

# 高規格堤防の盛土施工合理化に関する検討

## Rationalization of Construction of Super Levee

研究第一部 次 長 中 村 敏 一  
研究第一部 主任研究員 大 河 原 孝

Super levees must be constructed as quickly as possible, because these projects are often conducted at the same time as land readjustment projects. This report discusses the rationalization of construction of super levees and recommends suitable techniques, including: stockyards to provide a steady supply of earth materials, ships to transport materials, a thick roll-out construction method, and RI instruments for ground subsidence of observation after construction.

Keywords: super levee, build-up, rationalization, construction method, bank materials

### 1. 検討の背景・目的

高規格堤防の整備事業では大規模な盛土を行うことから、必然的に長期の施工期間が必要となるが、高規格堤防整備事業を取り巻く情勢（地権者への協力要請等）を考慮すると、施工期間は極力短縮することが社会的な要請と考えられる。

翻って、現状の高規格堤防における盛土の施工法をみると、盛土施工と基礎地盤処理が大きな工種であり、盛土の施工に関しては、盛土材料の捲き出し、敷均し、転圧が基本となっている。この工程は盛土に所定の品質を付加する重要な工程であるが、このような従来の工法では、大規模な盛土施工においては長い期間が必要となる。さらに、盛土施工に関しては、盛土材料の調達から施工管理に至るまでの段階があり、現状の方法を適用する限り、高規格堤防の盛土施工期間が長期化することは避けられない。

本報告は以上の状況より、高規格堤防の整備における盛土の合理化施工方策について、その可能性や今後の方向性等について検討したものである。

### 2. 盛土施工の現状

高規格堤防の盛土施工の現状として、計画施工期間、材料の調達場所、計画日土工量、運搬土量、施工機械等について調査を行った。また、高規格堤防の盛土施工を実施した建設会社の担当者からのヒヤリング調査も行っている。

上記の調査結果の概要は以下の通りである。

#### 2-1 盛土材料

高規格堤防に使用する盛土材料は「高規格堤防盛土設計・施工指針（案）」に以下のように記されており、この指針（案）に規定された材料が使用されている。

- (1) 日本統一分類法（土質工学会基準 JSFMI11）による分類が、粗粒土（礫粒土G、砂粒土S）あるいは細粒土Fに属し、原則として特殊土に属さないものであること。なお、特殊土に属するものについては、適切な処理を施せばこの限りでない。
- (2) コーン指数(qc)が、 $qc \geq 4\text{kgf/cm}^2$ を確保できるものであること。なお、 $qc \geq 4\text{kgf/cm}^2$ を満たさないものは、改良することにより用いることができる。
- (3) 盛土材料の最大寸法は100mmまでとし、

粒径37.5mm以上の混入率は40%以下であること。

(4) 有害物質が一定値以上含有していないものであること。

(5) 次に示すものは使用してはならないこと。

- 1) 法律で定める産業廃棄物
- 2) ベントナイト、温泉余土、酸性白土など
- 3) 凍土・氷雪、草木、切り株など

なお、1)のうちコンクリート破片については、適切な処理を施せばこの限りでない。また、2)のうちベントナイトを含む盛土材料については、適切な評価方法により使用上の問題がないことが確認できれば、この限りでない。ただし、これらの使用に際しては、廃棄物の処理及び清掃に関する法律の手続きに従うものとする。

#### 2-2 計画盛土期間と総土工量の関係

今回調査した中で把握された計画盛土期間と総盛土量の関係は図-1に示すようになる。

この図より総盛土量50万 $m^3$ 付近に境界があることがわかる。

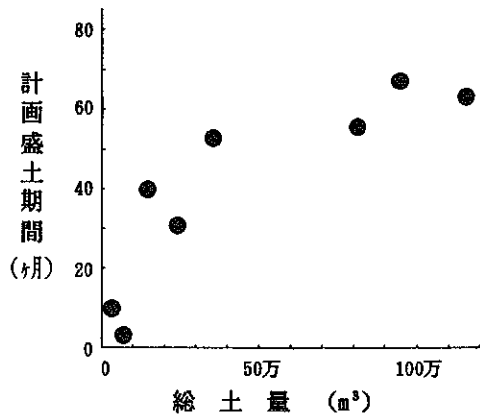


図-1 計画盛土期間と総土工量の関係

Figure 1 Relationship between Project Earthwork Schedule and Total Fill Quantities

