

조립식 어도 시범사업

Pilot Construction Project for Precast Fishway

2005. 12.



농 립 부



농 업 기 반 공 사

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “조립식 어도 시범사업”의 최종보고서로 제출합니다

2005년 12월

연구기관명 : 농업기반공사
농어촌연구원

요 약 문

여 백

요 약 문

I. 연구과제명 : 조립식 어도 시범사업

II. 연구개발의 목적 및 필요성

하천에 보를 설치하면 물속에 서식하는 생물의 이동 통로만 단절되는 것이 아니라 하천을 기반으로 하는 생태계가 교란되어 조류나 육상동물의 이동도 곤란해지므로 대책이 수립되어야 한다. 현행 수산자원 보호령 12조 2항에 “하천의 전유폭을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자는 수산청장과 협의 하여 하천의 일부를 개방하거나 어도를 설치하여 소하(遡河)어류의 통로를 확보하여야 한다” 라고 되어 있다. 하천의 보에 어도 설치가 의무화되므로 우리나라 하천에 적합한 어도를 개발하고 조립식 구조물화하여 구조적으로 안정적이고 견고하며 설치가 간편한 어도를 설치하여 하천 생태계의 안정을 도모하는 역할을 한다. 본 조립식어도 시범사업을 통하여 농업생산기반정비 구조물인 취입보에 환경친화적이고 시공성이 우수한 조립식어도를 시범사업을 통하여 현장적용성 검증을 하여 문제점 및 개선방안을 제시하고자 하였다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

우리나라 하천에 설치되어 있는 보에 어도 현황 파악을 실시하여 우리나라 하천 특성을 잘 반영할 수 있는 어도를 개발하고자 하였다. 국내 하천의 특성을 고려하여 기본적으로 월류부와 비월류부로 구성되어 있는 조립식 어도 기술을 도입하여 조립식 구조물화 하였다. 조립식 어도는 규격이 일정하고 견고하며 설치가 간편한 특징이 있는 어도이다. 본 시범사업 통해 우리나라 하천 환경에 적합한 어도를 개발하고 조립식 구조물화하며 국내 하천에 보편적으로 적용할 수 있는 토대를 마련하고자 하였다.

IV. 연구개발결과

1. 어도현황조사

동해안으로 유입하는 하천에서 조사된 어도는 총 100개 수원공에 142개의 어도가 설치되어 있었다. 고성군에는 도벽식 어도가 80% 이상이고, 양양군과 강릉시는 계단식 어도가 80% 이상이었다. 삼척시는 도벽식어도가 계단식으로 바뀌는 과정에 있으며 울진군과 영덕군은 수로식 어도가 대부분이었다. 이 결과로 보아 지방자치단체간의 어도 설치 현황이 상이하였다. 어도현황조사 결과 국내 어도설치의 문제점은 보 높이보다 어도의 높이가 낮아 낙차가 커지므로 인해 도약력이 좋은 어종만 이용 가능하다. 또한 어도 하류의 세굴로 낙차가 발생하거나 어도 입구가 퇴적되어 어도의 기능을 상실하였다. 운영상의 문제로 어도 유량이 제대로 조절되지 않아 어도내로 물이 흐르지 않거나 측벽으로 물이 넘치는 현상을 보이고 있었다. 이와 같이 문제점을 개선하기 위하여 어도 설치시 어도와 낙차공의 구조가 연결되어 홍수시에 유실을 방지할 수 있어야 하고 어도의 폭은 하천유량을 고려하여 설계해야 한다. 홍수시 파손되는 것에 대한 설계기준의 강화와 하류 세굴에 대한 대책도 필요하므로 어도 설계기준과 지침서를 작성하여 운영관리를 철저히 하고 수리시설 운영자와 관리자의 의식 개선과 지역 주민이 참여하여 감시하는 방안도 필요하다.

2. 조립식 어도 블록 개발

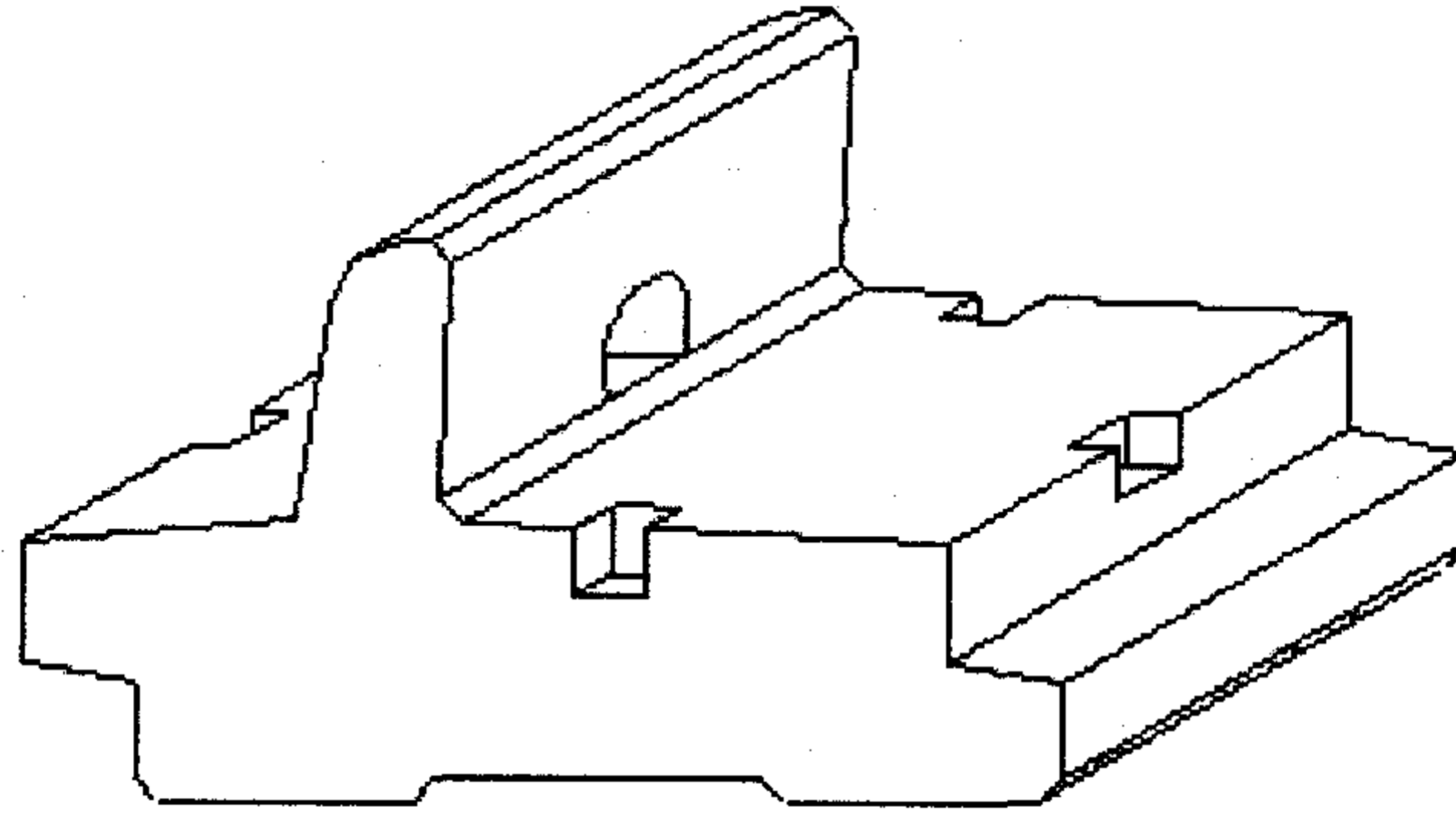
본 조립식어도는 아이스하버 형태의 계단식 어도로 조립식의 비월류형 블록과 월류형 블록으로 구성되며 블록간의 결합을 통해 풀(pool)이 형성된다. 본 어도의 전체적인 구배는 1:20 혹은 1:15로 설치가 가능하며 어도블록의 크기는 홍수시의 유실방지와 운송 및 현장 작업을 모두 고려하여 폭 1m, 길이 2m로 설계하고 무게는 3톤 내외로 하였다.

○ 월류형 어도블록

월류부는 물이 넘는 구간으로서 대형 어류가 도약할 수 있도록 격벽의 높이가 60cm, 수심 70cm 정도를 유지할 수 있도록 설계하였으며 물이 월류되는 격벽의 상단부 흐름에 저항을 최대한 줄이기 위하여 곡률반지름 R 150 mm

의 곡선으로 처리와 50mm × 50mm의 모따기를 하였다.

길이(m)	폭(m)	격벽높이(m)	재 료	중량(ton)
2.0	1.0	0.6	콘크리트	약3톤

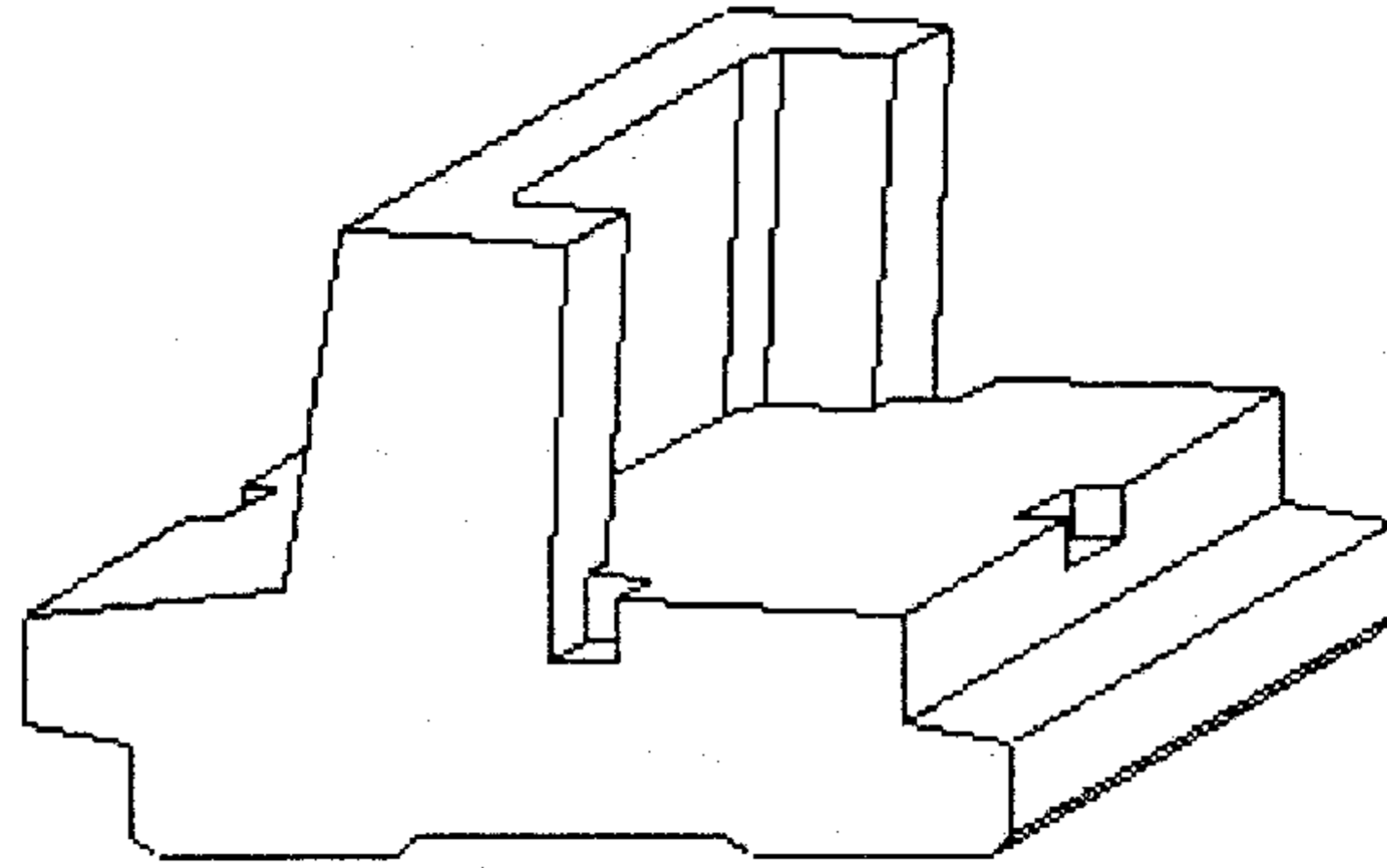


<어도 블록 월류부 조감도>

○ 비월류형 어도블록

비월류부는 물이 넘지 못하는 구간으로서 수심이 20 cm이상 상승하여도 월류하지 않으며 비월류부 배면의 풀에서 소상중인 어류가 설 수 있도록 하기 위하여 격벽의 높이를 월류부의 격벽보다 20 cm 높게 하여 80 cm로 설계하였다.

길이(m)	폭(m)	격벽높이(m)	재 료	중량(ton)
2.0	1.0	0.8	콘크리트	약3톤



<어도 블록 비월류부 조감도>

3. 조립식어도 시범시공

조립식어도의 현장적용성 검증을 위하여 시범사업을 경기도 검단보, 강원도 북창보, 전라북도 어우보, 전라남도 깊은보, 경상남도 백암보 5개 지구에 시행하였다. 시범지구 선정시에는 어도의 산간부, 중산간부, 평야부, 감조부에 다양하게 설치하여 어도의 기능성을 확인하고 설계나 시공시 문제점을 파악하여 이에 적절한 개선방안 대책을 제시하였다. 또한 조립식어도 블록이 콘크리트 공장제품이므로 품질관리 기준에 대한 방안을 제시하여 품질을 향상시킬 수 있도록 하였다. 그리고 조립식 아이스하버형 어도는 물의 흐름이 매우 안정적이며 2차례의 태풍과 홍수에도 파손되지 않아 구조적으로 매우 견고하다. 또한 이용하는 어종이 다양하고 체장이 작은 소형어류들도 이용하는 것으로 보아 소형 어류의 소상에 충분한 역할을 하는 것으로 판단된다. 따라서 조립식 아이스하버형 어도는 여름철 강우가 집중되어 하천 범람의 위험이 있고 체장이 작은 어종들이 많은 우리나라 하천특성에 매우 적합한 것으로 판단된다.

V. 시범사업의 달성도

본 시범사업을 통하여 하천에 설치되는 어도구조물을 실내에서 조립식화하여 설치의 간편성과 강도를 증가시켜 구조적인 안정성을 도모하였으며 하천

구조적 안전성이 부족한 하집만 하천 구조물을 공장제품으로 조립식화하면 가체절이나 공사기간이 단축 및 시공성 용이하다고 판단된다. 조립식어도 블록은 현장타설보다 구조물이 안정적으로 유지관리 될 수 있고 하천 생태계 측면에서도 유리하며 콘크리트 공장제품으로 조립식화에 적합한 조립식어도로 시범시공 하였다. 또한 국내 하천에 적합한 어도의 조립식 구조물화로 달성하였고 시범사업 및 시연회를 통한 현장적용성 확인과 문제점 및 개선대책안 마련하였다. 조립식 어도블럭의 품질향상을 위하여 제품품질관리 방법을 제시하였고 조립식 어도블럭의 신기술보급 및 설치 토대 마련하는 계기가 되었다. 본 조립식어도 시범사업을 통해 콘크리트 구조물로 외관상의 모양이나 구조, 어도내에 수초를 심는 등 좀더 친환경적인 구조를 갖춘 어도 개발 필요하다고 판단된다.

VI. 시범사업의 기여도

최근 환경에 대한 사회적 관심의 증가에 따라 하천생태계의 보전을 위하여 보나 댐 등의 시설물에 어도를 설치하는 것이 보편화되고 있는 실정이다. 특히 하천 및 시설물의 특성, 서식 어종, 하천유량변화 등의 제반 여건에 따라 어도의 형태, 크기 및 위치 등이 적절하게 결정되어야 함에도 부적절하게 설치되는 경우가 많지만 아직까지도 어도를 횡단구조물의 작은 일부로만 생각하여 규모를 가급적 최소화하고자 하는 관점에서 설계·시공되는 경우가 많은 실정이다. 본 시범사업은 어도가 하천생태환경의 보전에 필수적이며 하천횡단구조물과 동일한 중요성을 갖도록 설계·시공되어야 하는 것을 부각시키는데 기여하였다고 판단된다. 어도 내의 유속 및 유향은 어도의 기능을 발휘하는데 필수적인 사항이나 대부분의 기존 어도들은 물고기의 습성 및 소상조건이 미흡하여 과도한 유속발생, 흐름방향의 급격한 전환 및 월류수심의 부족하여 본 시범사업에서는 미리 수리모형실험을 실시하여 각 유량조건에 대한 어도 내의 수리특성을 재현하여 미리 그 적정성 여부를 예측함으로써 그 기능이 적절하게 수행되는지 현장적용성 검증에 기여하였다. 조립식 어도블럭은 국내 하천 특성에 적합한 어도로 판단되며 하천 생태계의 원활하고 안정적인 구조를 갖추고 친환경적으로 농업생산기반시설물을 정비하는데 기여하였다고 판단된다.

목 차

요 약 문	3
1. 서 론	3
1.1 어도 시범사업의 목적 및 필요성	3
1.1.1 기술적 측면	3
1.1.2 환경적 측면	3
1.1.3 사회·경제적 측면	3
1.2 시범사업 추진경위	4
2. 국내 어도 현황	7
2.1 국내 어도의 역사	7
2.2 국내 어도 설치 현황	11
2.2.1 분포	11
2.2.2 형식	12
2.2.3 규모	15
2.3 국내 기존 어도의 문제점	15
2.3.1 낙차 부분	15
2.3.2 수심, 유속 부분	16
3. 어도 형식의 종류	21
3.1 어도의 유형	21
3.1.1 풀(pool)타입 어도	21
3.1.2 수로식 어도	24
3.1.3 조작형 어도	26
3.2 주요 어도의 형식별 비교	28
3.2.1 계단식 어도	28
3.2.2 아이스하버식 어도	29
3.2.3 버티컬슬롯식 어도	29

3.2.4 도벽식 어도	30
3.3 주요 어도 장단점 비교	30
4. 조립식 아이스하버형 어도	35
4.1 개발배경	35
4.2 조립식 아이스하버형 어도블럭 설계	35
4.2.1 비월류 어도블럭	35
4.2.2 월류형 어도블럭	38
4.2.3 블록의 조립장치 및 기타장치	41
4.3 조립식 아이스하버형 어도의 특징	43
4.3.1 충분한 수심과 도약거리 제공	43
4.3.2 일정한 유황과 휴식처 확보	44
4.3.3 완만한 월류벽	45
4.3.4 구조적 안정	45
4.4 어도블럭 생산 및 제작	46
4.4.1 어도블럭 거푸집 제작	46
4.4.2 어도블럭 생산	47
4.4.3 어도블럭 품질관리	49
4.5 조립식 아이스하버형 어도 시공 순서	53
5. 조립식 아이스하버형 현장 적용성 검토	63
5.1 시범지구 선정 과정	63
5.2 조립식 어도 제품 검수	66
5.2.1 모양 및 치수	66
5.2.2 비파괴강도	69
5.3 시범지구 현장시공 사례	77
5.3.1 경기도 (검단보)	77
5.3.2 강원도(북창보)	81
5.3.3 전라북도(어우보)	88
5.3.4 전라남도(깊은보)	92
5.3.5 경상남도(백암보)	96

6. 문제점 및 개선대책 방안	105
6.1 기능성 및 경관성	105
6.2 현장 모니터링	108
7. 시범사업의 달성도 및 기여도	113
7.1 시범사업의 달성도	113
7.2 시범사업의 기여도	113
참고문헌	117

<부록 목차>

1. 시범사업 어도 설계도면	121
2. 어도 관련 지방서 및 법규	129
2.1 지방서	129
2.1.1 특별지방서	129
2.1.2 조립식 아이스하버형 어도블럭 도면	131
2.2 관련 법규	132
2.2.1 수산업법	132
2.2.2 내수면 어업법	132
2.2.3 어도시설 설치 및 관리규정(해양수산부 고시 제 2005-04호)	133
2.2.4 댐설계기준(2001 건설교통부)	134
2.2.5 하천설계기준 제 29장 어도편(2005, 건설교통부)	134
2.3 어도 폭 산정 기준	135
2.3.1 농업생산기반 정비사업 계획 설계기준(취입보편)	135
2.3.2 하천복원가이드라인(환경부,2002, 8장 어도편)	136
2.3.3 댐설계기준(건설교통부, 2001)	136
2.3.4 하천설계기준(건설교통부, 2005, 제29장 어도편)	136
2.3.5 어도시설 설치 및 관리규정(해양수산부, 2005)	136

2.3.6 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준 설계시공 등 표준모형개발 및 운영관리제도 연구(해양수산부, 2004)	136
2.4 법규 전문	137

1. 서 론

여 백

1. 서론

1.1 어도 시범사업의 목적 및 필요성

1.1.1 기술적 측면

농업생산기반시설물의 하나인 보는 취수 및 유지용수 확보 등의 이유로 많이 설치되어 왔다. 이러한 취입보는 은어, 뱀장어, 참개 등의 소하성(遡河性) 생물의 이동 통로를 차단하며 서식 생물들의 멸종을 초래하며, 국지회유(局地回遊)하는 어류, 게, 새우, 양서류 등의 수서생물의 이동을 통제하는 등 하천에 서식하는 생물의 비오톱(bio-topo) 구성에 장애가 되었다. 또한 보는 물속에 서식하는 어류나 수서생물 등의 이동 통로만 단절시키는 것만 아니라 하천을 기반으로 하는 생태계가 교란되어 조류나 육상동물의 이동에도 어려움을 주었다. 현 우리나라에는 보와 저수지가 각각 18,000개소씩 설치되어 있으나 어도가 설치된 보는 수백개소에 지나지 않으며 그마저 기존에 설치된 어도는 기능적인 면에서 많은 문제가 발생하기에 조립식 아이스하버형 어도를 시범으로 하여 생태 이동통로의 기능을 향상시키는데 그 목적이 있다. 또한 시범시공을 통하여 예기치 못한 설계시공상 등의 문제점을 시연회를 통하여 조사분석하고 그 개선방안을 수립하고자 하였다.

1.1.2 환경적 측면

농업생산기반정비 시설물인 취입보에 친환경적인 어도를 설치하여 절단된 하천의 상하류를 연결시켜 산란과 이동을 용이하게 하고 생태적 안정을 도모하여 생물의 다양성을 확보하고, 하천 내 서식지를 조성하여 생물들이 서로 공존하는 것을 목적으로 한다.

1.1.3 사회·경제적 측면

어도를 설치하여 생물들의 서식공간으로 이용함으로써 시민들에게 환경의식을 고취 시켜 인간과 자연이 하나임을 알리고, 생태학습의 공간으로 활용하며 학생들의 학습공간으로 사용을 목적으로 한다. 또한 은어, 연어 등 경제

성 생물들의 서식으로 주민의 소득증대를 유발하는 등 지역사회에 경제적으로 도움을 주는 것을 목적으로 하였다.

1.2 시범사업 추진경위

본 조립식어도 시범사업은 '2004 수리시설 정비사업 심포지엄'에 전시된 우수한 신기술·신공법을 널리 되었다. 우수 신기술신공법 선정은 전시회 관람자의 설문조사, 친환경성, 시범시공시 파급효과, 후보지 선정 및 설계의 용이성 등을 평가하여 결정하였다.

본 시범사업의 추진경위는 2004년 11월 시범사업 대상으로 조립식어도와 태양광전동수문을 선정하고 농림부에 보고하였으며 2005년 6월 2일 본 시범사업에 대해 농림부의 시행 승인을 받았다.

2005년 7월 20일까지 지구선정을 위한 전국현장답사 및 업무협의를 통해 5개 지구를 선정하였으며 7월 25일에는 시범사업을 원활히 추진하고자 해당지 사담당자 등을 중심으로 제1회 기술소위원회를 개최하였다.

8월 16일에는 시범사업을 원활히 수행하기 위하여 조립식어도블럭의 협약 체결을 하였으며 10월 10일까지 5개 시범지구에 대한 현황측량, 공사비견적 및 설계도면을 작성하였다.

2005년 10월 14에는 제2회 기술소위원회 개최하여 설계상 문제점 등을 해결 하였고 이후 농어촌연구원에서는 조립식어도 블럭 구매와 품질검사를 실시한 다음 시범지구별로 토목공사계약을 체결하여 공사 완료후 시연회를 개최하였다.

2. 국내 어도 현황

여 백

2. 국내 어도 현황

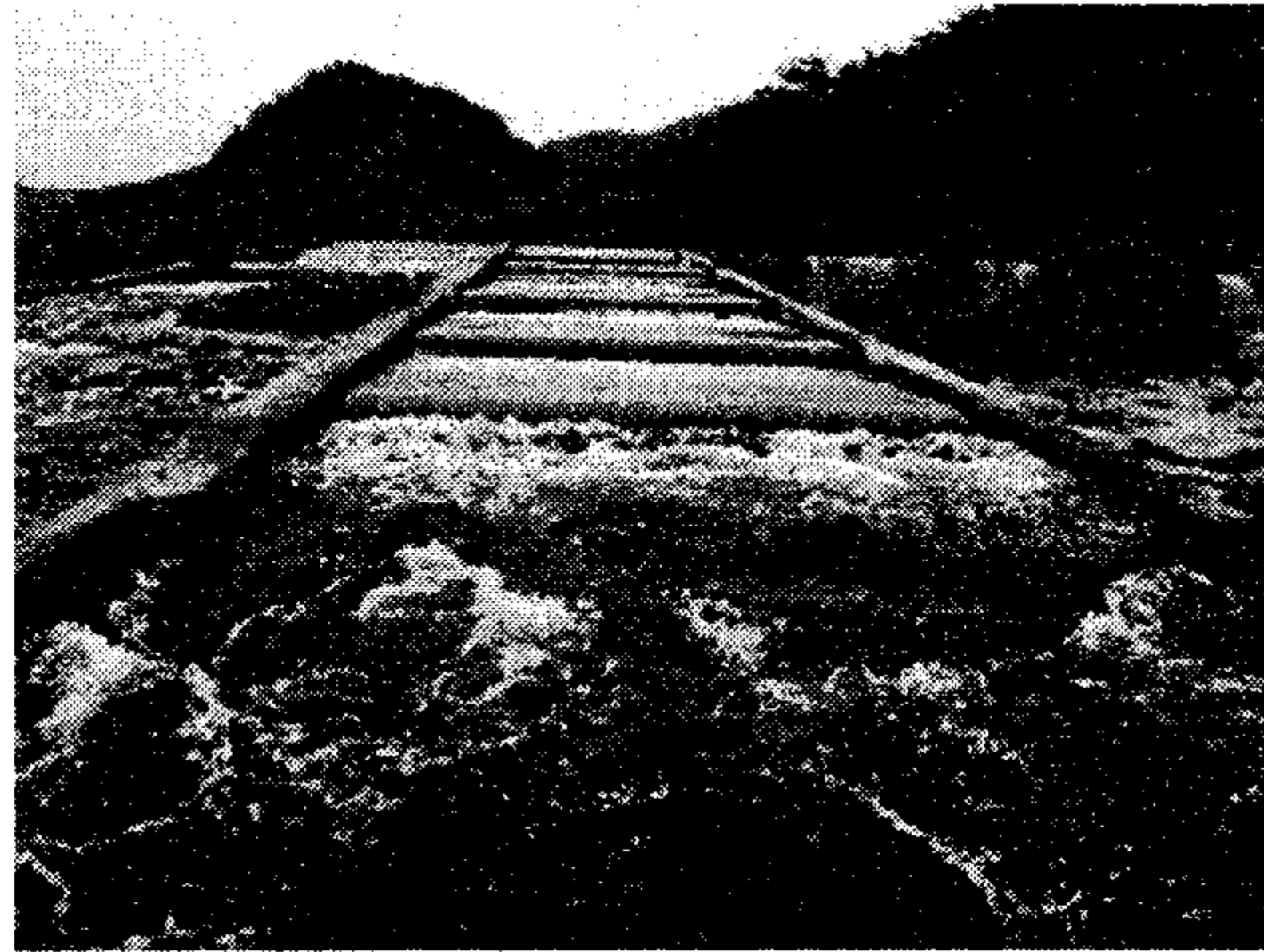
2.1 국내 어도의 역사

우리나라는 한일합방 이후 일본인에 의해 댐이나 보(洑) 등의 용수원 개발이 많이 이루어졌다. 바다와 근접한 하천을 중심으로 은어나 뱀장어를 위한 어도가 있었을 것으로 추측되나 자료가 남아있는 것이 없고, 1938년 낙동강 하구 김해 녹산 배수갑문에 처음으로 어도를 설치(경남도청 방재과 자료)하였으나 현재는 이용하지 않는다. 현재 남아있는 것으로는 <그림 2-1>에서 보는 바와 같이 1966년경에 시공된 강릉 사천천에 시공된 도벽식(導壁式)어도가 가장 오래된 것으로 많이 파괴되어 재시공이 불가피한 상태이다

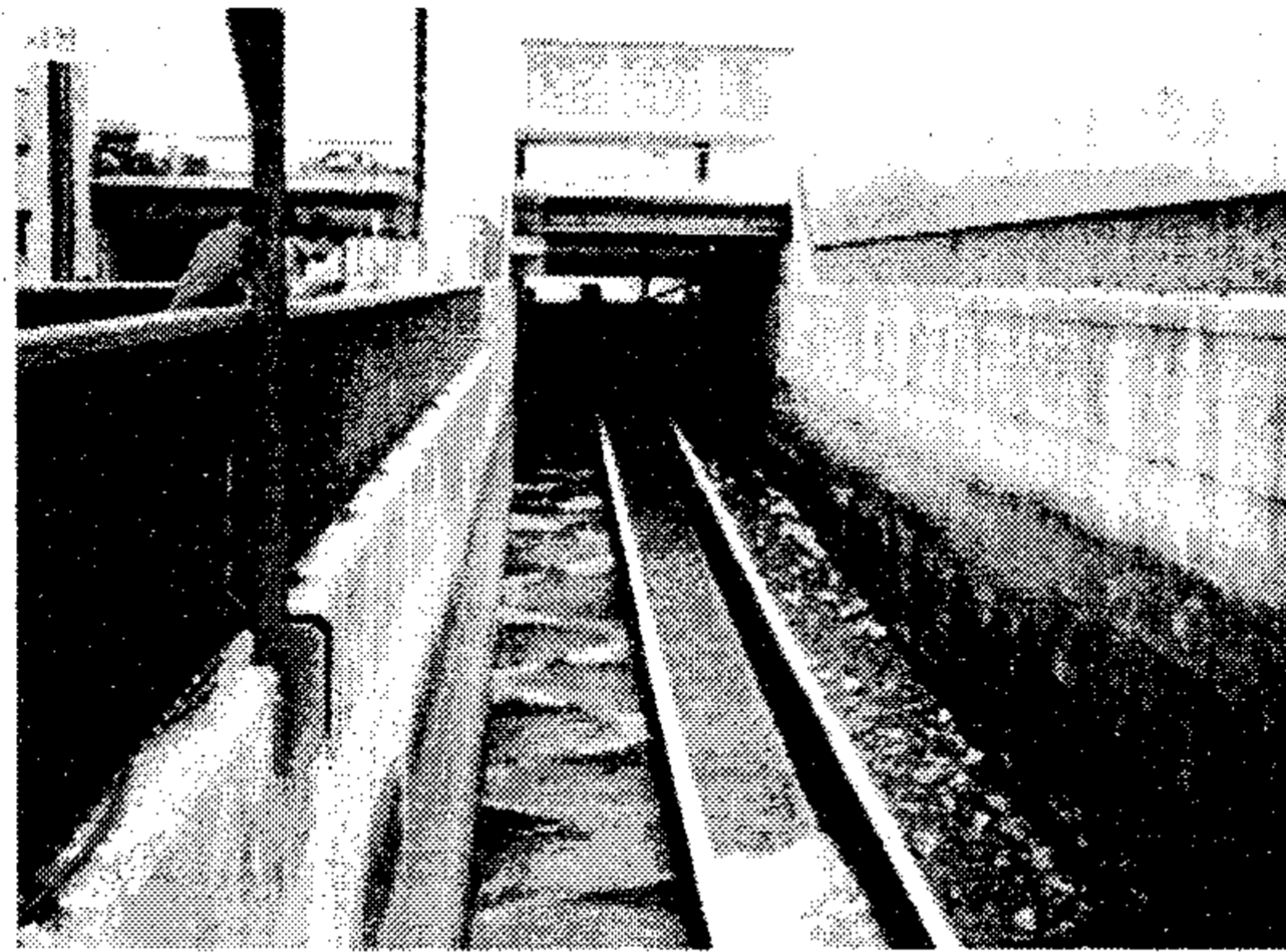
우리나라에서 본격적으로 어도를 시공하기 시작한 것은 1971년 수산자원보호령 12조 2항에 어도설치조항이 신설되고 우리나라의 경제수준이 높아져 생태계 보호의 필요성이 야기되었다. 초창기에 설치된 어도는 <그림 2-2> 및 <그림 2-3>에 나타낸 바와 같이 울진 왕피천 수산보의 계단식 어도(1985), 금강하구둑 어도(1987), 낙동강하구언의 계단식어도(1987) 등이 설치되었다. 금강하구둑과 낙동강하구언의 어도는 각각 일본과 네델란드의 자문을 통하여 설계·시공되었다. 그러나 하구둑은 내외 수위차로 인해 어도설치가 어려워 해남지구, 남포지구, 시화지구에는 방조제에만 어도를 설치하였다.



