

アースフィルダム耐震補強工事における 技術的課題と環境保全への取り組み —山口貯水池堤体強化工事（その2）—

長岡 敏和¹ 高田 武¹ 田原 功¹
濱 建樹² 菅原 俊幸² 藤崎 勝利³ 神戸 隆幸⁴

¹東京都水道局西部建設事務所（〒168-0063 東京都杉並区3-8-10）

²鹿島建設株式会社 東京支店西部土木営業所（〒359-1153 埼玉県所沢市上山口1335）

³正会員 工修 鹿島建設株式会社 東京支店（〒359-1153 埼玉県所沢市上山口1335）

⁴正会員 工修 鹿島建設株式会社 東京支店（〒359-1153 埼玉県所沢市上山口1335）

山口貯水池（通称、狭山湖）は、豊かな自然を残している狭山丘陵に位置する水道水用の貯水池（有効貯水量1953万 m^3 ）である。約70年前に建設された山口貯水池既設堤体（1934年完成）の耐震性向上を目的とした山口貯水池堤体強化工事は、既設土構造物のリニューアルに位置付けられ、リニューアル工事特有とも言える新設のダム工事にはない品質管理および施工管理上の制約条件や課題が多く存在している。本文では、我々が取り組んできた補強盛土時の情報化施工管理や、GPSを活用した測量・施工管理システムの概要、自然環境との共存を目指した環境保全対策について報告する。

キーワード：環境保全，情報化施工，アースダム，耐震補強，リニューアル

1. はじめに

山口貯水池（通称、狭山湖）は、豊かな自然を残している狭山丘陵に位置する水道水用の貯水池（有効貯水量 1953 万 m^3 ）であり、昭和 2 年から昭和 9 年にかけて築造された堤高 35m、堤頂長 691m、堤体積 130 万 m^3 の日本最大級のアースフィルダム（以下、既設堤体と称する）を有している。兵庫県南部地震（1995）を契機とした土木構造物の耐震性能の見直しによって、山口貯水池既設堤体の耐震性能向上を目的とした「山口貯水池堤体強化工事」の実施が決定され、1997 年 6 月の準備工事着工、1999 年 4 月の本体工事着工を経て、現在 2002 年 11 月の竣工へ向けて鋭意施工を行っている。本工事は、世界的にも例を見ない既設フィルダム耐震補強工事であ

り、リニューアル工事特有とも言える品質管理および施工管理上の制約条件や課題が多く存在している。特に、補強盛土時における既設堤体および補強盛土内の過剰間隙水圧発生と一時的な安定性の低下等が懸念され、「既設堤体のダム機能の保持」が当工事では最大の課題と言える。本論文においては、施工時の既設堤体および補強盛土の安定性に着目した情報化施工管理、ならびに施工管理業務の合理化を目的として導入したGPSを活用した測量・施工管理システムの概要を報告する。また、山口貯水池の豊かな水環境を背景としたオオタカをはじめとする貴重な動植物の保護とその生息環境の保全を目指した当工事における取り組みについても報告する。

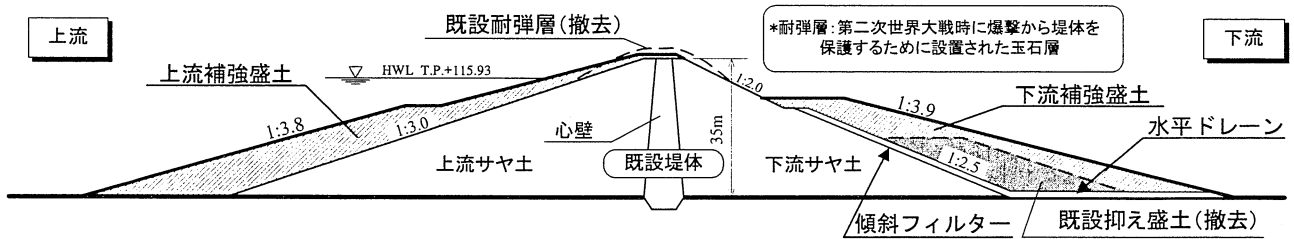


図-1 山口貯水池堤体強化工事標準断面図

2. 品質管理・施工管理上の制約と課題

図-1に示すように、山口貯水池堤体強化工事は既設堤体の上下流に補強盛土を築造して耐震補強を行うものである。既設堤体完成時に施工された下流抑え盛土は、関東ロームを主体とした非常に緩い状態（N値=1~2）であり、補強盛土のアバットとしては適さないことから補強盛土の盛立開始に先立ち撤去したが、さらにこれに引き続いて実施する基礎掘削によって、既設堤体が一時的に不安定な状態に推移することが懸念された。また、補強盛土の施工時には、既設堤体の飽和度が高く、既設堤体および補強盛土材とも難透水性材料であるため、施工時に発生する過剰間隙水圧によって既設堤体および補強盛土の安定性が一時的に低下することが懸念された。「既設堤体の機能維持と安定性」が補強工事の命題であるため、事前に既設堤体および補強盛土の安定性について検討し、安定性を確認するとともに施工中の管理値を設定した。さらに施工時には、動態観測結果を施工にフィードバックさせる情報化施工管理を実施することにした。

