

# 江戸川における首都圏氾濫区域堤防強化対策

宮本孝行・小林裕之

## 1. はじめに

江戸川は茨城県五霞町、千葉県野田市関宿町で利根川から分派し、千葉県と埼玉県の県境部を流下し河口部では東京都に接し東京湾に注ぐ約60kmの一級河川である。背後地は首都圏に接し、洪水を安全に海まで流下させると共に、農業用水・工業用水の他、水道用水とし一千万人の飲み水に利用されている。当河川はその重要性から、逐次改修が繰り返されてきた。本レポートでは目下、当河川で進められている、首都圏氾濫区域堤防強化対策の工事の状況について報告する。

## 2. 江戸川改修の歴史と堤防の特徴

江戸川の近代改修は大正4年に始まり、昭和14年に「増補計画」が実施された。その後、昭和22年9月に発生したカスリーン台風において、記録的な豪雨により利根川右岸（埼玉県加須市）が決壊、その濁流は江戸川に沿い東京都まで達し、関東全域で死者1,100人、負傷者2,420人、流失家屋23,736戸、浸水家屋303,160戸の壊滅的な被害となった。これを受けて、昭和24年「改修改訂計画」、昭和55年「新改修改訂計画（工事实施基本計画改定）」が進められた。以降、当河川は大災害とは遭遇してはいないが、平成に入ってから堤体及び基礎地盤からの漏水被害が複数発生している。「河川堤防設計指針」（平成14年7月）に従って堤防詳細点検を実施した結果でも、利根川及び江戸川の約70km区間で堤防浸透に対する安全性不足が判明したため、平成16年より図-1に示すような整備区間で首都圏氾濫区域堤防強化対策として事業が進められている。同事業で強化の対象となる堤防の特徴として、過去の度重なる改修の結果、図-2のような複雑な築堤履歴の断面を有しており、現状の安定性評価や対策の判断に難しさが伴うという点が挙げられる。



図-1 首都圏氾濫区域堤防強化対策範囲

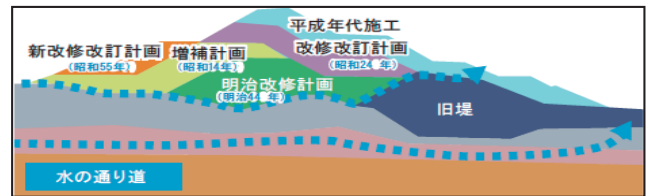


図-2 過去の河川改修による複雑な築堤履歴

## 3. 堤防強化対策工法と対策区間設定

### 3.1 堤防強化対策の選定

利根川・江戸川区間の堤防強化対策として、浸透すべり破壊とパイピング破壊に対する所要安全性を確保できる4工法（断面拡大工法、ドレーン工法、法面被覆工法、川表遮水工法）を比較検討した。過去に度重なる改修を受けた不均質な堤体土質、複雑に変化する基礎地盤構造を考慮し、今回の首都圏氾濫区域堤防強化対策では、これらの条件によって対策効果が左右されにくい断面拡幅工法を採用することとした。断面形状は代表的なパターンの解析結果より、図-3に示すような川裏7割（1：7）の法面勾配を標準断面とした。

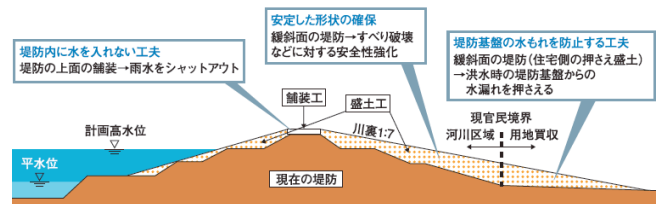


図-3 堤防の標準断面図



図-4 江戸川堤防強化対策区間

### 3.2 江戸川の堤防断面拡大工法対策区間

江戸川の断面拡大工法対策対象区間については現在、図-4に示すとおり洪積台地部、高規格堤防整備済み区間を除く、右岸約16km（埼玉県：吉川市、松伏町、春日部市、杉戸町、幸手市 茨城県：五霞町）を対策区間とし工事を進めている。