<그림 2-1> 도벽식 어도

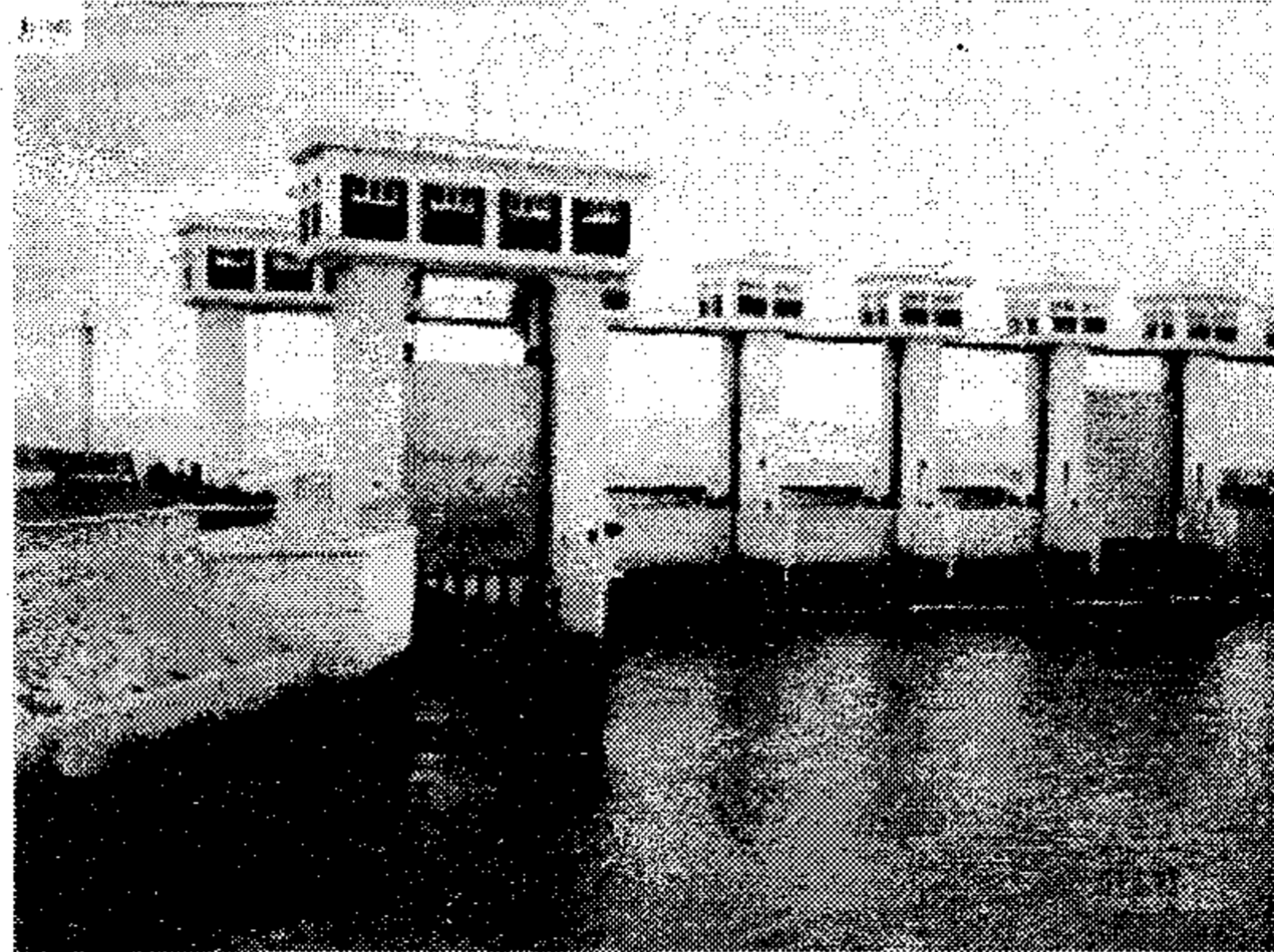


<그림 2-2> 계단식 어도



<그림 2-3> 금강 하구둑 계단식
어도

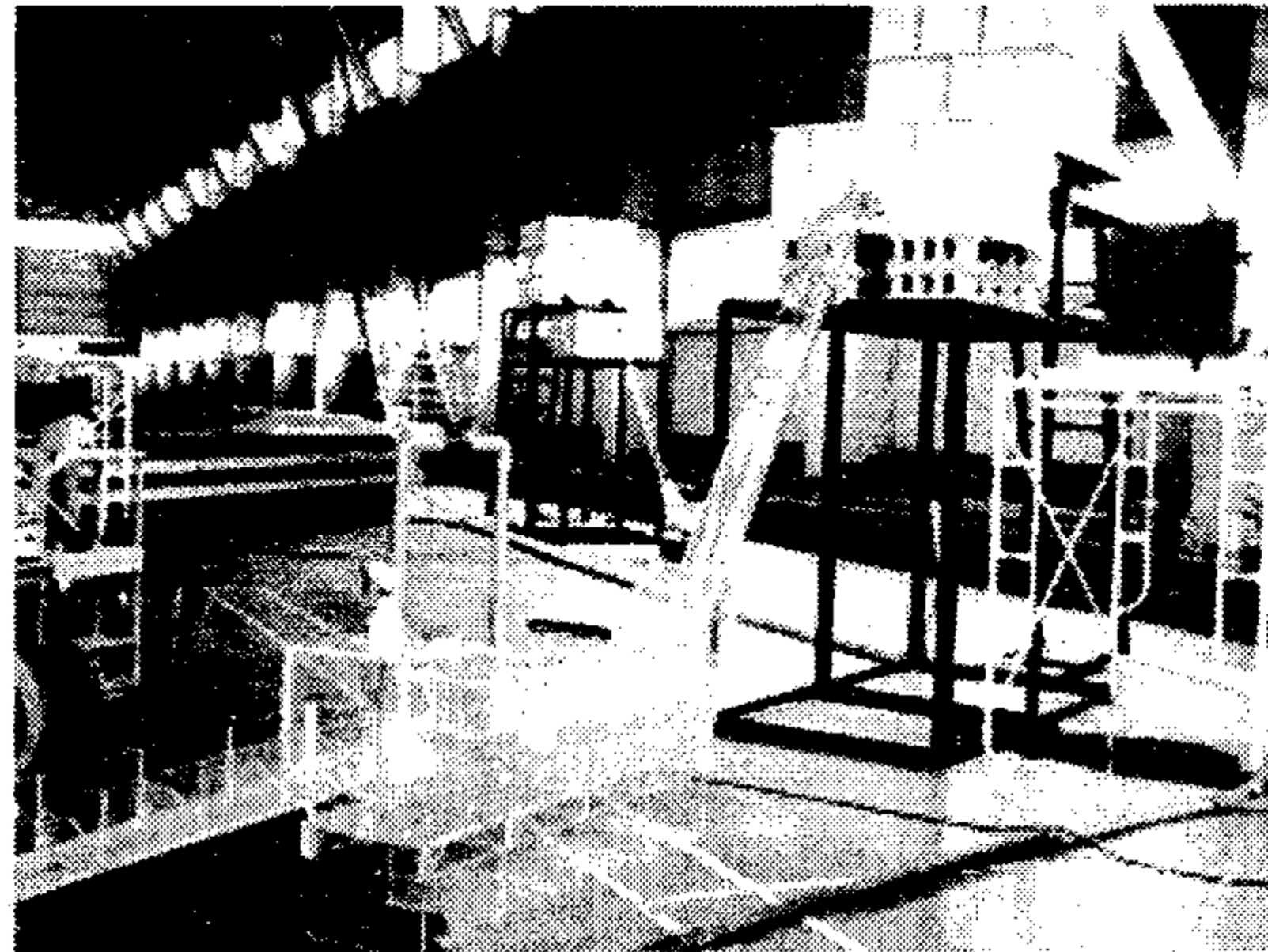
1990년대부터는 영암호, 금호호, 석문호, 우정호, 홍성호, 보령호, 새만금지구의 가력갑문과 신시갑문 등에 통선겸용 갑문식어도를 설치하고 있다. 1998년에는 <그림 2-4>에서와 같이 어도가 없는 영산호 통선문에 어도 기능을 추가하여 통선겸용 갑문식어도로 활용되고 있다



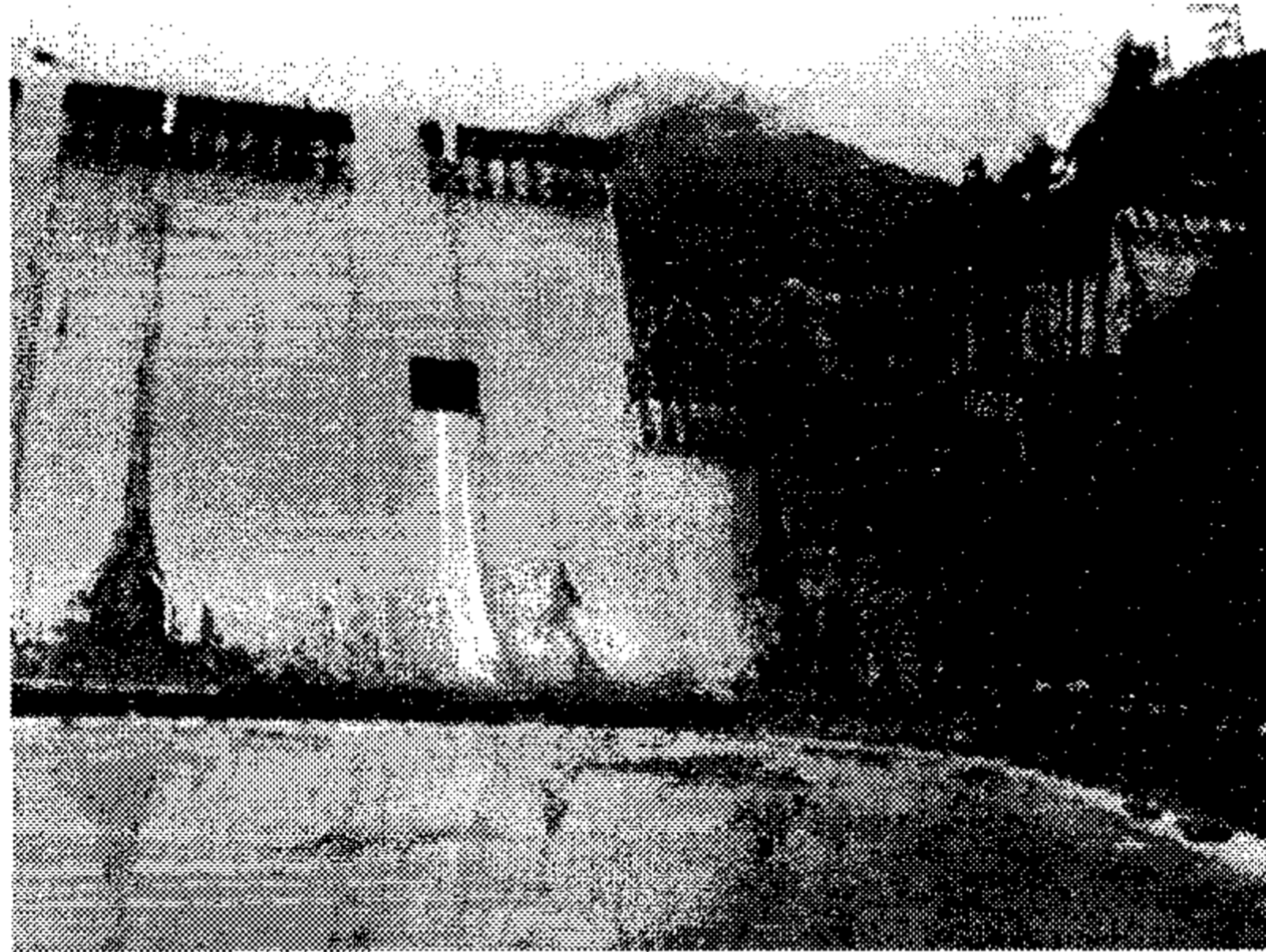
**<그림 2-4> 영암방조제 통선검용
갑문식 어도**

우리나라에서 어도에 관한 연구는 1985~1986년 농업기반공사에서 금강 하구둑에 어도를 설치하기 위한 “금강(I)지구 대단위농업종합개발사업 어도연구”가 처음으로 추정된다.

1989~1991년 농업기반공사 농어촌연구원에서 실시한 “담수호의 어도 이용에 관한 연구”가 있는데 이는 1980년대 이후 금강 등 하구 담수호에 어도를 설치한 후 어도의 기능이 충분한지를 보기 위하여 금강 하구둑 완공 전에 어류의 서식과 이동 현황을 조사한 것이다. 1992년에 농업기반공사 농어촌연구원에서는 “새만금 어도 수리모형시험”을 실시하여 새만금 지구에 설치할 계단식어도의 수리모형시험을 통하여 세부적인 구조를 개선하였으나 새만금은 계단식 어도를 설치가 곤란하여 추후에 갑문식 어도로 대체하여 시공하였다. 또한 1997년에는 광주대학에서 “탐진강 하천특성을 고려한 효율적 어도 설계에 관한 연구” 논문을 발표하였다. 본 논문에서는 탐진강의 보에 설치된 어도를 조사하고 수리시험을 통하여 탐진담에는 다단계형 계단식 어도와 평면경사식 암거형 어도를 추천하였다. 1996~1997년 한국전력에서 양양양수발전소에 설치하는 하부담 어도에 대하여 농업기반공사 농어촌연구원에서 연구하였다. 국내에서는 처음으로 대형담에 어도를 설치하는 것이므로 어도 시설을 최소화하여 시공하고자 국내 최초로 높은 50m 담에 Borland식 어도를 설치하기로 하였으며 수리모형시험을 거쳐 그 기본 계획을 수립, 현 공사완료 후 시운전 중이다. <그림 2-5>는 양양 양수발전소 하부담 수리모형 시험을 나타낸 것이고 <그림 2-6>은 양양 양수발전소 하부담 Borland식 어도를 보여주는 그림이다.



**<그림 2-5> 양양 양수발전소
하부댐 수리모형 시험**



**<그림 2-6> 양양 양수발전소
하부댐 Borland식어도**

1995~1998년까지 해양수산부에서 실시한 “어도시설 표준모형 개발에 관한 연구”에서 버티칼 슬롯식 어도의 짧은 격벽을 월류벽으로한 변형 버티칼슬롯식 어도를 개발하여 수리모형시험과 현장 검증을 거쳐 표준어도로 보급하고 있다. 1997년에는 농업기반공사 농어촌연구원에서 일본 농림수산청의 승인을 받아 일본의 “보에 설치할 어도의 설계기준”을 번역하여 발간하여 우리나라에서 어도에 관한 설계지침이 처음으로 선 보였다. 1998~1999년에는 농업기반공사 농어촌연구원에서 “하구에 설치한 어도 이용에 관한 연구”를 실시하여 영암방조제에 설치한 갑문식 어도의 기능을 조사하였으며 그 결과 용어와 줄공치가 1 마리/시간당 이상 이용하는 것을 조사하였으며, 양양 남대천, 영

덕 오십천, 탐진강의 3개 하천의 어도의 이용을 조사하고, 전국의 어도 현황도 조사하였다. 이 연구에서 어도는 193개소가 조사되었다. 그러나 한강, 동진강, 만경강 등의 어도가 조사되지 않았기 때문이며 실제로는 그 보다 훨씬 많을 것이다. 2001년 농업기반공사 농어촌연구원에서는 영산강 수계인 황룡강에 시공예정인 계단식 어도의 시험을 실시하여 어도의 기능을 검토하였다. 2002년에는 한국 수자원공사에서 댐하류에 집어지를 만들고 집어한 물고기를 트럭을 이용하여 상류하천으로 운반하여 방류하는 트럭식어도로 계획하여 화천댐에 적용 현 실시설계 중이다. 잠실 수중보의 어도 설치에 관한 수리모형 시험 결과, 갑문식을 설치하기로 하고 2006년 완공 예정 중이다. 이처럼 어도에 대한 관심이 깊어지면서 2004년 환경부가 주관하여 농업기반공사 농어촌연구원에서 “하천의 어도를 비롯한 생태통로 기술개발 연구”로 하여 국내 하천에 최적으로 적합한 조립식 아이스하버형 어도를 개발하였다. 또한 해양수산부에서 “하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도 시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영 관리제도 연구”로 하여 어도 설계기준을 2005년 2월 법령으로 제정하였다.

2.2 국내 어도 설치 현황

2.2.1 분포

전국의 하구에서 조사한 어도는 (표 2-1)에 조사된 바와 같이 42개 하천, 120개 수원공에 총 216개소의 어도가 설치되었다. 이를 도별로 보면 강원도에 20개 하천 80개 수원공에 114개의 어도가 있어 대부분의 하천에 하구에서 첫 번째 수원공에는 어도가 설치되었다. 다음은 전남으로 8개 하천에 12개 수원공에 39개소의 어도가 설치되어 1개의 수원공당 평균 3개소의 어도가 설치되어 전국에서 가장 많았다. 1개소의 수원공에 가장 많은 어도를 시공한 것은 탐진강 하류에 지역에 1개의 보에 9개의 어도가 설치되었다. 그러나 9개의 어도 중 8개는 원시적인 설계의 수지형 감쇄공을 갖는 수로식이고 나머지 1개도 사람이 이용하는 계단과 흡사한 수로식으로 나타났다. 경기도는 6개 수계의 18개 수원공에 20개의 어도를 설치하였는데 이와 같이 2000년 이전에는 어도가 그리 많이 건설되어 있지 않고 또한 제대로 된 어도도 많지 않은 실정이다. 2000년 이후에는 수산자원보호령의 개정 이후 보에 어도설치

가 의무화되어 각 지자체의 어도설치가 증가되고 있는 실정이다.

(표 2-1) 국내 도별 어도분포(농어촌진흥공사, 1999)

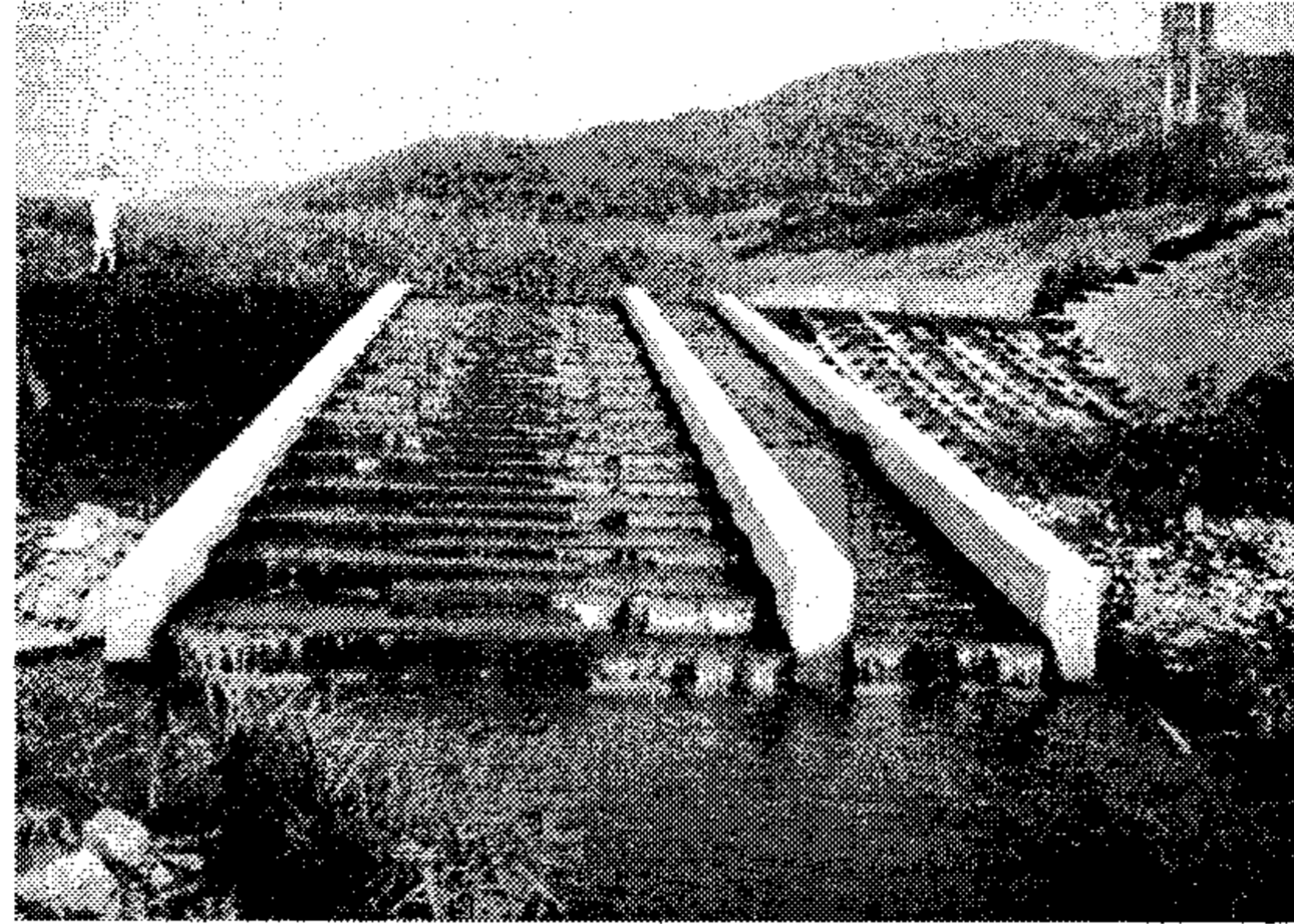
형 식	경기	충남	전북	전남	경남	경북	강원	계
계단식	13	3	12	11	2	18	53	112
도벽식			2				56	58
아이스하버식	2			4				6
버티칼슬롯식							4	4
평면수로식				8	1			9
수지형수로식				13				13
갑문식	1	3	2	3				9
블랜드식							1	1
기타	4							4
수계수	6	6	8	8	2	5	20	42
수원공수	18	6	16	12	2	16	80	120
소 계	20	6	16	39	3	18	114	216

2.2.2 형식

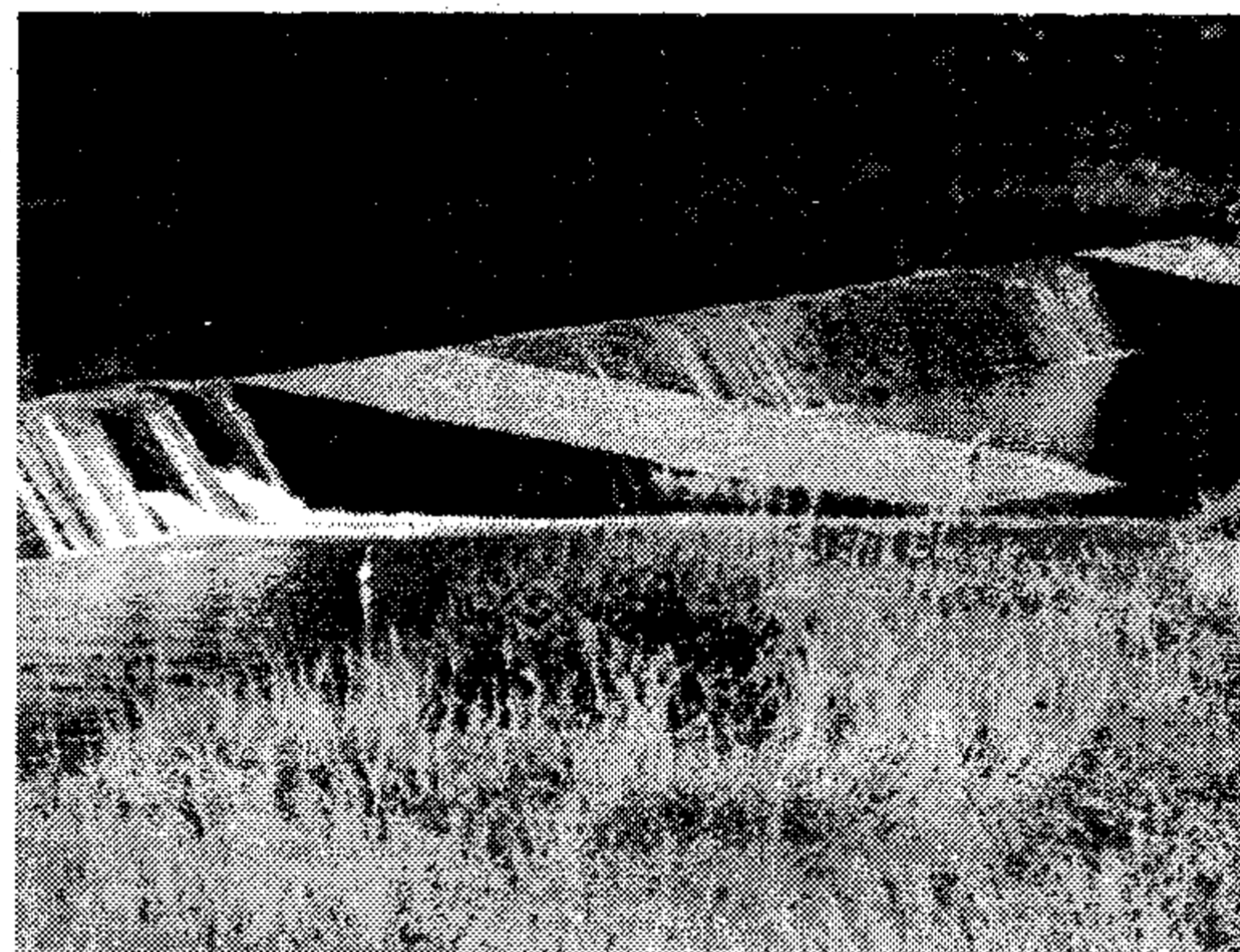
조사된 216개의 어도를 세부적으로 분류해 보면 계단식, 도벽식, 갑문식 등 8가지의 형식으로 분류할 수 있다. 조사된 216개의 어도를 형식별로 분류하면 <그림 2-7>과 같은 계단식 어도가 112개소로 52 %정도로 절반 넘게 시공되었고, 도벽식이 58개소로 27 %를 차지하여 이들 2형식의 어도가 전체의 약 80 %를 차지하고 나머지 20 %가 갑문식, 수지형, 감쇄공을 갖춘 수로식 어도 등이다. 수원공의 높이별로는 1m이하의 낮은 곳에는 도벽식 어도가 많고 2 m이상에는 계단식 어도가 많았다. 그러나 수원공의 높이 보다는 시공 연도가 오래된 것은 도벽식이 많고, 최근에 시공하는 것은 거의 대부분이 계단식 어도이다.