(1) 下流抑え盛土撤去時の既設堤体安定性確保

a) 事前検討の実施

施工を行うにあたって、既設堤体を対象にR I コーン調査¹⁾および採取した既設堤体の不攪乱試料を対象にした土質試験を実施した。R I コーン調査結果を反映させた既設堤体安定性の検討は、施工ステップとすべり安全率の関係を把握する事を目的とした「円弧すべり検討」と、変形挙動の予測を目的とした「FEM解析」を使用して行った。写真-1に下流抑え盛土撤去状況を示す。また、図-2に既設堤体安定性検討フローを、図-3に施工計画に従って想定した施工ステップと施工中の計測器位置図を示す。検討の結果、施工により既設堤体の安定性が著しく低下することがないとの結論を得た。このため、FEM解析で得られた変形量は各種動態観測計器の「変形予測範囲」として設定し、施工中に既設堤体

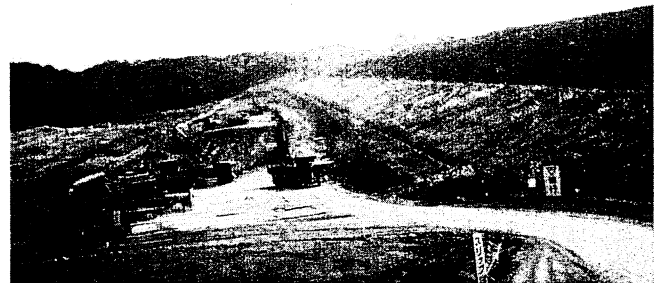


写真-1 下流抑え盛土撤去状況

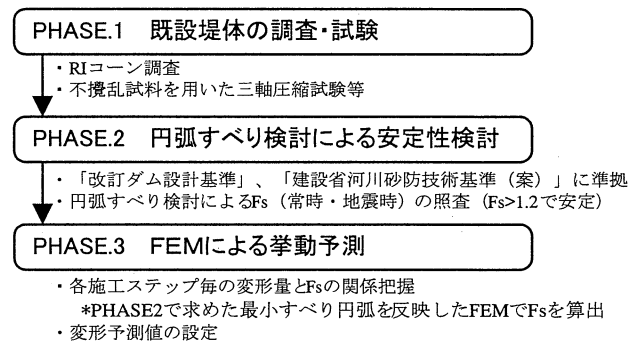


図-2 既設堤体安定性検討フロー

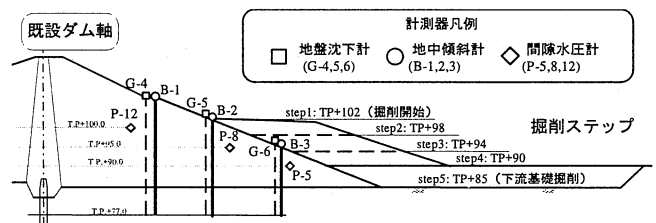


図-3 検討時の施工ステップと計測器位置図

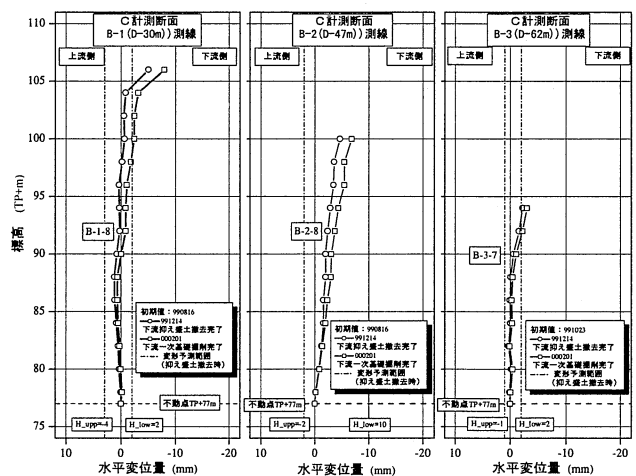


図-4 下流サヤ土の水平変位分布図

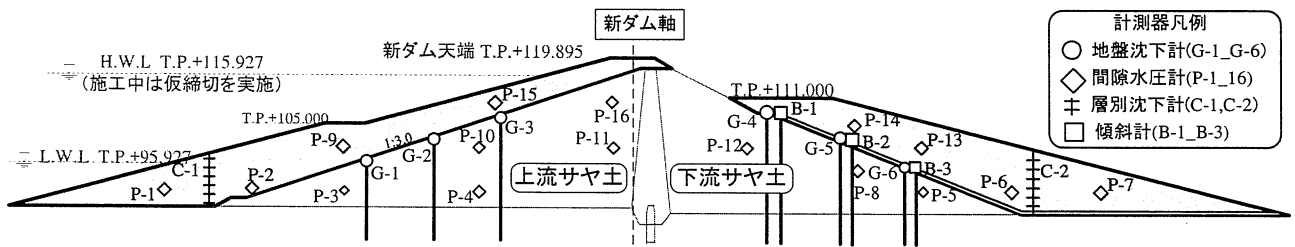


図-5 標準断面図および動態観測計測器位置図

挙動を確認する目安とした。

b) 動態観測結果と既設堤体の安定性評価

既設堤体の変位量をリアルタイムに観測しながら1999年8月の撤去開始以来約5ヵ月間で施工を無事完了した。下流抑え盛土撤去時および下流一次基礎掘削時に観測した既設堤体下流サヤ土の水平変位分布図を図-4に示す。施工によって、下流サヤ土はわずかに下流側に変形していることがわかる。図-4に併記した下流サヤ土の変形予測範囲と水平変位分布を比較すると、局所的に変形予測範囲を超過した計測結果が見られるものの、全体的には変形予測範囲内での変形となっていることがわかる。このことから、事前検討に使用した既設堤体の物性値や解析モデル等に誤りはなく、安定性検討で得られた安全率Fsも確保できたと考えられる。このため、施工による既設堤体への影響は少なかったと判断している。