### 3.3 堤防開削調査結果

対策工事に際しては、浸透流解析により堤体が浸潤する範囲を推定し、その解析結果をもとに既設堤防の浸透破壊の安全性照査を行う必要がある。そこで、既設堤体内部の土質構成を実際に確認することにより、浸透流解析モデル及び堤防安全性照査結果の妥当性を検証するため、平成29年1月に堤防強化対策区間内の樋管改築工事箇所（埼玉県幸手市：中島揚水樋管）で開削調査を実施した。図-5は開削調査を行う前に想定していたモデル、写真-1は開削調査した断面の全景写真、図-6は開削調査を踏まえて見直した土層構成モデルと計算結果である。

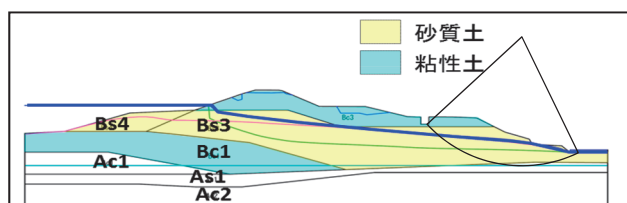


図-5 見直し前の地層モデル



写真-1 堤防開削調査の断面状況（写真左右反転）

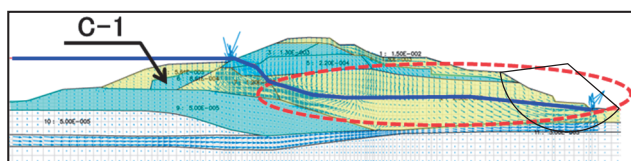


図-6 開削調査に基づく地層モデルと計算結果

開削調査の結果、図-6に示すように粘土質と砂質土の分布が判明し、以下のように浸透解析モデルに影響を与えていることがわかった。

- ①天端から裏法の表面部には、粘性土に覆い被さるように砂質土が分布していること。
- ②当初、砂質土（図-5のBs4層）と思われていた表側法面の下に粘性土（図-6のC-1）が存在し、表側法面の浸透経路がくびれることで、表側法面中腹部で漏水の恐れが生じていること。
- ③当初、砂質土（図-5のBs3層）と思われていた内部にも粘性土層が食い込んでおり、堤体中央部から裏側法面にかけての水位が、全体的に押し下げられていること。

川裏の浸透すべり破壊に対する検証結果は、当初モデルの安全率 $F_s=1.203$ に対して、開削調査モデルの安全率 $F_s=1.435$ となり、開削調査結果を反映すると、より安全側の結果となった。しかし、この安全率（ $F_s=1.435$ ）は安定性照査基準の $F_s=1.584$ に達しておらず、すべり破壊（浸潤破壊）に対する安定性不足を示す結果に変わりなかった。

開削調査に基づく土層構成モデルによる浸透流計算では水位は法尻高さまで上昇せず、パイピングについてピーク水位時の状態で裏法尻部の判定を行ったところ、当初想定していた断面においても、開削調査で見直した断面においても、全体動水勾配及び局所動水勾配とも安全性に問題はない結果となった。

## 4. 堤防強化対策の施工

### 4.1 堤防断面拡大工法の施工方法

江戸川区間における堤防断面拡大の施工工程は、①付帯（道路、水路）及び基盤盛土を行う「基盤工事」、②法面1：4.4までの「下段盛土工事」、③法面1：7の完成断面である「上段盛土工事」の3ステップで進めている（写真-2～4）。工事にあたって留意した事柄がいくつかある。

一点目は、当地が軟弱地盤上での断面拡大工事になることである。そのため、周辺への沈下変形の影響を軽減し、完成後の残留沈下量を最小限にすることが求められた。そこで、まず下段盛土を1:4.0の法面勾配以上の緩傾斜断面で施工して放

