0.0 10 0.0 11 0.0 11 0.0	00 0.0	00 0.0
12	0.0	02 13	0.0		10 0.0 10 0.0 (3 0.0 13 0.0	12 0.0 13 0.0	12 0.0 13 0.0
00 10	0.0	00 10	0.0			<u>10</u> 000	<u>(k)</u> 0.0
- 16 /5	0.0	6	0.0			<u> </u>	16 0.0 17 0.0
08 (B	0.0	08 19	0.0				18 0.0 19 0.0
@	0.0	â	0.0				20 0.0
●N-2-3				●ND-2-3	●N-2-9	●ND-2-9	
	す/ 上流	くり円弧	流側		すべり円弧 上流 下法側		くり円弧
No	<u>変位量(mm</u>) 除外) No	<u>変位量(mm)</u> 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 変位量(mm) ① 除外	1 No 変位量(mm) ① 除外
2	除外除外	2	除外 除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	2 除外	(2) 除外 (3) 除外
<u>(4)</u>	177.1	4	0.0	A 0.0 A 0.0 5 0.0 5 0.0	(d) 95.8 (d) 0.0	4 0.0	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
6	除外 230.1	6	除外	⑥ 除外 ⑥ 除外 ⑦ 00	 ⑥ 除外 ⑥ ⑥ 除外 ⑥ ○ ○<	- <u>6</u> 除外	
8	145.2	8	0.0	8 0.0 8 0.0 0.0 8 0.0	8 79.0 8 0.0	8 0.0	8 0.0
	95.4		0.0	(9) 0.0 (9) 0.0 (10 0.0 (10 0.0	9 65.8 9 0.0 0 59.7 0 0.0	(9) 0.0 (10) 0.0	() () () () () () () () () () () () () (
02	0.0	00	0.0		11 0.0 11 0.0 12 0.0 12 0.0	10 0.0 12 0.0	0.0 10 0.0
13	5.7		0.0		(3) 0.0 (3) 0.0 (3) 0.2 (3) 0.0	13 0.0 16 0.0	0.0 10 0.0
15	9.3 0.0	16	0.0		0.0 (1) (20 (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2)	15 0.0 16 0.0	<u> </u>
10	0.0	10	0.0	00 0.0 00 0.0 00 0.0 00 0.0	ID 0.0 ID 0.0 IB 0.0 IB 0.0	17 0.0 18 0.0	0.0 10 0.0
20	0.0	8	0.0		(3) 0.0 (3) 0.0 (3) 0.0 (3) 0.0	(1) 0.0 20 0.0	(3) 0.0 20 0.0
●N-2-4				●ND-2-4	●N-2-10	●ND-2-10	
	す~ 上流	くり円弧	流側		すべり円弧 上流 下流側		り円弧
No ①	<u>変位量(mm)</u> 除外) No ①	<u>変位量(mm)</u> 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 変位量(mm) ① 除外	No 変位量(mm) ① 除外
2	除外除外	2	除外除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外		② 除外 ③ 除外
4	0.0	4 5	0.0	<u>4</u> 0.0 <u>4</u> 0.0 <u>5</u> 0.0 <u>5</u> 0.0	(4) 0.0 (4) 0.0 (5) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0
6 7	除外 0.0	6 7	除外 0.0	<u> ら 除 外 ら 除 外 う の の の の の の の の の の の の の の の の の の</u>	⑥ 除外 ⑥ 除外 ⑦ 0.0 ⑦ 0.0	6 除外 ⑦ 0.0	 ⑥ 除外 ⑦ 0.0
8	0.0	8	0.0	8 0.0 8 0.0 9 0.0 9 0.0	8 0.0 8 0.0 9 0.0 9 0.0	8 0.0	8 0.0 9 0.0
00 10	0.0	00 11	0.0	m 0.0 m 0.0 m 0.0 m 0.0	10 0.0 10 0.0 10 0.0 10 0.0	00 0.0	0 0.0
0	0.0	12	0.0	12 0.0 12 0.0 13 0.0 13 0.0	12 0.0 12 0.0 13 0.0 13 0.0	02 0.0	02 0.0
8	0.0	8	0.0	Ig 0.0 Ig 0.0 IS 0.0 IS 0.0		03 0.0 09 0.0	0.0
19	0.0	10	0.0	Is 0.0 Is 0.0 II 0.0 II 0.0		03 0.0	0.0
8	0.0	18	0.0	10 0.0 18 0.0 13 0.0 13 0.0			10 0.0 18 0.0
8	0.0	3	0.0	<u>a</u> 0.0 <u>a</u> 0.0	00 00 00 20 0.0 20 0.0	20 0.0	30 0.0 20 0.0
●N-2-5		र । क्या		●ND·2·5	•N·2·11	●ND-2-11	
