

場合 100% に近く、 $k=10$  あるいは  $\infty$  の場合は平均 85% 程度である。 $k=\infty$  の場合の方が  $k=10$  の場合よりこの値が大きい。また  $M_{0-1}$  が  $M_{1-2}$  より大きいことも注目すべきである。従つて各スパンでこの値を一定にしてしまうのはよくない。

以上要するに、スパン曲げモーメントおよび支承曲げモーメントとも、縦桁の曲げ剛さと床版の版剛度との関係従つて相関剛比により、また荷重分布面積により大いに影響されるので、決してこれらを無視して、簡単に単純版の曲げモーメントとの比を決めてはならない。特に相関剛比に影響されるところが大きい。

さて現在の標準設計案では、 $k$  の値は前著に述べたとおり、0.7~1.6 の範囲であり、まず 1.0 の前後である<sup>1)</sup>。この場合にはスパン曲げモーメントについては 90~100%、支承曲げモーメントについては 40% 以下の係数を選ぶべきである。こうすると、従来われわれの採用していた係数が、いかに  $k$  の値に無頓着であつたかがわかる。いままで連続版の設計に用いてきた係数は、 $k=\infty$  すなちち中間支承の縦桁と端支承である主桁とを区別せず、同一視してきた誤りを犯していたわけである。

#### 5. 結 言

2 主桁、3 縦桁の床組の鉄筋コンクリート床版のスパン曲げモーメントおよび支承曲げモーメントについて、著者の平板の撓角法を用いて、中心線に直角な線上に対称に載荷される線荷重によるこれらの曲げモーメントの影響線の値を求め、これを用いて、これら曲

げモーメントの設計用最大値と単純版の曲げモーメントとの比を算出し、これが相関剛比によりいぢるしく変化することを強調したのである。われわれの取り扱う上路プレートガーダー道路橋の床版では、本計算の対象となつていような床版があり、これらについては、縦桁の曲げモーメントの計算法とともに注意を喚起したいと思う。

なお主桁並列型式の上路プレートガーダー橋の連続版については、N.M. Newmark がすでに  $a/b=0.1\sim 0.3$ 、 $k$  の値の種々の場合について、版の曲げモーメントを求めているが<sup>2)</sup>、これによつても、 $k$  の値を考慮しなければならないことが明瞭である。従つて床版の設計に当つては無条件に先例にならうことは注意しなければならないと考える次第である。

なお本文で単純版の曲げモーメントと称しているのは、示方書の有効巾の規定によつて計算されたものでなく、 $\nu=0.15$  として等方等質板の理論に従つて求められたものである。特に附記しておく。

#### 注

- 1) 成岡・米沢：土木学会誌第 36 巻第 12 号および第 37 巻第 1 号 (昭.26,27)
- 2) 成岡：土木学会誌第 38 巻第 7 号 (昭.28)
- 3) 成岡：土木学会論文集第 4 号 (昭.24)
- 4) 2) 参照
- 5) N.M. Newmark and C.P. Siess: University of Illinois Bulletin, No.304, (1942) (昭.28.7.18)

## 河川改修に関連する堤内地の排水について

正 員 渡 辺 隆 二\*

### ON THE DRAINAGE OF PROTECTED LOW LAND CONNECTED WITH RIVER IMPROVEMENT

(JSCE Dec. 1953)

Ryūji Watanabe, C.E. Member

**Synopsis** Recently, the drainage of protected low land connected with river improvement works has become one of the important problems. The thesis discusses the principle of adequate measures for this problem by investigating its causes, analyses mechanisms of inundation in the protected low land and its drainage, and proposes a method of planning which takes economic effects into consideration.

**要旨** 最近河川改修工事と関連して堤内地の排水が重要な問題となつている。本文においてはこれらの問題の生じた原因を究明することによりその対策の方針

をのべ、湛水及び排水の機構を分析し、さらに経済効果を考慮した計画の求め方の一方法を提案した。

#### 1. 河川改修に関連する堤内地排水の問題

河川改修が進捗するに従つて洪水による直接の被害

\* 建設省河川局治水課

は減じ大きな成果を収めたが一方堤防で囲まれた堤内地の排水が重要な問題となりつつある。堤内地の排水は程度の差はあれ以前より問題となっていたのであるが洪水による直接の被害に比べると回数は多いが致命的なものではなく従って従来の計画の盲点となっていた。国土利用の高度化が叫ばれている現在河川改修と結びついて堤内地排水の問題がとりあげられるようになったことはまことに当然といわねばならない。なお最近特にこの問題が沿岸住民にとつて無視できなくなつたことは、戦時中の水源の荒廃、戦後国土利用の高度化のため上流部遊水箇所の耕地化等の結果、最近の出水が早くなり瀦滞が多くなつたためである。堤内地湛水による被害の特に大きいのは大河川の下流部で、利根川、木曾川、筑後川、信濃川等がその代表的なものである。その他現在調査の対象となつている河川は岩木川、北上川、江合鳴瀬川、富士川、千曲川、狩野川、吉野川、仁淀川、川内川等20数河川におよんでいる。