(2) 補強盛土盛立時の情報化施工²⁾

a) 情報化施工フロー

事前予測解析として補強盛土盛立開始前に間隙水圧とすべり安全率の関係を把握し、既設堤体および補強盛土の間隙水圧に関する管理基準値を設定した。図-5に既設堤体および補強盛土の動態観測計測器位置を、図-6に補強盛土盛立時に実施した情報化施工フロー³⁾を示す。盛立時は、管理基準値と動態観測データの比較による「日常管理」と、動態観測データを用いたFEMによる逆解析・予測解析で将来の既設堤体および補強盛土の挙動を予測し、管理基準値との比較を行う「予測管理」を実施した。施工中に動態観測データが管理基準値を超過する場合（日常管理で超過）、および将来管理基準値を超過することが予測された場合（予測管理で超過）は、施工速度の見直し等の対策を検討することとした。

b) 安定検討による管理基準値の設定

管理基準値は、ある深さにおける鉛直上載圧と間隙水圧の比である間隙水圧発生率で設定した。間隙水圧発生率は、円弧すべり計算上滑り面に作用する

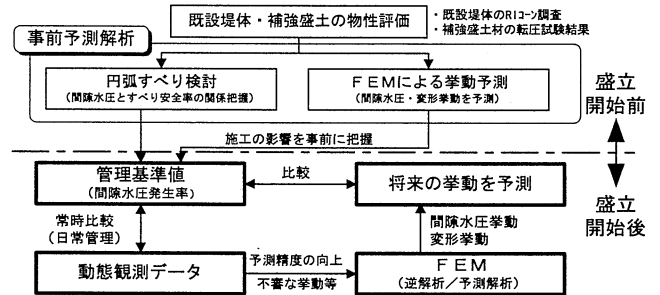


図-6 情報化施工フロー³⁾

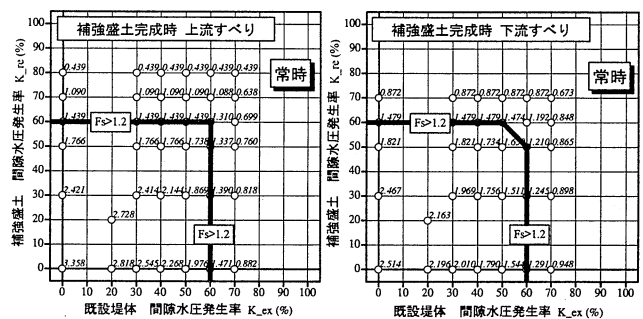


図-7 間隙水圧発生率とすべり安全率の関係

表-1 補強盛土盛立時の管理基準値

	上流側間隙水圧発生率		下流側間隙水圧発生率		対応
	既設堤体	補強盛土	既設堤体	補強盛土	
管理基準値	60%	60%	60%	60%	施工を中断し、原因究明および対応策を検討する。

間隙水圧を決定するパラメータである。既設堤体および補強盛土の間隙水圧発生率を各々変動させて円弧すべり検討を行い、間隙水圧発生率とすべり安全率との関係を求めた。なお事前に行ったR Iコーン調査等から、既設堤体全体がほぼ飽和していると推測されたため、安全側を考慮して既設堤体・補強盛土の全域を飽和と仮定して検討を行った。図-7に、円弧すべり検討から求めた間隙水圧発生率とすべり安全率の関係図を示す。図-7から常時において既設堤体および補強盛土ともに間隙水圧発生率が60%以下であれば安定性を確保(Fs>1.2)できることが確認できたことから、表-1に示す管理基準値を設定した。なお、地震時の検討結果から、間隙水圧発生率

