

洪水時の水防技術について

——水防工法の現状分析——

村 本 嘉 雄

ON FLOOD FIGHTING TECHNOLOGY

——Present Situations of Levee Protection Works in Japan——

By *Yoshio* MURAMOTO

Synopsis

Flood fighting is a necessary measure for flood defence of rivers with lower improvement levels, and an important and adaptable measure for mitigating flood damages even in the improved rivers. However, the flood fighting organization and activity have weakened due to the decreasing number of full-time personnel and to the difficulty in preserving the traditional technology. This paper describes the present situations of flood fighting technology, especially levee protection and closure works in Japan.

Upon reviewing the data of currently adapted works during flood fighting drills and real floods, it was elicited that the most familiar and adaptable levee protection works are (1) Tsumi-dohyo (dono)-ko (sandbags stacking), (2) Mushiro (Nuno)-bari-ko (straw and cloth mat covering), (3) Ki (take)-nagashi-ko (bank erosion protection by cut shrub and bamboo), (4) Tsukinowako (semicircular hooping by sandbags to reduce water seepage pressure). Several kinds of works characteristic in each region and those modified for urban areas such as Kawakura (wooden framed jetty) in the Hokuriku region and the modified kamadan-ko (simplified steel circular hooping) in the Kinki region are also presented. Standardization of these works and flood fighting system including the breach closure works remain to be studied further.

1. 緒 言

洪水時の水防技術を、治水技術に対比する言葉として広義に捉えると、その内容は(1)河川の監視・巡視、(2)洪水予・警報、(3)水防工法、(4)水防組織に大別され、さらに水防活動の実施に際しては、地域住民の水防に関する知見と防災意識も重要な要素になる。このように洪水時における水防活動とそれを支える水防技術、は広汎かつ多様な問題を包含しており、水防に関する基本的な法律である「水防法」においては、水防組織水防計画、水防活動、水防費用負担、災害補償、報償、罰則などの事項についての条文が記されている。

しかし、これらの条文だけでは効果的な水防活動を行うことができなく、水防に係りをもつ法律として、河川法、災害対策基本法、地方自治法、警察官職務執行法、自衛隊法、軽犯罪法など多くの法令が挙げられており¹⁾、このことから水防技術および水防活動とその背景（水防体制）の社会的広がりとその多様性がうかがえよう。

こうした水防技術（活動）とそれを支える背景は、時代とともに変化しており、特に近年における産業構造（主に農業）や生活環境の変化、河川周辺の土地利用形態および住民の職種・居住性の変革、治水施設を中心とした治水事業の進展に伴って、氾濫原の地域住民の水防意識の低下や水防組織の形骸化が指摘されている。しかし、洪水時の水防活動は、治水施設の整備率の低い河川において洪水被害を防止軽減するための

不可欠な手段であり、整備の進んだ河川においても経済性と柔軟性の面で秀れた超過洪水対策の一つとして将来とも継承・強化すべき手段であって、その基礎となる水防技術に関して上述の(1)~(4)のそれぞれの側面から調査研究を行い、それらを総合して水防技術の向上と水防体制の確立を図る必要がある。

このように、近年、水防体制の弱体化に伴う水防技術伝承の困難性が指摘され、水防組織の見直しや水防工法の近代化などの問題提起もなされてきたが、水防の第一義的責任は水防管理団体（市町村、水防事務組合および水害予防組合）に委ねられており、河川管理者（建設省および都道府県）の推進する治水技術に比して水防技術の重点的施策や科学的分析・開発はほとんど手がけられてこなかった。しかし、最近、総合治水対策の推進、治水予算の伸び悩み、さらには社会的な問題となった加治川水害訴訟審の判決（河川管理者の水防関係者に対する指導・助言義務）などが契機となって、昭和56年度以降建設省と水防管理団体との合同河川巡視、より緊密な水防連絡会の設置、大河川を中心とした水防訓練の拡充、建設省河川局による水防研修会の実施など水防体制強化のための施策が建設省を中心にして着実に進められている。また、調査研究面でも、昭和58年度から建設省土木研究所において水防体制の現状分析²⁾が行われ、利根川下流域、江戸川・中川流域などを対象として、農村と都市近郊域における水防体制と水防意識の相違点や現行の水防体制の問題点が指摘されている。