置し、そこに上段盛土を追加して1:7の断面まで仕上げる段階施工を採用した。これによって、上段施工時の段切り施工が不要となり出水期施工が可能となった。

二点目は、法尻部周辺の農地や宅地・道路であった地盤が湿っており、飽和状態が顕著なことである。そのため、基盤面の排水対策や強度確保が求められた。そこで、湿潤防止工として割栗石（厚さ0.5m、長さ5m）を設置して覆土し、降雨浸透による表層すべり防止、根腐れ防止、水防活動等の維持管理の確保を図った。



写真-2 基盤工事及び下段盛土(1:4.4)工事完了



写真-3 上段盛土工事施工時（出水期施工）



写真-4 堤防強化対策完了(1:7)

## 5. 盛土材料の確保と土質の品質確保

### 5.1 盛土材料の入手方法

江戸川の堤防強化対策の堤防拡幅工事の盛土工事に際しては、必要総土量は約380万 $m^3$ であり、今後も毎年約30万 $m^3$ 程度の土量確保が必要と

なっている。このため、江戸川の流下能力向上を目的として実施している河道掘削土の利用だけではまかないきれず、国土交通省の他事務所、近隣都県市、建設資材広域利用センター等より建設発生土の受入れを行うこととした。受入れ時期に応じて、工事現場に直接搬入して貰う方法と、ストックヤードに仮置きしてから受注者が工事現場に運搬する方法とによった。

### 5.2 堤体材料として望ましい土

堤体材料として望ましい土の条件として、粒度分布の良く締固めが十分にできること、適度な不透水性を保持できること、乾燥時においてもクラックが発生しないことが挙げられる。具体的に言うと、細粒分（0.075mm以下の土粒子）が15%以上50%以下、最大粒径100mm、粒径37.5mm以上の混入率は40%以下、また、施工機械のトラフィカビリティを確保するためコーン指数が400kN/ $m^2$ 以上としている。

### 5.3 万能土質改良機を用いた盛土材料の品質管理

堤防の盛土材料としては、従来、多種多様な土砂が用いられてきた。これは土を選択しては必要量の確保が難しいことと、経済性や施工性を重視し、最も入手が容易である河道掘削土を利用することが多いためである。しかし、今回のような重要度の高い堤防拡幅においては、盛土材料の優劣が工事完成後の堤体に大きな影響をもつ。そこで、写真-5に示すように、現場外のストックヤードに万能土質改良機を導入し、砂質土と粘性土を混合する粒度調整と、リアルタイムな品質管理を行った。これにより、前述5.2に記した品質に適合した堤体材料を生産し、確実に現場へ供給する施工システムとした。万能土質改良機<sup>2)</sup>は写真-5に示すようなもので、土砂混合機能と、簡易化された土質の品質管理機能とから成る。



写真-5 万能土質改良機

当機の品質管理の試験項目は、5.2でも述べたとおり、①細粒分混入率、②コーン指数、③含水比試験の3項目である。試験頻度については改良機の日当たり施工量ないし500m<sup>3</sup>に1回を基本とした。現場でリアルタイムに結果をフィードバックするため、以下の簡易法が採用されている。

①細粒分混入率については、粒度調整後の試料を採取し、地盤工学会の土の細粒分含有率試験を実施した場合に、試験結果が分かるまで時間を要する。そのため簡易メスシリンダー法を採用している。この方法は表-1及び図-7に示すように、予めいくつかの細粒分含有パターンの土砂に対して、簡易メスシリンダーを用いた沈降状況と粒度試験の相関関係（係数）を求めておき、現場の土で実施した簡易メスシリンダー法の沈降状況と対比させることにより、合否判定を可能としたものである。