지방별로 형식의 차이가 많았는데 경북은 계단식 어도가 대부분인데 모두 계단내에 돌망태를 넣어 일종의 여울식 어도를 만들었으며, 나머지 형식은 시공한지 오래된 어도들이다. 전남 강진 탐진강 어도 중 8개는 수지형 수로로 분류한 수지형 감쇄공을 가진 <그림 2-8>과 같은 수로식어도로 유량조절

기능도 전혀 없고 기울기가 크며, 물이 어도로만 흐르지 않게 되어 어도의 기능이 상실된 상태이다.



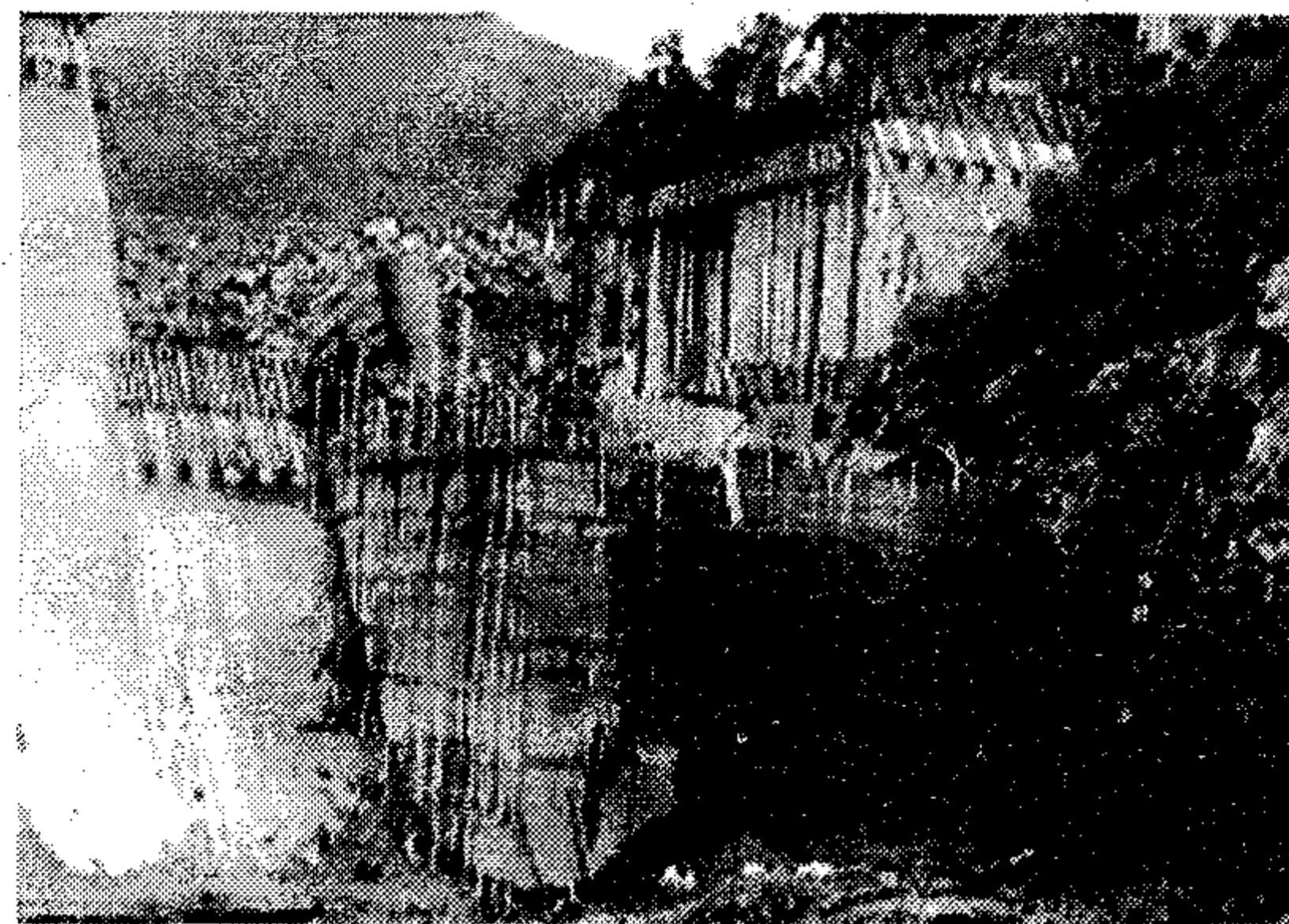
<그림 2-7> 계단식 어도



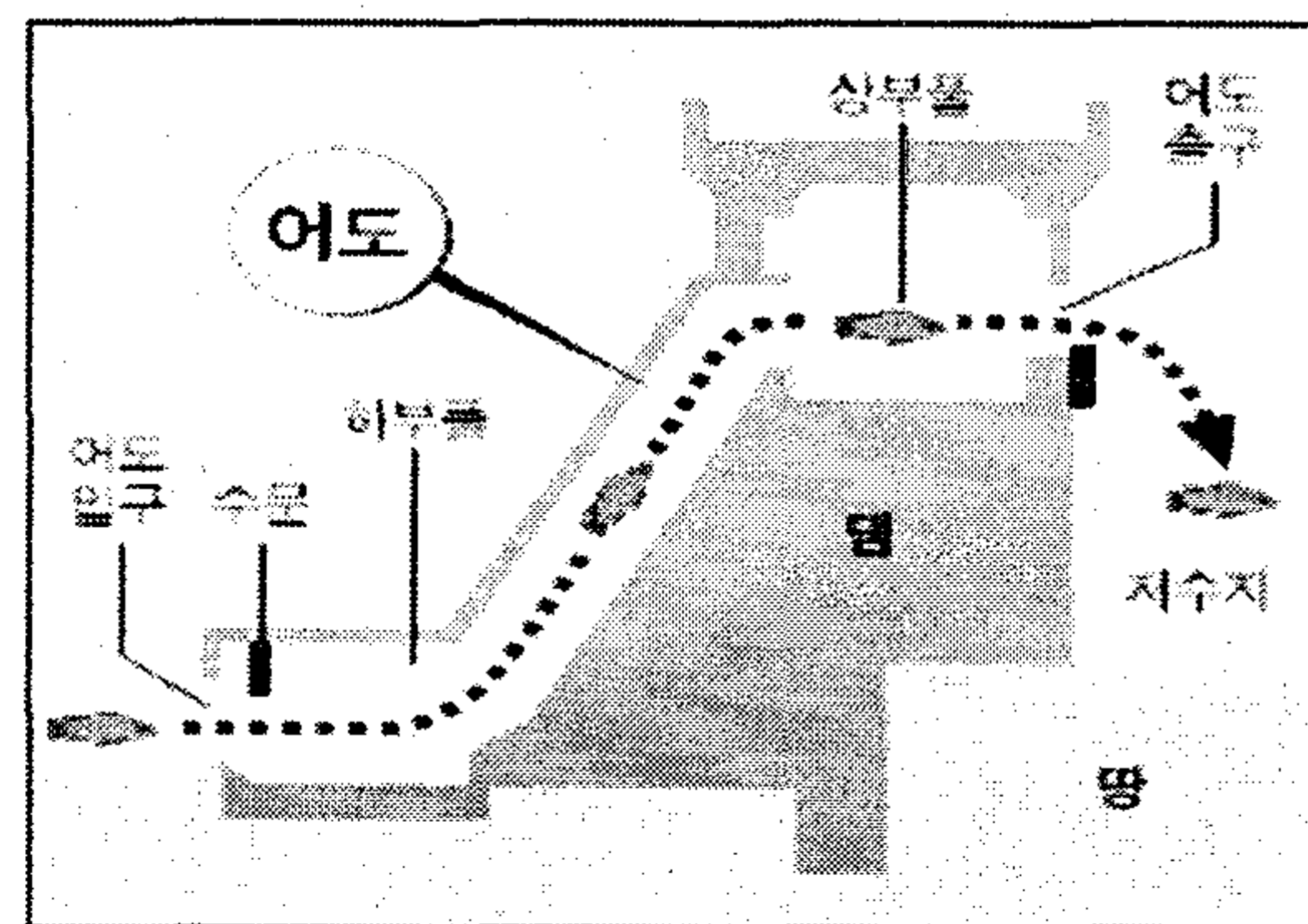
<그림 2-8> 수지형 수로식 어도

어도를 가장 많이 시공한 강원도에는 '90년대 이전에 시공한 도벽식 어도가 가장 많았으며 이들 도벽식 어도는 대부분 기능을 제대로 하지 못하고 있어 '90년대부터는 계단식으로 시공하고 있다. 강원도의 어도들은 대부분 어도 출구가 취입보 보다 낮아 갈수기 때에도 어도로 물이 흐를 수 있도록 하고 각낙판으로 유량을 조절하게 하였다. 경북에 시공된 계단식 어도들은 격벽이 있어 계단식으로 분류하였는데 바닥이 경사지고, 격벽간의 거리가 길어 아래 격벽에 물이 차도 윗쪽의 격벽 아래에는 물이 차지 않는 특징을 보이고 있다. 이들 3개도 외에 시공된 어도는 대부분 농업기반공사에서 하구 방조제에 설치한 계단식이나 통선겸용 갑문식어도들이며 이들은 상태가 좋고 어도 이용효율도 좋다. <그림 2-9>와 같은 Borland식 어도는 양양남대천 양수발전

소 하부담에 현재 시범운영중인 것으로, 본 어도는 수위차가 50m, 1일 내수위 변화가 5m가 넘는 수리학적으로 매우 열악한 조건에 설치하는 어도이다. Borland식 어도는 밑에서 헤엄쳐 온 물고기들은 먼저 어도 아래 끝 부분의 풀장에 모인다. 관리소에서 풀장을 원격 카메라로 살펴 물고기들이 많이 들어왔으면 수문을 닫고, 위쪽 저수지에서 물을 흘려보내 수로를 가득 채워 물고기들의 자체 부력으로 떠올라 댐 위쪽으로 넘어갈 수 있게 하는 원리를 나타낸 것이 <그림 2-10> 이다.



<그림 2-9> 볼랜드식 어도



<그림 2-10> 볼랜드식 어도의 모식도

'90년 조사에서는 도벽식이 56%, 계단식이 20%로 도벽식이 가장 많았으며, 암거식, 평면식 어도들도 다소 있었다. 이 중에서 평면식, 암거식은 '98년까지 그대로 남아 있는 실정이다.

2.2.3 규모

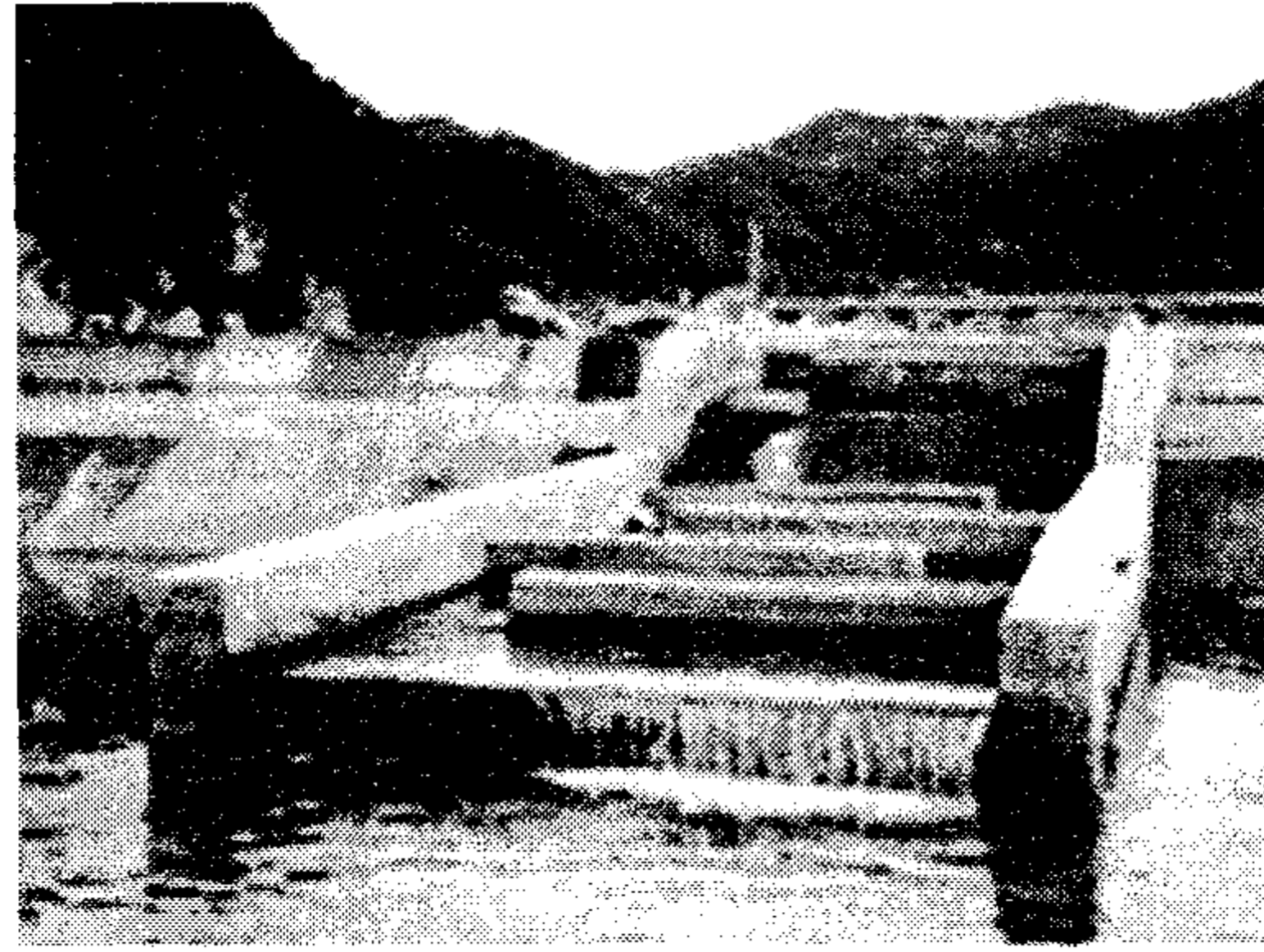
조사된 전체 어도의 평균 폭은 3.2 m로서 어도의 폭별 분포는 2~3m가 54개소로 전체의 28%를 차지하고, 다음은 1~2m가 40개소로 21%, 4m이상이 37개소(19%) 순이었다. 형식별로는 1.6~7.5m의 차이를 보이나 계단식 어도와 도벽식 어도를 제외하면 그 수가 많지 않아 계단식과 도벽식 어도만을 비교하면 계단식 어도가 도벽식 어도에 비하여 폭이 2배 이상 넓었다. 이는 도벽식 어도는 대부분 '90년 이전에 설치된 것이고 계단식 어도는 '90년 이후에 시공된 것이어서 어도의 규모가 점차 커지는 것을 알 수 있다.

어도가 가장 많이 시공된 강원, 경북, 전남의 평균 어도 폭을 살펴보면 경북이 5.2m, 전남이 4.8m, 강원이 2.2m 였는데 강원도에는 '90년도 이전에 시공한 도벽식 어도가 많기 때문이다. 도별로 가장 폭이 넓은 어도를 시공한 곳은 전북인데 이는 금강 하구둑 어도(9m), 새만금의 신시갑문(16m) 어도의 규모가 전국에서 가장 크게 나타났기 때문이다. 조사된 어도의 수위차를 보면 평균 수위차는 2.5m로 그 범위는 1.6~2.0m사이가 55개소(29%)로 가장 많았으며 다음은 1~1.5m(47개소 24%), 0.5~1.0 (33개소 17%) 순으로 나타났다.

2.3 국내 기존 어도의 문제점

2.3.1 낙차 부분

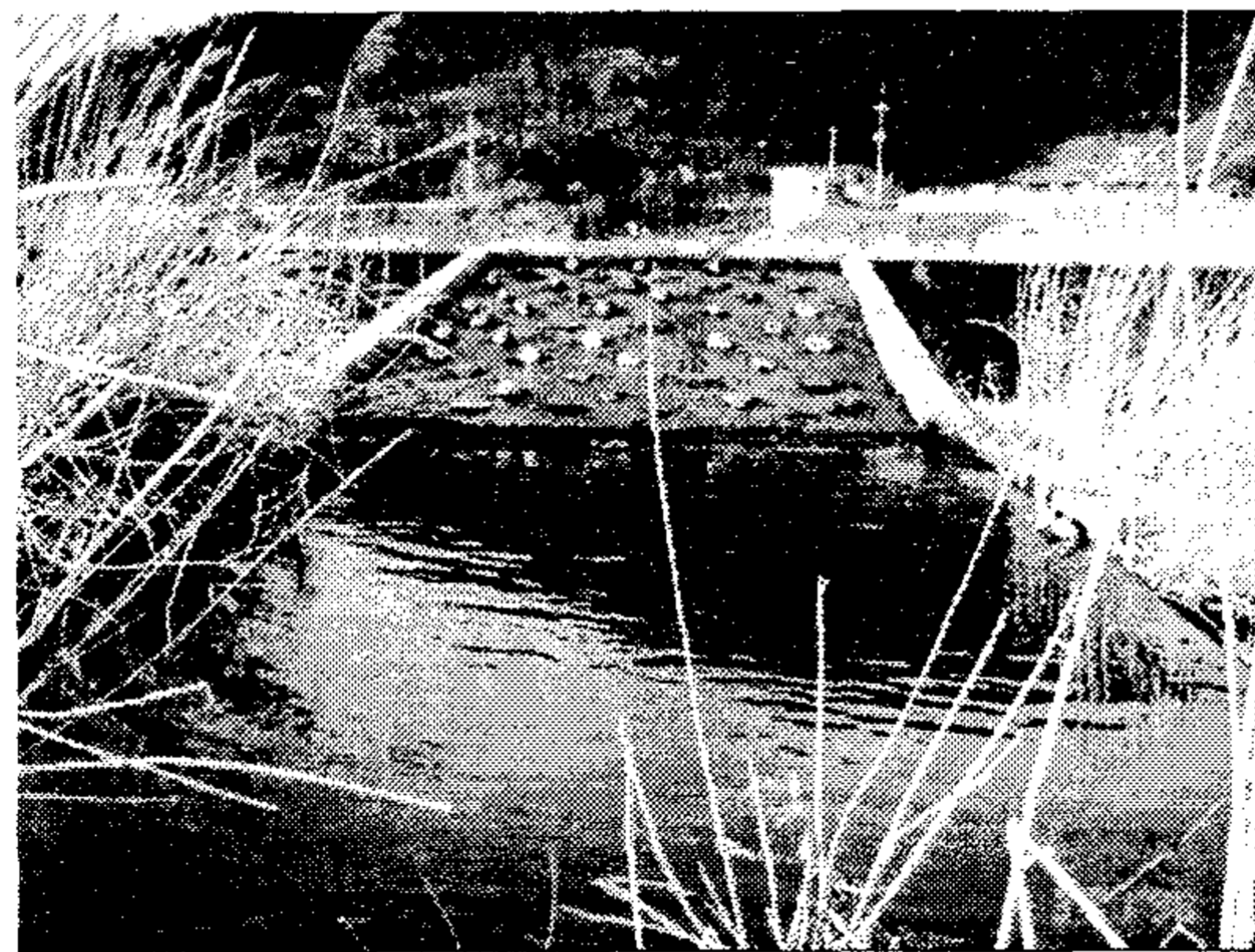
취입보는 상류와 하류가 자연스럽게 연결하여 어류 이동시 어려움이 발생되지 않도록 설계 시공되어야 하나 어도 입구부에서 낙차가 형성되어 어류 소상에 문제가 되는 경우가 종종 발생된다. <그림 2-11>은 어류가 소상하는 입구부 낙차가 커 어류가 소상하기 어려운 어도를 나타낸 것으로, 이러한 점이 국내 기존 어도의 문제점으로 되어 있는 부분이다.



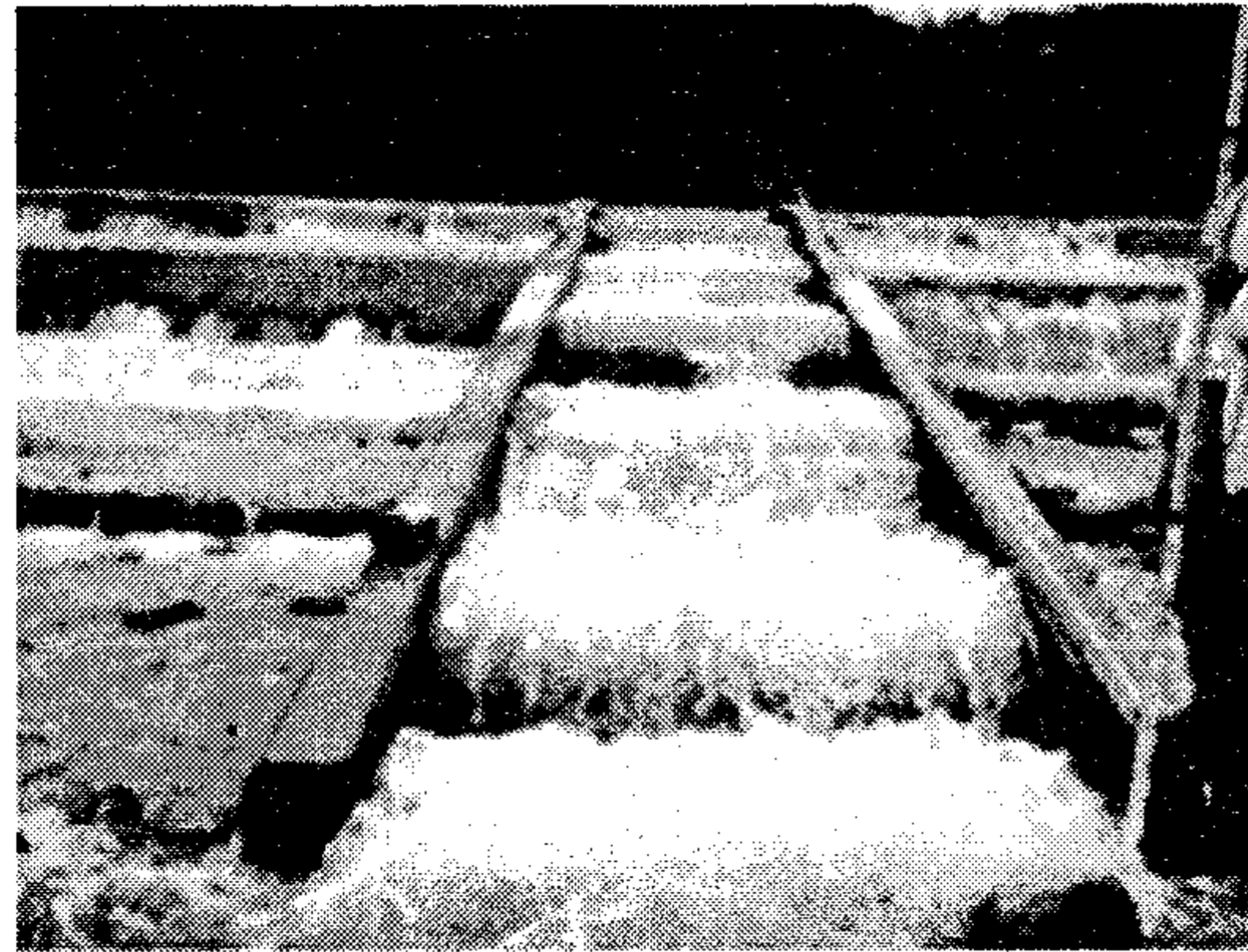
<그림 2-11> 입구부 낙차가 있는 어도

2.3.2 수심, 유속 부분

하천에 설치되는 어도는 어도 내 풀(pool)이 형성되지 않을 경우 도약수심을 충분히 마련하기 어려워 어류가 소상하기 어렵다. 따라서 어도의 경사를 완만하게 하여 유속을 최대한 줄어 주어야 하나 대부분 기존 어도의 경사가 급하여 유속이 커져 어도로서의 기능을 못하게 되는데 그 예로 <그림 2-12>는 풀이 형성 안 된 어도를 나타낸 것이고 <그림 2-13>은 유속이 빠른 어도를 나타낸 것이다.

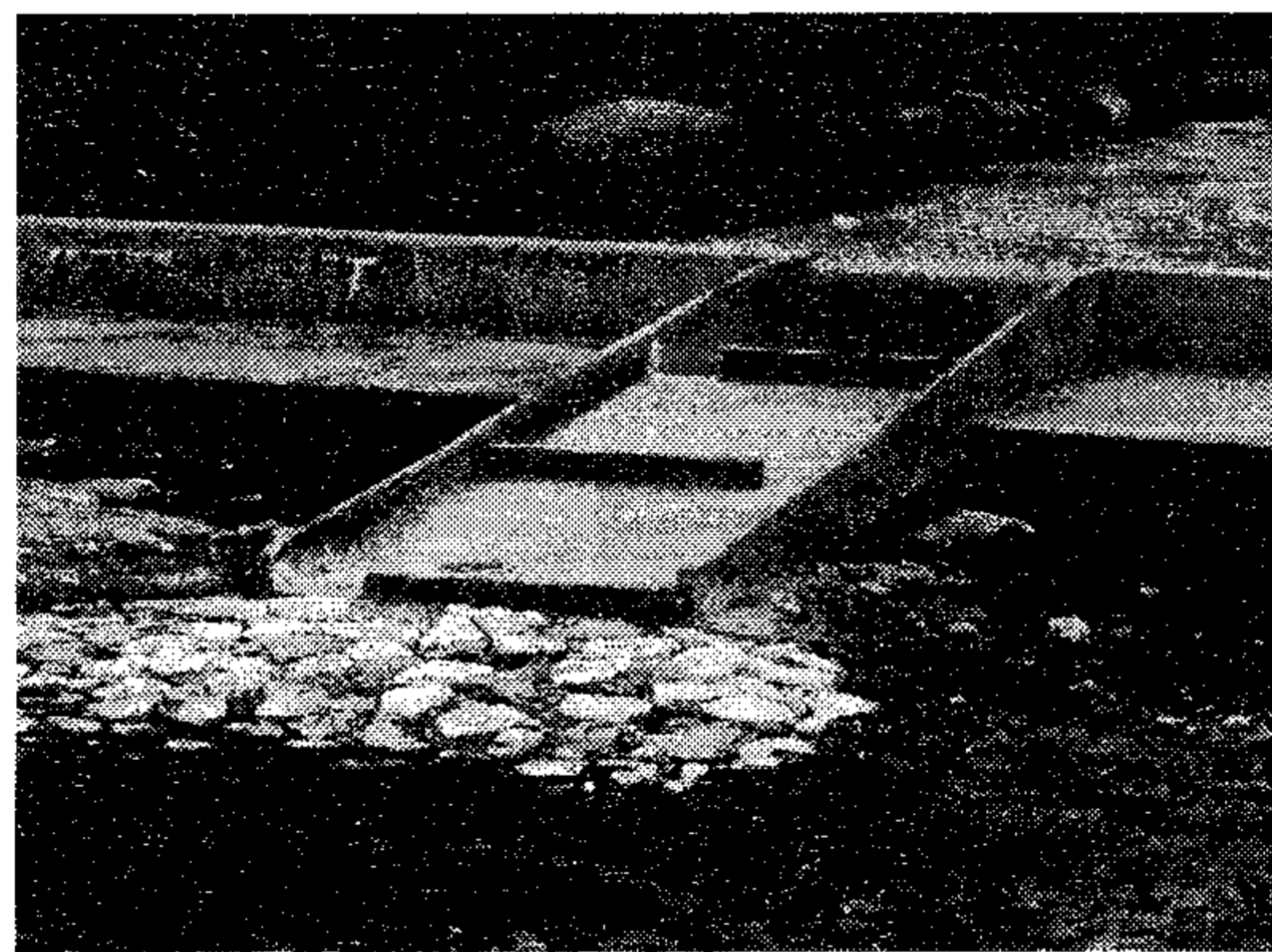


<그림 2-12> 풀(pool)이 형성 안 된 어도



<그림 2-13> 유속이 빠른 어도

또한 어도의 위치 설정을 잘못하여 어도로 물이 흐르지 않거나 어도 출구부가 보언체(천단)보다 높아 어도로 물이 흐르지 않는 경우 어도로서의 기능을 상실하게 된다. 그 예로 <그림 2-14>는 위치설정이 잘못된 어도를 나타낸 것이고 <그림 2-15>는 출구벽이 높아 어류가 소상되지 못하는 어도의 전경을 나타낸 것이다.