本文では、洪水時の水防技術に関する調査研究の第1段階として、(1)~(4)の水防技術の問題のうち水防工法に注目し、近年における水防工法の推移と地域的特性を、主に大河川における水防関係資料を用いて検討する。なお、水防工法には、河川堤防の侵食・決壊を防止する破堤防止工法と破堤後の決壊口の拡大防止と締切りを行う破堤部締切工法があるが、ここでは前者を水防工法、後者を締切工法と呼び、主に前者を対象として水防演習および洪水時の実施資料を分析し、後者については若干の事例を検討するにとどめる。

2. 水 防 工 法

2.1 水防工法の目的と分類

洪水時における河川堤防の決壊原因は、越流、浸透および洗掘の三つに大別されるが、これらの単独原因あるいは複合した原因による破堤ならびにその先駆現象としての堤体の漏水、亀裂や崩落の拡大を防止軽減するための水防工法が、古来数多く考案されており、その数は40~50種類にも及んでいる¹⁾。いま、水防工法を破堤原因に関係した目的で分類するとつぎようになる。

- 1) 越水防止工：積み土俵（土のう）工、堰板工、蛇籠積み工、水マット工
- 2) 侵食防止工（越水補強工）：裏建張り工、裏シート張り工
- 3) 浸透・漏水防止工（川裏：法尻）：月の輪工、水マット月の輪工
（川裏：法先）：釜段工、水マット釜段工、鉄板式（簡易）釜段工、樽伏工、導水筵張り工
- 4) 洗掘・侵食防止工：木流し（竹流し）工、立籠工、捨て石（土のう）工、竹網流し工、棒入れ工（川倉、牛棒、中聖牛、鳥脚）、屏風返し工
- 5) 浸透・洗掘防止工（川表）：詰土俵工、筵張り工、シート張り工、畳張り工
- 6) 亀裂拡大防止工（天端）：折り返し工、打継ぎ工
（天端～裏法）：控取り工、継縫い工、ネット張り工
（裏法）：五徳縫い工（竹、杭）、竹刺し工、籠止め工、力杭打ち工
- 7) 崩壊防止工（裏法補強工）：立籠工、杭打ち積み土俵工、土俵羽止め工、繫杭打ち工、柵かき詰土俵工、築廻し工

以上のように、水防工法の使用目的には一部重複しているものもあるが、各目的に対応した工種は主に使用される資材によって分かれており、近年、筵・畳・土俵・かます・縄・竹竿・木樋といった材料が、防水シート・ビニールマット・麻袋・ビニール袋・ロープ・鉄線・ビニールパイプ・ヒューム管などによってき

Table 1 Levee protection works in flood fighting drill of 1983 and 1984 at each Regional Construction Bureau in the Ministry of Construction

Region (River)	Hokkaido (Ishikari)	Tohhoku (Kitakami)	Kanto (Tone)	Hokuriku (Shimano)	Chubu (Kiso)	Kinki (Yodo & Yamato)	Chugoku (Ohta & Asahi)	Shikoku (Yoshino)	Kyushu (Chikugo)	Total
Levee protection works										
<i>Prevention of overflow</i>	●	○	○	○	○	○	○	○	○	8
Tsumidohyo-ko (Sand bag stacking)	●		○	○	○	○	○	○	○	8
Karyo-Tsumidohyo-ko (Modified stacking)			○	○	○	○	○	○	○	5
Sekiita-ko (Plate fencing)			○			○				2
<i>Protection against seepage</i>										
Mushirobiri-ko (Straw mat covering)	●	○	○	○	○	○	○	○	○	3
Sheetbari-ko (Coth sheet covering)			○	○	○	○	○	○	○	7
Tatamibari-ko (Straw thick mat covering)			○	○	○	○	○	○	○	1
Mizumat-ko (Water tube mat)			○	○	○	○	○	○	○	1
<i>Reduction of seeping water pressure</i>										
Kamadari-ko (Circular hooping of sandbags)			○	○	○	○	○	○	○	2
Tsukinowa-ko (Semi-circular hooping of sandbags)	●	○	○	○	○	○	○	○	○	8
<i>Protection against erosion and scour</i>										
Kinagashi-ko (Covering by cut shrub)	●	○	○	○	○	○	○	○	○	8
Sutedono-ko (Riprap of sand bags)			○	○	○	○	○	○	○	1
Byobugaeshi-ko (Folding screen)			○	○	○	○	○	○	○	1
Concrete block mat	●		○	○	○	○	○	○	○	6
Wakuire-ko (Wooden frame jetty)			○	○	○	○	○	○	○	4
<i>Prevention of enlarging crack on the top</i>										
Orikaeshi-ko (Bamboo sticking and folding)	●	○	○	○	○	○	○	○	○	5
Gotokunui-ko (Tripod stitching)			○	○	○	○	○	○	○	7
Kagotome-ko (Bamboo stitching on the lee)		○		○	○	○	○	○	○	4
<i>Enlargement of levee section</i>										
Tsukimawashi-ko (Sandbag stacking on the lee)				○	○					1
Total	7	6	5	11	7	8	10	11	8	8
										9