## 2. 堤内地湛水の原因とその対策

堤内地湛水問題の生ずる原因は一応次のように分けられる。

- (1) 洪水流量の増大、従つて本川水位の上昇
- (2) 洪水到達時間の短縮
- (3) 洪水継続時間の増大
- (4) 河床の上昇
- (5) 堤内地における湖沼の干拓、埋立
- (6) 堤内における河川の流路または排水路の不良
- (7) 用排水管理が充分でないため上流の用水が下流の湛水を惹起する。
- (8) 低地部を放水路、捷水路等の新路線が通るためにあらたに問題を生ずる。
- (9) 排水の水門、樋門、樋管等の断面の過小

これらの原因によつて生ずる湛水の被害を減小させる対策としては次のごとき手段が考えられる。

(1) 堤外本川水位の低下 放水路により分流して本川の流量を減ずること、河床を掘鑿、浚渫することによつて河積を充分に与えることなどは湛水排除対策の上からも最も効果ある改修方式である。ただしダムその他の洪水調節池により流量を減ずる場合は最高水位は低下し、洪水到達時刻が遅れることはたしかであるが洪水の扁平化により湛水期間は逆に増大する心配があるのでこの点特に注意を要する。

(2) 堤内の山地部に降つた降雨を平地に降つた降雨と切り離して処理すること 山地に降つた雨が湛水地域に拡がってそのヘッドを失わない間にこれを利用してできるだけ自然排水の量を大きくする。平地に降つた雨のみによる湛水の被害は大きくない場合がしば

しばある。

(3) 堤内水の排出口を下流に付け替えること 下流に付け替えることは合流点の水位を下げるために一般には湛水の排除を容易にする。ただし本川に比して堤内の流出がいちじるしく早い場合、すなわち本川の水位が上昇しはじめないうちに堤内の排水を完了できるように上流に付け替えることもあり得る。

(4) 堤内の埋立てを行うこと 湛水区域を全面的に埋立てて地盤を高くすれば、好結果をもたらすことは当然である。ただし局部的に埋立を行うとその箇所はよくなるが他の残部が以前より悪くなるので利害得失を検討の上行わねばならない。

(5) 用排水施設の管理を充分に行うこと 用排水管理の不良が湛水の主な原因となつている場合はこれらの管理を改善することが第一条件である。

(6) 堤内の河川及び排水路の改良 堤内の河川及び排水路が不良のために堤内水の誘導が充分に行われなときはこれを改修して充分な河積を与える必要がある。

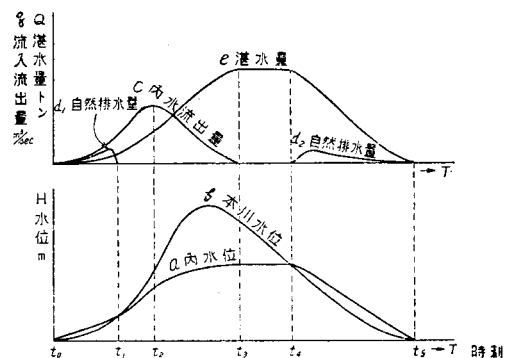
(7) 排水の水門、樋門、樋管の拡大 本川の水位が上昇しないうちに内水位が上昇あるいは本川が減水して水位が低下しても内水位の低下がおそい場合はこれら排水構造物の断面が過小のためであるからこれを拡大することが効果的である。

(8) 機械排水による方法 堤内地の湛水を排除する最後の手段は機械排水である。これによれば最も効果は確実であるが、施設に要する費用が大きいと将来の維持管理の問題があるので実施に当つては特に慎重な調査を必要とする。