<그림 2-14> 위치설정이 잘못된 어도



<그림 2-15> 출구벽이 높은 어도

3. 어도 형식의 종류

여 백

3. 어도 형식의 종류

3.1 어도의 유형

일반적으로 어도의 종류는 (표 3-1)과 같이 크게 3가지 유형으로 나눌 수 있는데 첫번째는 풀(pool)타입 어도, 두번째로는 수로형 어도, 세번째는 조작형 어도 등으로 나뉜다.

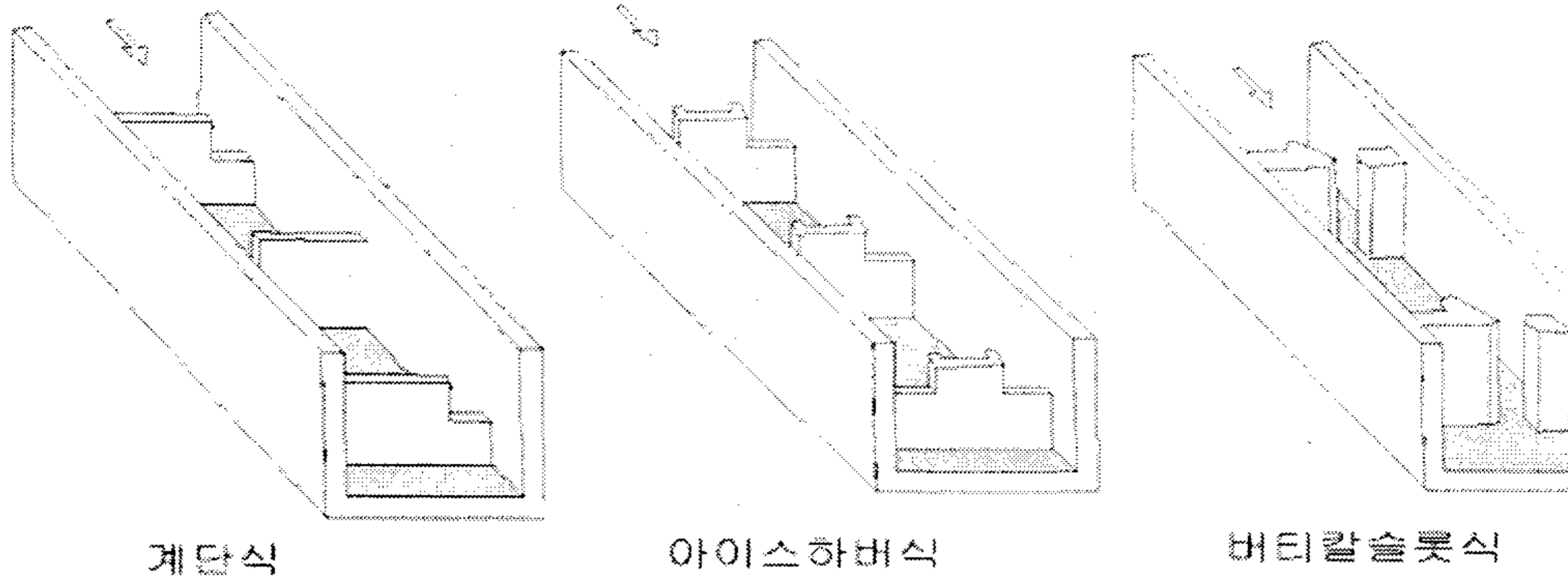
(표 3-1) 어도의 종류

어도의 형식		어도의 종류
풀형식 (Pool Type)	전면월류형	-계단식 -계단식(노치형) -계단식(노치,잠공)
	부분월류형	-아이스하버식 -버티컬슬롯식
수로형식 어도 (Channel Type)		-도벽식 -인공하도식 -데널식
조작형식 어도 (Operation Type)		-갹문식 -볼랜드식 -리프트/엘리베이터식 -Fish pump

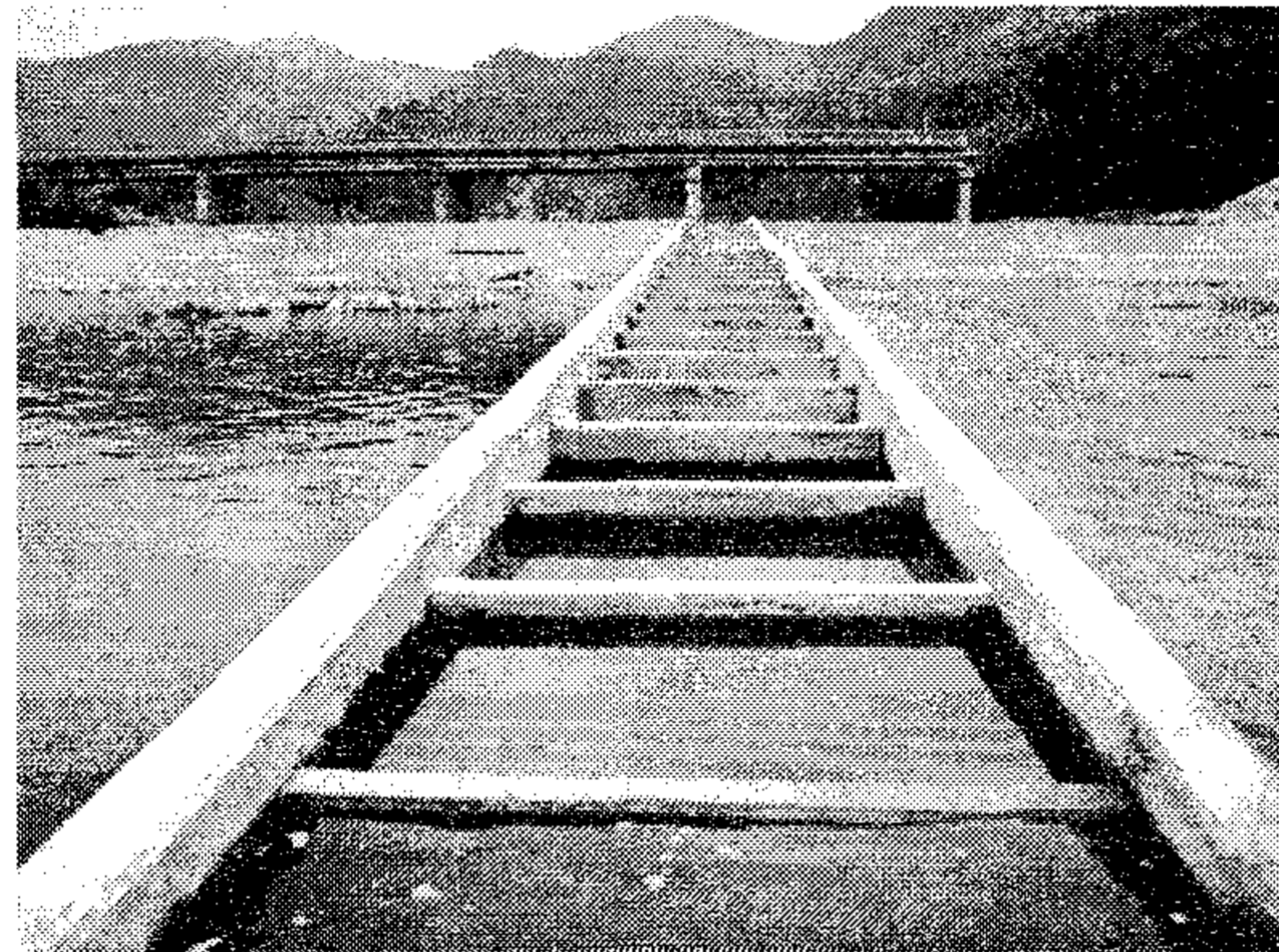
3.1.1 풀(pool)타입 어도

물의 흐름이 계단식으로 연결된 형태의 어도로서 물고기가 주로 격벽(隔壁)을 월류하는 흐름을 뛰어넘어 올라가는 형식을 계단식이라고 한다. 풀타입 어도 모식도를 <그림 3-1>에 나타내었으며 격벽 전체로 물이 넘는 것이 <그림 3-2>와 같은 전면월류형으로 우리나라 풀타입어도의 대부분이 이에 속한다. 이러한 형식은 비월류벽이 있고 양쪽에 월류벽이 있는 것을 아이스하버(Iceharbor)식이라 한다. 아이스하버식은 풀내 순환류가 발생하지 않고, 비월류벽 뒤에서 소상중인 물고기가 쉴수 있는 공간이 있으므로 높은담에 설치할 때 휴식공간을 설치하지 않아도 된다. <그림 3-3>은 미국 콜럼비아강의

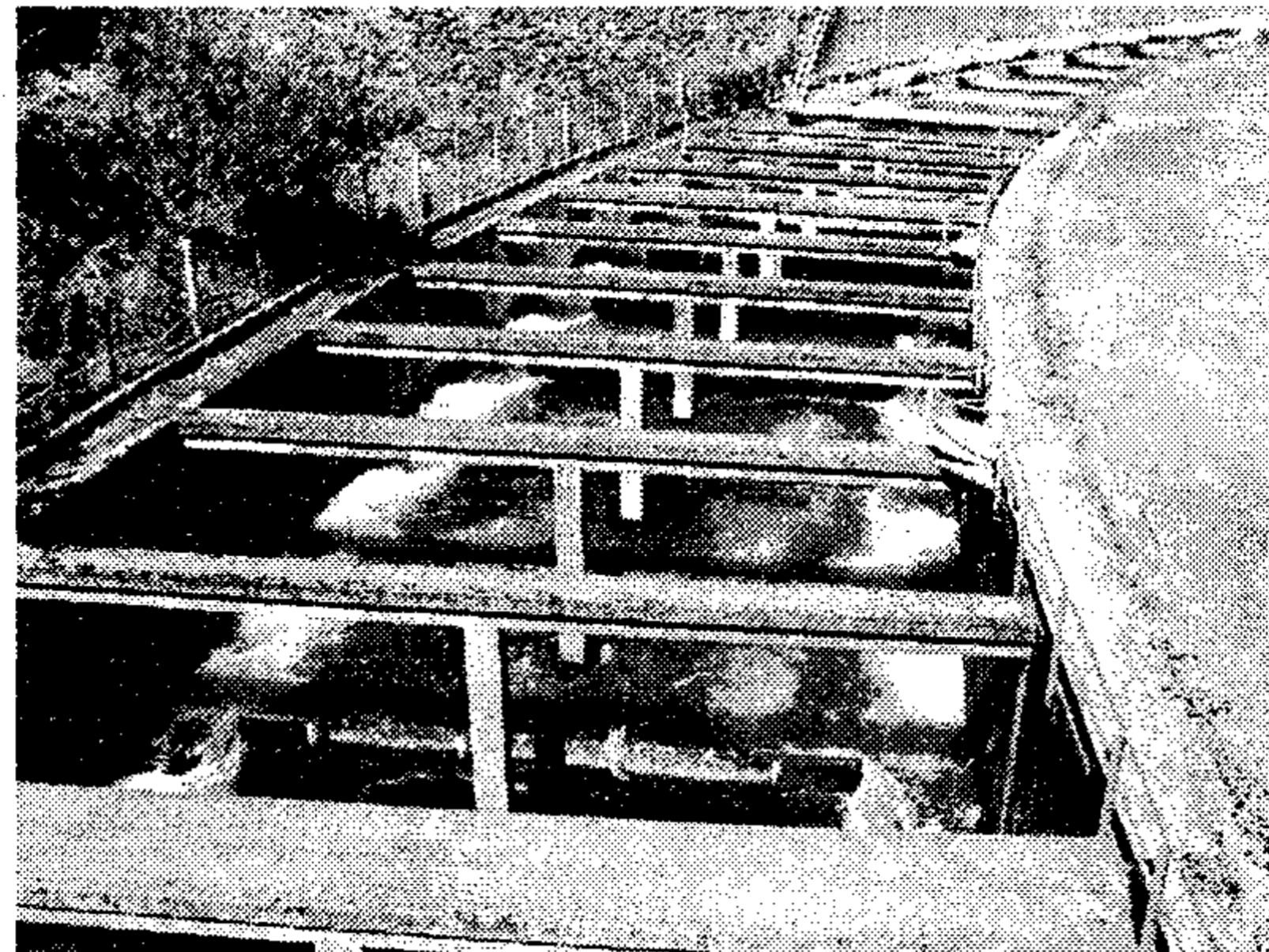
20 m이상의 댐의 대부분에 적용된 사례를 보여주고 있다.



<그림 3-1> 풀타입 어도 모식도



<그림 3-2> 가곡천 전면월류형 어도

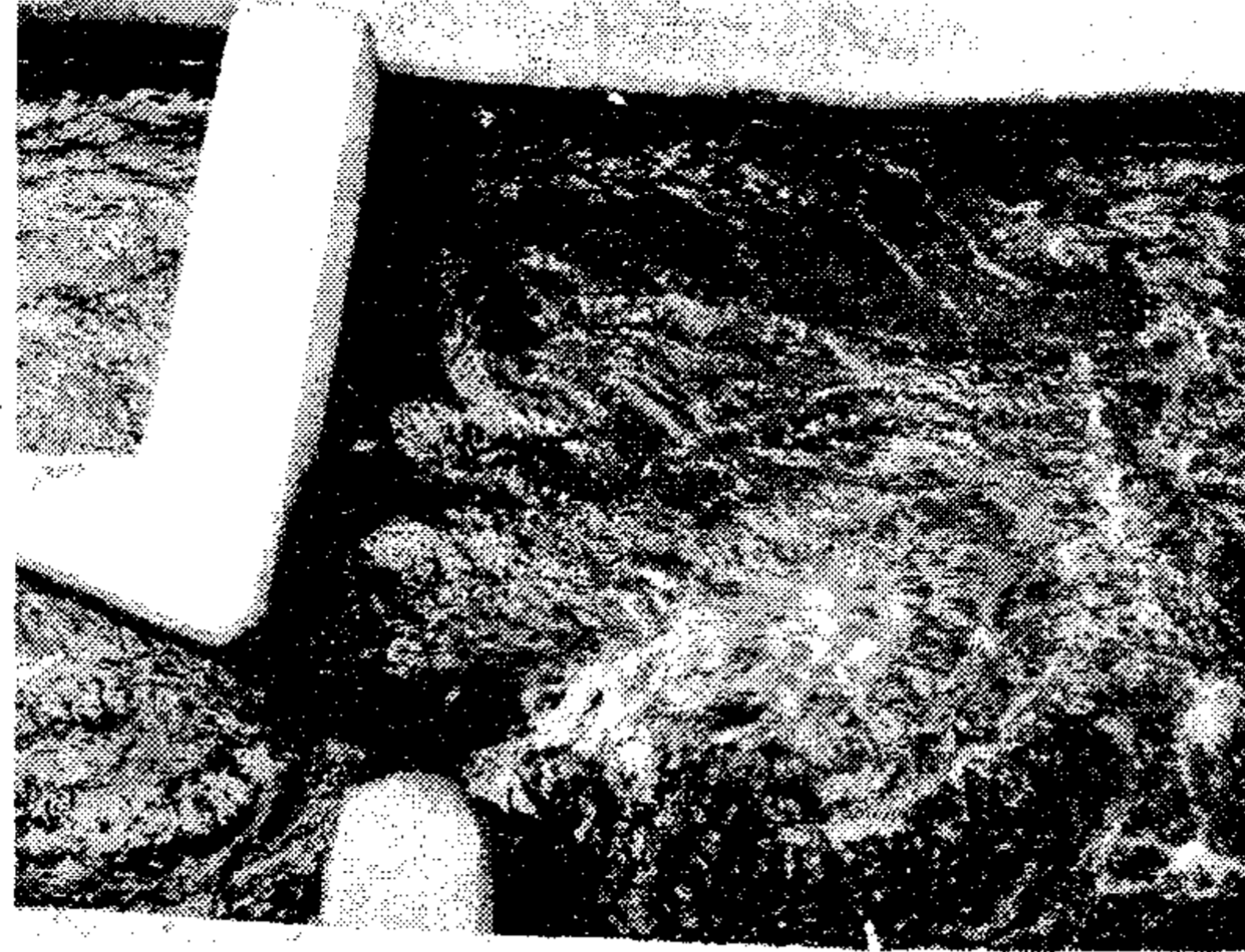


<그림 3-3> 아이스하버식 어도

격벽에 설치된 수직의 틈새를 통하여 이동하는 형식을 버티칼슬롯(vertical slot)식이라 하며 수위변화가 큰 곳에 주로 적용한다. 그러나 버티칼슬롯식은 풀을 형성하므로 풀타입에 넣었으나 수로가 단절되지 않으므로 수로식으로 분류하는 사람도 있다. 버티칼슬롯식 어도를 설계할 때는 풀내에 순환류가 발생하지 않도록 노력해야하며 순환류가 발생하면 물고기는 자기 체장만큼의 흐름밖에 인식하지 못하므로 풀내에서 소상하지 않고 순환하게 된다. 우리나라에는 버티칼슬롯식 어도는 없고 짧은 비월류벽을 월류벽으로 개조한 변형 버티칼슬롯 식어도가 동해안으로 유입하는 하천에 다수 설치 되어 있다. <그림 3-4>는 양양남대천 공수전보에 신설한 변형 버티칼 어도 형식을 나타낸 것이고 <그림 3-5>는 일본 무로마쓰바라 두수공의 순환류 발생사례를 보여 주고 있는 것이다.



<그림 3-4> 변형 버티칼슬롯식 어도

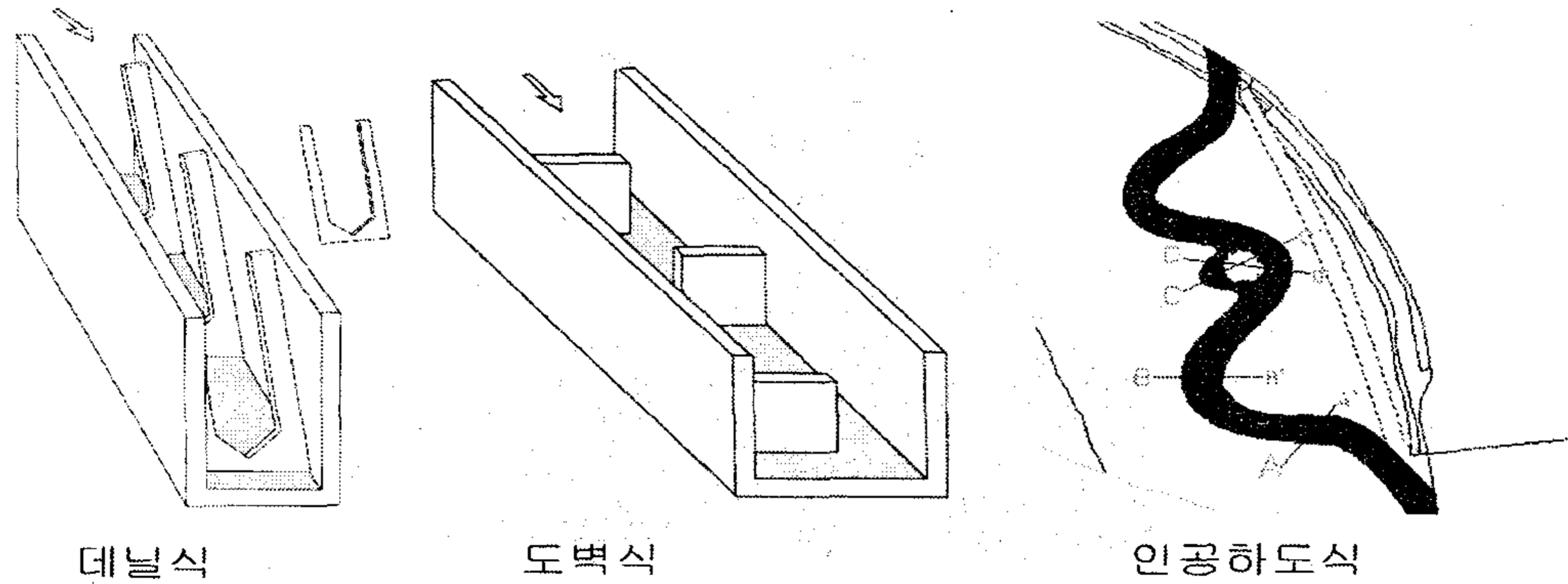


**<그림 3-5> 벤티칼슬롯식어도
풀내의 순환류**

풀타입 어도는 설치가 비교적 쉽고 공사비도 적게 들지만 유속이 빠르고, 풀간에 낙차가 있으므로 유영력이나 도약력이 좋은 일부 어종만이 이용할 수 있는 단점이 있다. 풀타입 어도는 격벽 부분에서 유속이 크고 수심이 최소이기 때문에 이 부분이 소상(遡上)하기 가장 어려운 곳이므로 이 부분의 설계가 중요하다. 풀타입 어도의 풀간 낙차를 0.1m 이하로 줄이고 월류 수심을 0.1m 이상으로 유지하면 격벽부분에서 잠월류가 발생하여 유속이 줄어 유영력이 약하거나 도약을 하지 않는 어종도 잘 이용할 수 있다. 풀타입 어도는 풀이 있어 소상중인 어류가 수시로 쉴 수 있고, 어도로 보낼 물이 적을 때도 운영이 가능하며, 댐의 높이가 높고 경사가 급한 곳에서도 설치할 수 있는 장점이 있다.

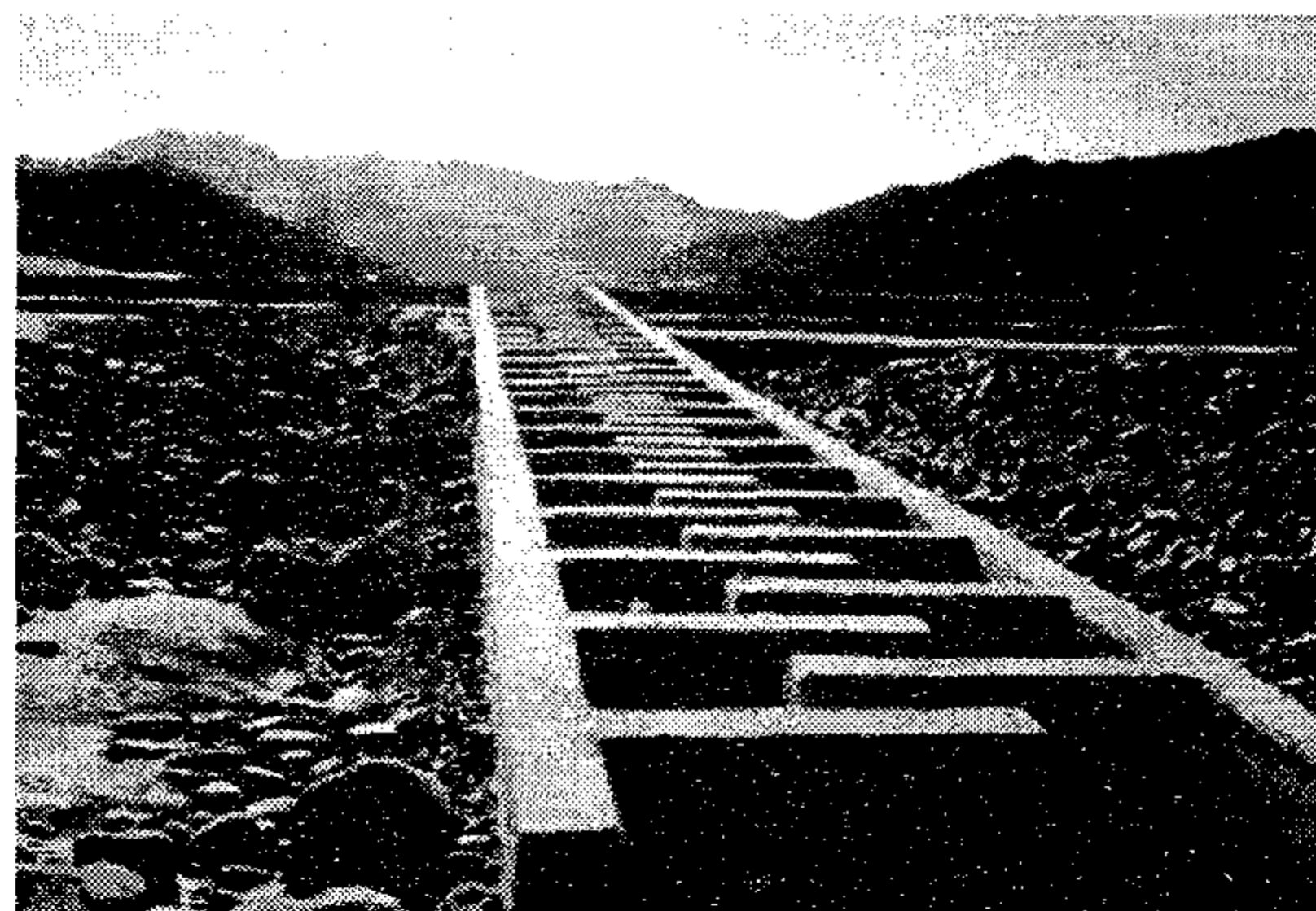
3.1.2 수로식 어도

어도에 수로를 설치하고 여러 가지 조류공을 설치하여 수로내의 유속을 줄여 물고기를 소상(遡上)하도록 하는 방법으로 유속을 줄이는 방법에 따라 분류할 수 있다. <그림 3-6>은 수로식 어도 모식도를 나타낸 것으로 데널식, 보벽식, 인공하도식으로 크게 구분할 수 있다.



<그림 3-6> 수로식 어도 모식도

좁은 수로에 적당한 조류판(阻流板)을 만들어 유속을 줄이는 것을 데널식이라 하고 조류판의 형태나 배치에 따라 표준데널식, 급경사(Steep pass, Katopoidis)형, 통선(通船, Larinier)형이 있는데 우리나라에는 없다. 짧고 급한 수로에 경사를 완만하게 하기 위하여 도류벽(導流壁)을 설치하여 유속을 줄이는 형식을 도벽식이라고 하며, <그림 3-7>과 같이 삼척 마음천 도벽식 어도는 격벽간 거리가 짧으며 어도내 퇴적한 경우로 공사비가 가장 저렴하기 때문에 과거에 동해안으로 유입하는 하천에 가장 많이 설치하였으나 지금은 계단식으로 대체되고 있다. <그림 3-8>은 경사가 1:300정도로 완만한 어도를 나타낸 것으로 인공적으로 1/100정도의 흐름이 완만한 수로를 만들어 어도로 활용하는 것을 인공하도식이라 하며 물고기 생태에 가장 적합한 형식이지만 설치할 공간을 찾기가 어렵고 공사비도 많이 들으며 유지관리도 어려우므로 우리나라에는 설치한 예가 없다.