表-1 細粒分含有率測定結果（粒度試験とメスシリンダー法）

試料番号	粒度試験	メスシリンダー法
	細粒分混入率Fc (%)	B/A × 100 (%)
①	28.9	68.3
②	21.1	50.0
③	23.3	64.9
④	27.4	63.4
⑤	26.8	72.9
⑥	41.0	96.2
⑦	20.3	60.7
⑧	23.9	57.1
⑨	20.2	54.0
⑩	5.4	13.8
⑪	34.6	85.3
⑫	20.3	59.6
⑬	28.7	56.1
⑭	21.2	48.7
⑮	24.7	59.1
⑯	26.5	61.8
⑰	39.9	94.1
⑱	18.2	42.6
⑲	23.0	54.9
⑳	17.3	41.3

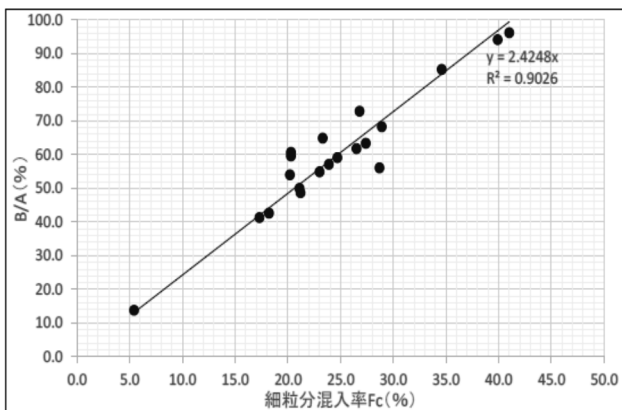


図-7 メスシリンダー法と粒度試験の相関図

※ Fc（細粒分混入率）= (B/A) / 2.425  
 (B=細粒分、A=細粒分+粗粒分)

- ② コーン指数については、「締固めた土のコーン指数試験方法（JIS A 1228:2009）」による貫入試験を実施した。
- ③ 含水比試験については、「土の含水比試験法」（JIS A 1203:1999）によった場合に、110℃の炉乾燥を18~24時間行う必要があるため、地盤工学会基準「電子レンジを用いた土の含水比試験方法（JGS 0122-2000）」にもとづく、電子レンジ法を用いている。これにより20分以内の加熱乾燥の後に含水比の測定が可能となる。

## 6. おわりに

首都圏氾濫区域堤防強化対策の整備進捗状況については、平成30年1月末時点で用地買収契約進捗率は約96%、整備工事着手率は約58%、堤防強化対策延長進捗率は約33%である。平成30年1月現在、5地区で6件の堤防強化対策工事が稼働している。事業調整に時間を要したため、当初計画より整備は遅れているが、江戸川河川事務所の最優先の治水対策として、平成35年度完成を目指し事務所一丸となり整備を進めている。

また、堤防強化対策完成箇所の法面では、埼玉県と協働で森づくり（植栽）実施しており、地域の方々や一部企業の方に植栽及び維持管理をお願いし、堤防への影響と合わせ堤防法面の有効活用と維持管理費の縮減に向けた取り組みを行っている。今後は、堤防高の7倍の広大な堤防法面をどう維持・活用していくかが大きな検討課題と考えている。最後に、今後も引き続き沿川住民の方々や沿川自治体のご協力を頂き、首都圏氾濫区域堤防強化事業を進めていく所存である。

### 参考文献

- 1) 林 春花：江戸川堤防開削調査の浸透流解析へ適用、平成29年度スキルアップセミナー関東論文集、江戸川河川事務所計画課
- 2) 万能土質改良機：  
<http://www.okunokotoh.jp/news/data/26>

宮本孝行



国土交通省関東地方整備局  
 江戸川河川事務所 沿川整備課 事業対策官  
 Takayuki MIYAMOTO

小林裕之



国土交通省関東地方整備局  
 江戸川河川事務所 工務第一課 建設専門官  
 Hiroyuki KOBAYASHI