ている。しかし、水防工法は現地では採取可能な多量の土を主材料とし、入手・運搬・保管が容易で、耐久性があり、豪雨・洪水時に加工容易で、流水に対する抵抗力が強いことが、水防資材の必要条件であることには変りはない。

また、水防工法の選定条件として、河道条件（急流河川と緩流河川の区分）、堤体材料（砂利、砂、粘土の区別）、護岸の形式、河川の種別（大河川、中小河川、都市河川）などの要素が挙げられることもあるが、その基準は明確になっていない。

2.2 水防演習における水防工法の地域性と推移

前項に示した1)～7)の各目的別の水防工法は、いずれもその拵え方が水防解説書に明記されているが、技能面および資材面の制約から、現実で使用されている工法は半数以下といわれている¹⁾。つぎに、全国各地の水防演習時に実施されている工法³⁾からその点を検討する。

Table 1 は、建設省の各地方建設局ならびに北海道開発局が中心になって実施した一級河川の水防演習時の水防工法を括めたものである。昭和59年から石狩川と吉野川が新たに加わり、いずれの河川も5月～7月の時期に1000～2500人の参加人数のもとで行われている。所要時間は2～4時間であって、春日井市（庄内川）のように夜間水防訓練（昭和55年以降）の事例⁴⁾もあるが、大部分は昼間に実施されている。演習に採用されている水防工法は、同一河川でも昭和58年と59年で変わっている場合もあって、採用工種を固定的に考えることはできないが、全国的に使用頻度の高い工法を挙げるとつぎようになる。

1) 越水防止工：積み土俵工，改良積み土俵工 2) 浸透・漏水防止工：月の輪工 3) 洗掘・侵食防止工：木流し工，ブロックマット工 4) 浸透・洗掘防止工：シート張り工，水防マット工 5) 亀裂拡大防止工：折り返し工，五徳縫い工

前節の1)～7)の水防工法と比較すると、**Table 1** の実施工種は半数程度であって、全国的によく訓練されている工法は1/5程度に限られていることがわかる。また、水防工法の地域差は、北陸（信濃川）で枠入れ工（川倉、手枠）、立籠・蛇籠工など技能を要する急流河川用の工法が採用されている以外は、各地域間で目立った特色はみられない。なお、常願寺川、神通川および黒部川においても枠入れ工（主に川倉）と立籠工が演習および洪水時に用いられており、急流河川では水防工法だけでなく締切工法（仮水制工）においてもその有効性が評価されている。

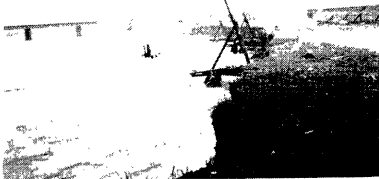


Photo 1 Kawakura (a kind of wooden framed jetty) in the Joganji River (during a flood)

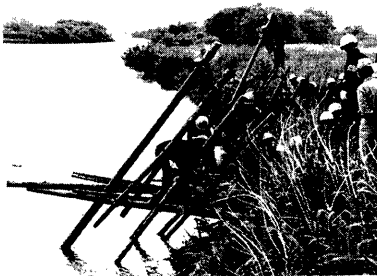


Photo 2 Kawakura in the Jintsu River (during a flood fighting drill)

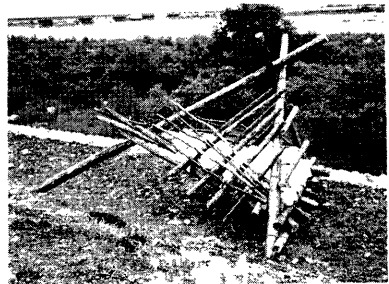


Photo 3 Kawakura in the Kurobe River (during a flood fighting drill)