#### 2-3 日運搬量と運搬距離の関係

今回調査した中で把握された日運搬量と運搬距離の関係は図-2に示すとおりである。

日運搬量が400 $m^3$ 程度の場合には、運搬距離は最大30km程度、日運搬量が1,000 $m^3$ 程度の場合には運搬距離の最大は20km程度となった。

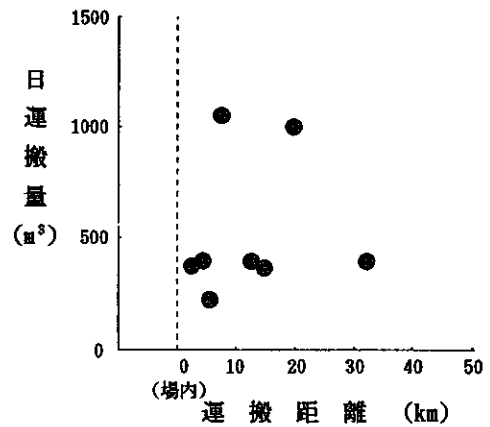


図-2 日運搬量と運搬距離の関係

Figure 2 Relationship between Daily Fill Quantities and Transport Distance

#### 2-4 現状に関するヒヤリング

高規格堤防の盛土施工の経験を持つ建設会社の担当者に高規格堤防の盛土施工の合理化に関するヒヤリングを実施した。この結果、次のような項目があげられた。

- (1) 盛土材料の供給が不安定である（この現場は高規格堤防整備区域内にある構造物の掘削土を盛土材料としている）。
- (2) 粘性土を盛土材料としており、盛土材料とするには改良が必要であったが、天日乾燥をしていることから長い期間が必要であった（この現場では天日乾燥を行える期間があったが、工期の短縮という観点からは改良プラントの設置等が考えられた）。
- (3) 盛土の出来形管理にGPSによるシステムを導入すると出来形管理が省力化できるのではないか。

#### 3. 合理化施工の方策とその課題

高規格堤防に関する盛土施工の現状の概要は「2. 盛土施工の現状」で記したとおりである。この現状を分析するとともに、盛土施工に関する既存文献・資料等を整理した結果、高規格堤防の盛土施工に関する合理化施工の方策として次の4点が抽出された。

- ・盛土材の安定供給

- ・材料の運搬法の改善
- ・盛土の施工法の改善
- ・材料の品質管理法の改善

上記の事項について、現状と合理化のための方策について整理すると表-1のようになる。

### 3-1 盛土材料の安定供給

盛土材の安定供給に関しては、ストックヤードの整備と調達先の多様化の2点が考えられる。

#### (1) スtockヤードの整備

現在の盛土材料は建設発生土が多く使用されている。建設発生土からの供給は量的には相当なものがあることが土量調査などで明らかであるが、発生時期が一定していない。これに対し、高規格堤防の盛土施工は通年施工であることから、建設発生土から安定的に供給を得ようとした場合にはストックヤードが必要となる。言い換えれば、通年的に安定した施工の観点から建設発生土に関するストックヤードは盛土施工の合理化の一つとなる。

ただし、ストックヤードに関しては、

- ① スtockヤードの建設運営方法
- ② スtockヤードの管理に関する事項

などの課題がある。

①に関しては昨年度の研究所報告（本報文末尾の参考文献1）において第三セクター方式でストックヤードを設置した場合の検討結果を記述している（各種の条件は仮定しているが、東京駅から40km圏内においては採算ベースにのるが、70km圏では難しいという結果を得ている）。一方、②については、高規格堤防の盛土材料を対象にした検討は行われていない。建設発生土の発生状況に関する情報の収集及び管理体制、受入・搬出土砂の試験方法及び試験頻度、改良を伴う場合の対処方法等を今後検討していく必要がある。