が既設堤体で40%、補強盛土で50%を超過した場合は、間隙水圧挙動の確認を密に行うこととした。

c) FEMによる堤体挙動予測解析

施工を行うにあたり、事業計画に沿って施工した場合の堤体安定性の評価、ならびに既設堤体・補強盛土の変形に伴って増加する材料採取量の合理的な設定を目的として、FEM予測解析で既設堤体・補強盛土の間隙水圧挙動ならびに短・長期的な変形挙動を検討した。解析は関口・太田モデル⁴⁾を用いた土水連成弾粘塑性有限要素解析を実施した。図-8に既設堤体および補強盛土の間隙水圧挙動予測結果の一例を示す。なお、図-8中には2001年9月までに得られた観測結果も併記した。図-8に示すように、盛立完了時の間隙水圧発生率は既設堤体ならびに補強盛土ともに管理基準値である60%を下回る結果が得られたことから、計画に沿った盛立を実施しても堤体安定性は維持できると判断した。

d) 挙動予測精度の向上

先に述べたように、山口貯水池では「日常管理」以外に、最新の動態観測結果からその時点までの挙動を再シミュレート（現状解析）し、これに使用したパラメータを用いて将来の挙動を予測して管理基準値との照査を行う「予測管理」を行った。予測解析は、施工段階にあわせて計3回実施した。既設堤体や補強盛土の挙動を精度良く予測することによって、施工余盛の設定や既設堤体の変形（沈下）に伴う補強盛土量の推定および最終的な材料採取・仮置必要量の推定を合理的に行うことができた。

3. GPSを用いた施工管理の合理化

(1) システムの概要

GPS (Global Positioning System) が建設分野に取り入れられてから10年以上が経過した。その間鹿島においても主に空港等の大規模造成工事を中心に、情報化施工システムとして①地形測量システム②締固

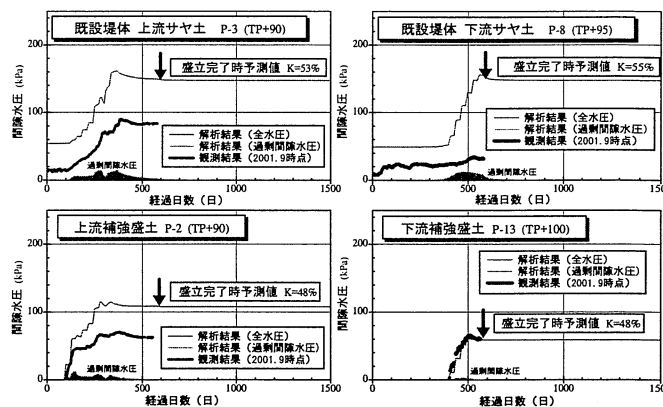


図-8 間隙水圧挙動予測結果

め管理システム③海底地形出来型管理システム④ダンプトラック運行管理システムなどが開発され、その適用事例・実績も着実に積み上げられている。⁵⁾

当工事においても

- ①出来高測量の迅速・省力化
- ②補強盛土材の変化率を迅速に把握し、必要仮置量等の仮置計画へフィードバックを図る
- ③ダム工事における、締固め管理の省力化に向けたアプローチ

を目的として、GPS測量システムを中心とした出来形管理システム、締固め管理システムを導入することとした。

a) 出来形管理システム

当現場で導入したシステムの構成図を図-9に示す。GPSの測位方法はRTK (Real-Time Kinematic)