Photo 1~3 に上述の三河川における川倉の設置状況が示されている。演習時の川倉(Photo 2 と Photo 3) は、合掌木と棟木に間渡し木や脇差しを組み合わせて本格的な構成になっているが、洪水時のもの (Photo 1) では、この場合、上部は合掌木と棟木だけからなる単純化された構造になっている。

つぎに、近年における水防工法の推移を検討するために、利根川と近畿地建（隔年に淀川と大和川）における水防演習の工法種目を示すと、Table 2 および Table 3 のようになる。利根川では、昭和27年度から水防演習が行われ、その内容は準備工と水防工に区分されている。準備工では、昭和45年度から土俵が土のうに代っている以外は変化していない。水防工では、壘張りや竹流しが昭和20年~30年頃に一部行われたが、最近では Table 1 に示したシート張り工、ブロックマット工、水防マット工などの近代工種が追加されてい

Table 2 Levee protection works of flood fighting drill in the Tone River

Year	Preparation			Levee protection works							
	Bamboo shar-pening	Wooden piles making	Sandbag making	Sandbag stacking	Covering by mat		Sandbag hooping	Covering the front by		Bamboo folding	Tripod stitching
					thin	thick		shrub	bamboo		
1952	○	○	○	○	○	○		○	○		
1953	○	○	○	○	○	○		○	○		
1954	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1955	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1956	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1957	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1958	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1959	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
1960	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1961	stopped										
1962	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1963	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1964	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1965	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1966	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1967	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1968	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1969	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1970	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1971	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1972	stopped										
1973	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1974	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1975	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1976	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1977	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1978	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1979	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1980	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1981	○	○	○	○	○	○		○	○		○
1982	○	○	○	○	○	○		○	○		○

Table 3 Levee protection works of flood fighting drill in the Kinki Construction Bureau

Works Year	Sandbag stacking tube mat	Concrete blockmat	Sandbag stacking with piles	Steel sheet piles	Mat covering	Cloth covering	Thick mat covering	Sandbag stacking on the lee	Semi-circular hooping of sandbags	Simpli-fied steel hooping	Circular hooping of sandbags	Wooden frame jetty	Wire stitching	Tripod stitching
	1966	○				○				○		○	○	○
1967	stopped													
1968	○				○						○	○	○	
1969	○					○					○	○	○	
1970	○					○					○	○	○	
1971	○			○		○			○		○			○
1972	○			○		○				○	○			
1973	○			○		○				○	○			
1974	○			○		○				○	○			
1975	○		○	○		○				○	○			
1976	○		○	○		○		○		○	○			
1977	○		○	○		○		○		○	○			
1978	○		○	○		○		○		○	○			
1979	○		○	○		○		○		○	○			
1980	○		○	○		○		○		○	○			
1981	○	○	○	○		○		○		○	○			
1982	○	○	○	○		○		○		○	○			
1983	○	○	○	○		○		○		○	○			

るが、基本種目は、積み土俵、葎張り、月の輪、木流し、折り返し、五徳縫いの6種目で昭和30年から変化していない。

一方、近畿地建の水防演習は昭和41年度から実施されており、張り葎、張り畳、猪ノ子俵、五徳縫いの4工種は最近行われなくなっているが、昭和48年度から木流し工も加えた展示によって補われている。利根川の水防演習工種と比較すると、近畿地建では簡易鋼矢板、築廻し（堰板式）、釜段工（簡易式と水マット式）など都市域に適した改良型の水防工法が数多く含まれている点と、浸透・漏水防止工法（釜段・月の輪）の演習に重点がおかれている点に特色があって、淀川、大和川など「水溜所の多い地域」の特徴がよく現れている。

2.3 洪水時における水防工法の実施状況

水防演習は、場所と時間が指定され、十分に準備された体制で実施されるので、洪水時のように豪雨の中、昼・夜間を問わず悪条件下で緊急に行われる実地での水防工法と水防演習のそれとは実施状況がかなり異なることが考えられる。このことを検討するために、最近、建設省東北地建および中部地建の水防団員を対象として行われたアンケート調査結果と北海道および近畿における水害時の水防活動資料から水防工法の実施内容をまとめてみる。