#### (2) 盛土材料の調達先の多様化

高規格堤防の盛土材料は、河川工事からの発生土や一般工事からの発生土が主体であるのが現状である。(1)においても記述したように一般の建設発生土は量的には相当なものがあるが発生時期が一定しないことからストックヤードの必要性が生じた。ストックヤードを設置するかわりに、浚渫土砂・ダムの堆砂・許容される産業廃棄物・採取土などを補間的に使用していくことが考えられる。ただし、浚渫土・ダムの堆砂については一般的な建設発生土と同様に発生

表-1 高規格堤防盛土の現状と合理化施工の方策

Table 1 Policy on Rationalized Construction and Existing Conditions of Super Grade Levee

事 項	現 状	合 理 化 の 方 策
盛土材料の安定供給	一般の建設発生土及び河川工事の発生土等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ストックヤードの整備</li> <li>・盛土材料の調達先の多様化</li> <li>・浚渫土砂の利用</li> <li>・ダムの堆砂の利用</li> <li>・許容される産業廃棄物の利用</li> <li>・採取土の利用</li> </ul>
材料の運搬	トラック運搬 ごく一部で船舶運搬	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新たな運搬方法</li> <li>・工事用道路の確保</li> <li>・船舶の利用の促進</li> <li>・ベルトコンベアによる運搬</li> <li>・ポンプ圧送による運搬</li> <li>（材料のスラリー化が前提）</li> </ul>
盛土の施工法	捲き出し・敷き均し・転圧により、所定の品質を付加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・厚捲き出し工法</li> <li>・転圧を伴わない施工法</li> <li>・材料のスラリー化</li> <li>・材料のブロック化</li> </ul>
施工後の品質管理法	砂置換法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R I計器の積極的な導入</li> <li>・ひずみ率と締め固め度の関係からの品質管理</li> </ul>

時期の問題があり、許容される産業廃棄物（改良を伴うのが一般的）・採取土では経済的な面での問題が生ずる。

このように、調達先を多様化してもストックヤードが存在すれば、浚渫土砂やダムの堆砂は使用できることになり、ストックヤードの設置が根本的な安定供給の対策（合理化）となるものと考えられる。

### 3-2 材料の運搬方法の改善

高規格堤防の盛土材料運搬はトラックにより行われているのが現状である。ただし、淀川においては河口部の盛土材料を船舶によって運搬したが、船舶による盛土材料の運搬の実績は非常に少ない。

現状のトラックによる盛土材料の運搬は、運搬経路の沿道への影響（騒音・振動、交通渋滞等）により運搬量が制限される場合がほとんどであり、合理化施工の観点からは新たな運搬方法の検討が必要である。

新たな運搬方法としては

- ・工事用道路の確保　・船舶による運搬
- ・ベルトコンベアによる運搬
- ・ポンプ圧送（盛土材料のスラリー化が前提）

が考えられた。

#### (1) 工事用道路の確保

工事用道路に関しては、都市化が進んでいる高規格堤防整備区間の背後地においては用地の確保の観点から非現実的と考えられる。このため、高水敷に工事用道路を設置することになるが、これには以下のような課題がある。

- ① 高水敷上は、公園・運動施設等の整備がなされているところが多く、また、多自然型川づくりなどに代表される自然環境の保全・再生の場所とされている。このような場所に工事用道路を設置することは現在の社会的要請に反することになる場合が多い。
- ② 高規格堤防の整備箇所は川沿いであるが、盛土材料の発生場所は川沿いとは限らない。川沿いから離れた箇所に発生場所がある場合には、発生場所から工事用道路までの沿道に

制約が生じ、十分な効果が得られないことが想定される。

上記のように高水敷上の工事用道路は、その設置自体に条件があり、材料の発生場所によっては十分な効果が得られないことが想定され、盛土材料の運搬に関する一般的な合理化策とはならないものと考えられる。

