

「治水総論」に見る堤防の構造

The Structure of Levee Found in "TISUI SOURON"

中島秀雄* (応用地質株式会社)

Hideo NAKAJIMA, OYO Corporation

間宮 清** (応用地質株式会社)

Kiyoshi MAMIYA, OYO Corporation

要旨：我が国の現在の河川堤防の法勾配、天端幅、余裕高などの基本的な形状は、河川管理施設等構造令などの基準によって決定されている。しかし、堤防の築堤は古来より地域の特性を考慮した経験則によって行われてきており、特に基準のなかった明治の近代河川改修事業の堤防は現在の形状とさほど変わらないことは驚異である。当時の築堤技術の基となった考え方が明治のお雇い技師のファン・ドールンが記した「治水総論」に示されている。現在の基準と比較してみるとその類似性が読み取れる。

1. まえがき

現在の我が国の堤防の基本的な形状すなわち法勾配、天端幅などが、いつどのようにして決められたのか、また、その工学的根拠はどうかなどについても明らかでない。おそらくは過去の治水工事の経験から決められたものと推定されるが、明治以前の各藩毎の異なった技術レベルと河川の地域特性から考えて、明治以降の河川堤防が本州に見られる現在の形状と類似した形状となったのは、単なる経験則から統一されてきた結果とは考えにくい。そこには何らかの理論的背景を持った技術指導がなされたのではないかという疑問を抱かせる。

特に堤防の法勾配については、現在の指導書ではいずれも堤体内浸潤線の上昇や土質条件を考慮して決めなければならないとしているが、堤体内浸潤線の上昇による堤防のすべり破壊は、土質力学が学問的に成立した1930年以降の知識である。従って、このような理由で明治初期からの堤防法面の勾配が決定されたとは考えにくい。なぜ、堤防の法勾配が2～2.5割なのかという疑問を以前から持っていた。

今回、国立国会図書館の古文書資料室に保存されていたファン・ドールンの「治水総論」の中にそ

の問題の解決の手掛かりになりそうな記述を見出した。また、現在の河川堤防の基本的な形状を決定したと考えられる他のいくつかの記述もあったので堤防研究の一助としてこれを紹介したい。

そもそも「治水総論」は、明治5年日本政府が近代河川技術を導入するためオランダより雇い入れた技術者ファン・ドールンが、「河水改修ノ考按」という標題で書き残した治水技術ノートである。

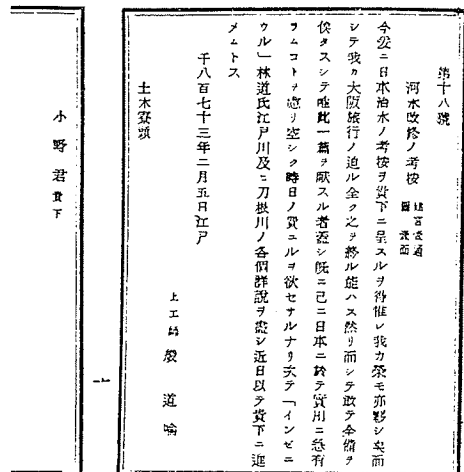


図-1 ファン・ドールンが「治水総論」を内務省土木寮頭（小野義真）に提出した時の文

* 正会員 応用地質株式会社本社技師長

〒102 東京都千代田区九段北4-2-6 市ヶ谷ビル

** 応用地質株式会社技術本部河川部長

〒330 埼玉県大宮市土呂町2-61-5

ファン・ドールン (C. J. Van Doorn 日本字名 般道諭¹⁾) はオランダのデルフト工科専門学校を卒業した技術者でエッセル、リンドウ、デ・レーケなど 10 名のお雇い技師の技術責任者として来日し、今の技師長にあたる上工師²⁾ という立場で日本の各地の河川改修や港湾の築港を指導した人である。

「治水総論」は日本に早く河川技術を伝達するために彼が書きしるしたものを殿川礎³⁾ が訳したもので、その内容は河川の平均流速や流量を算出式を用いて説明していたり、水制工の種類や作り方、堤防の構造など河川に関する事柄を定量的に工学的な見地で説明しており、当時の日本の河川技術者はみんなこぞってこの本を書き写したようである。

以下に堤防の構造に関して記されている部分を抜粋し示した。現代語に直したものを併記し、若干の注釈も加えた。なお、原文の一部の漢字は現代の漢字に修正したところもある。