No	9、 上流 <u>変位量</u> (mm)) <u>N</u> o	流側 <u>変位量</u> (mm)	上流 下流側 No 変位量(mm) No 変位量(mm)	<u>リヘリ円短</u> 上流 下流例 No 家位量(mm) No 家位量(mm)	 上流 No 変位量(mm)	
1	除外除外	1	除外除外	① 除外 ① 除外 ② 除外 ② 除外	① 除外 ① 除外 ② 除外 ② 除外	① 除外 ② 除外	① 除外 ② 除外
3	除外 <u>8.1</u>	3 (4)	除外 0.0	③ 除外 ③ 除外 ④ 0.0 ④ 0.0	3 Bk95 3 Bk95 @ 0.0 @ nn	3 除外 ④ 0.0	3 除外 ④ 0.0
5 6	0.0 除外	6	0.0 除外	5 0.0 5 0.0 6 除外 6 除外		⑤ 0.0	 0.0 ⑥ 除外
(7) (8)	66.0 32.4	7	1.5 0.0	⑦ 0.0 ⑦ 2.5 ⑧ 0.0 ⑧ 0.0	(7) 14.5 (7) 0.0 (8) 8.6 (8) 0.0	7 0.0 8 0.0	7 0.0 8 0.0
9	3.8 0.0	9	0.0	(9) 0.0 (9) 0.0 (10) 0.0 (10) 0.0	(3) 0.0 (3) 0.0 (10) 0.0 (10) 0.0	(9) 0.0 (10) 0.0	9 0.0 10 0.0
10	0.0	10 12	0.0	10 0.0 10 0.0 10 0.0 10 0.0	m 0.0 m 0.0 2 0.0 m 0.0	00 0.0	0.0
(3) (6)	0.0	() ()	0.0	13 0.0 13 0.0 10 0.0 10 0.0	(1) 0.0 (1) 0.0 (1) 0.0 (1) 0.0 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	03 0.0 09 0.0	13 0.0 16 0.0
(15 (16	0.0	15 16	0.0	0.0 (i) 0.0 (i	13 0.0 13 0.0 16 0.0 16 0.0	0.0	0.0 00 0.0
17 18	0.0	07 08	0.0	m 0.0 m 0.0 18 0.0 18 0.0	10 0.0 10 0.0 18 0.0 18 0.0	0.0 0.0	10 0.0 18 0.0
19 20	0.0	19 20	0.0	19 0.0 19 0.0 20 0.0 20 0.0	(3) 0.0 (3) 0.0 (3) 0.0 (3) 0.0	0.0 20 0.0	0.0 20 0.0
●N-2-6				●ND·2·6	●N-2-12	●ND-2-12	umari
F	すべ!	り円弧 下済	意例	すべり円弧 上流 下流例	9 へり円弧 上流 No 変位号(ma) No 変位号(ma)		<u> 下流側</u> No <u> 本件単位</u> 、
No 1	<u>愛位量(mm)</u> 除外	No ①	<u>変位量(mm)</u> 除外	No 変位量(mm) No 変位量(mm) ① 除外 ① 除外	No 安位電(mm) ① 除外 ① 除外 ⑦ 除み ① 除外	- NO 変位重(mm) ① 除外 ⑦ 86.4	NO W1/車(mm) ① 除外 ⑦ BAN
2	除外除外	2	除外除外	② 除外 ② 除外 ③ 除外 ③ 除外	少 院介 ② 除介 ③ 除介 ③ 除介		
4 5	0.0	<u>4</u> 5	6.2 0.0	(4) 0.0 (4) 3.5 (5) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (4) 0.0 (5) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0	(4) 0.0 (5) 0.0
6 7	除外 322.8	6 7	除外 0.0	⑥ 除外 ⑥ 除外 ⑦ ⑦ 0.0 ⑦ 0.0	(6) 除外 (6) 除外 ⑦ 70.1 ⑦ 0.0	- <u>(6)</u> 除外 ⑦ 0.0	<u>(6)</u> 除外 ⑦ 0.0
8	0.0	8	0.0	8 0.0 8 0.0 9 0.0 9 0.0	8 9.9 8 0.0 3 0.0 3 0.0	8 0.0 9 0.0	8 0.0 9 0.0
00 (1)	0.0	10 11	0.0	10 0.0 10 0.0 11 0.0 11 0.0	m 0.0 m 0.0 m 0.0 m 0.0	- <u>10</u> 0.0 11 0.0	10 0.0 11 0.0
0	33.0 0.0	0	0.0	12 0.0 112 0.0 13 0.0 13 0.0	10 0.0 10 0.0 13 0.0 13 0.0	12 0.0 13 0.0	12 0.0 13 0.0
10 13	0.0	10 13	0.0	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	R 0.0 R 0.0 (§) 0.0 (§) 0.0	10 0.0 (§ 0.0	14 0.0 15 0.0
19	0.0	0 0	0.0	10 0.0 10 0.0 10 0.0 10 0.0	16 0.0 16 0.0 10 0.0 17 0.0		16 0.0 17 0.0
08 (1)	0.0	80 (1)	0.0		10 0.0 10 0.0 13 0.0 13 0.0	10 0.0 13 0.0	18 0.0 19 0.0
8	0.0	8	0.0	20 0.0 20 0.0	20 0.0 20 0.0	20 0.0	20 0.0