#### (2) 船舶による運搬

関東地方の高規格堤防整備区間に関する盛土材料の船舶輸送についてとりまとめると図-3に示すようになる。

船舶はトラックに比して大量の盛土材料の運搬が可能であり、運搬の効率化（合理化）の観点からは十分に検討するに値するものと考えられる。

ただし、高規格堤防の盛土材料の船舶輸送に関しては次のような課題が挙げられる。

- ① 現在の輸送可能範囲（図-3参照）を拡大するためには河道の整備が必要となる。
  - ② 河岸の荷揚げ施設に関する検討が必要になる（荷揚げ施設の形態、洪水時の対応等）。
  - ③ 運搬された材料は高水敷に一旦荷揚げされるが、高規格堤防施工場所である堤内地側への小運搬方法の検討が必要になる。
- #### (3) ベルトコンベアによる運搬

ベルトコンベアによる運搬は船舶よりも運搬能力が大きく、実用化された場合には有力な運搬手段となることが考えられる。しかしながら、ベルトコンベアの実用化に関しては以下のような課題がある。

- ① ベルトコンベアの設置場所の確保（現状の河川区域内が考えられるが、洪水時の対応等の検討が必要になる）。
- ② ベルトコンベアは連続的に運搬する手法であることから、部分的な故障が運搬システム全体に影響を及ぼすことになる。

#### (4) ポンプ圧送

ポンプ圧送による盛土材料の運搬は盛土材料をスラリー化する事が前提となる。この手法は擁壁の裏込め土、パイプ埋設時の埋め戻し材な

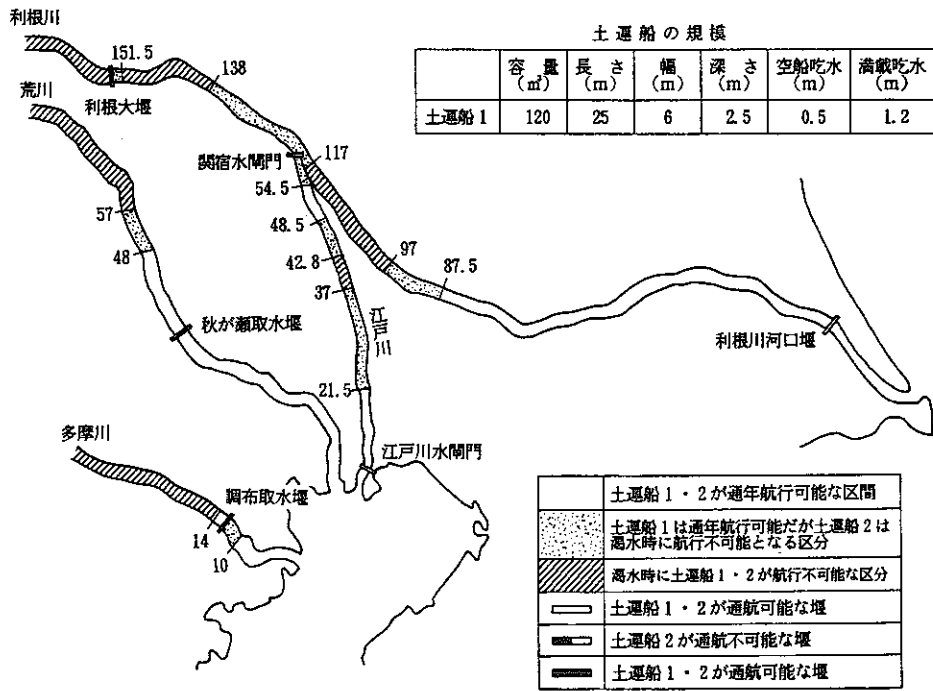


図-3 船舶航行が可能な区間 (過水時)  
Figure 3 Areas where Ship Transport is Possible (Dry Season)

どですでに実用に供されているものであるが、ここでは高規格堤防の盛土材料として用いようと考えているものである。

ポンプ圧送の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ① 経済的な問題を解決する必要がある。
- ② 従来の使用方法とは比較にならないほど大量に使用することから、スラリー状の盛土材料を大量に生産するプラントを築造する必要がある。