2. 「治水総論」の抜粋

(1) 河堤⁴⁾ (リト・ル・テ・ケツ)

大雨ノトキ所流ノ水量著シク増加シ流勢数々五倍以上ニ至ルコトアリ此時ニハ平水位ニテ河岸ノ内ヲ流通スル河水幾許尺昇リ河側ノ卑キ地面ニ漫溢ス

臨時ノ漫溢ハ土地ヲ潤澤シ植物之レカ為ニ好ク繁殖スルト雖トモ其害タルモ多シ而シテ其害計ルヘカラサルヲ以テ余議ナク堤防ヲ築キ其漫溢ノ境域ヲ限ラサルヘカラス

堤防ハ兩岸ニ於テ至處皆同距離ニ築キ務テ一直ナルヲ要ス

(現代語)

河川堤防

大雨の時流量が著しく増加し、流勢が5倍以上に至るところがあり、このときに平水位の河岸内を流下する河川の水位が上昇し、河川側の低い地面に溢れる。

たまにくる洪水は土地を潤沢し、植物はこのためよく繁殖するけれど、被害も多い。しかもその被害の大きさは計り知れないので仕方がなく堤防を築きその溢れる境界を限定させなければならない。

堤防の兩岸はいたるところ皆同一距離に築いて直線状にすることが必要である。

[注釈]

河川堤防に対してその必要性和治水の基本的な見解を述べている。また、河道はその幅を一定にし、直線的に整備することを基本にしていることは治水だけでなく、舟運などの水路としての河川利用にも重点を置いていることが読みとれる

(2) 外岸 (オ・ル・ランブ)

河流ノ抵觸ヲ堤防ニ波及セシメサル為ニ之ヲ水流ニ直接シテ築カス若干遊地ヲ剩シ内方ニ退ケテ築クヲ肝要トス

此堤防ト河身ノ間ニ在ル遊地ヲ外岸ト名ク

外岸ニ與フル遊地ノ寛窄ハ河水ノ流勢ニ関涉ス而シテ外岸寛キニ準シ流通愈々適良ナルハ一般ノ通論ナリ

此外岸時々水底トナルヲ以テ幾種草木ヲ栽培スルニ適セスト雖トモ河水ヨリ沈下シテ残レル淤泥ニヨリ殆ント流通ヲ妨クル丈ハ繁殖スヘシ

(現代語)

高水敷

河川の流水の力を堤防に波及させないために、堤防を直接流水に接しないよう若干の遊地を設けて内側に後退させて築堤することが肝要である。

この堤防と河川の間にある遊地を外岸 (高水敷) と名付ける。

高水敷に必要な遊地の広さは河川水の流勢に関係するが、高水敷の広い方が流通が良くなることは一般的な通説である。

この高水敷は時々水底となるので、多くの草木を栽培するのに適していないけれども、河川水がもたらす泥によって大体流通を妨げるような高さまでは繁殖するであろう。

[注釈]

高水敷の必要性和高水敷の草木の繁殖について述べている。

(3) 堤防ノ幅 (コイツグレ・フ) 俗ニ云フ馬路

堤防ノ幅ハ所築ノ土類ニ関係シ及ヒ之レヲ通路ニ兼用スルト否セサルトニ関係ス

日本ニ於テハ最モ内地ニ好通路ヲ要スル者ナレハ頗クハ之ヲ道路兼用ノ者トナスニ然カサルヘシ

此幅ハ十六尺乃至二十尺ヲ要ス
(現代語)

堤防の天端幅(俗に馬踏という)

堤防の幅は築堤材の土質に関係し、また天端を通路に兼用するとしなないに関係がある。

日本においては堤内地に通路がよく必要となるので、できれば堤防を道路兼用とするのがよいであろう。この幅は16~20尺(4.8~6.1m)が必要である。

[注釈]

堤防の天端は道路と兼用することがよいとの見解を示し、暗に人車の往来による踏み固めにより堤防の締固め効果も期待しているものと思われる。また天端幅についての標準的な幅を4.8~6.1mとしているが、これは現在の河川管理施設等構造令(以後「構造令」という)で定められている天端幅の中間的な値を示している。

表一 1 「構造令」による天端幅の基準

計画高水流量 m^3/s	天端幅 m
500未満	3
500~2000	4
2000~5000	5
5000~10000	6
10000以上	7

(4) 堤防ノ高低

堤防ノ高低ハ河ノ高水位ニ準テ定メスンハアラス
預防ノ為ニ堤防ノ頂頭ハ惣テ曇日既有ノ高水点ヨリ二三尺高ク築クヘシ

(現代語)