(2) せん断強度の低下の影響検討

(a) 堤体の締固め度によるすべり安定性の影響

ロックフィルダムモデルと同様に、図-3.71~図-3.74 に入力地震動の振幅調整レベル 300gal の各条件 における締固め度による最小すべり安全率を示す。図 より、ロックフィルダムモデルと同様に上流側すべり および下流側すべり、継続時間の長短と、どの条件に おいても、密度が密な条件の最小すべり安全率は、相 対的に緩い密度条件よりも大きくなっており、締固め 度を大きくするほどすべりに対する安全性は上がるこ とがわかる。



図-3.71 締固め度による最小安全率比較(ニューマー クD法、上流側、箕面川波振幅レベル 300gal)





図-3.73 締固め度による最小安全率比較(ニューマー クD法、上流側、七ヶ宿波振幅レベル 300gal)



図-3.74 締固め度による最小安全率比較(ニューマー クD法、下流側、七ヶ宿波振幅レベル 300gal)

(b) 地震の継続時間によるすべり安定性の影響(箕面 川波と七ヶ宿波)

図-3.75、図-3.76に地震発生直後の降伏加速度 a₀ から、地震動終了時までの降伏加速度 a の低下率(a₀ -a) /a を示す。また、図-3.77、図-3.78 にニュー マーク D 法によるすべり面の強度低下状況を示す。図 より、東北地方太平洋沖地震時に計測された継続時間 の長い七ヶ宿波が継続時間の短い箕面川波よりも大き な低下率を示していることがわかる。また、締固め度 別に見ると密な締固め条件の方が相対的に緩い締固め 条件よりも降伏加速度の低下割合が小さくなることが わかる。







4. まとめ

フィルダムの築堤材料を用いて室内試験を実施し、 コア材およびロック材の締固め度の違いによる繰返し 強度低下の影響を比較した。次に、試験結果により設 定した締固め度別の強度低下曲線を用い、繰返し荷重 による強度低下を考慮したニューマークD法と従来法 であるニューマーク法を用いて、アースダムモデルお よびロックフィルダムモデルにおける両者のすべり変 形量へ与える影響を検討し、併せて入力地震動の継続 時間による影響を検討した。

以下に得られた結果を示す。

純単調載荷試験

①ロック材を対象に、相対密度を変えて単調載荷試験
 (CD条件)を実施した結果、相対密度が大きいほど、
 排水せん断強度が大きくなる傾向が得られた。
 ②ロック材、コア材を対象に、密度(締固め度、相対密度)を変えて単調載荷試験(CU条件)を実施した結果、どちらの材料も密度が増加すると非排水せん断強度が増加する傾向が得られた。

繰返し載荷+単調載荷試験

①全試料とも、繰返し載荷に伴う強度低下が確認され、 DA=10%で20~30%程度強度が低下することが分かった。

②液状化強度比の大きいロック材(*D_r*=95%)は、損傷 ひずみが小さい間は大きな強度低下が生じるが、損傷 ひずみが大きくなると強度低下が小さくなる傾向が見 られた。