## 3. 湛水機構の分析

湛水の最も普通の状態はおよそ図-1のごとき関係で求められる。図-1において洪水の始まる以前には内水位の上昇より早いのが普通であるから、初期にお

図-1



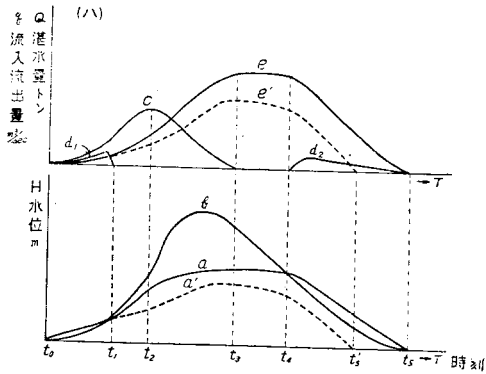
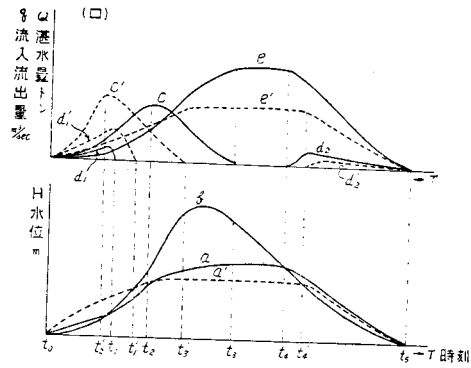
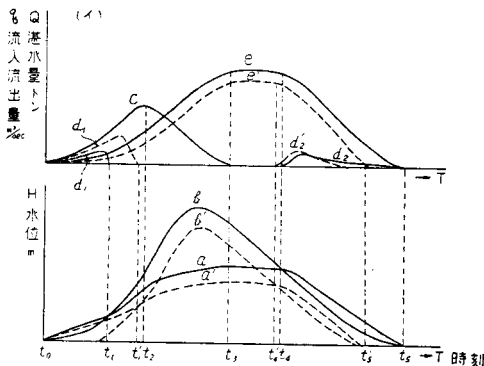
いて内水位は本川水位よりわづか高い。すなわち自然排水が行われるがこの量は内水流出量より少ないのでその差だけ内水位は上昇する。時刻 $t_1$ において本川的水位が高くなり内水位と等しくなったときに自然排水は終る。この時に排水施設は閉じられ内外水は遮断される。従つてこれ以後内水位の上昇は急になる。時刻 $t_2$ に達すると内水流出量は最大に達するからこれを過ぎると内水位の上昇はやや緩くなる。時刻 $t_3$ に達すると内水流出量はなくなるから、内水位は最大となる。この時刻は図においては本川水位の最高の時刻後になつてはいるがもちろん前になることもあり得る。時刻 $t_4$ に達すると本川水位は低下して内水位と等しくなる。 $t_0 \sim t_1$ においては内水位は蒸発が考慮されなければ一定である。 $t_1$ を過ぎると内水位は本川水位に従つて下つてゆくが外水の下り方より多少おそい。洪水量曲線は時刻 $t_0$ より上昇し、 $t_1$ を過ぎて上昇いちじるしく $t_2$ で変曲点となり $t_3$ で最大値に達し、 $t_3 \sim t_4$ は一定で、 $t_4$ を過ぎて下降する。

4. 潜水排除計画の重点の定め方

次に 2. においてのべたごとき手段がとられた場合 図-1 の関係がどうなるかを究明することによつて潜水排除計画の重点を定める方法を論ずる。まづ3つの例をとつてのべる。(イ)は脊割堤の延長を行つて合流点の水位を下げた場合、(ロ)は堤内の河川または水路を改修して内水の流出を早めた場合、(ハ)は機械排水を行つた場合であつてこれらの結果は図-2 に示すごとくである。図-2 について詳細の説明は省略するが、他の対策を行つた場合についてもその結果は想像できる。従つてこれらの結果を総合して次のことがいわれる。

(1) 脊割堤を延長することが有利な条件は延長する長さの割合に比して水位の低下が大きいことが第一であるが、さらに $t_1$ における本川水位曲線が緩であること、従つて図-2 (イ)の $t_1 \sim t_1'$ のずれが大きい

図-2



ことが望ましく、 $t_1 \sim t_2$ の時間差が少ないほど条件はよい。

(2) 堤内の河川または排水路を改修して内水の流出を早めるのが効果的であるのは図-2 (ロ)の $t_2' \sim t_2$ の差が大であること、 $t_1$ に対して $t_2$ の遅れが少ないこと等が条件である。すなわち内水流出量の最大の時刻が内外水位が等しくなる時刻よりあまり遅れておらず堤内の河川または排水路を改修することにより内水の流出がいちじるしく早くなり、図-2 (ロ)に示すように $t_2'$ が $t_1'$ より早くなる場合は最も好条件のときである。