Table 4 は、建設省東北地建による調査結果⁵⁾（昭和50年度）であって、秋田・岩手・宮城・福島各県の7水防団の団員（配布210人、回答163人）を対象としている。実施工種は16種で、実施回数10回以上の工法は、積み土俵工、葎張り工、木流し工、月の輪工、詰土俵工の順になっており、越流・浸透・洗掘防止すべての工法が含まれているが、積み土俵工以外の経験は極く限られていることがわかる。

つぎに、**Table 5** は中部地建・木曽川上流工事事務所による管内の水防団員（296名）に対するアンケート調査結果⁶⁾（昭和56年度）を集計整理したものであって、各水防工法の年次別経験者数ならびに堤防の被災形態との対応が示されている。昭和46年～56年の11年間の経験者数の延べ人数

（全工種）の約7割は、昭和51年9月の17号台風による長良川の洪水災害時の水防活動で占められており、他の各年次はその1/10以下である。なお、昭和51年の洪水時には、岐阜・大垣・羽島各市とその周辺で約200ヶ所の水防工事が行われたが、水防団関係の延出動人員は10,894人、応援延人員3,869人（自衛隊35人、市町村職員50人、地元住民2,565人、建設業者900人）であって、使用した主な水防資材は土のう443,265袋、杭21,562本、ビニールシート24,000m²という大がかりの水防活動であった⁷⁾。

Table 5 から経験者の多い水防工種をみると、積み土のうと杭打ち積み土のうの2工種が全数の65%を占めており、ビニールシート張り、竹・木流し、月の輪および葎・畳張りを含めた6工種で全数の94%になる。これらの工種を上述の東北地建のものと比較すると、杭打ち積み土のう（木曽川）と詰土俵（東北）以外は葎張り（東北）がビニールシート張り（木曽川）に変わるだけで大差はみられない。一方、堤防の被災形態としては法面崩壊と漏水が多く、前者に対しては杭打ち土のうとビニールシート張り、後者に対しては積み土のう、月の輪、杭打ち土のうが多く用いられていることがわかる。

最後に、北海道開発局と建設省・近畿地建管内における最近の洪水時に用いられた水防工法を示すと、それぞれ**Table 6**および**Table 7**のようになる。北海道の三河川の水防工法を集計すると、積み土俵工（426、

Table 4 Experience of the levee protection works during floods (the Kiso River Construction Office)

Levee protection works	experience
Sandbag stacking	233
Straw mat covering	60
Covering by cut shrub	59
Semi-circular hooping of sandbags	37
Packed sandbag stacking	14
Bamboo folding	8
Tripod stitching	8
Sandbag stacking with piles	8
Straw mat covering on the lee	7
Bamboo stitching on the lee	7

Table 5 Levee protection works and modes of levee damage during floods (the Kiso River Construction Office)

Year	Piling	Sandbag stacking with piles	Sandbag stacking	Straw mat covering	Covering by shrub & bamboo	Vinyl sheet covering	Semi-circular hopping of sandbags	Long cage with stone	Bamboo net	Tripod stitching	others	Total
1971		1		7	2						1	11
1972	2	1	1				1					5
1973		7	6		2	2	2	1	1			21
1974	1	5	17	1	8	1	1					34
1975	1	6	5		1	9	2					24
1976	21	127	111	13	21	50	29		1	1	14	388
1977		7	8	1	4	9	1			1	2	33
1978			4		2		1					7
1979			4		2							6
1980		1	4		2		2					9
1981			2	1	3	2					4	12
unknown		1	5	1	3	2			1			13
Total	25	156	167	24	50	75	39	1	3	2	21	563
Levee breach	2	15	21	11	11			1	1			62
Over flowing			68	1	1	1						71
Water seeping	12	27	40	4		22	29				3	137
Seeping at sluice			3	5		10						18
Levee slope failure	3	101	11		12	20			2	1		150
others		1	1			1	1					4
Total	17	144	144	21	24	54	30	1	3	1	3	442

Table 6 Flood fighting activity in August and September of 1981 (the Hokkaido Development Bureau)

Name of rivers	Levee protection works	Working points	Workers number
Teshio	Sandbag stacking	34	1164
	Sandbag stacking	373	32376
Ishikari	Covering by shrub	19	
	Sankiwaku-ko	5	
	(Wooden frame jetty)		
Tokachi	Sandbag stacking	19	2165
	Covering by shrub	12	