### 3-3 盛土の施工法の改善

現状の盛土の施工は、運搬された材料について捲き出し・敷き均し・転圧を行い、規定の品質を確保するものである。

盛土施工の改善としては、現状の敷き均し・転圧を合理化する方法（厚捲き出し工法）と、敷き均し・転圧を行わない方法とに大別される。

#### (1) 厚捲き出し工法

現状の盛土施工のまき出し厚さは、高規格堤防盛土設計・施工指針（案）において、40cmを

標準としている。この値は、「2-1 盛土材料」で示したような全般的な盛土材料についてのものである。

一方、空港やフィルダム等の大規模な土工工事においては捲き出し厚さを大きくする工法がとられている。この手法は高規格堤防にも適用が可能であると考えられるが、「2-1 盛土材料」で示したすべての土に適用することできず、一定の品質を持つ盛土材料について可能と考えられる。このため、盛土材料の品質（自然含水比や粒度組成等）と締め固め機械の関係を試験施工などで十分に把握し、所定の品質の盛土が行えることを確認した後に、実用に供されるべきものである。

#### (2) 敷き均し・転圧を伴わない施工法

この敷き均し・転圧を伴わない施工法としては運搬方法のポンプ圧送のところでも記述した盛土材料のスラリー化が該当するが、スラリー化のほかには盛土材料のブロック化が考えられる。ブロック化の概念としては図-4 に示すものと

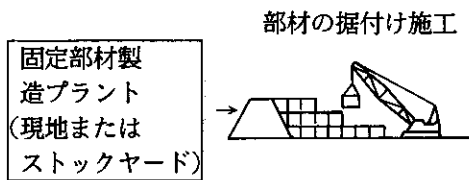


図-4 盛土材料のブロック化の概念図  
Figure 4 Conceptual Diagram of Block Levee Materials

なる。しかしながら、このブロック化に関しては以下のような問題がある。

- ① ブロックを作成するプラントが必要になる。
- ② ブロックの強度と大きさの概念を定める必要がある（大きなブロックとするためには相当な強度が必要があるが、宅地として利用される高規格堤防特別区域内ではあまり高強度なものは使用できない）。
- ③ ブロック間は空隙が生じやすく浸透等の現象に対して弱点となることが考えられる。

### 3-4 施工後の品質管理方法の改善

現状の施工法における盛土の品質管理は主に砂置換法による密度（締め固め度）、又は空気間隙率・飽和度によって行われている。この手法の省力化として近年R I計器によって測定した同種の物理量による品質管理も行われるようになってきている。

品質管理の省力化（合理化）としては、上記のR I計器の積極的な導入が挙げられる。

また、従来の砂置換法及びR I計器以外の品質管理手法としては、振動ローラー締め固め中の地盤加速度スペクトルから管理する方法がある。この方法は、基本振動の加速度スペクトルからのひずみ率と締め固め度の関係を予め求めておき、現場では振動によるひずみ率を測定し、締め固め度を上記の関係から求めて、品質管理を行うものである。この加速度スペクトルによる方法は粒径の大きなものが混入する土に関する管理に適しているといわれている。

以上のことから、品質管理の省力化（合理化）

としては、まずR I計器の積極的な活用があり、次の段階として加速度スペクトルによる方法が考えられる。ただし、加速度スペクトルによる方法は、盛土材料の品質が安定していること、事前に加速度スペクトルによるひずみ率と締め固め度を詳細に把握しておくことが前提となる。

## 4. 実現の可能性のある合理化の方策

上記の「3. 合理化施工の方策とその課題」で記述した方策の中には、技術的及び経済的に非現実的なものも含まれている。

ここでは、その中から実現の可能性のある合理化方策を抽出し、今後進むべき方向性等について記述する。

実現可能な方策としては、以下のものがある。

### ・盛土材料の安定供給

— スtockヤードの整備

### ・材料の運搬方法の改善

— 船舶による運搬

— ベルトコンベアによる運搬

### ・盛土の施工法の改善

— 厚捲き出し工法

### ・施工後の品質管理方法の改善

— R I計器の積極的な活用

— ひずみ率と締め固め度の関係からの管理手法の確立

### 4-1 盛土材料の安定供給

盛土材料の安定供給に関しては「3-1」でも記述したようにストックヤードの整備が必要不可欠である。

ストックヤードの整備に関する今後の課題としては設置主体・管理・付加機能（改良設備の設置、材料の分類等）が挙げられる。

なお、材料の分類がストックヤードで行える場合には、一定の品質の盛土材料が前提条件となる厚捲き出し工法、ひずみ率からの品質管理は、容易に実現可能な合理化方策となる。