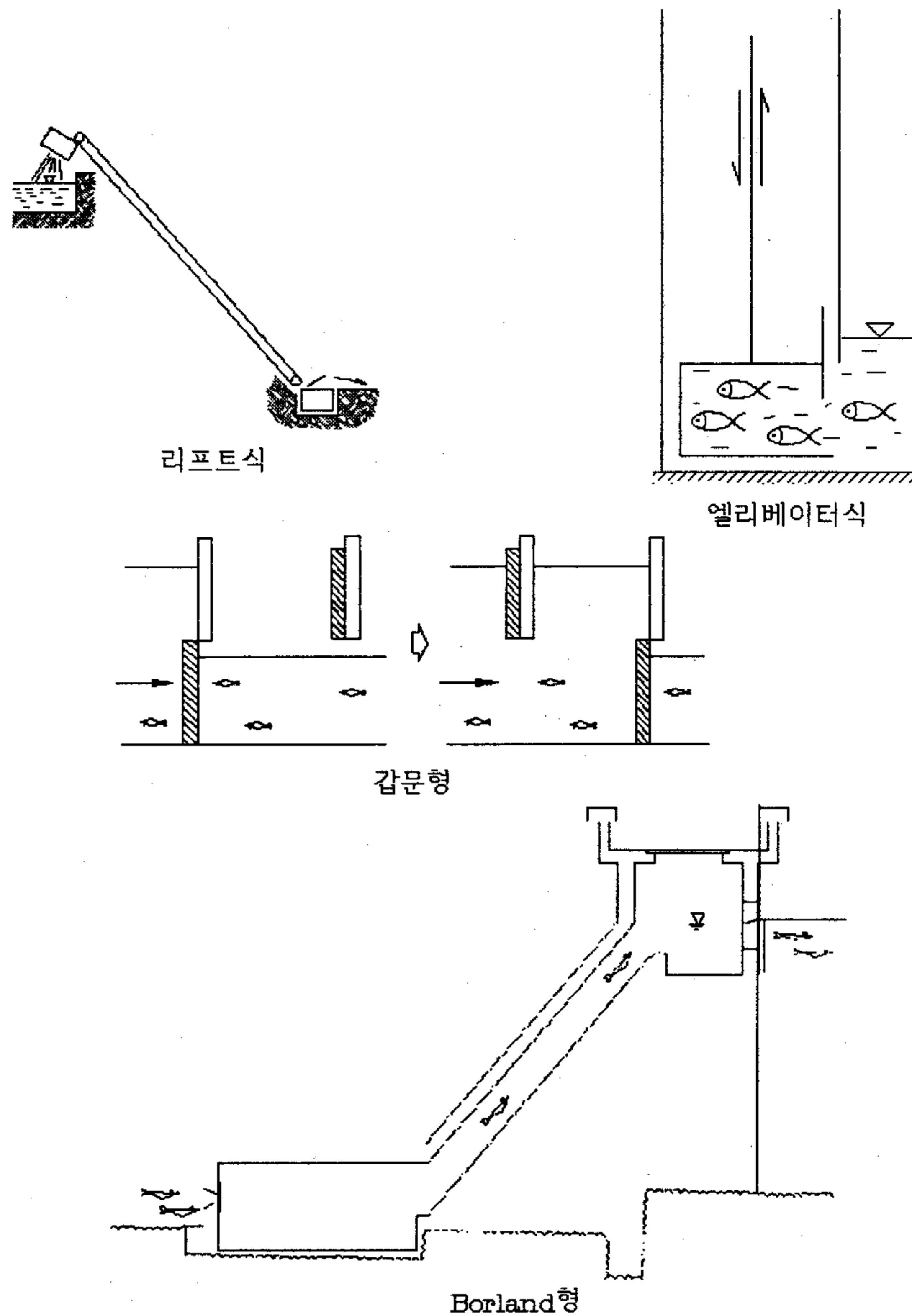
<그림 3-7> 삼척 마음천 도벽식 어도



<그림 3-8> 일본 인공하도식 어도

3.1.3 조작형 어도

물고기가 이동하려면 항상 인위적인 조작을 해야만 되는 것을 조작형 어도라 하며 <그림 3-9>와 같이 조작형 어도 원리를 나타낸 것이다. 이 형식은 댐의 높이가 높아 풀타입이나 수로식으로 충분한 소상효과를 낼 수 없을 때 사용하는 방법이다. 물고기가 든 용기를 제방 사면을 따라 공중에 설치한 궤도로 끌어 올려 저수지에 붓는 형식을 리프트(Lift)식, 바닥에 깔린 레일을 따라 이동하면 자주식, 집어한 물고기를 레일 대신 트럭을 이용하여 상류로 운반하면 트럭식, 수직으로 설치한 엘리베이터로 물고기를 끌어올려 저수지에 연결된 수로에 붓는 것을 엘리베이터(Elevator)식이라 한다. 트럭식은 댐호의 하류에 방류하지 않고 유입 하천에 직접 방류하므로 물고기가 유입하천을 찾는 어려움을 없애주고 공사비도 가장 저렴하므로 일본, 미국 등 선진국에서도 설치한 예가 많이 있다.



<그림 3-9> 조작형 어도 원리

통선문(通船門)에 배가 드나드는 것과 같은 원리로 어도 갑실(閘室)을 만들고 내외측 갑문을 만들어 갑문조작으로 물고기가 올라갈 수 있는 어도를 갑문식이라 하고, 우리나라에는 영암방조제, 영산강하구둑 등 농업기반공사의 하구둑에 설치되었거나 설치중에 잇는 형식이다.

낙차가 큰 댐에서는 갑문의 높이를 무한정 키울 수 없으므로 댐의 정수지 부근 하류에 하부풀을 만들고 댐위에 상부풀을 만들어 각 풀을 샤프트 (Shaft)로 연결하고 갑문을 만들어 갑문식과 마찬가지로 물고기를 올라가게 하는 방법을 Borland식이라 한다. 이들을 총칭하여 엘리베이터식이라

하기도 하며 우리나라에는 수위차 50m 정도인 양양양수발전소 하부댐에 시공되어 시운전 중에 있다. 조작형 어도는 이용할 어종의 유영력(遊泳力), 도약력(跳躍力)에 상관없이 다양한 어종이 이용 가능하고, 댐에서 방류할 물이 적을 때도 적용가능하며, 하구(河口)에서는 조차(潮差)에 상관없이 적용이 가능하다. 댐의 높이가 높고, 저수지의 수위변동이 클 때도 편리하게 적용할 수 있다. 그러나 인위적으로 조작을 해야 물고기가 올라갈 수 있고, 운영비가 많이 드는 단점이 있다. 영국에서는 높이 20m내외의 댐에 볼랜드식 어도와 계단식 어도를 많이 채택했으며, 프랑스에서는 계단식 어도를 많이 설치하고 있으나 특히 계단식 어도로 물고기가 잘 올라오지 않을 때 대안으로 엘리베이터식 어도를 설치한 예가 있다. 미국의 태평양측에서는 20~30m의 높은 댐에도 대체로 계단식 어도를 설치하고 있으나 이는 대상 어종이 유영력이 좋은 Chinook salmon이나 Steel head이기 때문에 가능하며 대서양측에서는 엘리베이터식 어도도 많이 채택하고 있다.

3.2 주요 어도의 형식별 비교

3.2.1 계단식 어도

전면월류형 풀형식 어도 즉 계단식 어도는 현재 우리나라와 일본 등에서 가장 많이 시공하는 어도형식이다. 그러나 일본을 포함한 국외에서의 어도는 대부분의 경우 연어, 은어, 송어 등 경제성이 있는 소하성 어류를 대상으로 하였기 때문에 어도의 구조와 규격도 이들 어종의 유영능력에 맞추어져 있다. 이러한 어종은 일반적인 담수어종에 비교하여 유영력과 도약력이 우수하다. 따라서 이들 어종을 주요 대상으로 설치된 계단식 어도는 계단간의 낙차를 크게 하여 어도내의 유속을 빠르게 하면 소상중인 어류가 휴식할 수 있는 공간이 없다. 또한 어도내의 유황이 고르지 못하며, 노치를 지그재그로 설치하면 풀 내에서 순환류가 발생하여 소상중인 물고기가 풀 내에 머무르는 일이 발생하기도 한다. 그러나 본 표준설계에서 제안하고 있는 1/20의 경사를 유지할 경우 낙차 1m 정도의 수리시설물에서 경제성과 함께 효율성이 높을 것으로 전문가들이 평가하고 있다.

3.2.2 아이스하버식 어도

풀형식 중에서 아이스하버식은 전면월류형 어도가 격벽 전체로 물이 넘는데 비하여 비월류부를 갖는 것이 특징이다. 아이스하버식 어도는 월류부가 양쪽으로 있고 가운데 비월류부를 두어 물의 흐름이 없는 것이 특징이다. 월류부에서는 어도 내의 유황이 고르고, 비월류부의 아래에서는 소상중인 물고기가 휴식할 수 있는 공간이 된다. 어도의 형태가 도벽식이나 계단식 어도와 비교하여 비교적 복잡하여 정밀시공이 어렵고 시공비가 더 든다. 조립식 아이스하버식 어도는 또한 기존 어도의 단점인 구조물의 강도와 정밀성을 보완하고 시공기간의 단축 등으로 경제성을 달성하여 현장 타설에 의한 어도에 비교하여 효과가 우수한 것으로 판단된다. 또한 국내에서 시공된 어도 중에서 유일하게 어도에서의 수리특성 및 구조검토를 통하여 개발된 어도로 안정적인 식인 것으로 사료된다.

3.2.3 버티컬슬롯식 어도

버티컬슬롯식 어도는 도벽식과 유사한 형태를 보이나 격벽의 일부분을 상류쪽으로 꺾어서 물의 흐름을 억제하고 반대편에도 작은 격벽을 설치하여 유속을 줄이도록 설계되어 있다. 이에 따라 각 격벽내에서 일시적으로 물이 저류하는 특징을 보여 부분월류식 어도에 포함하고 있으며, 일부에서는 수로형식에 포함하는 경우도 있다. 버티컬슬롯식 어도는 격벽 사이에서 물이 저류하여 물고기가 쉴 수 있는 공간이 되는 것은 사실이나 지속적인 흐름이 발생하고 비교적 유속이 빨라 전문가의 수리검토가 필수적이다. 또한 구조가 복잡하여 현장에서 정밀 시공하기가 쉽지 않으며, 경사도를 작게 하지 않을 경우 도벽식과 마찬가지로 어도를 이용하는 어류의 종류를 제한하는 결과를 낳는다. 한편 일반적인 풀형식 어도는 격벽의 상단을 물이 넘어서 흐르는 형식인데 비교하여 버티컬슬롯식 어도는 도개의 격벽 틈으로 물이 흘러 수위가 증가함에 따라 어도 내부에서의 유속이 크게 빨라진다. 또한 어도를 통하여 흘러 나가는 수량이 많아 용수를 이용하는 입장에서는 불리한 형식의 어도로 국외에서는 대부분 저수량이 많은 저수지 등의 어도로 이용하고 있다.

3.2.4 도벽식 어도

도벽식(導壁式) 어도는 경사진 평면 수로에 물 흐름을 유도하는 저류공(沮流工)으로 도류벽(導流壁)을 만들어 어도 내에서의 물의 흐름을 길게 하고 유속을 조금 줄이는 어도형식으로 과거에는 가장 많이 시공하던 어도 형식이고, 현재도 계단식 어도 다음으로 많이 시공되는 형식이다. 도벽식 어도는 그동안 일반적으로 1/10 정도의 기울기로 시공되기 때문에 유속이 무척 빠르고 어도 내에서 유속의 분포가 고르지 못하며 어도의 수심 유지가 매우 어렵다. 반면에 시공이 비교적 간단하기 때문에, 유연력과 도약력이 좋은 황어, 은어 등을 위해서 시공되어 왔다. 따라서 낙차가 1m 이내인 작은 수리구조물이나 수계의 상류지역의 좁은 하천에 주로 시공하는 것이 타당한 것으로 전문가들에 의해 보고 되고 있다.

3.3 주요 어도 장단점 비교

어도를 설치하려면 첫 번째 피라미, 뱀장어 등 모든 어종과 참계 등이 유연력에 관계없이 모두 이용할 수 있어야 하고 두 번째 경제성에 관계없이 모든 하천생물이 이용 가능해야 하며 세 번째 구조가 간단해 운영이 쉬워야 하고 네 번째 홍수기에 하천 통수량에 영향을 주지 않아야 한다고 설정하고 있는데, 위의 여러 가지 조건을 모두 만족하는 어도는 사실상 없으며 이에 가장 가까운 형식으로는 수로형식(水路型式) 중에서 인공하도식 어도가 있다. 그러나 인공하도식(人工河道式)은 기울기가 그 지역의 하천 자연경사와 비슷하게 설치해야 그 지역에 서식하던 모든 어종이 이용 가능하므로 길이가 너무 길어지고 건설비용이 높은 단점이 있다.

인공하도식이 앞에서 말한 여러 가지 이유로 적용하기 어렵다면 이러한 조건을 만족시키는 것이 아이스하버식 어도이다. 아이스하버식 어도의 경우 각 풀의 수리 조건이 동일하여 안정적인 흐름을 얻을 수 있으며 비월류부 밑에서 소상 중이 물고기가 휴식할 수 있고, 풀 내에 순환류가 발생하지 않아 진입한 어류가 어도 내에서 머무르지 않는 등의 장점이 있다. <표 3-2>에 나타난 바와 같이 어도의 형식별 장단점을 살펴보면 이를 쉽게 이해 할 것으로 판단된다. 이러한 각 어도의 장·단점을 비교한 결과 시공성과 그에 따른 경제성, 물고기의 어도 이용효율, 어도 구조물의 강도, 수리역학적 측면에서 가

장 적절한 어도는 국내에서 현재 조립식화한 아이스하버식 어도가 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 그러나 수리시설물의 규모에 따른 낙차나 하천의 유량 등에 따라 적합한 어도 형식의 선정과 설치 위치, 어도의 경사, 어도의 입구 위치 및 형태가 어도의 기능을 좌우하므로 이러한 사항을 포함한 하천환경의 기초조사와 그에 따른 어도설치계획의 수립이 중요하다.

환경부의 Eco-21과제로 농업기반공사에서 실시한 “어도를 비롯한 생태통로기술 개발” 연구과제에서 조사한 바에 의하면, 시공된 어도의 대부분이 콘크리트 강도가 떨어지고 수리시설물의 본체와 구조가 연결되지 않아 시공 후 수년 내에 파손되고 있다. 또한 정밀하게 시공이 되지 않아 격벽간의 거리나 격벽간의 낙차가 고르지 않아 유속이 빠르고, 낙차가 큰 곳이 발생하여 어도의 기능이 없는 곳이 대부분이다. 그런데 아이스하버식 어도는 다른 형식의 어도에 비하여 형식이 더 복잡하므로 강도를 맞추다 하여도 현장 정밀 시공이 더 어렵다. 따라서 이런 현장타설의 문제점을 해결하기 위하여 어도를 공장제품인 조립식 구조물화 하는 연구를 시행한 사례가 있다.

(표 3-2) 어도의 형식별 장·단점 비교표

검토안	장 점	단 점
계단식	-구조가 간단 -시공이 간편 -시공비가 저렴 -유지관리가 용이	-어도내의 유황이 고르지 못함 -풀 내에 순환류가 발생 -도약력, 유영력이 좋은 물고기만 이용
아이스 하바식	-어도내의 유황이 고름 -소상중인 물고기가 설 휴식공간이 충분 -조립식으로 시공한 어도의 경우 수리모형시험과 현장 이용 조사가 완료	-계단식보다는 구조가 복잡하여 현장시공이 어려움
인공 하도식	-모든 어종이 이용	-설치할 장소가 미흡 -길이가 길어져 공사비가 과다소요
도벽식	-구조가 간편하여 시공용이	-유속이 빨라 적당한 수심을 확보하기 어려움. -어도내 수심을 20cm이상으로 할 경우 수리시설물에서 배출되는 수량이 많아 용수손실이 큼 -어도내의 유속이 고르지 못함
버티컬 슬롯식	-좁은 장소에 설치가 가능	-구조가 복잡하고, 공사비과다소요 -다양한 물고기가 이용하기 어려움 -폭이 좁아 동시에 많은 물고기가 이용 곤란 -경사를 1/25 이상으로 완만하게 하지 않을 경우, 빠른 유속으로 어류 이동이 제한

4. 조립식 아이스하버형 어도

여 백

4. 조립식 아이스하버형 어도

4.1 개발배경

우리나라의 하천에 설치된 어도들은 다양한 어류의 소상이 어렵거나 구조적으로 열악한 어도들이 대부분이다. 또한 현재 어도블록으로 시판되고 있는 제품들은 대부분 계단식 어도로서 일본에서 도입된 것들이다. 그러나, 일본의 어도는 유영력 및 도약력이 뛰어난 은어를 대상으로 하기 때문에 낙차가 높고 통과 흐름이 빠르며 어리거나 작은 물고기들이 이동하는데 적합하지 못한 경우가 많다. 따라서 본 조립식 아이스하버형 어도의 개발은 우리나라 현실에 맞도록 기능적인 면에서 피라미, 뱀장어, 밀어 등 하천에 서식하는 다양한 어종이 이용할 수 있도록 하였다.

한편 어도는 규모가 작은 구조물로서 콘크리트량이 적고 물막이 공사를 한 후 하상에서 설치되므로 작업여건이 불량하므로 레미콘으로 어도를 시공할 경우 품질관리가 어려워 조잡시공과 품질 및 강도저하가 우려된다. 따라서 콘크리트로 어도를 설치할 경우 공사기간이 길어져 홍수시 침수 피해가 야기되며 물막이 구간의 상류부에 침수피해가 우려된다. 이러한 문제들을 보완하기 위해서 미리 공장에서 어도를 제작한 다음, 현장으로 운반하여 설치하는 조립식 구조물을 개발하였다.

4.2 조립식 아이스하버형 어도블럭 설계

어도의 형식은 아이스하버 형태의 계단식 어도로서 비월류형 블록과 월류형블록으로 구성되며 블록간의 결합을 통해 풀이 형성된다. 본 어도의 전체적인 구배는 1:20으로서 블록간의 단차는 10 cm로 설계되었으며 어도블록의 크기는 홍수시의 유실방지와 운송 및 현장 작업을 모두 고려하여 블록의 크기를 폭 1 m, 길이 2 m로 설계하였으며 블록의 무게는 3톤 정도이다.

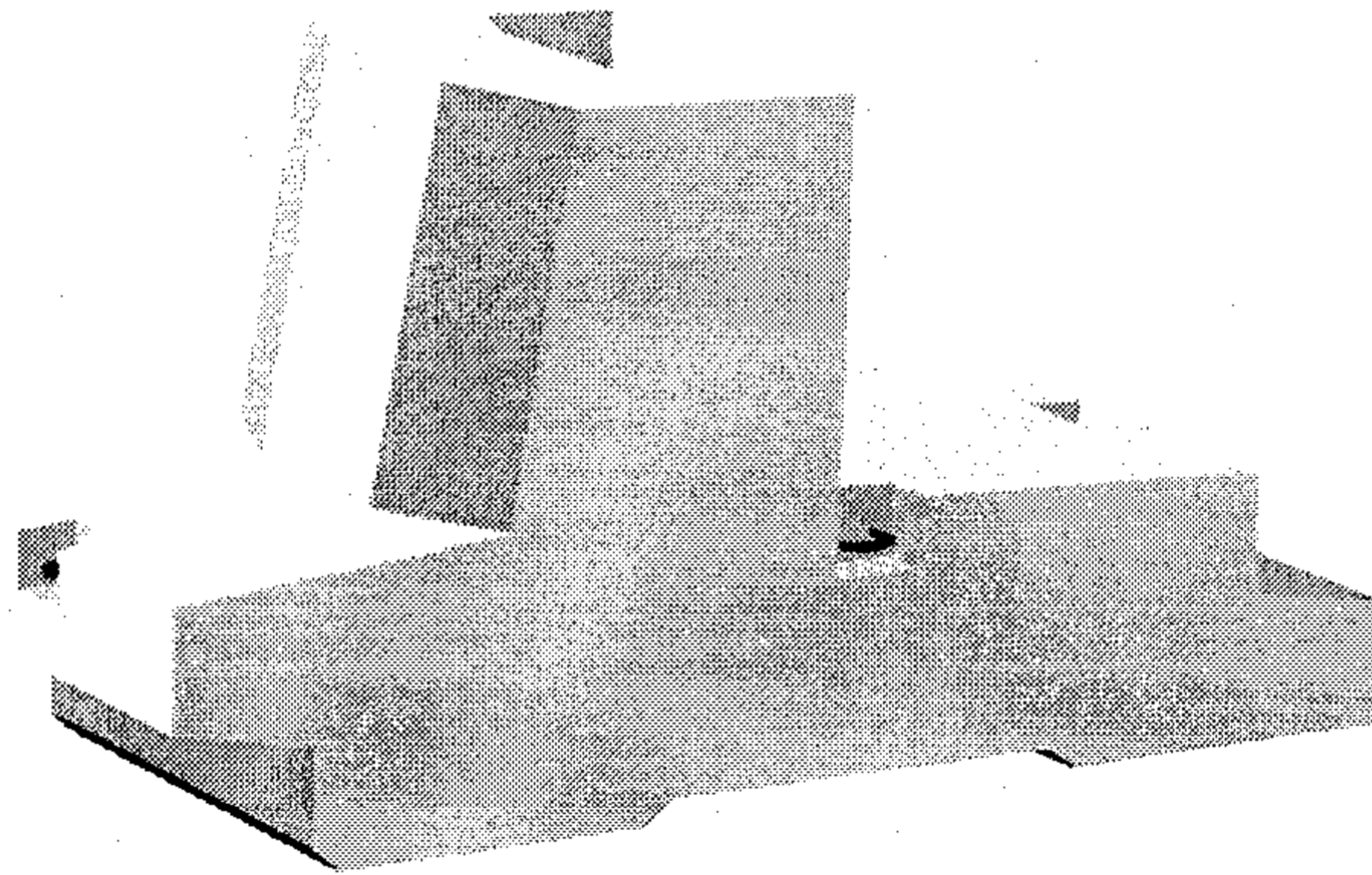
4.2.1 비월류 어도블럭

비월류부는 물이 넘지 못하는 구간으로 수심이 20 cm이상 상승하여도 월류하지 않으며 비월류부 배면의 풀에서 소상중인 어류가 쉴 수 있도록 하기

위하여 격벽의 높이를 월류부의 격벽보다 20cm 높게 하여 80cm로 설계하였다. (표 4-1)은 비월류 어도블록의 제원을 표시한 것이고 <그림 4-1>은 비월류형 어도블럭 조감도를 나타낸 것이다.

(표 4-1) 비월류 어도블럭의 제원

길이(m)	폭(m)	전체높이(m)	격벽높이(m)	재 료	중량(ton)
2.0	1.0	1.4	0.8	콘크리트	약3톤

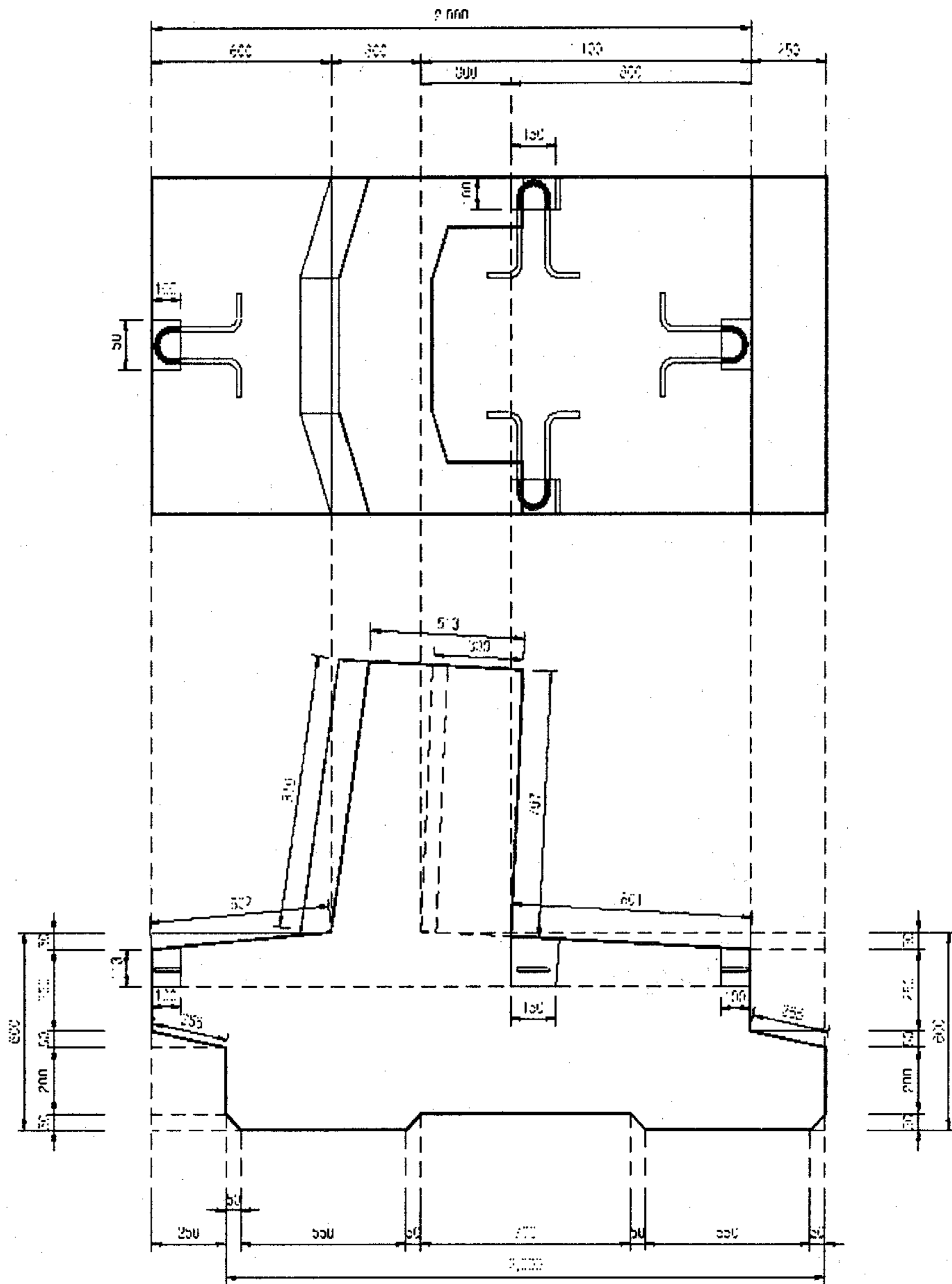


<그림 4-1> 비월류형 어도블럭 조감도

바닥면의 요철은 시공되는 지면과의 마찰력을 높여 유속에 의한 활동 및 전체적인 형태의 변형을 방지하도록 하였고 몸통부의 상하좌우 4면의 홈에는 D13 STS 환봉을 배근하여 블록과 블록간의 결속을 용이하도록 하였다.

몸통부의 상하 돌출부는 블록의 조립시 전단과 후단의 블록이 맞물리는 부분으로서 블록간의 접촉면적을 넓게 하여 견고하게 조립될 수 있도록 하였다. 또한 월류벽과 비월류벽은 블록자체에 1 : 20의 경사를 두어 시공 되었을 때 격벽이 수면과 직각을 유지할 수 있도록 하였다. 또한 홍수시 유하되는 유사나 자갈의 충격에너지에 의해 모서리가 쉽게 침식되는 것을 예방하기 위해서 50 mm × 50 mm의 모따기를 하였다. 그리고 항상 물과 접하는 콘크리트 블록의 투수성을 낮춰 내구성을 확보하기 위해서, 아울러 홍수시 유하하는 모래나 자갈등 유하물의 충격에너지로부터 표면침식을 방지하기 위해 고강도 콘크리트가 필요하여 블록용 콘크리트의 설계기준강도는 300 kgf/cm²를 채택하였다. <그림 4-2>는 비월류형 어도블럭의 구조도를 나타낸 것이다.

비월류형 블록 구조도



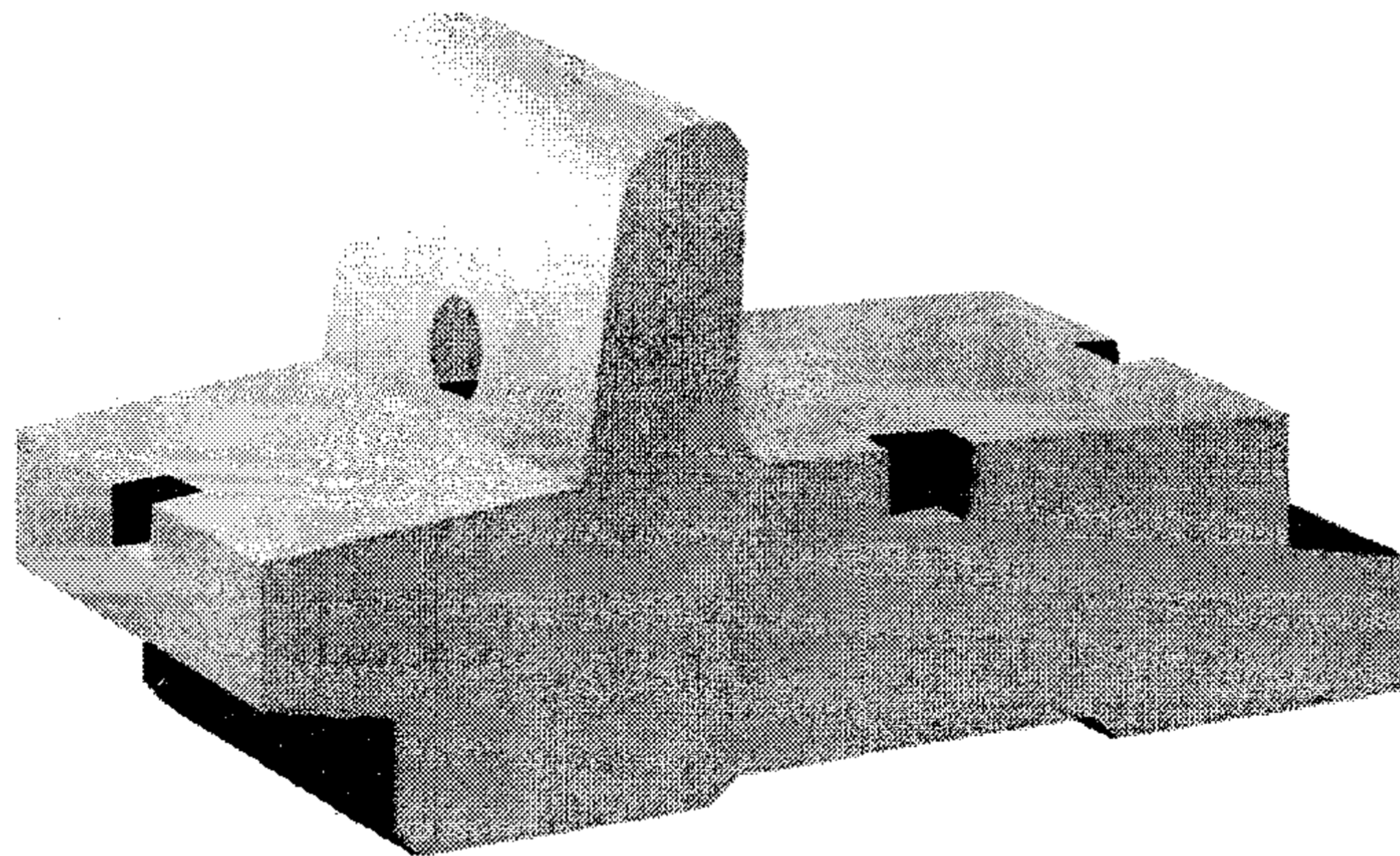
<그림 4-2> 비월류형 어도 블록의 구조도

4.2.2 월류형 어도블럭

월류부는 물이 넘는 구간으로서 대형 어류가 도약할 수 있도록 격벽의 높이를 60 cm로 하여 수심을 70 cm 정도를 유지할 수 있도록 설계하였으며 물이 월류되는 격벽의 상단부 흐름에 저항을 최대한 줄이기 위하여 곡률반지름 R 150 mm의 곡선으로 처리와 50 mm × 50 mm의 모따기를 하였다. (표 4-2)는 월류형 어도 블록의 제원을 나타낸 것이고 <그림 4-3>은 월류형 어도블럭 조감도를 보여주고 있다.