木流し工(31), 三基枠(5)となり、積み土俵工が圧倒的に多い。一方、近畿地建の7河川の水防工法の総計は、積み土俵工(17)、月の輪(9)、釜段工(8)であって、近畿においては上述のように漏水防止工法の比重が高いことがわかる。

以上のように、洪水時に行われている水防工法の種類は、水防演習時の工種よりさらに限定されており、全国的にみて基本形となっている水防工法は、

- 1) 積み土俵(のう)工, 2) 蓆(シート)張り工, 3) 木(竹)流し工, 4) 月の輪工

の4種目である。Photo 4~Photo 6にそれぞれシート張り(張布)工(淀川)、竹(笹)流し工(大川)および月の輪工(下曲川)の一例が示されている。月の輪工の内径は2~4mで、三段積みが多く用いられている。また、地域的にみて実施頻度の高いその他の水防工法と



Photo 4 Harinuno-ko (cloth mat covering) in the Yodo River (during a flood fighting drill)

Table 7 Flood fighting activity in Typhoon No. 10 of 1982 (the Kinki Construction Bureau)

Name of rivers	Type of works*	Working points	Workers number
Yamato	A	11	137
	B	1	47
Uji	C	1	47
Katsura	A	1	15
	B	2	61
Kizu	A	1	24
	B	2	90
	C	7	314
Kako	A	2	18
	B	2	5
Maruyama	B	2	210
Yura	A	2	33

* A: Sandbag stacking, B: Semi-circular hooping of sandbags C: Circular hooping of sandbags



Photo 5 Takenagashi-ko (bank erosion protection by bamboo grass) in the Daido River (during a flood)



Photo 6 Tsukinowa-ko (semi-circular hooping by sandbags to store leaking water and reduce the seeping water pressure) in the Chikuma River (after a flood)

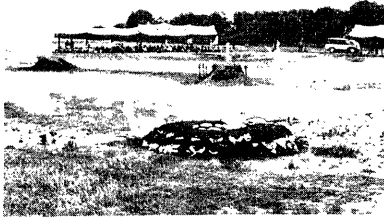


Photo 7 Kamadan ko (circular hooping by sandbags) in the Yodo River (during a flood fighting drill)

しては、

1) 釜段工 (近畿) (Photo 7: 淀川), 2) 杭打ち積み土のう工 (中部), 3) 川倉・立配工 (北陸), 4) 詰土俵工 (東北)

が挙げられる。近年、水防工法の改良が進められ、水マット工 (近畿)、注水式チューブ工 (東北)⁹⁾、水マット式あるいは鉄板式釜段工 (近畿) など作業の簡便化、省力化を図る工法が考案され、都市河川を中心に演習も行われているが、実際の洪水時に使用された所は少なく、その普及を図り実用性を明らかにする必要がある。

3. 締 切 工 法

破堤部の締切工法は、一般に

- 1) 欠け口止め工 (決壊口の拡大防止)
- 2) 仮水制工 (破堤部への偏流の水はねと減勢)
- 3) 荒水止め工 (破堤部の流量軽減・断面縮小化)
- 4) せめ工 (流出口の最後の締切り)

に分けられるが、仮水制工の設置によって対岸に悪影響を及ぼすときには、低水路拡幅のための対岸掘削工を行う場合もある。これらの締切工法は、近年大河川を中心に大型建設機械が導入され、大幅に変化してきている。つぎに、各工法の推移と問題点について述べる。

欠け口止め工は、昭和30年頃までは浸流河川では木流し工、急流河川では棒入れ工と蛇籠工が用いられていたが、最近では捨てブロック工を用いる場合が多い。破堤部の拡大は、決壊口の洗掘と拡幅によって特役づけられるが、決壊口の上流側より下流側への拡幅の進行が急速であって、洗掘深は中央部へ増大するのでそうした破堤部の形状と拡大過程の特徴⁸⁾⁹⁾を考慮して洗掘・拡幅防止対策を講ずる必要がある。つぎに、仮水制工としては、杭出し水制、棒入れ工、ブロックが使用され、利根川 (昭22)、筑後川 (昭28)、黒部川 (昭44) などの例があるが、長良川 (昭51) や小貝川 (昭56) など最近の締切工法では用いられていない。この理由として、上述の対岸への影響およびブロック施工の場合の運搬路と重機設置の問題が挙げられる。