### 4-2 材料の運搬方法の改善

材料の運搬方法の改善としては、船舶とベル

トコンベアが挙げられる。

従来のトラック(11ton積み)による運搬、船舶による運搬(120m<sup>3</sup>積み、満載吃水1.2m)、ベルトコンベア(幅1,050mm、速度100m/min)による運搬を以下の条件で比較した。

- ・トラック運搬における沿道の制約はない。
- ・船舶は自由に水面を航行できる。
- ・ベルトコンベアの用地費は無視する。

(現状の河川区域内に設置すると仮定)

(1) 運搬費と運搬土量の関係

運搬距離を5kmとして上記の3つの運搬手法を比較すると図-5ようになる。初期投資の必要なベルトコンベアは(ベルトコンベアの設置費用が初期投資となる)運搬土量が少ないときには不経済となるが、運搬土量が80~90万m<sup>3</sup>より多くなると他の2つの運搬手段より経済的となる。他の2つの運搬手段には沿道の制約や水面利用の制約が存在するのが一般的であることから、実際にはもっと少ない土量において最も有利な手段となることが予想される。

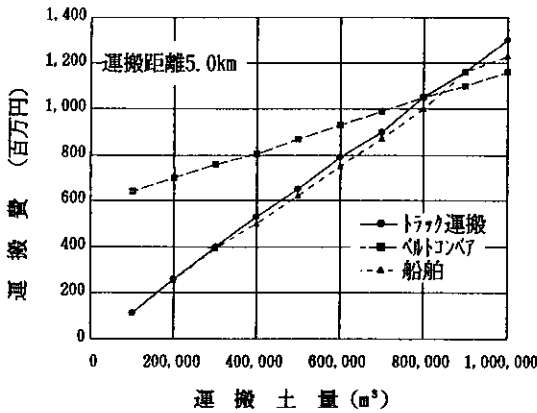


図-5 運搬費と運搬土量の関係

Figure 5 Relationship between Transport Fees and Transport Fill Quantities

(2) 運搬費と運搬距離の関係

運搬土量を100万m<sup>3</sup>として上記の3つの運搬方法について、運搬距離と運搬費の関係を求めた。この結果を図-6に示す。

運搬距離が5~6kmより短い場合にはベルトコンベアが最も有利であるが、運搬距離が長く

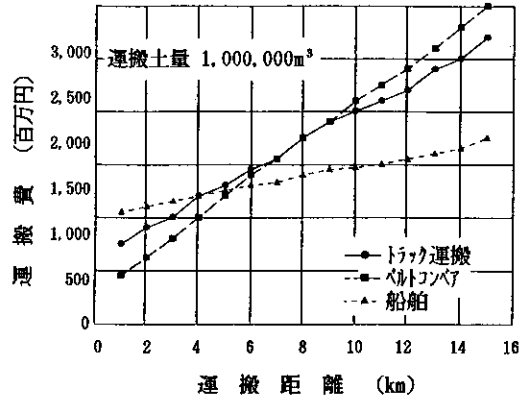


図-6 運搬費と運搬距離の関係

Figure 6 Relationship between Transport Fees and Transport Distance

なると船舶による運搬が最も有利となる。

運搬距離が5~6km以下においてトラックよりもベルトコンベアの方が有利であるのは今回の条件である運搬土量が100万m<sup>3</sup>と比較的多いことによる。

(3) 運搬土量と運搬距離の関係

上記の(1)及び(2)の結果をもとに運搬土量と運搬距離の関係を求めると図-7ようになる。

この図より、運搬距離が長い場合には船舶による運搬が最も有利であり、運搬距離が短い場合には、土量が少ないときはトラック、土量が多いときにはベルトコンベアという結果となった。