③ロック材については、密度が高いほど、損傷ひずみ の増加に伴う強度低下率が小さくなる傾向が見られた。 コア材については、密度と強度低下傾向に顕著な差は 見られなかった。

④DA=10%以上の損傷ひずみが発生した際は、試験結果を外挿することになるため、DA=10%以上の強度の 推定方法や試験方法を検討する必要がある。

ロックフィルダムモデルによるすべり変形解析

①下流側ではすべり土塊の平均加速度が降伏震度に至らず、変位が発生しなかった。上流側では堤体上部の円弧で平均加速度が大きく、ニューマーク法で変位が最大 214.8mmのすべり変位が発生した。密度がゆるい

(ロック材 D,90%、コア材 D_c98%)場合と比較して、密(ロック材 D,95%、コア材 D_c100%)な場合では変位が発生しなくなるか、変位量が 1/2 程度になった。

②上流側ではニューマークD法による材料の強度低下 特性を考慮しているが、今回のケースにおいては一部 の円弧を除いては強度低下が少なく、すべり変位の発 生には至らなかった。

③ニューマーク法およびニューマークD法どちらの場合においても締固め度が大ききほどすべりに対する安 全性は上昇する。

④継続時間の長い地震動は、継続時間の短い地震動よりも降伏加速度の低下率が大きい。

アースダムによるすべり変形解析

①下流側ではすべり土塊の平均加速度が降伏震度に至らず、一部の円弧のみ変位が発生した(下流側はニューマーク法もニューマークD法も強度低下を考慮しない)。上流側では堤体上部の円弧で平均加速度が大きく、ニューマーク法で最大 322.8mm のすべり変位が発生した。密度がゆるい(コア材 D_c98%)場合と比較して、

密(コア材 D_c100%)な場合では変位が発生しなくなるか、変位量が 1/5~1/2 程度になった。

②上流側ではニューマークD法による材料の強度低下 特性を考慮しているが、今回のケースにおいては、強 度低下は発生するものの、すべり変位の発生には至ら ない。

③ニューマーク法およびニューマークD法どちらの場 合においても締固め度が大ききほどすべりに対する安 全性は上昇する。

④継続時間の長い地震動は、継続時間の短い地震動よ りも降伏加速度の低下率が大きい。

参考文献

1)国土交通省河川局:大規模地震に対するダム耐震性能照 査指針(案),2005.3

2) 龍岡文夫ら:非排水繰返し載荷による強度低下とひずみ 軟化を考慮したニューマーク法による地震時斜面残留変位 推定,2014年5月14日(水),15日(木),「地盤工学会特別シ ンポジウムー東日本大震災を乗り越えて-」

3) 山口嘉一, 冨田尚樹, 水原道法, ロックフィルダムの地

震時すべり変形量に関する検討,ダム工学 15(2), p120-136,2005

 沢田義博,高橋 忠,桜井彰雄,矢島 浩:ロックフィ ルダムの物性値分布特性および堤体の動的特性-弾性波動 に基づく考察-,電力中央研究所報告,研究報告 No.377008, pp.67-68, 1977

RESEARCH ON RATIONALIZATION AND IMPROVEMENT OF DESIGN AND SEISIMIC PERFORMANCE EVALUATION OF FILLDAMS

Budged : Grants for operating expenses General account Research Period : FY2011-2015 Research Team : Hydraulic Engineering Research Group(Dam and Appurtenant Structures Research Team) Author : ENOMURA Yasufumi FUJITA Masashi

Abstract: Recently in Japan, rationalization of design and construction or cost reduction has strongly requested. In this research, for rationalization of design and seismic performance evaluation of rockfill dams, we proposed seismic coefficients for modified seismic coefficient method considering recent observed seismic records last year. We also research effects of seismic motions with long duration on seismic performance of filldams.

In fiscal year 2015, we investigated the effects of seismic motions with long and short durations and strength reduction due to cyclic undrained loading during earthquake on differences of sliding deformations of rockfill dam. And we conducted the sliding deformation analysis based on Newmark method and Watanabe-Baba method proposed simple seismic performance evaluation method by estimating the sliding deformation that assumed the maximum acceleration of input seismic motion and the shear strength of rock materials as variable.

Key words: filldam, design, seismic performance evaluation