(표 4-2) 월류형 어도 블록의 제원

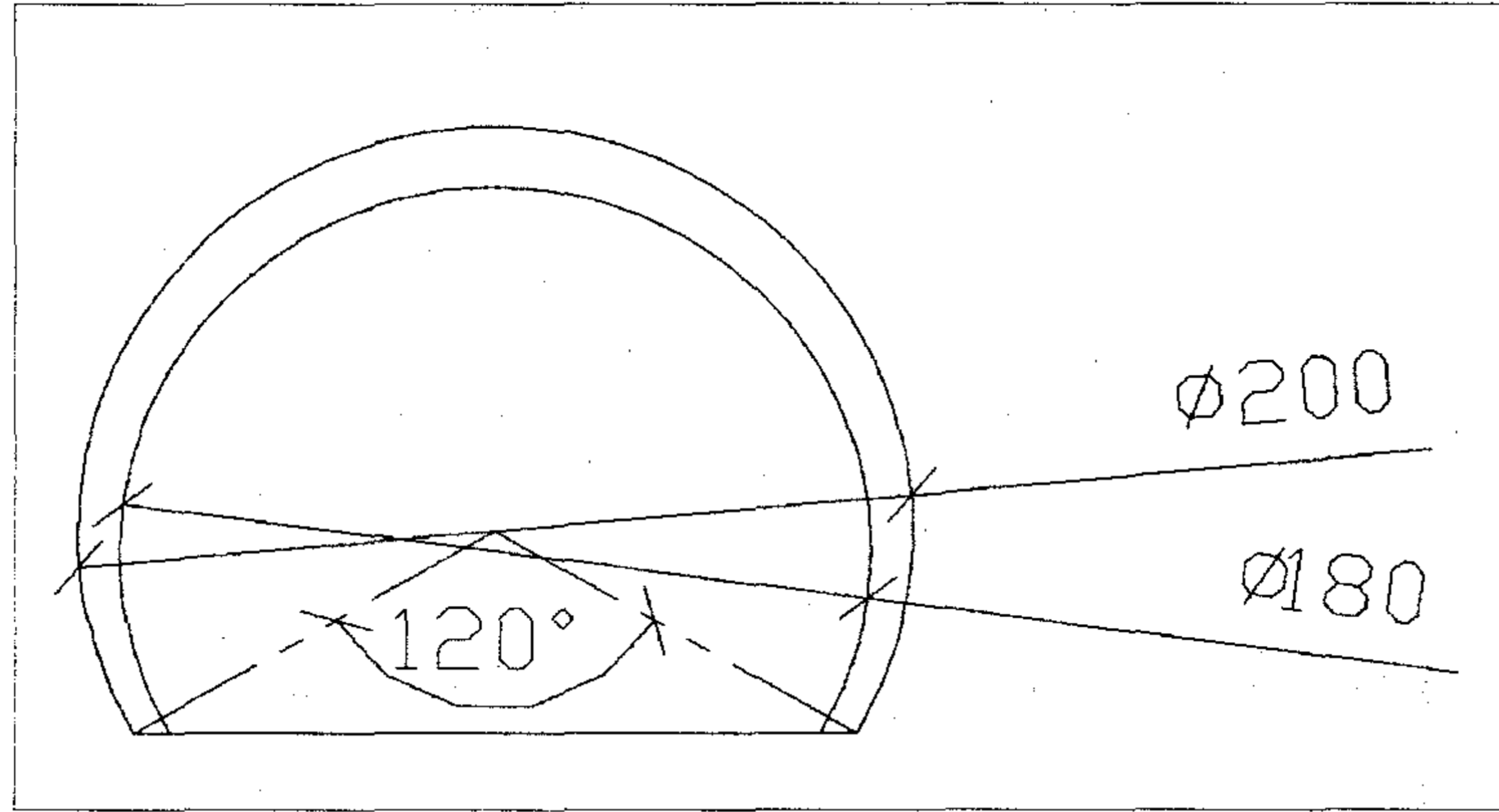
길이(m)	폭(m)	전체높이(m)	격벽높이(m)	재 료	중량(ton)
2.0	1.0	1.2	0.6	콘크리트	약3톤



<그림 4-3> 월류형 어도블럭 조감도

어도블럭에서 잠공은 <그림 4-4>에서 보는 바와 같이 월류부 밑에 상류측 지름 20 cm, 하류측 지름이 18 cm로 하여 하류측을 더 넓게 설계함으로써 잠공내에서 유속이 빨라지지 않게 하였으며 청소 등 유지관리와 저서성 어류의 이동이 쉽도록 240°의 말굽형으로 하였다. 일반적으로 잠공을 정사각형으로 설계하고 있으나 정사각형은 현상타설시 시공하기가 쉬우나 미관이 좋지 않고 모서리 부분이 유사 등의 충격에너지에 의해 마모되기 쉽기 때문

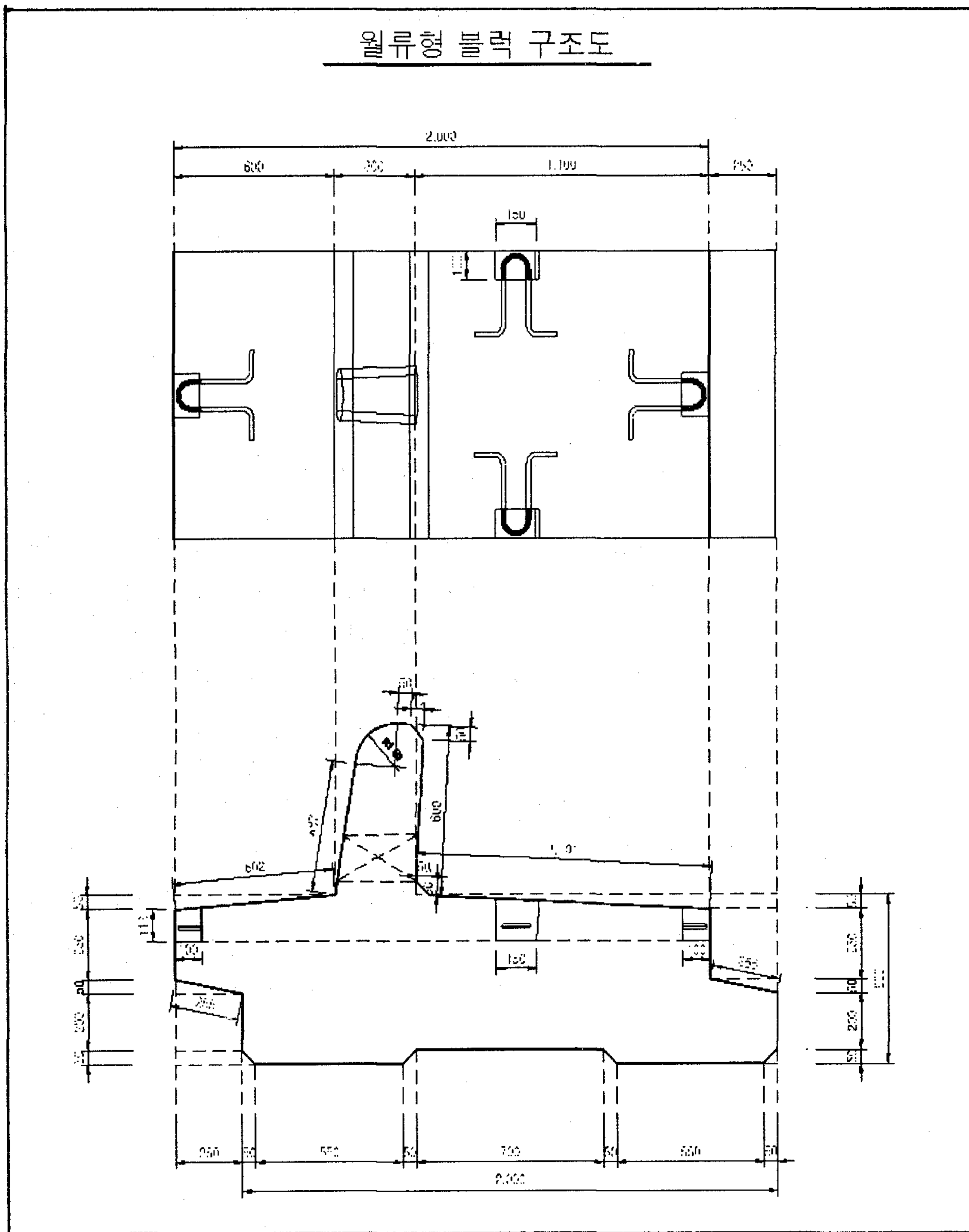
이다. <그림 4-5>는 월류형 어도블럭 구조도를 나타낸 것이다.



<그림 4-4> 어도 잠공 규격

월류부의 경우에는 비월류부와 같이 바닥면의 요철은 시공되는 지면과의 마찰력을 높여 유속에 의한 활동 및 전체적인 형태의 변형을 방지하도록 하였으며 몸통부 4면의 홈은 D16의 이형철근을 배근하여 블록과 블록간의 결속을 용이하도록 하였다. 비월류부와 마찬가지로 몸통부의 좌우 돌출부는 블록의 조립시 전단과 후단의 블록이 맞물리는 부분으로서 접촉면적을 넓게 하여 견고하게 조립될 수 있도록 하였으며 월류벽과 비월류벽은 블록자체에 1:20의 경사를 두어 시공완료 되었을때 격벽이 수면과 직각을 유지할 수 있도록 하였다. 월류부도 비월류부와 같이 항상 물과 접하는 콘크리트 블록의 투수성을 낮춰 내구성을 확보하기 위해서, 아울러 홍수시 유하하는 모래나 자갈등 유하물의 충격에너지로부터 표면침식을 방지하기 위해 고강도 콘크리트가 필요하여 블록용 콘크리트의 설계기준강도는 300 kgf/cm²를 채택하였다.

월류형 블록 구조도

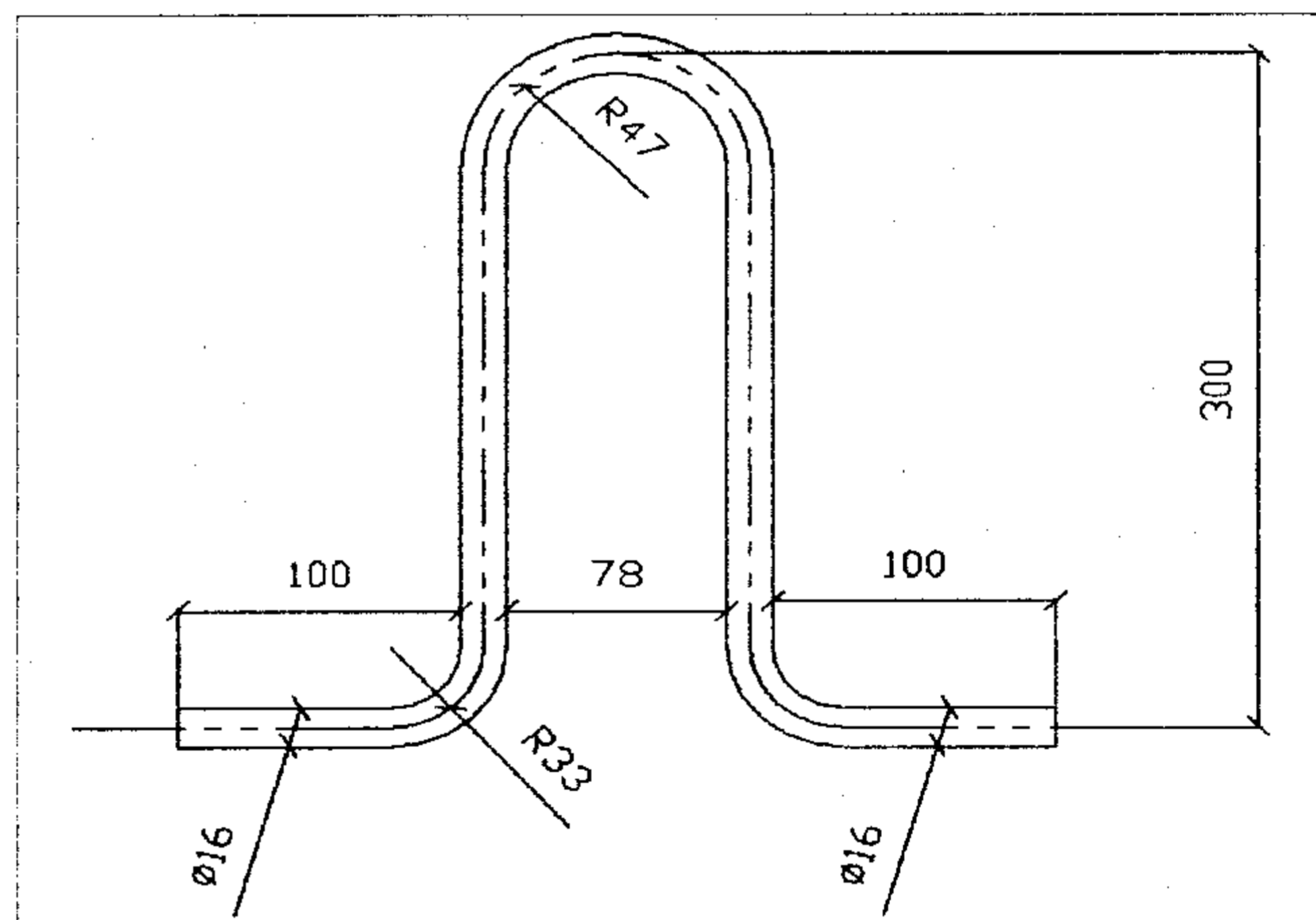


<그림 4-5> 월류형 어도 블록 구조도

4.2.3 블록의 조립장치 및 기타장치

1) 어도블록 연결고리

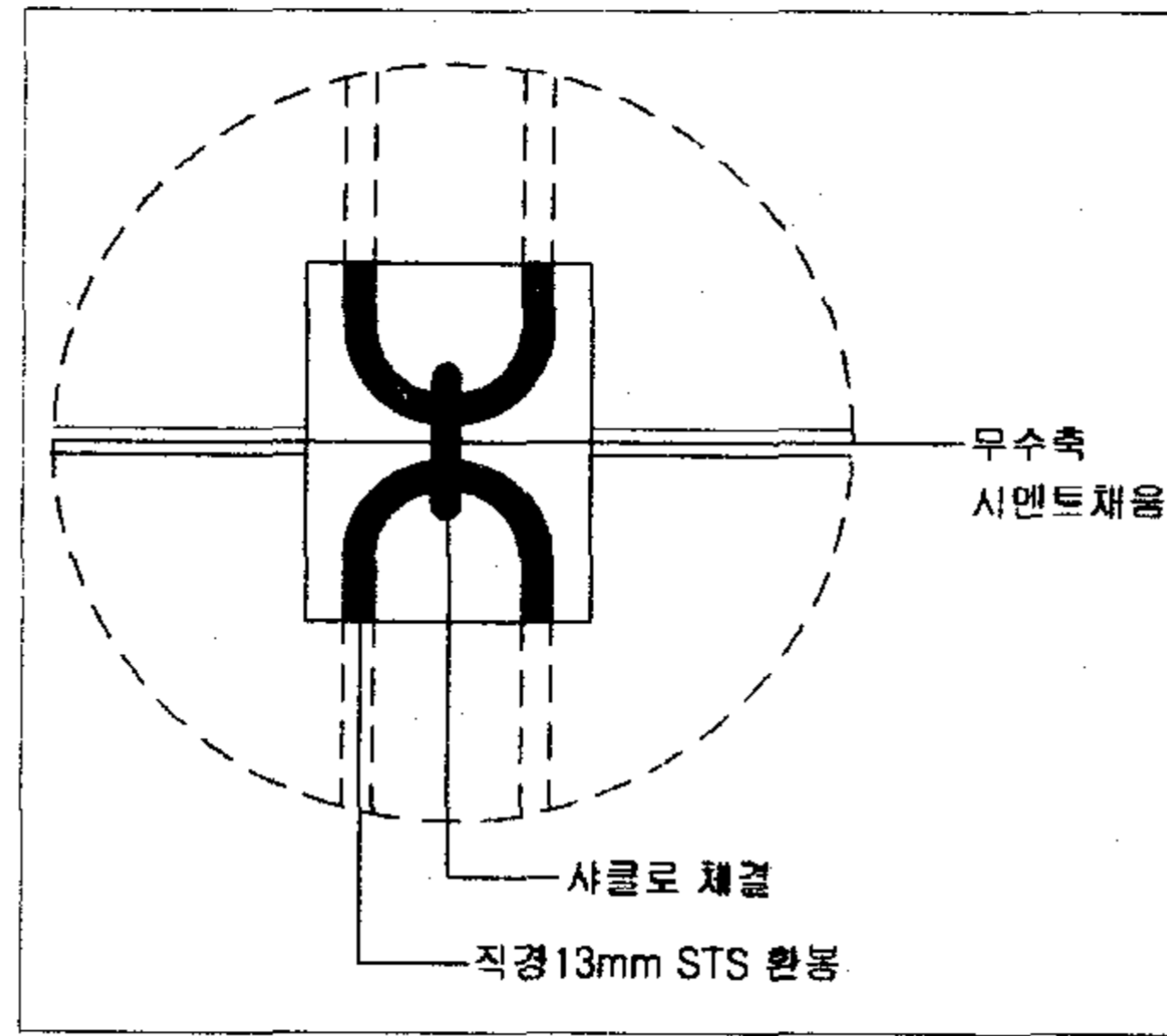
블록의 조립을 위하여 몸통부 4면에 <그림 4-6>에서 보는 바와 같은 형태로 D 13 mm의 STS 환봉을 배근하고 블록속에 묻히는 부분은 STS 환봉과 콘크리트가 일체화될 수 있도록 철근을 절곡하여 앙카를 주어 설계하였으며 연결부의 곡률반지름은 47 mm로 하였다.



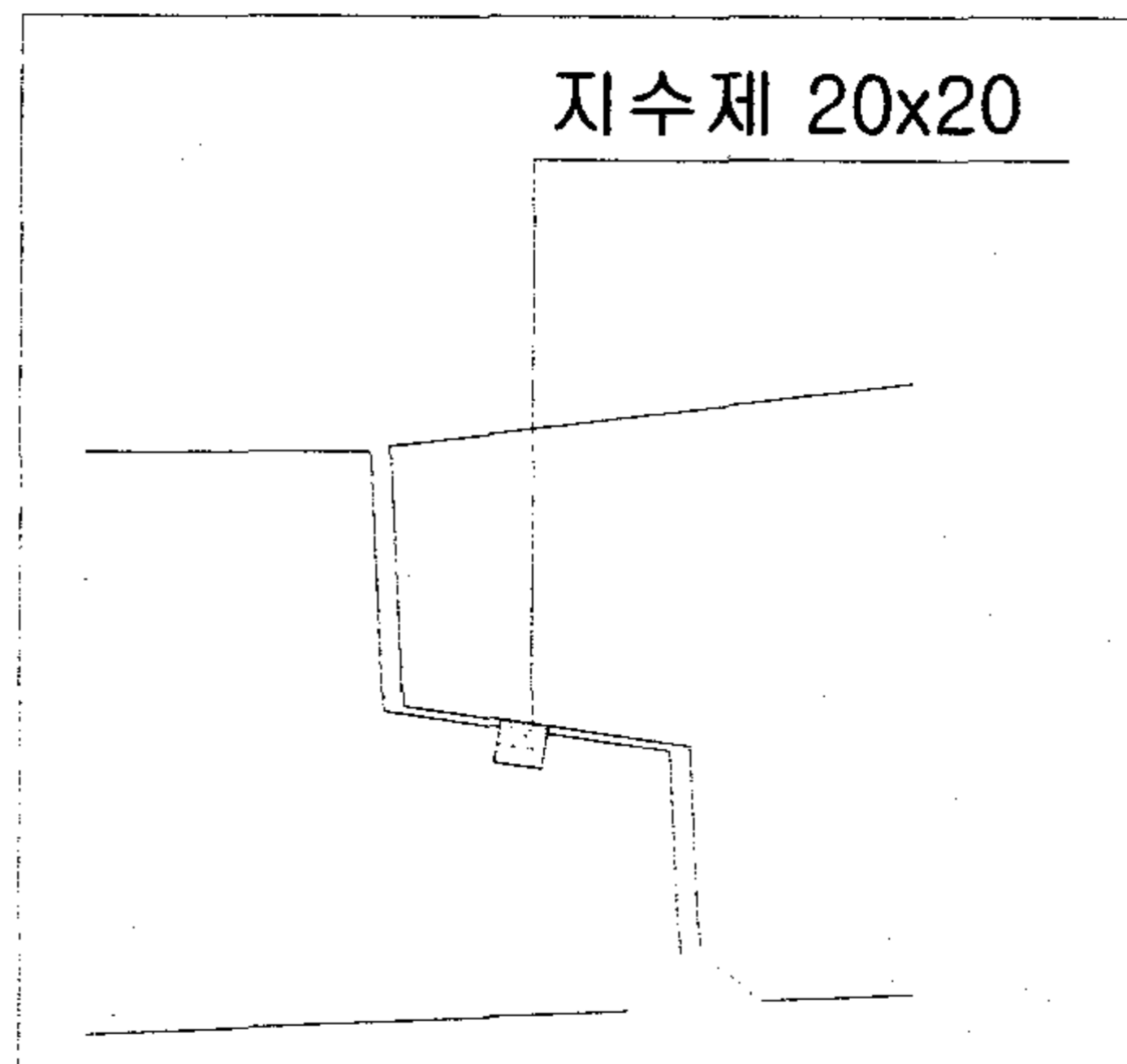
<그림 4-6> 어도블럭 연결 고리

어도 블록의 사면에 설치된 연결고리는 <그림 4-7>과 같이 샤클을 이용하여 체결하고 체결된 부위의 흠은 수팽창성 시멘트를 채움으로서 마무리 하도록 하였다.

지수판 설치는 블록의 조립시 전단블록과 후단블록의 접촉부에 지수판을 설치하여 물의 침투로 인하여 발생하는 기초면의 세굴, 변형 등을 최소화하도록 하였으며 지수판을 이용한 전후단 블록간의 경사를 조절할 수 있도록 <그림 4-8>과 같이 설치하였다.

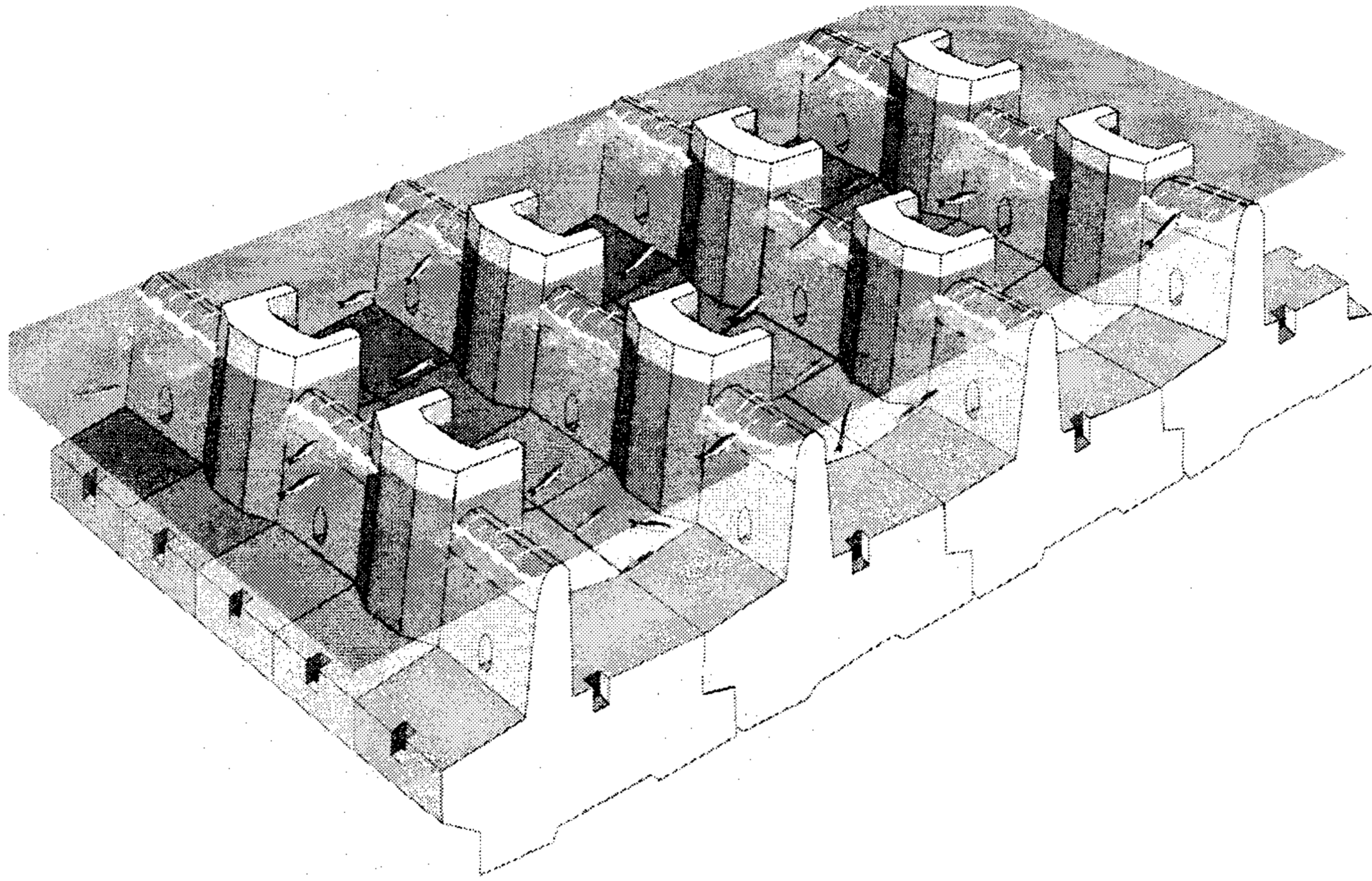


<그림 4-7> 샤클 결속



<그림 4-8> 지수판 설치

블록의 조립은 월류부+비월류부+월류부의 3 m를 기본으로 하여 시공되며 조립식 최대한 밀착하여 틈을 최소화 하며, 블록의 수평을 맞출 수 있도록 하고 전체 어도시설은 1 : 20의 구배가 되도록 <그림 4-9>와 같이 설계하였다. 또한 블록과 블록간의 틈새는 수팽창성 시멘트의 주입을 통하여 방수처리가 되도록 하였으며 어도시설의 측벽은 철근콘크리트 구조물로서 현장타설을 하는 것을 기본으로 하고 비월류부의 높이 보다 20 cm 정도 높게 설계하여 측벽으로 물이 넘치는 것을 방지하였다.