堤防の高さ

堤防の高さは河川の高水位に従って定めなければならない。予防のために堤防の天端は既往の高水点より2~3尺(0.6~0.9m)高く築堤するべきである。

[注釈]

堤防の高さは高水位にしたがって定めることをはっきりと言明している。この当時の高水位は現在の

計画高水位とは異なり既往の最大高水位を指すものであるが、ある基準の高水位をもって堤防の高さを決める設計論が明確に示されている。余裕高の概念も既に示され0.6~0.9mの余裕高は現在の「構造令」の余裕高の範囲にも当てはまるものである。

表一 2 「構造令」による余裕高の基準

計画高水流量 m^3/s	余裕高 m
200未満	0.6
200~500	0.8
500~2000	1.0
2000~5000	1.2
5000~10000	1.5
10000以上	2.0

(5) 堤防ノ斜面

上好ノ粘土ニテ堤防ヲ築クトキハ内斜面ノ勾配一半ニ一ヲ以テ十分トス

然レトモ実験ニ於テ二ニ一ノ勾配ヨリ峻急ナルトキハ植物好ク繁茂セサルヲ以テ内斜面ハ二ノ基礎二一ノ高サヨリ急ナラサルヲ佳トス

外斜面ノ勾配ハ此他尚好ク水勢ニ抗抵セスンハアラサルヲ以テ豫防ノ為ニ半ニ一ヨリ減スヘカラス
(現代語)

堤防の法面

良質の粘土で築堤される堤防は堤内側法面の勾配は1:1.5で十分である。

しかし、実験において1:2の勾配より急峻なときは、植物がよく繁茂しないので堤内側法面は1:2より急としないことがよい。

堤外側法面の勾配は、この他更に水勢に抵抗しなければならないので、予防のため1:2.5より緩くすべきである。

[注釈]

堤防の法勾配について1:2を提唱しており、川表側法面は流水を考慮して1:2.5より緩くすべきであることを明言している。

堤防の法勾配は法面保護としての植物の生長を重

視した考えが反映されており、現在の「構造令」の「第22条 盛土による堤防の法勾配等」にも同様な類似性がみられる。

表-3 「構造令」による法勾配と法面保護の規定

(盛土による堤防の法勾配等) 第22条 盛土による堤防(胸壁の部分及び護岸で保護される部分を除く。次項において同じ)の法勾配は堤防の高さと堤内地盤高との差が0.6メートル未満である区間を除き50パーセント以下とするものとする。 2. 盛土による堤防の法面は芝等によって覆うものとする。

(6) 道路(ウ-ゲン)

堤防ノ項上ニ設クル人工道路ニ於テ人行車乗ノ往復甚盛ナル者ニハ其幅ヲ一丈二尺トス

然レトモ往復稍少ナキ者ナレハ其幅ヲ減シテ八尺

トシ只徒歩ノミニ供スル道ハ尚減シテ六尺ニ至ル
水ヲ流ス為ニ堤防ノ項上ヲ半球状トナス猶ホ道ノ
両側ヨリハ中央ヲ六寸高クナスト云フ如シ

(現代語)

道路

堤防の天端に設ける人工道路において人や車の往来が非常に盛んなところでは、道路の幅を1丈2尺(3.6m)とする。

しかし、往来が少ないところではその幅を減じて8尺(2.4m)とし、ただ人が歩くだけの場合は6尺(1.8m)とする。

水を排水するために堤防の天端は半球状とする。これは丁度道の両側より中央を6寸(18cm)高くするようなものである。

[注釈]