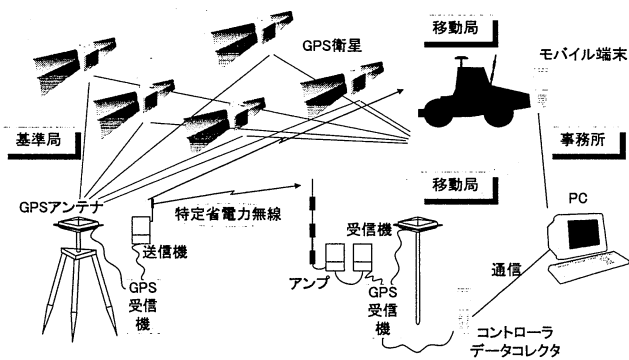


図-9 システム構成図

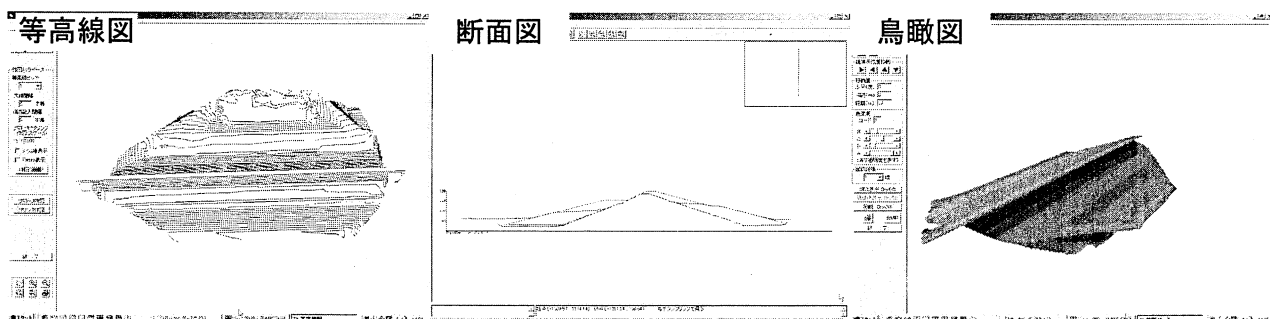


図-10 LANDSK出力例

測量とした。RTK測量はリアルタイムかつ高精度で測位することが可能であり、基準点との間に見通しを必要としないこと、ならびにひとつの基地点に対して同時に複数で測量が行える等の利点を持っている。また、出来形管理システムとしては、新たに開発した土工事計画管理支援システム（LANDSK）を導入した。LANDSKは、入力された測量データや図面データを基に地形メッシュデータを自動作成し、土量計算や地層推定、土量分配計画を行うことができるシステムである。システムの導入によって測量から数量計算までの作業時間は従来測量の25%に、同様に作業人員は20%に短縮された。図-10に、LANDSKの出力例を示す。

b) 締固め管理システム

締固め管理システムは、主に空港工事や高速道路工事を中心とした大規模造成工事における品質管理手法のひとつとして開発、実用化されてきた。従来の品質規定による管理方法（例えばRI計器による締固め度管理）では、代表値による点的管理であり測定においても多大の労力が必要である。一方、工法規定による品質管理手法に分類されるGPS締固め管理システムはほぼ自動管理が可能でありかつ面的に管理が実現できる。図-11に締固め管理システムの出力例を示す。従来手作業で記録していた内容（施工エリア、層厚、盛立標高、転圧回数、施工数量）を、システム内で一元管理することが可能となった。また、転圧データから間隙水圧計位置での盛立標高を抽出するソフトを開発し、その結果を補強盛土時の情報化施工管理へとフィードバックした。

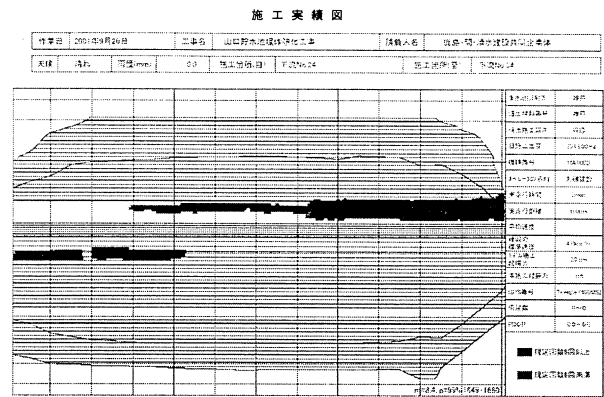


図-11 締固め管理システム出力例

4. 山口貯水池における環境保全の取り組み

山口貯水池（通称、狭山湖）は、豊かな自然を残している狭山丘陵に位置しており、その周辺は埼玉県立狭山自然公園に指定されている。貯水池内には、「さいたまレッドデータブック」に掲載されているオオタカをはじめ、トウキョウサンショウウオやミゾコウジュなど多数の貴重な動植物が生息している。表-2に山口貯水池における環境保全対策実施工程を示す。本章では、現在までに我々が取り組んできた環境保全対策についての紹介を行う。

(1) 仮締切による水面確保

山口貯水池を取り巻く環境は、元来、田畑だった場所に約70年前前に人工のダム湖を作り、50年前頃から水を中心とした豊かな自然が復元してきた自然の博物館のような環境である。1997年6月の工事計画時は、貯水池下流側の二重締切にて水面を確保する予定であったが、自然環境保護団体との協議を重

表-2 山口貯水池における環境保全対策実施工程

実施事項	年	平成9年度(1997年度)												平成10年度(1998年度)												平成11年度(1999年度)												平成12年度(2000年度)												平成13年度(2001年度)																							
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3													
		準備工事着手												堤体強化工事着手												補強盛土工開始																								補強盛土工完了																							
工事中止期間		7/22~9/10												11/10~1/12																																																											
仮締切工		3/7~4/18オオタカ営業のため上部仮締切の夜間施工を実施												5/18~9/22下流部二重締切を施工(昼間施工)																																																											
オオタカモニタリング																																						モニタリング実施中												オオタカ月例打合せ																							
オオタカ保護対策		2/5オオタカ勉強会												5/20オオタカ野化												7/1オオタカ巣立												4/10オオタカ6箇条看板設置												5/10ダンプ緩衝材、機械緩衝材設置												12/20オオタカ勉強会											
		3/27オオタカ営業確認												6/1~30オオタカ監視(24時間)																								2/8鉄板緩衝材設置												緊急時以外のクラクション禁止																							
その他環境保全対策														6/4ミゾコウジュ移植												10/5ショウリョウバッタモドキ移植												10/8~30マツムシ移植																																			
														10/5~6マツムシ移植																																																											