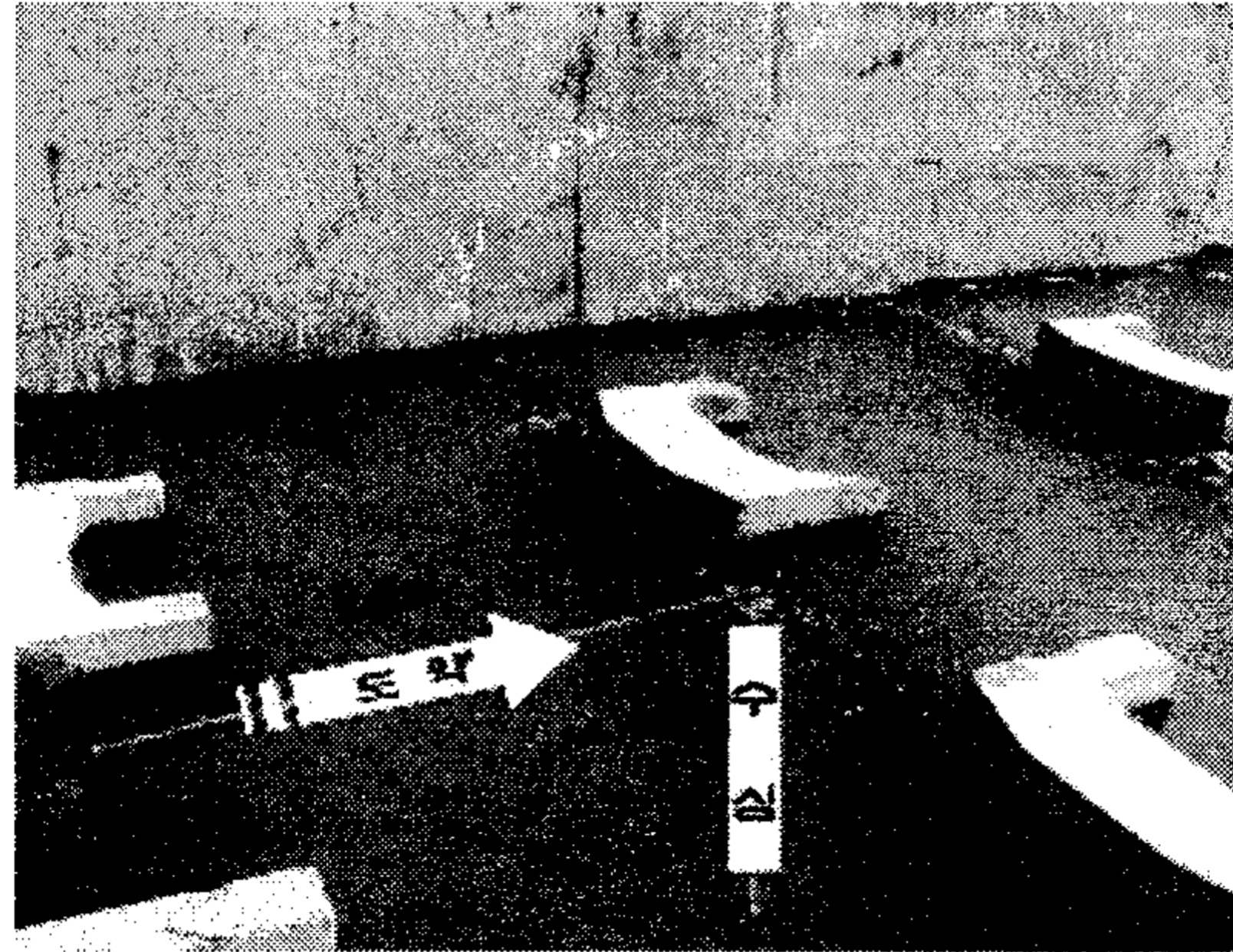


<그림 4-9> 조립식 아이스하버형 어도의 조립 모식도

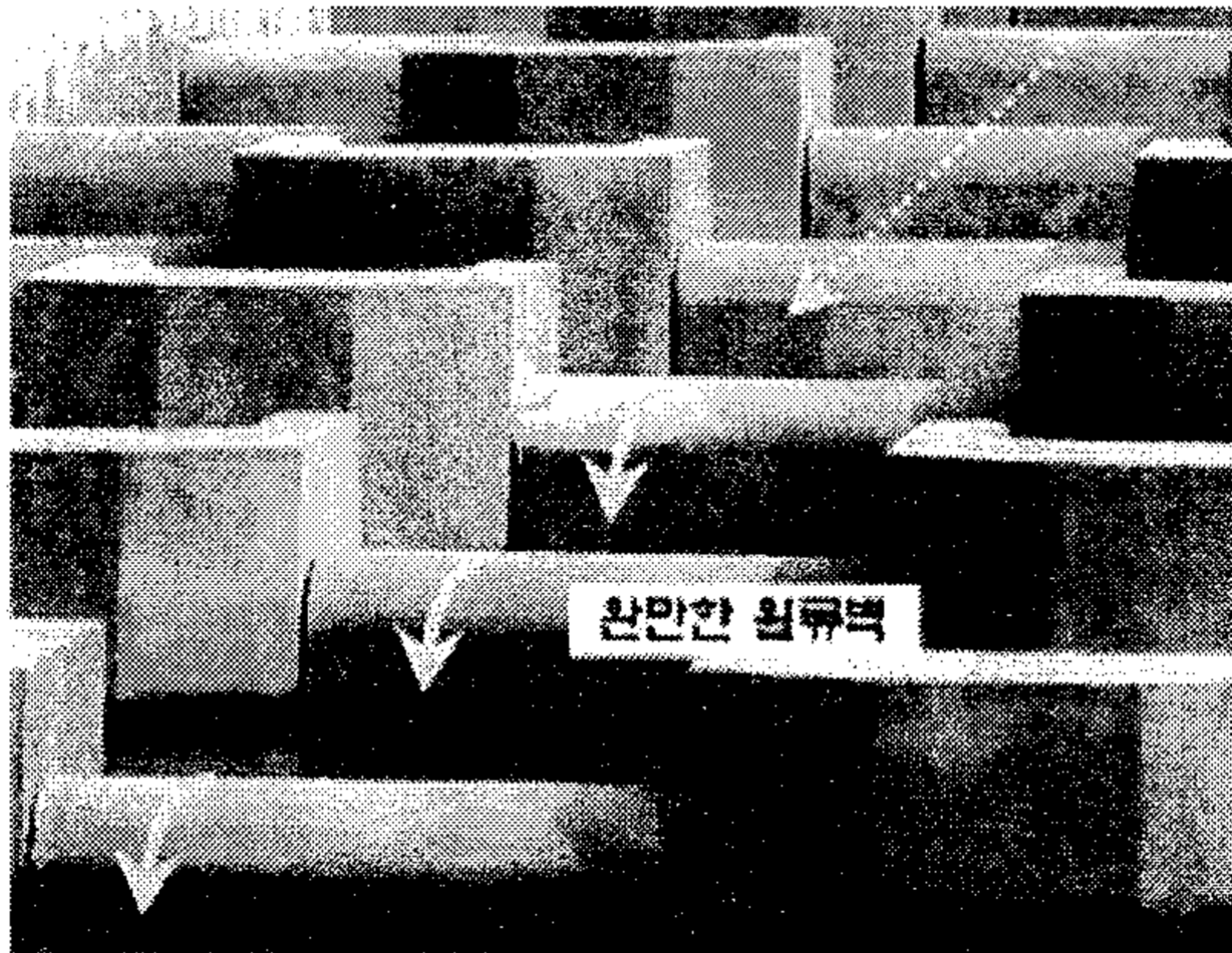
4.3 조립식 아이스하버형 어도의 특징

4.3.1 충분한 수심과 도약거리 제공

조립식 아이스하버형 어도의 구조적 특징은 약 2 m의 어류가 도약 할 수 있는 거리와 높이 70 cm의 수심을 형성할 수 있도록 하여 충분한 풀(pool)로 만들 수 있어 어류 소상시 최적의 상태를 유지시킬 수 있도록 하였다. 또한 어도의 구배를 1/20로 이루어져 있어 월류벽을 2 m 간격마다 10 cm의 월류 수심을 유지시켜 주므로 어류소상에 적합하게 이루어지도록 하였다. <그림 4-10>은 수심과 도약거리 확보가 되는 것을 보여주고 있는 것이고 <그림 4-11>은 조립식어도의 경사 월류벽을 나타낸 것이다.



<그림 4-10> 수심과 도약거리 확보



<그림 4-11> 1/20의 경사의 월류벽

4.3.2 일정한 유황과 휴식처 확보

조립식 아이스하버형 어도는 완만한 흐름을 형성해 주어 작은 물고기들도 소상할 수 있도록 하였기 때문에 일정한 유황이 확보 되어 유리하며 비월류부의 정체 수역은 물고기들에게 휴식처를 제공함으로써 어류 소상에 용이하도록 한 것이 특징이다. <그림 4-12>는 균일한 유황 및 휴식공간 제공 전경을 나타낸 것이다.



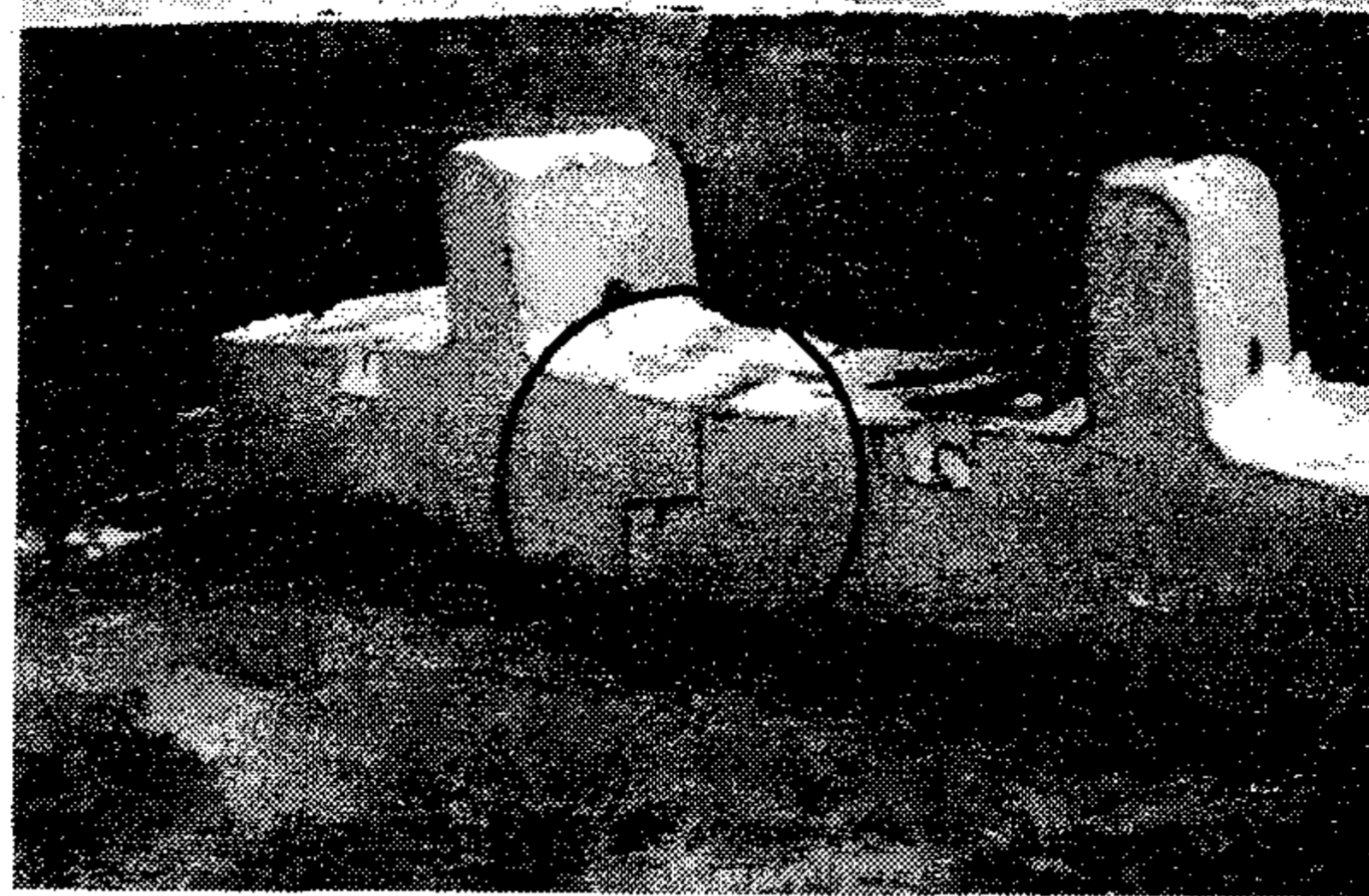
<그림 4-12> 균일한 유황 및 휴식공간
제공

4.3.3 완만한 월류벽

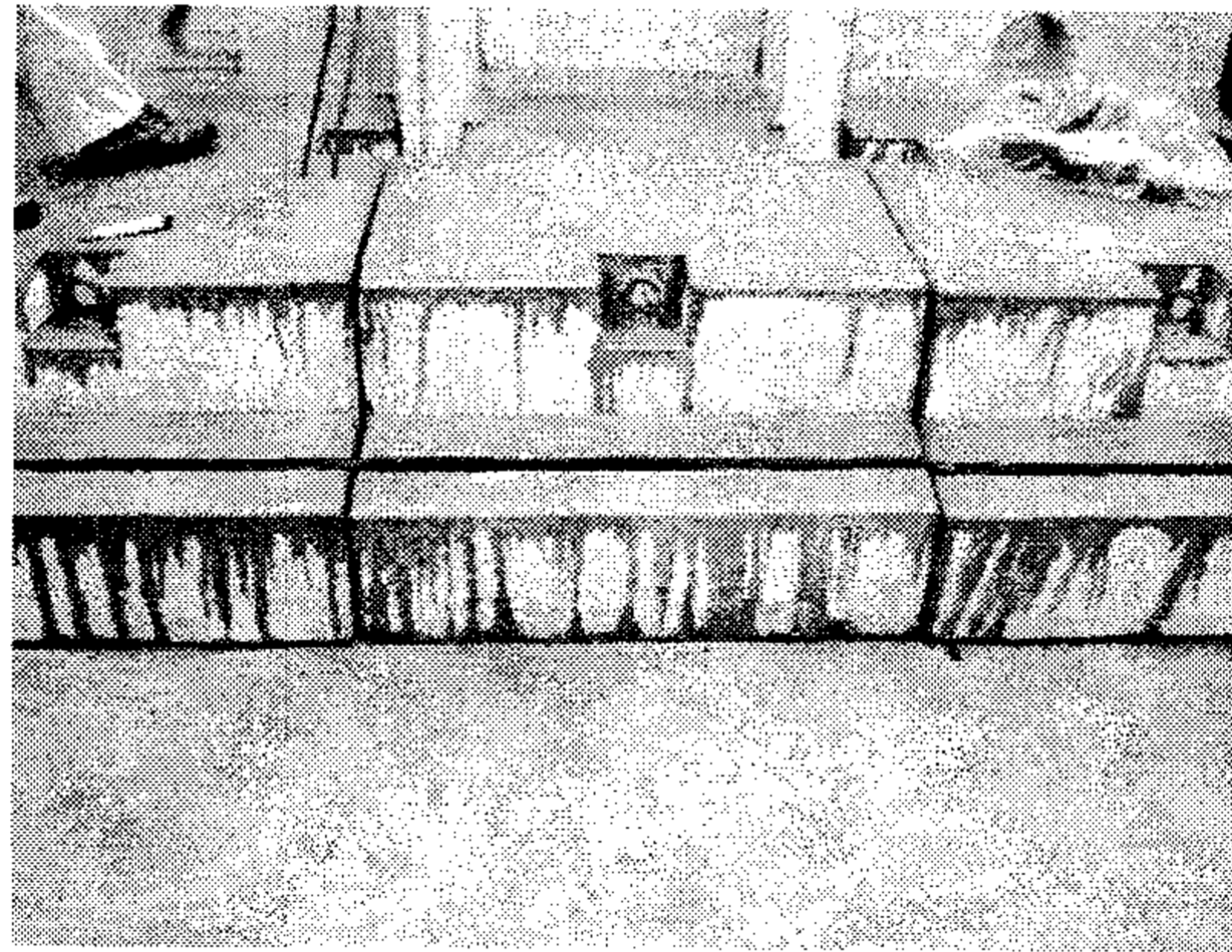
조립식 아이스하버형 어도에서 물이 월류하는 월류부분의 블럭은 완만한 R형으로 제작하여 난류 및 기포의 발생을 최소화 하였다. 또한 충분한 격벽 간 거리를 확보하여 월류시 발생하는 난류를 감소시켜 주는 역할을 하여 어류 소상시 충분한 도움이 될 수 있도록 하였다.

4.3.4 구조적 안정

<그림 4-13>에서 보는 바와 같이 조립식 어도블럭의 하부는 일정한 거푸집에서 제작되기 때문에 항상 같은 모양을 이루고 있어 블록간 결속이 유리하며 조립 또한 용이할 수 있도록 하였다. 그리고 <그림 4-14>는 고무밴딩으로 방수를 한 것으로 블록간 샤킨을 결속하여 모든 블록이 일체화 되어 구조적인 안정성을 확보하고 블록 접합부에 고무지수재로 하여 방수를 한 것이 특징이다.



<그림 4-13> “ㄱ,ㄴ” 결합구조

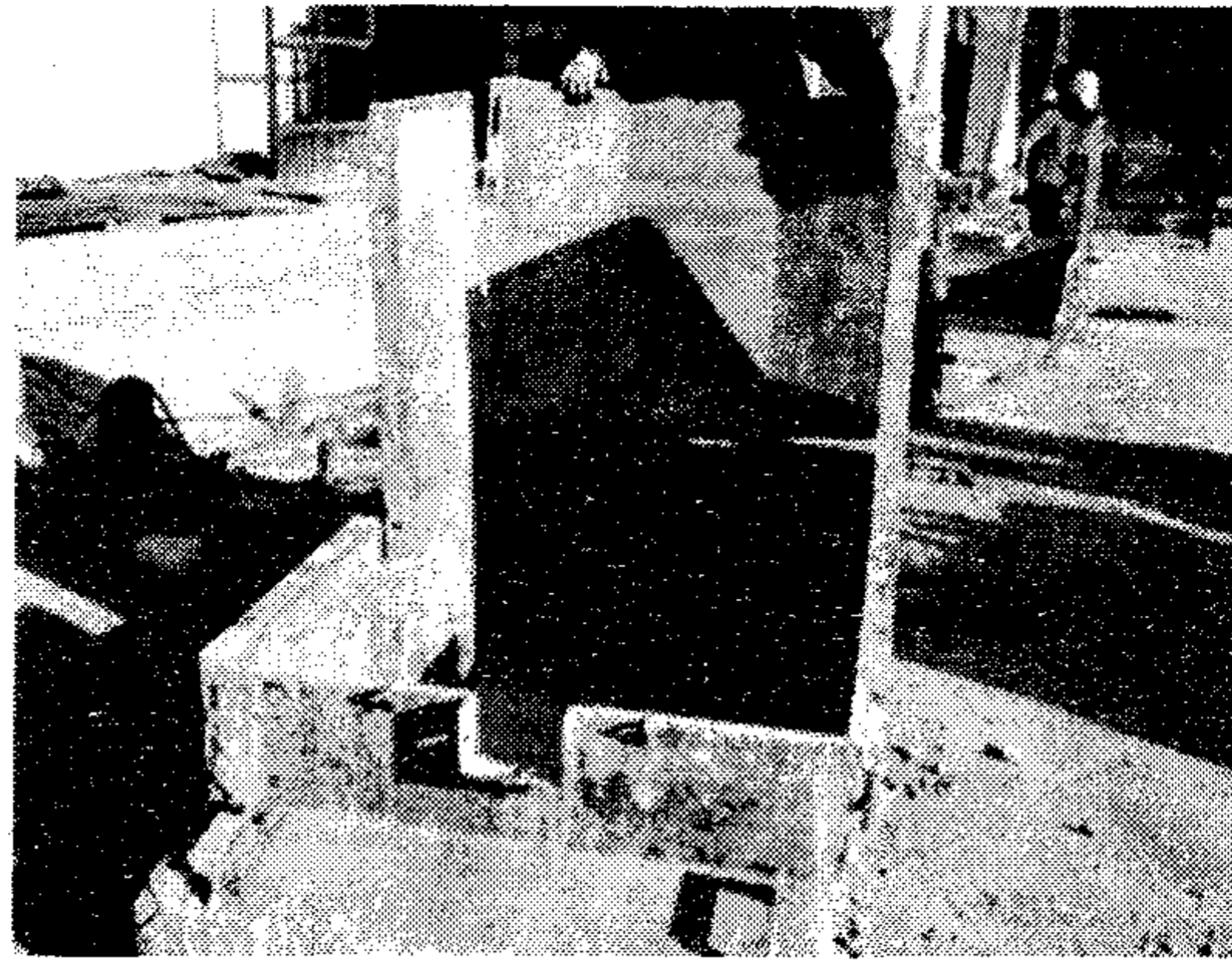


<그림 4-14> 고무밴딩으로 방수

4.4 어도블럭 생산 및 제작

4.4.1 어도블럭 거푸집 제작

조립식어도를 생산하는 블록 거푸집은 비월류형과 월류형 두가지로 되어 있으며 거푸집은 재질은 강판을 사용하였다. <그림 4-15>는 어도블록 거푸집 조립 전경을 보여 주는 것으로 각각의 거푸집은 부분조각을 체결 조립한 후 콘크리트 타설시 블록의 격벽부분에서 타설하는 과정을 거친다.



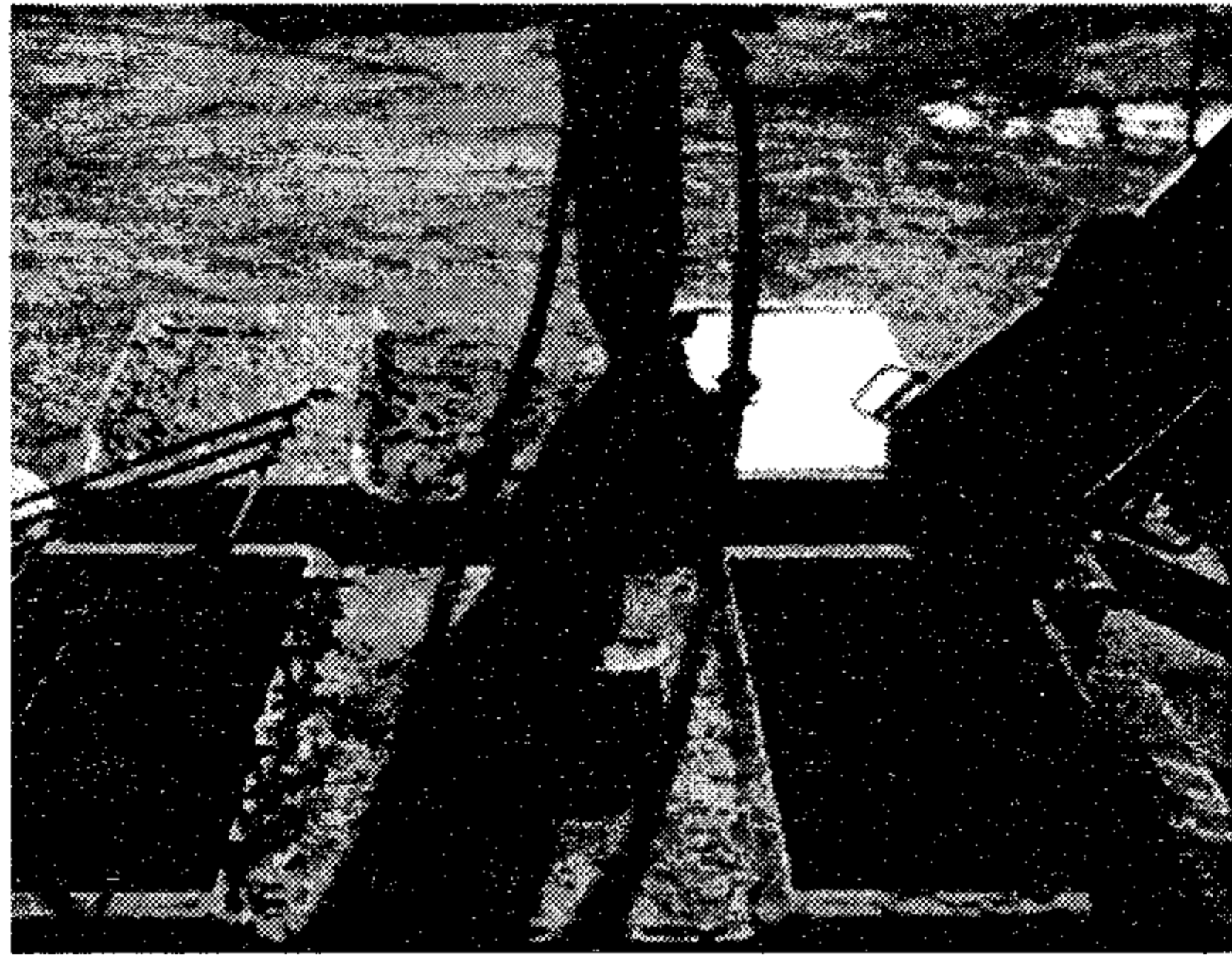
<그림 4-15> 어도블럭 거푸집
조립전경

4.4.2 어도블럭 생산

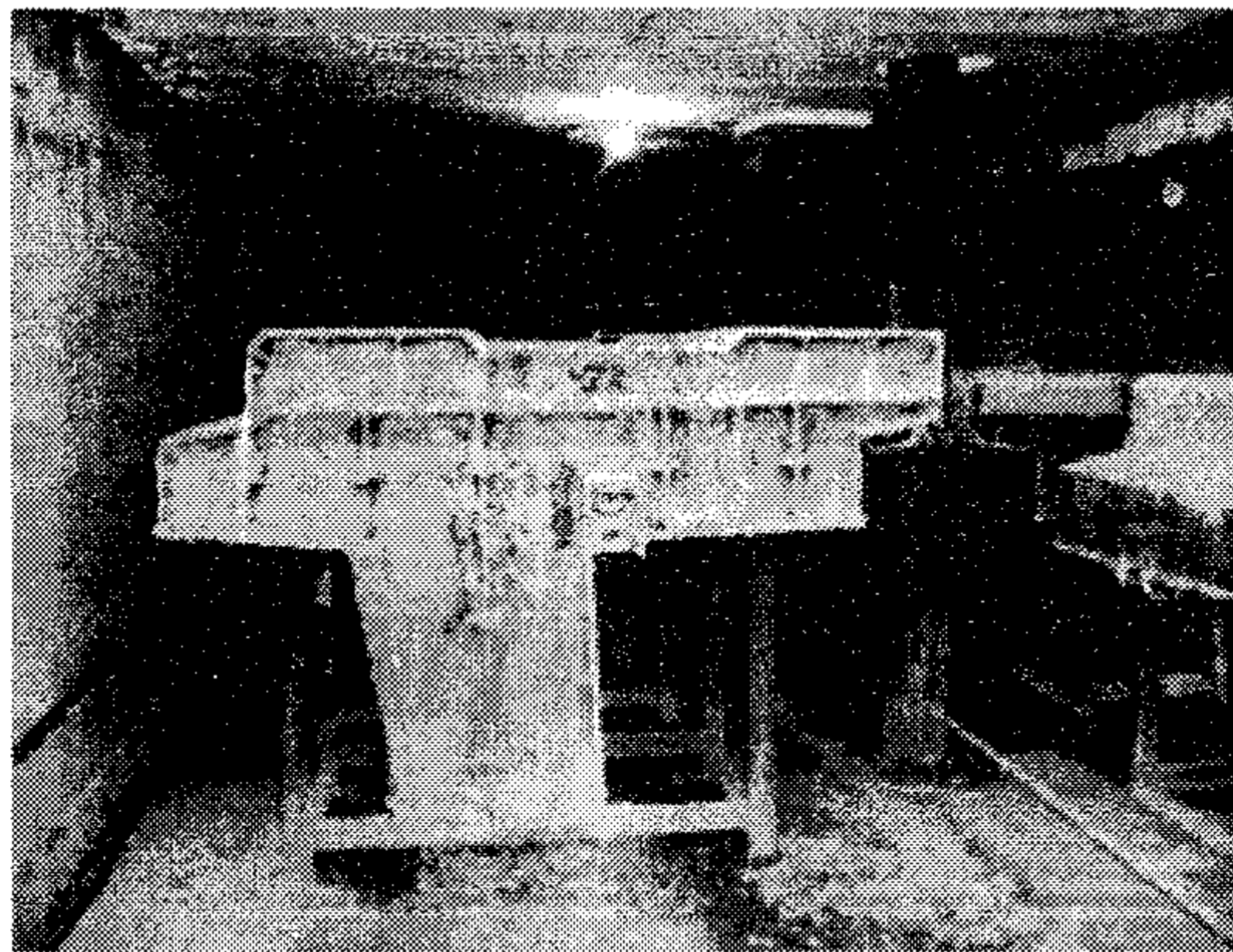
어도블럭에 사용되는 재료는 레미콘 25-300-12 규격으로 하였으며 거푸집에 콘크리트 블록을 용이하게 탈형하기 위하여 탈형제를 바른 후 <그림 4-16>에서 보는 바와 같이 레미콘의 타설은 밑면부터 타설하여 작업성을 높이고, 기포가 쉽게 빠져나갈 수 있도록 하였다. 레미콘 타설과 함께 진동 바이브레이터를 사용하여 <그림 4-17>에서 나타난 바와 같이 균일한 면처리가 되도록 다짐하였다. 타설이 완료된 콘크리트를 <그림 4-18>에서 보는 바와 같이 증기양생실로 옮기고 2시간 동안 상온의 양생실에서 사전양생한 다음 자동 온도 컨트롤러를 이용하여 양생실내 최고온도가 75℃될 때까지 증기를 시간당 20℃이하로 서서히 투입하여 온도증가가 나타나도록 증기양생을 실시하는 과정을 거친다. 증기양생온도인 75℃를 약 3~4시간 유지시킨 다음 양생실내 온도가 상온이 될 때까지 시간당 20℃ 이하로 양생실내 온도를 내린 후 제품을 양생실에서 꺼내어 상온에 이른 후 탈형을 실시하였다. 탈형이 완료된 제품은 야적장으로 운반 후 자연 건조시키고 건조수축에 의한 균열발생을 방지하기 위하여 주기적으로 살수하여 보관 하는 방식으로 제품생산을 하고 있다. <그림 4-19> 생산완료된 어도블럭 보관상태를 나타낸 것이다.