(3) 樋門、樋管等排水の出口を拡大するのが有利な条件としては時刻 $t_0 \sim t_1$ 及び $t_4$ 以後において内水位曲線と本川水位の差が大きい場合で、出口を拡大することによつてその差を少なくすることが可能なときである。

(4) 機械排水はいかなる場合でも有効であるが特にこれ以外の手段では解決し得ないという条件は $t_1 \sim t_2$ の遅れが大きいとき、 $t_1 \sim t_4$ の時期が長いとき、 $t_1$ 附近の本川水位曲線が急であるとき、 $t_2$ 附近の水位曲線が緩であるとき等、である。

5. 経済効果を考慮した計画の決定

a) 堤内地潜水排除と経済効果について 河川改修やダム工事においては過去の最大の洪水、あるいは

は何十年に一度起る洪水を計画の対象としそれ以下の洪水は完全に救われるという方針をとっているが堤内地湛水排除の計画においては各年各年の被害に対し経済効果を考える必要がある。すなわち一般の河川改修工事において中途半端な築堤工事を行えばそれ以上の洪水に対しては全く用をなさないのみならず、時にはかえつて被害を大きくすることも起り得る。ところが堤内地湛水排除計画においてはわづかな機械排水施設を行つてもあらゆる洪水に対してそれだけの効果がある。この相違が重要であつて後者の場合には各年の洪水を対象として経済効果を考えてゆかねばならない。それだけ問題は複雑になる。

b) 堤内地湛水による被害について 堤内地湛水による被害は人家や畑地の場合もないとはいえないが、その大部分は土地の低い水田である。従つて人家そ

の他が主なる対象になる特殊の場合は別の機会に譲るとしてここでは被害を水田のみとして検討を進める。水田の被害は一定の面積においては水深と湛水時間に関係するが、水深については一定水深以上の場合はその影響はきわめて少なく主として湛水時間によると考えて差支えない。ただしこのことは一定の面積についてであつて、湛水深の増加にともなう湛水面積の増加は考慮せねばならぬことはもちろんである。

湛水時間と被害との関係は稲の生育の時期によつていちじるしく異なるものであり詳細にわたつては将来調査を必要とするが、ここでは農林省統計調査局において求められた表-1 をかかげておく。なおこれらを普通図表、対数図表にプロットすると次のごとき関係が得られる。ただし  $P$  は稲の減収率(%),  $T$  は湛水時間を表わす。

表-1

被害時期	湛水時間 湛水状況	1 ~ 2日		3 ~ 4日		5 ~ 7日		7日以上		番号
		損傷状況	減収率%	損傷状況	減収率%	損傷状況	減収率%	損傷状況	減収率%	
分ヶツ期 移植後20日以内 移植期まで	清水湛水		10	分ヶツがおく れる。	20	1)分ヶツがお くれる 2)無効分ヶツ ができる。	30	小数の分ヶツ が出るが無効 分ヶツが多い	35	(1)
總 孕 期	湛水先露出	葉先が黄変 する	20	1)出穂がおく れる。 2)穂の量が増 加する。	60	1)出穂がおく れる。 2)下葉が変色 して枯渇する	85	1)出穂がおく れる。 2)葉が変色し 枯渇する。	90~100	(2)
	湛水冠水	葉先が黄変 する	70	同上	80	1)穂穂ができて1~2割 の収量を得 るのが主理 からの収量 はない 2)被害茎の切 穂がほとんど 枯死する	85	ほとんど出穂 しない。 1)出穂がおく れる。	90~100	(3)
	湛水先露出	葉先が黄変 する	10	同上	30	1)出穂がおく れる。 2)下葉が変色 して枯渇する。	65	2)下葉が変色 して枯渇す る	90~100	(4)
	湛水冠水	葉先が黄変 する。	25	同上	45	同上	80	同上	60~100	(5)
出 穂 期	湛水冠水	一穂量がや や減少する。	30	下葉が黄化し て枯渇する。	80	下葉が黄化し て枯渇する。	90	下葉が黄化し て枯渇する。	90~100	(6)
	湛水冠水	同上	15	下葉が変色す る	25	下葉が変色す る。	50	下葉が変色す る。	70	(7)
成 熟 期	湛水冠水	ほとんど損 傷はない。	5		20		30		30	(8)
	湛水冠水	同上	0		15		20		20	(9)