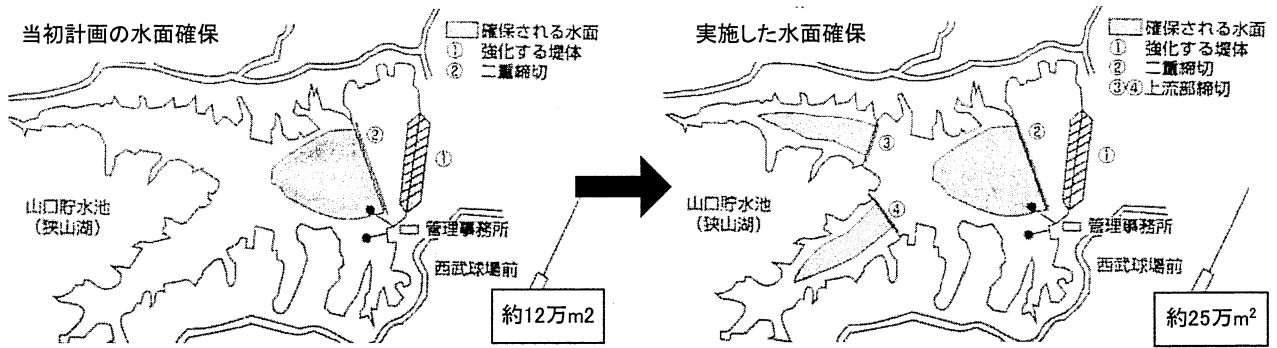


図-12 当初計画および実施した貯水池水面確保

ねた結果、貯水池に生息する動植物の活動を極力損ねないように、貯水池上流部に仮締切を増工して水面を確保することになった。

図-12に仮締切による水面確保の当初計画および実施した水面確保を示す。図-12に示すように、当初計画の水面積、約12万m²(T.P.+93.2)に比べ、上流部仮締切を加えた水面積は約25万m²(T.P.+93.2およびT.P.+103.0)となり約2倍に増加した。

(2) 山口貯水池にけるオオタカ保全対策

オオタカは、1993年に施行された「絶滅のおそれのある野生動植物の保存に関する法律」で国内希少野生動物種に指定されている。体長50~60cmの中型猛禽類であり、日の出とともに活動を開始し、日没まで活動する昼行性の猛禽類である。図-13にオオタカ的生活サイクル(環境省編「猛禽類保護の進め方」から抜粋)を示す。また、写真-2にオオタカ(さいたまレッドデータブックより引用)を、写真-3に工事区域とオオタカ営巣区域の位置を示す。山口貯水池においては、工事着手依頼5年連続してオオタカの繁殖が確認されており、現在山口貯水池の周辺も含めて3番(つがい)オオタカが確認されている。

a) オオタカ勉強会の実施

1998年2月と2001年12月の2回、オオタカ生態の専門家による指導のもと、工事関係者のオオタカ生態およびオオタカ保護に対する工事従事者の留意点についての勉強会を実施した。写真-4に、オオタカ勉強会の開催状況を示す。

b) オオタカ警備

1998年3月、オオタカの営巣がオオタカ生態の専門家によって確認され、同年5月末にオオタカが孵化したことが明らかになった。オオタカの雛は、その貴重性から密猟者の捕獲対象となる場合が多い。