(3)で示した4.8~6.1mの堤防天端幅に対して天端に設ける道路幅は3.6mとし、往来の程度により減じることを述べている。

路面中央部を高くすることにより、雨水の排水に対する配慮もなされている。

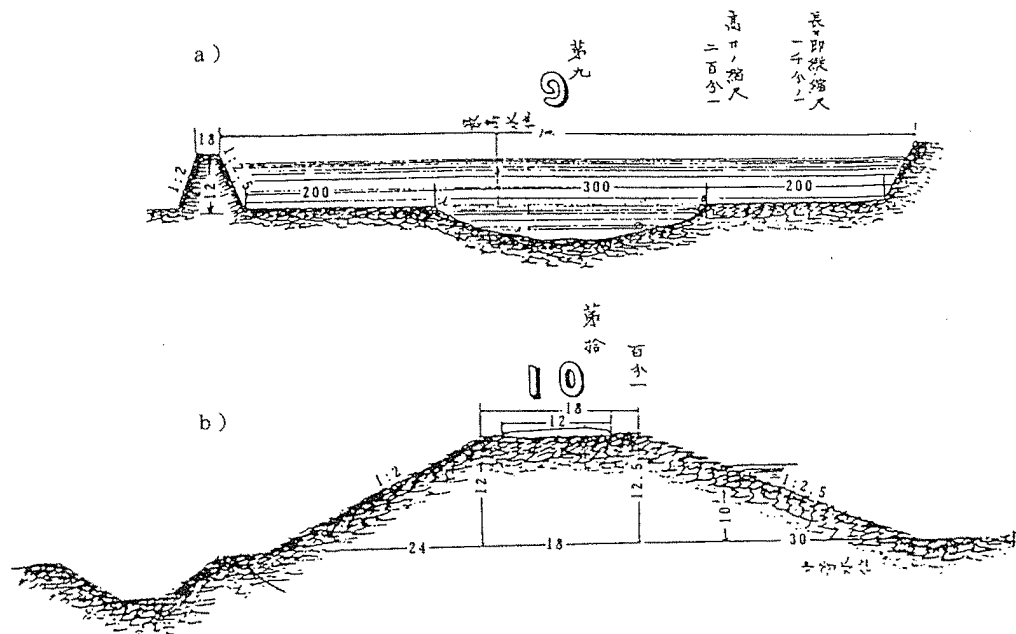


図-2 「治水総論」に記されている望ましい河川及び堤防横断形の例(単位:尺)

- a) 川幅300尺(90m)で平水より10尺(3m)上昇する河川の堤防を築堤する場合の最も望ましい横断形として本図が示されている。
- b) 堤防天端の道路部分は幅12尺(3.6m)とし、上に凸状としている。

(7) 堤防ニ草木ノ植ヘ方

堤防ノ頂上ニテモ斜坂ニテモ大ナル樹木ヲ植ユルトキハ悪シキトス其故ハ第一ニ草ノ生長ヲ妨ケ第二ニ暴風ノトキ樹木動揺シテ土地之レカ為ニ潰裂ス

外岸ノ植付ハ却テ「ストロイク、ゲワス」(枝葉繁茂スル低キ木ノ種類)及ヒ短樹ヲ佳トス是レ満漲ノトキ堤防ニ觸ルル水力ヲ挫キ得レハナリ

(現代語)

堤防に草木を植える方法

堤防の天端においても法面においても大きな木を植えることは良くない。その理由は第一に草の生長を妨げる。第二に暴風のとき樹木が動揺して地面はこれのため潰裂する。

高水敷の植樹はかえって「ストロイク、ゲワス」(枝葉が繁茂する低い木の種類)の低木及び短い樹木がよい。これは満水となったとき、堤防に接する流水の力を減ずる効果があるからである。

[注釈]

堤防の天端や法面に大きな樹木を植えることは法面に生えている草の生長を妨げることと、暴風時の樹木の揺れによる地割れの原因となるため反対している。ただし、高水敷の低かん木は水勢を減ずるため推奨している。

(8) 堤防斜坂ノ保護

外斜面ニ草ヲ植テ包覆セハ十分ノ保護ヲ得ヘシ河水ノ満漲其日数長ク続カサルヲ以テ草ヲ水腐セシムル隙ハ決シテアラサルナリ

新ニ堤防ヲ築キ宛モ不幸ノ時候ニ際シ河水ノ満漲必期スヘク且植付タル草未タ好ク有付カサル間ハ斜坂ニ於テ臨時ニ柴枝或ハ藁草ノ包覆ヲ備ヘ其崩潰ヲ防カサルヘカラス

河源ニ於テ斜坂ノ土質草ヲ植ユルニ適シ難キ者アリ此ノ如キ處殊ニ其地石多キ所ハ一層石ヲ積ミ斜坂ヲ防護スヘシ此石ハ竹或ハ柴枝ノ編牆ヲ以テ保持スル者ナリ — 中略 —

上好ノ粘土堤防ノ築造ニ最モ適良ノ者トス

若シ粘土膩軟ニ過キ乾燥久シキニ至レハ自ラ乾裂スヘシ此ノ如キ者ニハ少シク沙土ノ混合ヲ佳トス

沙土ノ堤防ハ水ヲ扞禦スルニ適セス然レトモ近地ニ可得ノ粘土ナキトキハ堤防ノ内部ヲ沙土ニテ築キ

其上ニ最上好ノ粘土一層ヲ施シ之ヲ包覆スヘシ而シテ其厚サ少ナクモ三尺トス

(現代語)