一方、荒水止め工は、伊勢湾台風水害時頃までは、作業船 (サンドポンプ船、台船など) を稼働させ、軽

だ沈床と杭打ち積み土俵工が主に用いられたが、最近では鋼矢板、ブロック、碎石、土砂などを用い、建設機械による締切工法が大河川の下流部を中心に行われている。例えば、昭和51年9月の長良川安八町大朝堤の締切工事（破堤延長約200m）では、クローラクレーン、トラッククレーンおよびパイプロを用いて、二重鋼矢板締切による仮堤が14日間で完成している。使用された主な材料は、鋼矢板1317板、連節ブロック2250²、根固ブロック1835個、施工土量40700m³である⁷⁾。

このように破堤部締切工法の機械化に伴って、洪水氾濫時における資材および重機の入手、運搬と作業足場の確保などを含めた緊急時における入念な締切工程計画が必要となってきている。また、計画に際して、破堤部周辺の堤内、堤外の環境条件を考慮して、締切法線および締切敷高を決定するとともに、上述の1)～4)の各段階の締切工の実施時点（水位）を決定する必要があると、それらの合理的な決定法も重要な課題である。

4. 結 言

以上、本文では水防工法に注目して、水防演習および洪水時に採用されている水防工種を検討し、その基本型は、

1)種み土俵（土のう）工、2)筵（シート）張り工、3)木（竹）流し工、4)月の輪工

の4種目であることを指摘した。用いた資料は主に一級河川であるので水防工法の地域性の検討はまだ十分でないが、都道府県や水防管理団体の水防計画書に記されている「重要水防箇所」に対する「予想される水防工法」に関しても上記4工種が大部分を占めている。したがって、これら4工種について、工法の原理、寸法・資材諸元、施工法などを再検討し、各水防工法の基準を明らかにすることがつぎの課題である。また、4工種以外に地域的に重視されている水防工法や都市河川用に開発された工法についても、河道条件との対応を中心にその実用性を検討する必要がある。さらに、水防資材の入手に関連して、現行の水防倉庫の配置と資材の備蓄基準や堤防の側帯および周辺の植林などの見直しも重要であろう。破堤部の締切工法については、長良川の事例を説明したが、鋼矢板による締切りができない礫河川などについても、締切工程の事例を分析し、締切時の基本条件を明らかにするとともに、種々の代替案を比較・評価する研究が必要である。

一方、こうした水防工法を有効に活用するためには、緒言で述べたように河川の監視、洪水予・警報ならびに水防組織を含めた水防体制を強化する必要があると、それらの裏づけとなる技術と水防意識の向上をはかり合理的で有効な水防計画の策定に努めねばならない。

最後に、水防関係の資料の収集に際して御協力下さった建設省、北海道開発局および府県土木部の方々に感謝いたします。なお、本研究は、昭和58年および59年度の文部省科学研究費・自然災害特別研究(1)「洪水時における河川堤防の安全性と水防技術の評価に関する研究」(課題番号58020025)の補助を受けて行われたもので、研究分担者各位ならびに中村行雄技官の御協力を得た。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 井上淳昭・森田米郎：水防技術ハンドブック，山海堂，1980。
- 2) 建設省土木研究所・総合治水研究室：水防体制の現状とその問題点(1)，土研資料，第2059号，1984。
- 3) 建設省・都道府県・水防管理団体：水防演習実施要領，1983，1984。
- 4) 松本純一：夜間水防訓練，河川，No. 434，1982，pp. 29-30。
- 5) 建設省東北地方建設局・東北技術事務所：水防工法のシステム管理についての調査報告書，1977。
- 6) 建設省中部地方建設局・木曾川上流工事事務所：水防団実態調査原表，1982。
- 7) 建設省中部地方建設局：昭和51年9月洪水時の水防活動総括表，1981。
- 8) 藤田裕一郎・田村多佳志・村本嘉雄：河川堤防決壊口の拡大過程に関する実験的研究，京大大学防災研究所年報，第27号B-2，1984，pp. 369-392。
- 9) 藤田裕一郎・田村多佳志・村本嘉雄：河川堤防決壊口の拡大過程（第3報），第40回土木学会年次学術講演会講演概要集，1985。