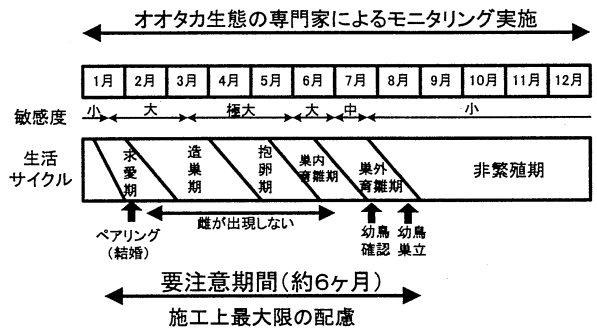


図-13 オオタカ的生活サイクル



さいたまレッドデータブックより引用

写真-2 オオタカ

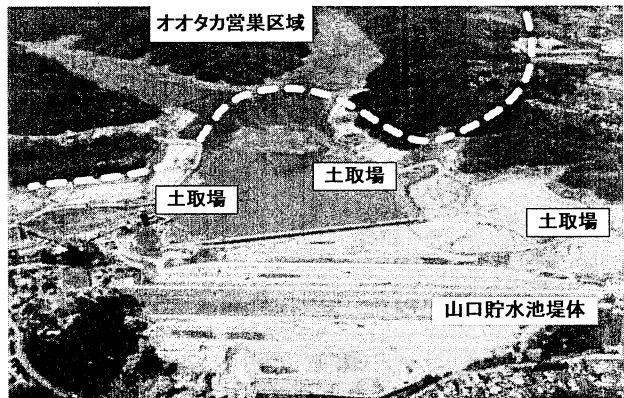


写真-3 工事区域とオオタカ営巣区域

そこで、準備工事中オオタカの雛を密猟から防ぐために、オオタカの雛が孵化してから枝移りが可能になるまでの1998年6月1日から30日までの期間、

24 時間体制で密猟者およびオオタカの監視を実施した。なお、監視は以下の方法で行った。

- ① 定点にて目視で監視する。
- ② 1～2 時間ごとに巡回を行う。
- ③ 巡回時間や巡回経路は無作為に行う。
- ④ 監視員は営巣木に近づかず、双眼鏡で監視する。
- ⑤ 夜間は懐中電灯にて営巣木付近（巣は照らさない）を照らして監視する。

c) 仮締切施工時のオオタカ対策

前述した上流部仮締切を施工する予定であった 1998 年 3 月、施工箇所周辺にオオタカの営巣が確認された。この時期は、オオタカにとって造巣期から抱卵期で最も警戒心の強い時期である。このため、オオタカ生態の専門家からアドバイスを受け、オオタカの習性（昼行性で、採餌中に視界に人間が入ることを嫌う）に配慮し、上流部仮締切を夜間施工することとした。また、施工にあたっては低騒音、低振動型機械を使用するとともに施工中の照明などがオオタカ造巣方向へ当たらないよう工夫した。なお、施工に先立ちオオタカ生態の専門家を交えて騒音、振動調査を実施し、オオタカの巣付近では騒音、振動ともに問題とならないことを確認した。下流部二重締切の施工については、オオタカの枝移りが確認されたため昼間に施工を実施した。

d) オオタカモニタリング

当工事では、オオタカ生態の専門家によるオオタカモニタリング調査の結果を施工にフィードバックしている。また、オオタカへ与える影響を最小限にするための施工方法についてアドバイスを頂いている。なおモニタリング調査は、毎週 1 回定点（2 箇所）から行われており、オオタカの生態に何らかの変化が見られた場合、工事工程の調整等を行っている。写真-5 にオオタカ生態の専門家によるオオタカモニタリング状況を示す。

e) オオタカ保護対策 6 箇条の制定

オオタカモニタリング調査によって得られた情報から、オオタカが不快と感じる音や行動等を防止するため、場内に 6 項目の禁止事項を記した看板を各所に配置し、全作業員へ周知徹底を図った。表-3 にオオタカ保護対策 6 項目の内容を示す。

f) 騒音、振動対策

オオタカの不快音である金属接触音等を低減するため、①重機（油圧ショベル、ブルドーザ等）の金属部分の接触音の低減、②鉄板走路での金属接触音の低減、③ダンプトラックのテールゲート接触音



写真-4 オオタカ勉強会の開催

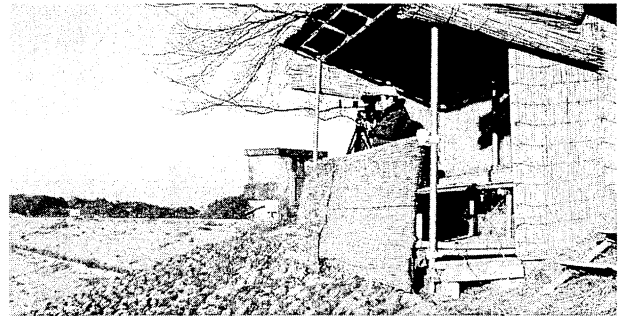


写真-5 オオタカモニタリング状況

表-3 オオタカ保護対策 6 項目

オオタカの保護対策	
1	バックホウのクラクションは鳴らさない
2	ダンプトラックのアオリは”パタパタ”させない
3	鉄板上は、ゆっくり静かに走行する
4	ブルドーザの敷均しは、ゆっくりした速度で行う
5	鉄板の移動及び敷設は、ゆっくり静かに行う
6	重機は”キー”という金属音を出さない様に走行する



写真-6 金属音低減対策

防止などの対策を実施した。

①重機（油圧ショベル、ブルドーザ等）の金属接触音低減は、部品間の隙間にゴム製の緩衝材を入れることで、金属接触音の低減を図った。

②鉄板走路での金属接触音の低減は、鉄板と鉄板の隙間へゴム製の緩衝材を入れて接触音の低減を図った。騒音計測を実施した結果、施工前と比較して、発生する音を17 [dB] 低減できた。

③ダンプトラックテールゲート接触音防止は、テールゲート部分へゴム製の緩衝材を入れて接触音を防止した。なお、この対策は場内の全ダンプトラックに実施し、騒音測定の結果、施工前と比較して接触音を30 [dB] 低減できた。