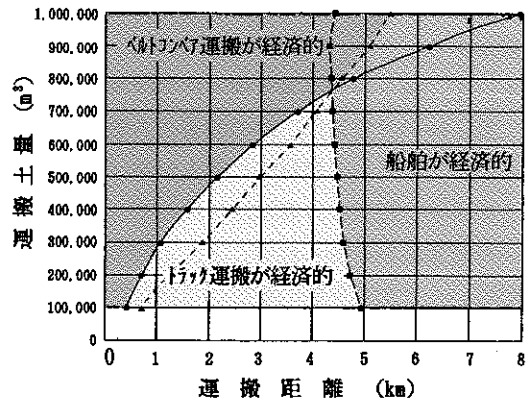


図-7 運搬土量と運搬距離の関係

Figure 7 Relationship between Transport Distance and Transport Fill Quantities

#### (4) まとめ

図-5から図-7に示した結果はあくまで仮定条件上の試算であり、

- ・低水路が狭い場合には船舶が使用できない
- ・ベルトコンベアには設置場所が必要

等の制約はあるものの、運搬手段を検討する際の一つの目安ができたものと考えている。

つまり、運搬距離が長く水面の利用も行える状況であれば、積極的に船舶利用の検討を行うべきであり、距離が短く運搬土量が多い場合にはベルトコンベアによる運搬を積極的に検討すべきであることを示唆している。

#### 4-3 盛土の施工法の改善

盛土の施工法の改善に関しては、3章において、厚巻き出し工法、盛土材料のスラリー化及びブロック化の3点について記述したが、スラリー化及びブロック化については現時点において経済的・技術的に現実性をもっていないことから、実現可能な合理化方策とは考えられない。

厚巻き出し工法は、既に空港やフィルダムの建設において実績があり実現化は容易に行えるものと考えられる。しかしながら、厚巻き出し工法は混入される礫が大きくなることが予想されること（高規格堤防特別区域の土地利用との関係からの問題点）、この工法が適用される盛土材料の条件は粗粒土などに限定されることが想定されること（指針案の盛土材料全てに適用できない）、などの問題を今後解決していく必要がある。

#### 4-4 施工後の品質管理方法の改善

施工後の品質管理方法の改善の方策としては、最初にR I計器の積極的な導入が挙げられる。この手法は従来の砂置換法に比して、測定結果が計測後直ちに得られること、1回の測定時間が短いことから多数の測定が可能のためより密な品質管理が行えることなどの特徴を有している。このことから、高規格堤防の盛土のように広範囲な盛土の品質管理には積極的に導入すべき手法と考えられる。強いて今後の課題を挙げれば、高規格堤防の盛土に関するデータ採取

規定を設けることが考えられるが、通常の堤防に関するデータ採取規定は既に検討されており、これを準用すれば問題はないものと考えられる。

また、R I計器の他に振動ローラーからの加速度によるひずみ率と締め固め度の関係から品質管理を行う手法がある。この手法は粒径の大きなロック材を対象としているのが現状であるが、高規格堤防の盛土材料は砂質土・粘性土が主体であり、適用される土質が異なっている。このため、今後は砂質土・粘性土におけるひずみ率と締め固め度の関係の実績を積み重ね、現状の盛土の品質管理に使用できる精度を有する手法であるかの確認を行うことが今後最初に進むべき方向と考えられる。

#### 5. まとめ

本検討では、高規格堤防の盛土施工の合理化に関して、現状の施工状況から合理化に関する方策を抽出し、今後の方向性などについての検討を行った。

今回の検討では、直ちに合理化につながる提言は行えなかったが、今後の合理化に資する方向性は示せたものと考えている。

#### <参考文献>

- 1) 大河原孝；高規格堤防の盛土材料の流通システムに関する検討、リバーフロント研究所報告第6号(1995.3)、財団法人リバーフロント整備センター
- 2) 高規格堤防盛土設計・施工指針(案)(平成7年3月)、財団法人リバーフロント整備センター