堤防の法面保護

堤防外法面に草を植えて被覆すれば十分な法面の保護となる。河川の高水継続日数は長く続かないので草を腐らせるまでには至らない。

新たに堤防を築いたとき、たまたま天候が悪く洪水が避けられない場合で、未だよく草がついていない間は法面を臨時に柴枝あるいは藁草で被覆し、その崩壊を防がなければならない。

河川の上流においては法面の土質が草の付きにくいものである場合がある。そのときは特に石が多いところでは石を積み法面を保護する。

この石は竹あるいは柴枝の編牆(ハソウリ)を使って保持する。 — 中略 —

良質の粘土は堤防の築造に最良のものである。

もし粘土が軟らか過ぎ、乾燥が長く続いた場合は乾燥亀裂が生じる。このようなものは少し砂を混合するのがよい。

砂からなる堤防は水を防御するのには適さない。しかし、近くに粘土がない場合は堤防の内部を砂で築き、その上に最も良質な粘土を覆う必要がある。その厚さは少なくとも3尺(0.9m)とする。

[注釈]

堤防法面保護は草で被覆することを基本としている。新堤でまだ草の植え付けが十分でない時の洪水対応にも言及している。また、上流で植生の付きにくい土質の法面には石で保護することを提唱している。

堤防の土質材料は良質の粘土が最適であると述べており、軟らか過ぎる粘土の乾燥亀裂も取上げ、その対策として砂の混合を推奨している。

更に砂からなる堤防の浸透や洗掘に対する対策として0.9m以上の良質土被覆層の強化対策工を提唱していることは、現在の河川技術にも十分通用するものであり、ファン・ドールンの土質に関する技術の高さを窺い知れるものである。

3. おわりに

参 考 文 献

現在では河川堤防の法勾配、天端幅、余裕高などの基準は河川管理施設等構造令や建設省河川砂防技術基準(案)などに示されており、河川構造物を計画、設計、施工する上においては、これらの法令や技術基準に従って日常的に使用している現状にある。

しかし、まだ明けやらぬ明治初頭の河川工学の分野において、ファン・ドールンがこの「治水総論」で河川堤防の構造について書き印したことは、当時の日本の技術者にとっては唯一の指標となり、この本はバイブル的存在価値をもっていたのではないかと想像される。

また、治水総論に示されているそれらの数値が現在の堤防の構造基準と極めてよい類似性をもつことは驚異であり、現代の河川工学の源流として今なお生きていることが実感される。ファン・ドールンを中心とし、長期に日本に在住して各地の河川工事を指導したデ・レーケを含む当時のオランダの技術者たちの業績が現在においても基本的になお有効であるのは、彼らの技術が単なる理論でなく徹底した現場の体験から生み出されたものであるからであろう。

特に、急な河川勾配、出水の形、多量の降雨など彼らの母国オランダと全く異なる日本の河川に対して彼らが柔軟に対処し、その河川特性に適合した技術体系を作りあげたことは、彼らの自然観察の鋭さと技術は現場から生れるという精神を示しているように思われる。

注1) 般道論は般道論とも書かれる時がある。

注2) 上工師は長工師とも書かれる時もある。

注3) 般川碇は澁川碇とも書かれる時もある。

注4) 原文は堤防の堤の土偏をこごと偏で書いていることが殆どで、時に土偏で表現している場合もある。また坂も阪と混同して用いている。ここでは土偏で示す。

1) ファン・ドールン：治水総論 1873年2月

2) 間宮 清：治水総論現代語訳版 応用地質株式会社
社内資料 1990年3月

3) 明治以後本邦土木と外人：(社)土木学会 中村孫一編
1942年2月 PP.155-170

4) 解説・河川管理施設等構造令：河川管理施設等構造令
研究会編 (社)日本河川協会発行 1978年3月
PP.108-121

5) 改訂建設省河川砂防技術基準(案)計画編：建設省河川
局監修 (社)日本河川協会編 1986年7月
PP.96-103