写真-6に実施した金属音防止対策を示す。

(4) その他の環境保全対策

堤体強化工事および準備工事にて、周辺地域に生息する動植物を把握するためモニタリング調査を実施し、その結果をもとに種々の対策を講じた。表-4に山口貯水池周辺に生息する動植物を示す。実施対策は、①マツムシ移植、②ゲンジボタル移植調査、③トウキョウサンショウウオ移植調査、④ショウリウウバタモドキ移植、⑤ミゾコウジュ移植、⑥魚類確保・放流等を実施し、本文では、マツムシおよびショウリウウバタモドキ移植について報告する。

a) マツムシ移植

マツムシは、自然環境保護団体および地域住民から保全の要望があり、近年生息域が減少していることから保全対策の対象種とした。マツムシは、準備工事期間中のモニタリング調査から下流抑え盛土に生息していることが確認されていたため、1998年10月と1999年10月に移植を実施した。1998年10月の移植では、下流側抑え盛土で19個体のマツムシを採取して、隣接する多摩湖堤体の下流側へ移植した。また、1999年10月のマツムシ移植では、マツムシだけではなくマツムシが卵を産み付けるチガヤおよびススキの移植を主に実施した。

b) ショウリウウバタモドキ移植

ショウリウウバタモドキは「埼玉県希少野生生物調査報告書動物編」の留保分類群に選定されている陸上昆虫類である。この移植もマツムシと同様に、モニタリング調査から堤体下流側抑え盛土に生息が確認されたため、1998年10月に移植を実施した。

堤体下流側抑え盛土で採取したショウリウウバタモドキは、442個体を多摩湖の下流側へ移植した。

表-4 山口貯水池周辺に生息する動植物

	項目	■確認された代表的な種・群落■
植物	植物相群落	ミズニラ・カンアオイ・ミソコウジュ・コツブヌマハリの4種 狭山丘陵のハンノキ林・狭山丘陵の二次林の2群落
動物	哺乳類	ニホンリス・ムササビ・カヤネズミ・キツネの4種
	鳥類	カンムリカイツブリ・カワウ・チョウサギ・トモエガモ・ヨシガモ・ミサゴ・ハチクマ・オオタカ・ツミ・ハイタカ・ノスリ・サシバ・チョウゲンボウ・タグリ・コアジサシ・フクロウ・アカショウビン・カワセミ・コシアカツバメ・クロツグミ・ヤブサメ・キビタキ・オオルリ・サンコウチョウ・エナガ・ヤマガラ・ベニマシコの27種
	両生類・爬虫類	トウキョウサンショウウオ・イモリの2種
	陸上昆虫類	トウヨウモンカゲロウ・ムカシヤンマ・サラサヤンマ・ヒメアカネ・アオマツムシ・ショウリウウバタモドキ・ヤマトクフキバタ・キスジハネビロウカ・オオアメンボ・ナカボシカメムシ・ハルゼミ・ラクダムシ・ヒメカマキリモドキ・ゲンジボタル・コガタシマトビケラ・ジャコウアゲハ・アオスジアゲハ・ツマグロキチョウ・ウラナミアカシジミ・ミスジチョウ・オオムラサキ・ジャノメチョウ・マツムシの22種
底生動物類	ナミクズムシ・ヌカエビ・トゲエラカゲロウ・ヘビトンボ・センブリ属の1種・コバントビケラの6種	
	魚類	スナヤツメ・ヤリタナゴ・ホトケドジョウ・メダカの4種

5. おわりに

フィルダムリニューアル特有とも言える様々な技術的課題に対して、情報化施工やGPSを活用した施工管理システムの適用を通じて貴重な検討を行うことができた。また、自然環境との共存という観点からも、オオタカ等の動植物と土木事業という人間の営みとの間に、接点を見出すことができた数少ない事例のひとつであると考えている。

これからの社会資本整備は、既存ストックの有効利用が前提となるため、既存インフラ設備のリニューアルは今後増加が予想される。我々が得たこれらの知見が、今後増加が見込まれる同種の工事に対する手助けとなれば幸いである。

参考文献

- 1) 藤崎, 濱, 菅原他:「アースフィルダム耐震補強工事における既設堤体調査」第36回地盤工学研究発表会論文概要集, pp.1367-1368, 2001.
- 2) 藤崎, 長岡, 高田他:「山口貯水池堤体強化工事における堤体挙動に着目した情報化施工」第12回ダム工学研究発表会講演集, pp13-15, 2001
- 3) 藤崎, 菅原, 田原:「アースフィルダム耐震補強工事における補強盛土盛立時の安定性検討」土木学会第56回年次学術講演会 VI部門, pp.190, 2001
- 4) Sekiguchi, H and Ohta, H: *Induced anisotropy and time dependency in clays*, Proc. Specialty Session9, 9th ICSMFE, pp229-239, 1977
- 5) 早崎:「空港工事における情報化施工」第1回空港技術報告会, 2001