(1) $P = 0.562 T^{0.804}$	(7) $P = 0.426 T^{0.967}$
(2) $P = 0.602 T - 1.32$	(8) $P = 0.047 T^{1.323}$
(3) $P = 28.754 T^{0.233}$	(9) $P = \frac{5}{16} T - \frac{45}{4}$
(4) $P = 0.054 T^{1.445}$	$P = \frac{T}{12} \div 8$
(5) $P = 0.993 T^{0.886}$	
(6) $P = 0.474 T^{1.155}$	
$P = 80$	

e) 湛水時間湛水面積曲線の作成 堤内地の地形測量を行うことによつて内水位と湛水面積の曲線が得られる。

これは図-3に示されるごとき曲線でその地形に固有のもので洪水によつて変化はしない。次に内水位と時刻との関係は図-1\*におけるごとく各洪水ごとに得られるものであるから、これより各洪水ごとの内水位と継続時間との関係が図-4のごとく求められる。図-3と図-4の関係から湛水面積と湛水時間との関係が図-5実線のごとく求められる。湛水を排除するためにある一つの対策が行われ、内水位が低下したとすれば図-5の実線は破線のごとくになる。従つてこの両者の曲線で囲まれた面積の部分が湛水時間、湛水面積の減少を示すことになる。

図-3

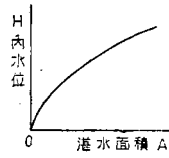


図-4

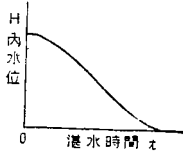
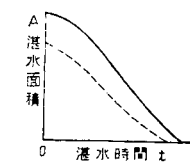


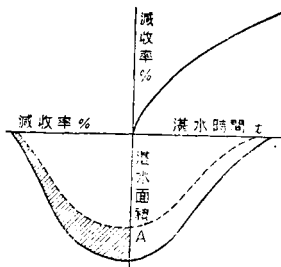
図-5



d) 湛水面積減収率曲線の作成 前項において湛水時間、湛水面積曲線が得られればこれに相当する洪水の時期から (b)

項でのべた湛水時間と減収率の関係を使用して湛水面積と減収率の関係が得られる。すなわち図-6におけるごとく図表上で簡単に求められる。図中斜線を施した部分の面積がある

図-6



一つの対策を行つた場合の効果を表わしていることは前項におけると同様である。なおこれらの関係は一つの特定期洪水ごとに求めなければ得られないことに注目すべきである。

e) 計画と経済効果との関係 ある一つの湛水排除の計画を仮定すれば、前項でのべたごとく図-6の斜線を施した部分の面積に、単位面積当りの収益を積算することによつて、ある一つの洪水に対する利益が求まるから、過去 20 箇年程度の毎年の出水に対し同様の計算を行つて平均すれば平均 1 箇年の効果が計算できる。従つて湛水排除の仮定された幾つかの計画について同様の計算を行えば、効果と工事費との関係から最も有利な計画を決定することができる。計画を仮定する方法については第 4. でのべたとおりである。投資限界の問題についてはなお将来別の機会に譲るが工事費が 1 年の平均効果の 10 倍以下であることが望ましいと筆者は考へている。

なお機械排水を行う場合は当初の工事費のみならず施設の維持管理費、機械の運転費を毎年の効果より差引いて計算すべきである。

6. 結語

以上筆者は堤内地の湛水機構を概念的に分析することにより、湛水面積と減収率の関係を導いて計画を試算的に決定する方法を提案した。当初に計画を仮定することについては、河川の計画にある程度なれておればそれほどむづかしい問題ではない。むしろこの程度の概略の計算を行うための基礎資料でさえ得ることが困難であろう。しかしこのような方法が充分なものとは考へていない。雨量と流出との関係が現在より一層正確に把握することが可能で、一方湛水の被害の分析がもつと完全になされるならさらにより方法が見出されるであろうから、これらについて今後の研究問題としたい。(昭.28.7.20)

28 年版東大土木同窓会会員名簿発行について

東大土木同窓会においては、昭和 28 年版の会員名簿を 12 月末刊行致します。会費 200 円御納入の方には名簿を御送附致しますから未納の方は同窓会あて会費を御払込み下されば、御送付致します。

東京都文京区本富士町一番地 東京大学工学部土木工学科

東大土木同窓会

振替口座東京 196770 番