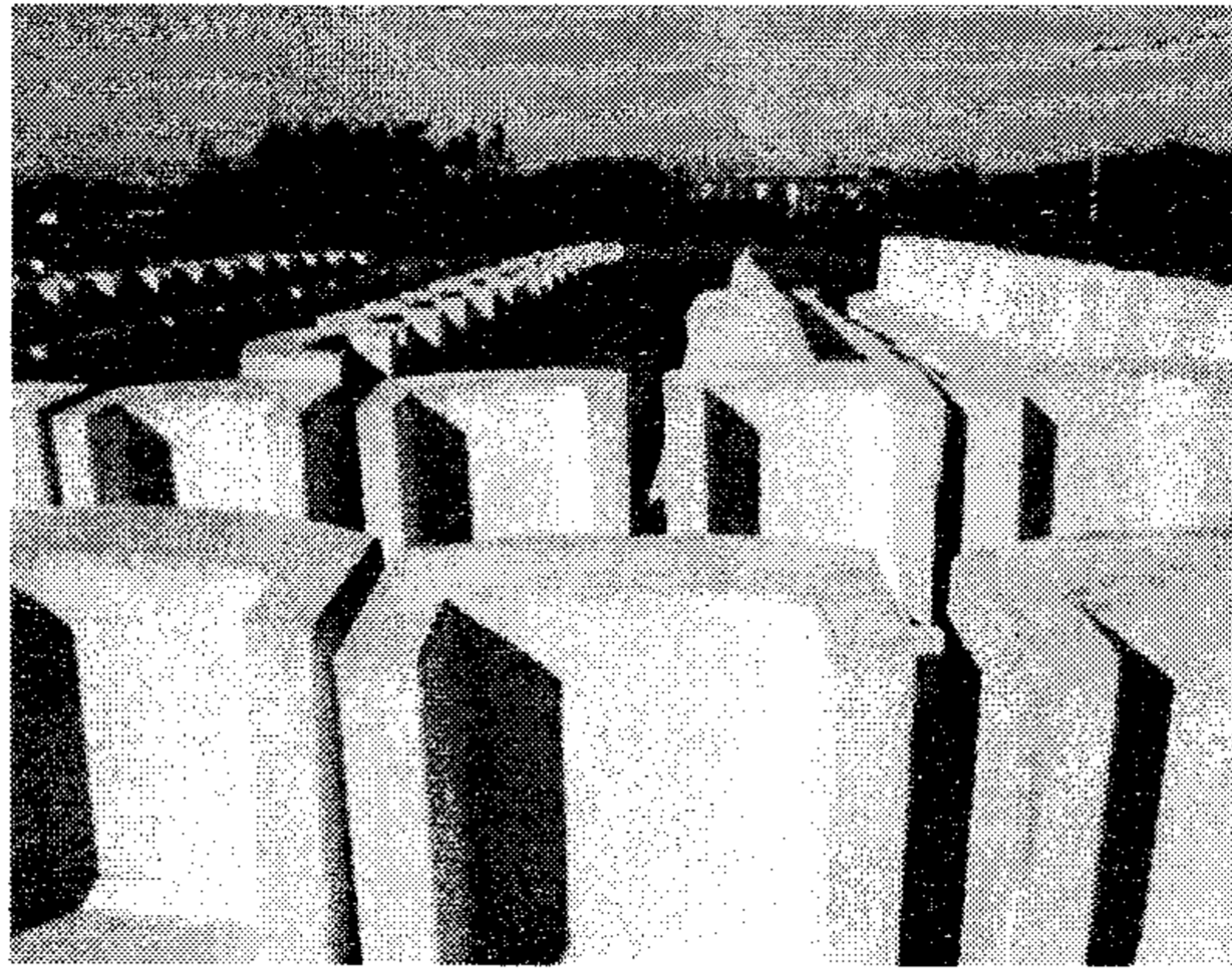
<그림 4-16> 콘크리트 타설전경



<그림 4-17> 콘크리트 다짐 전경



<그림 4-18> 증기양생실 전경



<그림 4-19> 생산완료된 어도블럭

4.4.3 어도블럭 품질관리

어도블록 제작용 콘크리트는 KS 기준에 적합한 레미콘을 사용하였는데 레미콘의 품질을 관리하기 위해서 매일 1회 거푸집에 타설하기 직전에 레미콘에서 시료를 채취하고 슬럼프와 공기량을 시험하였다. 그리고 28일 표준양생 원형공시체를 제작하고 표준양생한 다음 재령 28일 압축강도를 측정 하여 품질관리를 시행하고 있다. (표 4-3)과 (표 4-4)는 어도블럭에 사용된 골재시험 결과표를 나타낸 것이다. (표 4-5)는 시멘트의 물리적 성능을 정리한 것이고 (표 4-6)은 시멘트의 화학적 성능을 나타낸 것이다. (표 4-7)은 어도블럭에 사용된 혼합수 시험결과표를 나타낸 것이고 (표 4-8)은 조립식 어도블럭 콘크리트 배합비를 보여주고 있다.

(표 4-3) 골재시험결과표

시험항목		시험결과	시험방법	
입도	체를 통과하는 중량 백분율 (%)	10mm	100	KS F 2502:2002
		5mm	96	
		2.5mm	87	
		1.2mm	68	
		0.6mm	37	
		0.3mm	13	
		0.15mm	3	
조립률		2.95	KS F 2523:2002	

(표 4-4) 골재시험결과표

시험항목	시험결과	시험방법
점토덩어리(%)	0.1	KS F 2512:2002
0.08mm체통과량(%)	2.0	KS F 2511:2002
염화물(%)	0.001	KS F 2515:2002
유기불순물	표준색용액 보다 연합	KS F 2510:2002
표면건조포화상태의밀도(g/cm ³)	2.57	KS F 2504:2002
절대건조밀도(g/cm ³)	2.55	
흡수율(%)	0.9	
단위용적질량(kg/L)	1.690	KS F 2505:2002
안정성(%)	3.8	KS F 2507:2002

(표 4-5) 시멘트의 물리적 성능

항 목		단위	KS규격	시험결과
분말도	비표면적	Cm ² /s g	2,800이상	3297
안정도(오토클레이브팽창)		%	0.8이하	0.08
응결시간 (길모어)	초결	분	60이상	200
	종결	시 간	10이하	4:25
압축강도	3일 강도	kg / Cm ²	130이상	220
	7일 강도	kg / Cm ²	200이상	315
	28일 강도	kg / Cm ²	290이상	402
비 중		-	-	3.15

(표 4-6) 시멘트의 화학적 성능

항 목		단위	KS규격	시험결과
강열감량(lg-Los)		%	3.0이하	0.48
산화마그네슘(M해)		%	5.0이하	2.09
산화칼륨(K ₂ O)		%	-	1.03
산화나트륨(Na ₂ O)		%	-	0.15
무수황산 (SO ₃)	C ₃ A < 8%일때	%	3.0이하	-
	C ₃ A > 8%일때	%	3.5이하	1.89

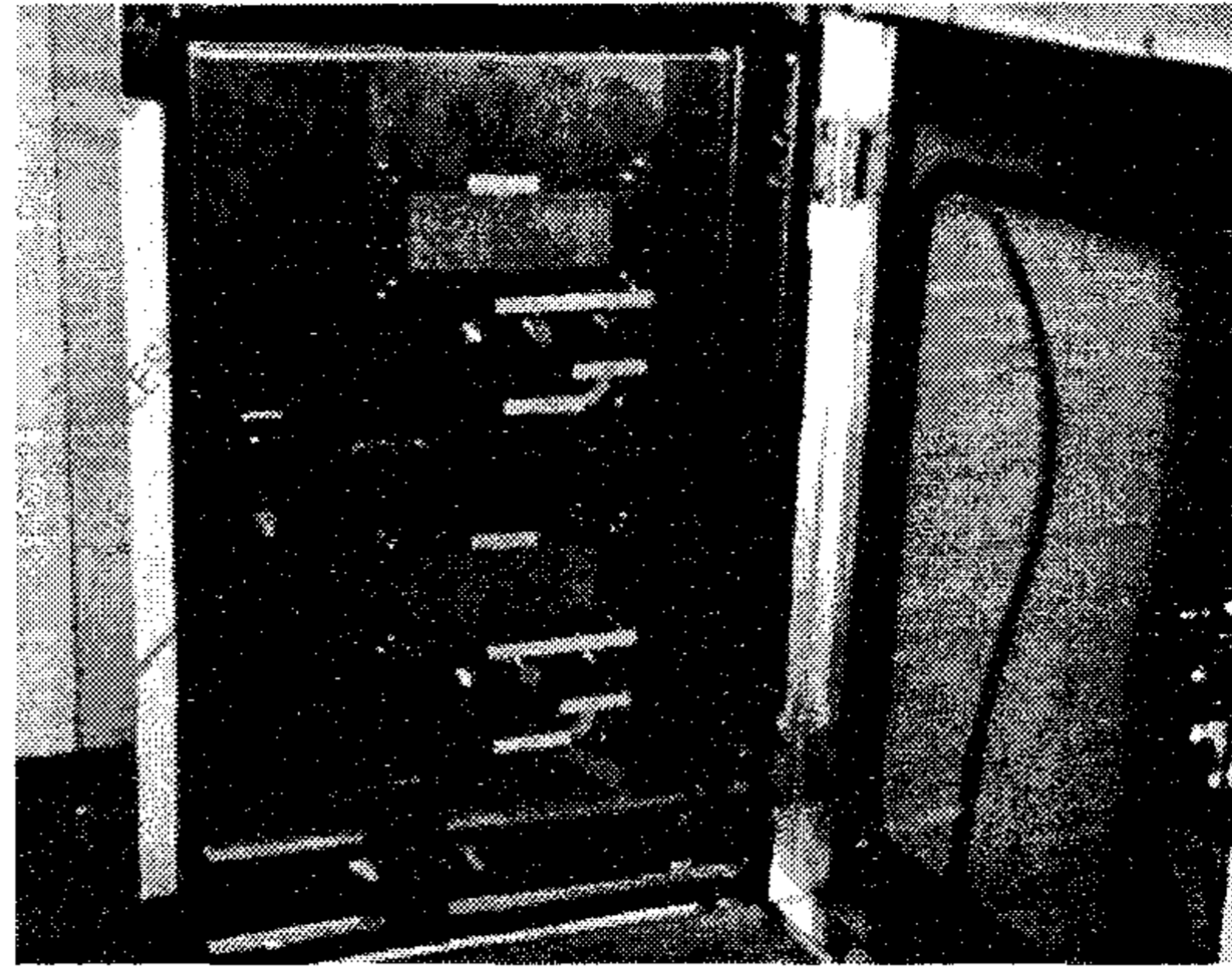
(표 4-7) 혼합수 시험결과표

시험항목	시험결과	시험방법	
현탁물질의 양(g/l)	0.05	KS F 4009 : 2004	
용해성증발 잔류물의 양(g/l)	0.7		
연소이온량(ppm)	26		
압축강도비	7일		99
	28일		100
시멘트응결시간차 (길모어시험)	초결 (분)		15
	종결 (분)	10	
pH	7.2	KS M 0011 : 2003	

(표 4-8) 조립식 어도블럭 콘크리트 배합비

물/시멘트비	잔골재율	단위 시멘트량	혼화제	비고
41.8 %	43.2 %	392 kg	1.96 %	

양생실내의 양생온도가 어도블록의 내구성에 가장 큰 영향을 미치므로 증기 양생할 콘크리트 블록 하나하나에 산업자원부가 우수품질(EM)로 인정한 “콘크리트 양생온도 이력검사장치”(인증번호 2004-012)를 삽입하고 증기양생이 종료되었을 때 “콘크리트 양생온도 이력검사장치”내 양생온도이력을 확인하여 제품 하나 하나마다 양생온도이력 품질을 철저히 확인하는 방법으로 제품을 생산하고 하였다.

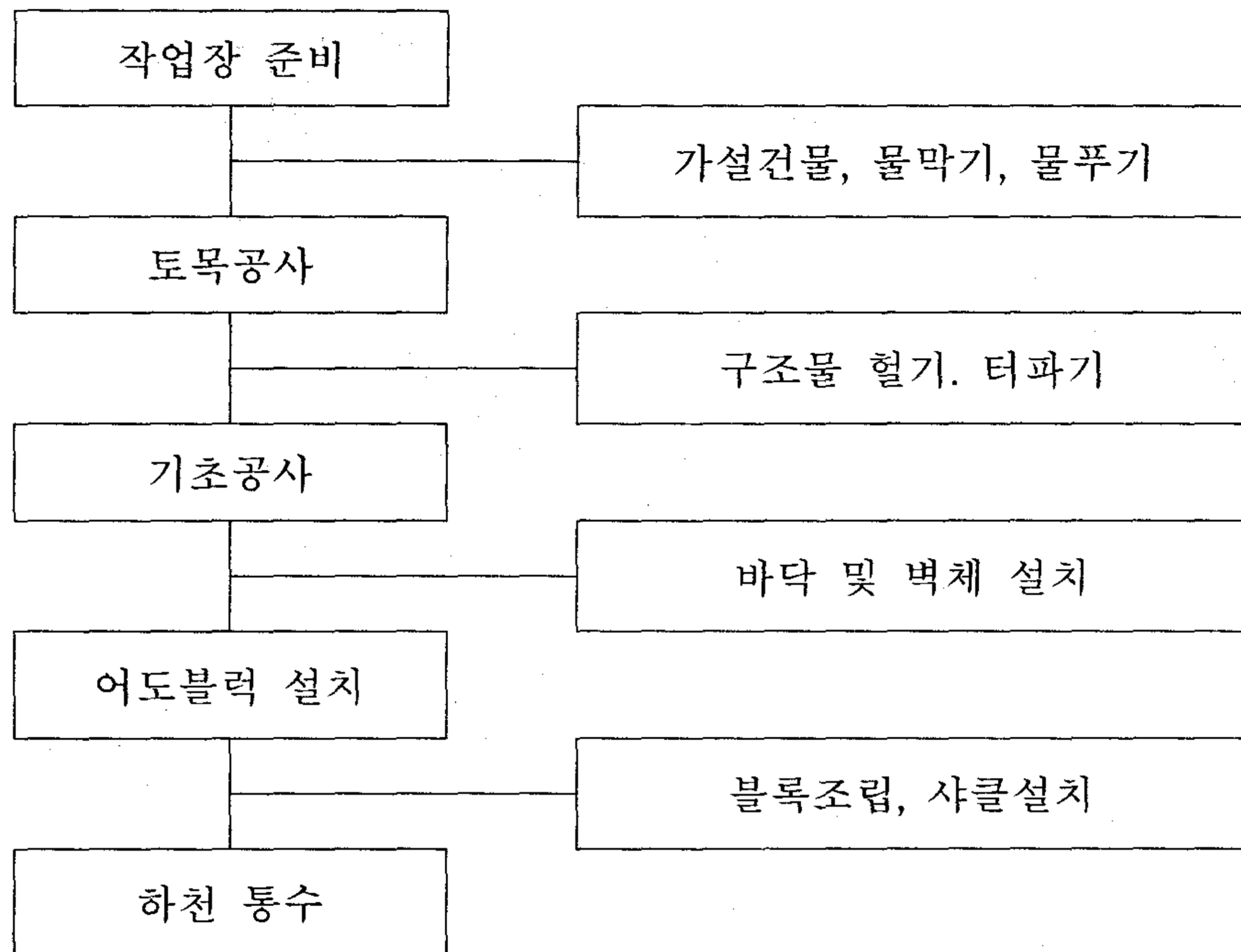


**<그림 4-20> 증기양생
이력검사장치 전경**

또한 야적지로 운반된 블록은 건조수축 등으로 인한 균열을 방지하기 위하여 주기적으로 살수하며 보관하는 것이 일반적이다. 제품은 발주자에게 납품 전 품질검사 전문기관으로부터 납품될 제품마다 외관(균열, 곰보 등), 치수검사, 양생온도이력검사를 받은 후 납품하는 과정을 거치고 있다.

4.5 조립식 아이스하버형 어도 시공 순서

조립식 아이스하버형 어도의 시공 공정을 나타낸 것이 <그림 4-21>으로 주요 공정을 살펴보면 제일 먼저 착수해야 할 것이 작업장 준비로 가설건물, 물막기, 물푸기가 기본적으로 선행되어야 한다. 또한 토목공사로는 기존 취입 보 헐기와 터파기가 있고 기초공사로는 바닥 및 벽체의 철근 조립과 콘크리트 타설로 시공이 진행되어야 할 것이다. 그리고 어도블럭 설치로서는 현장에 운반된 어도블럭의 조립과 샤펀부의 무수축 시멘트를 사용하여 빈 공간을 채우고 하천통수를 하는 순으로 되는 것이 일반적으로 되어 있다.

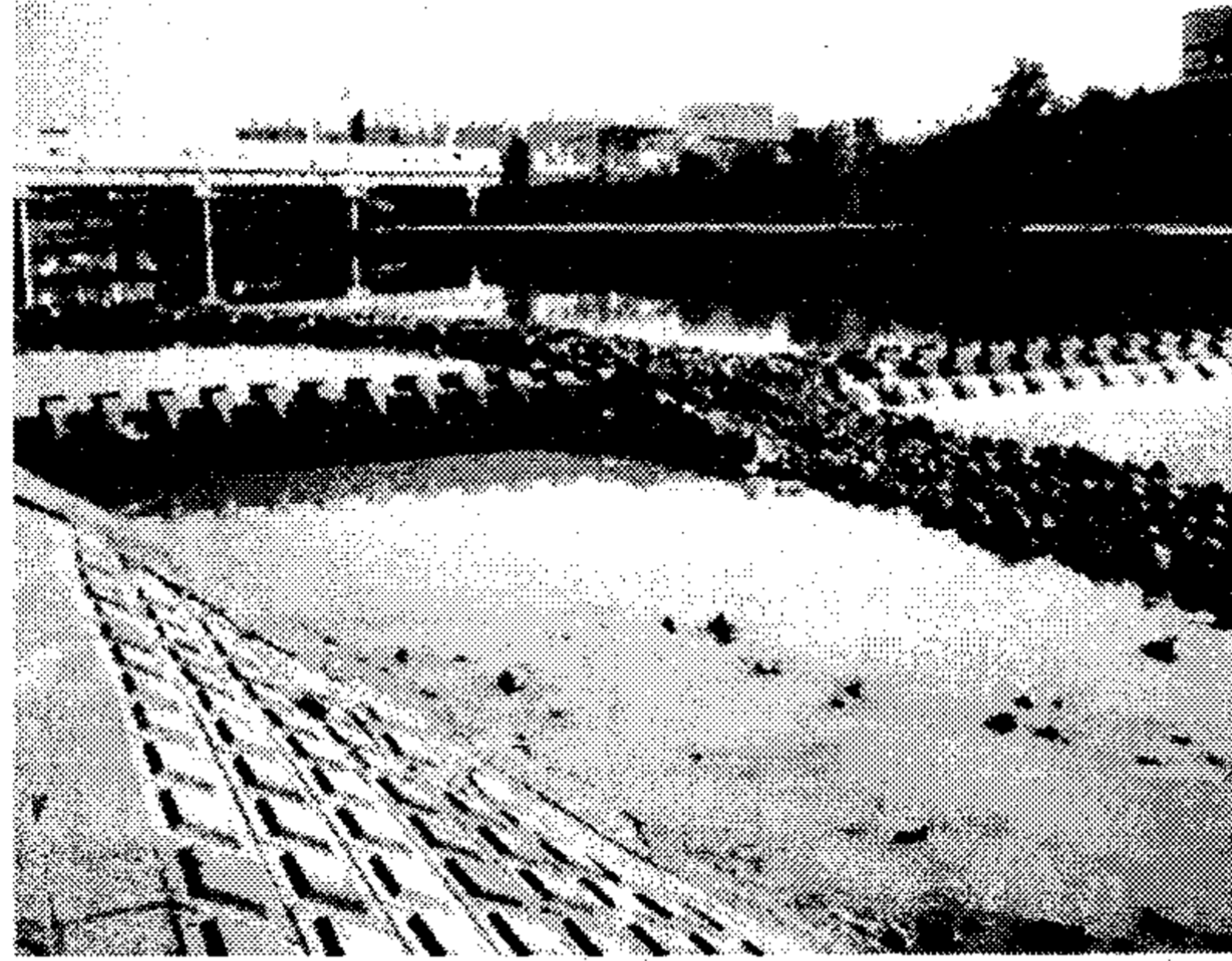


〈그림 4-21〉 조립식 아이스하버형 어도 시공 순서

조립식어도의 작업 준비과정을 그림으로 설명하면 <그림 4-22>는 물막기 공정을 나타낸 것이고 <그림 4-23>은 양수기등을 이용하여 물푸기 전경을 <그림 4-24>는 공사를 원활히 하기 위한 가설도로 및 진입로 등을 설치한 전경을 나타낸 것이다. 토목공사로는 <그림 4-25>와 같이 기존 취입보의 구조물 헐기 공사와 <그림 4-26>에서 보는 바와 같이 어도설치 부분의 터파기 과정으로 구성된다. 기초공사부분으로는 <그림 4-27>과 같이 벽체와 바닥의 철근조립을 하고 <그림 4-28> 및 <그림 4-29>와 같이 콘크리트를 타설하는 과정을 거친다. 벽체 및 바닥 콘크리트 타설 후 충분한 양생을 한 다음 어도블럭 조립을 위한 설치전 전경을 나타낸 것이 <그림 4-30>이고 어도블럭을 장비를 이용하여 조립하는 전경을 나타낸 것이 <그림 4-31>이다. 어도블럭 조립후 블록간의 이음은 <그림 4-32>에 보여주는 바와 같이 샤클을 사용하여 연결하고 그 부분을 무수축 모르타르로 메꾸어 정리하면 시공이 마무리 되는 것이다. <그림 4-32>에서부터 <그림 4-34>까지는 시공이 완료된 후의 통수전경을 나타낸 것이다.

기타공정으로는 <그림 4-36>에서 보는 바와 같이 어도블럭과 벽체사이의 틈새를 마감하는 작업이고 <그림 4-37>에서는 되메우기와 하상복구를 하는

전경을 나타낸 것이다. <그림 4-38>은 취입보의 손상된 부분을 복구하는 과정에서 공정이 끝나는 순으로 되어 있다.



<그림 4-22> 작업장 준비인
물막기 전경



<그림 4-23> 물푸기전경



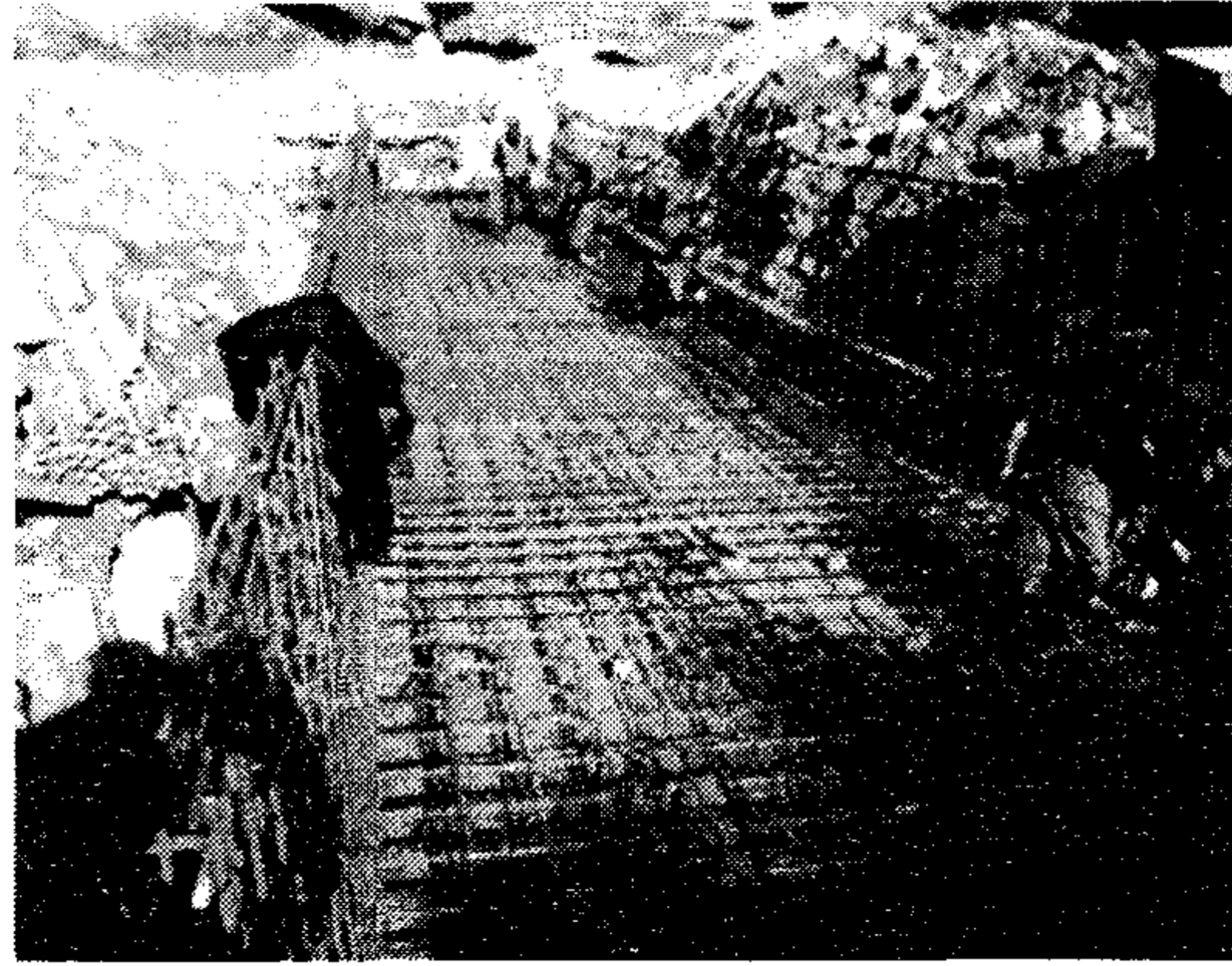
<그림 4-24> 가설도로 및 진입로 설치



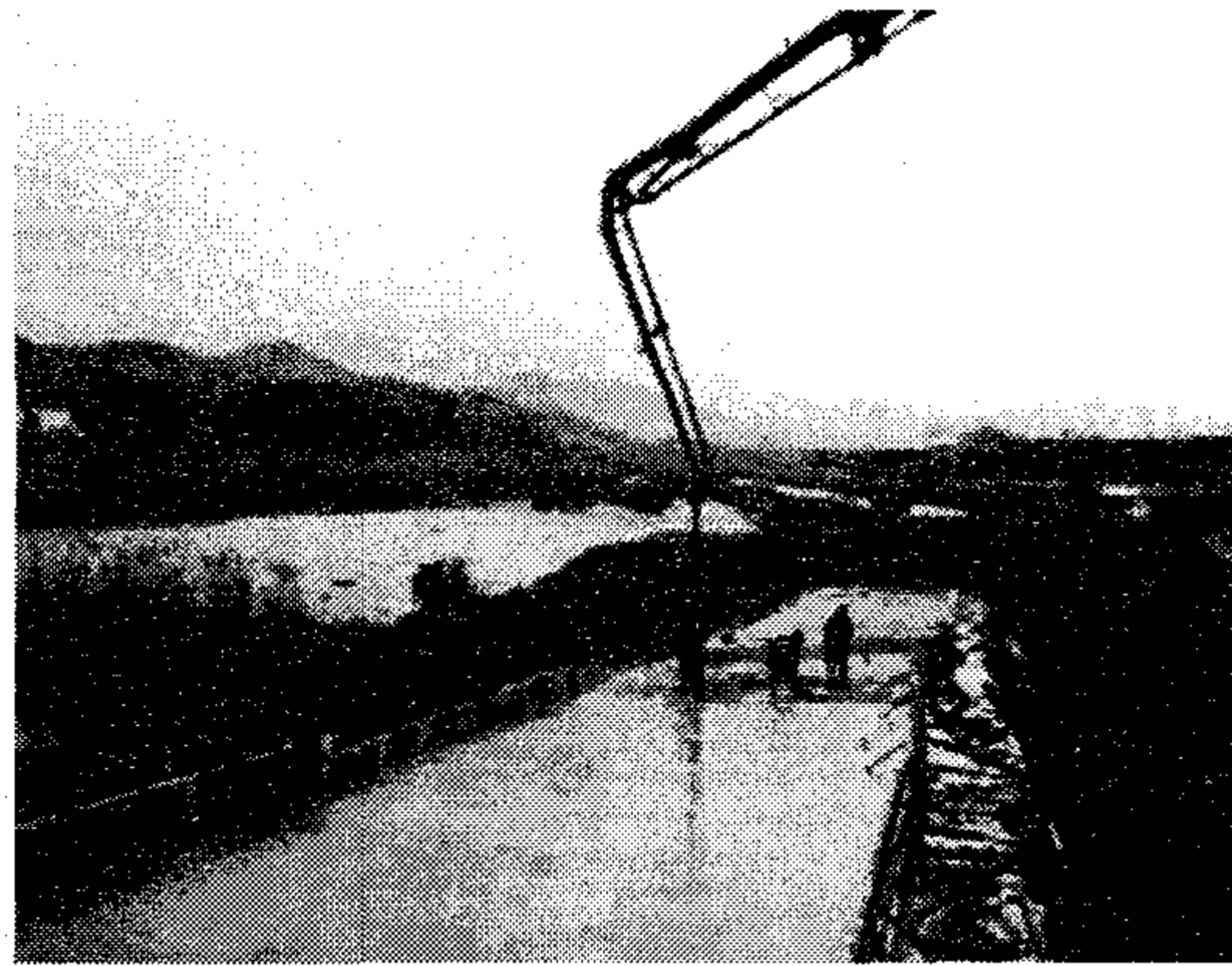
<그림 4-25> 구조물 헐기



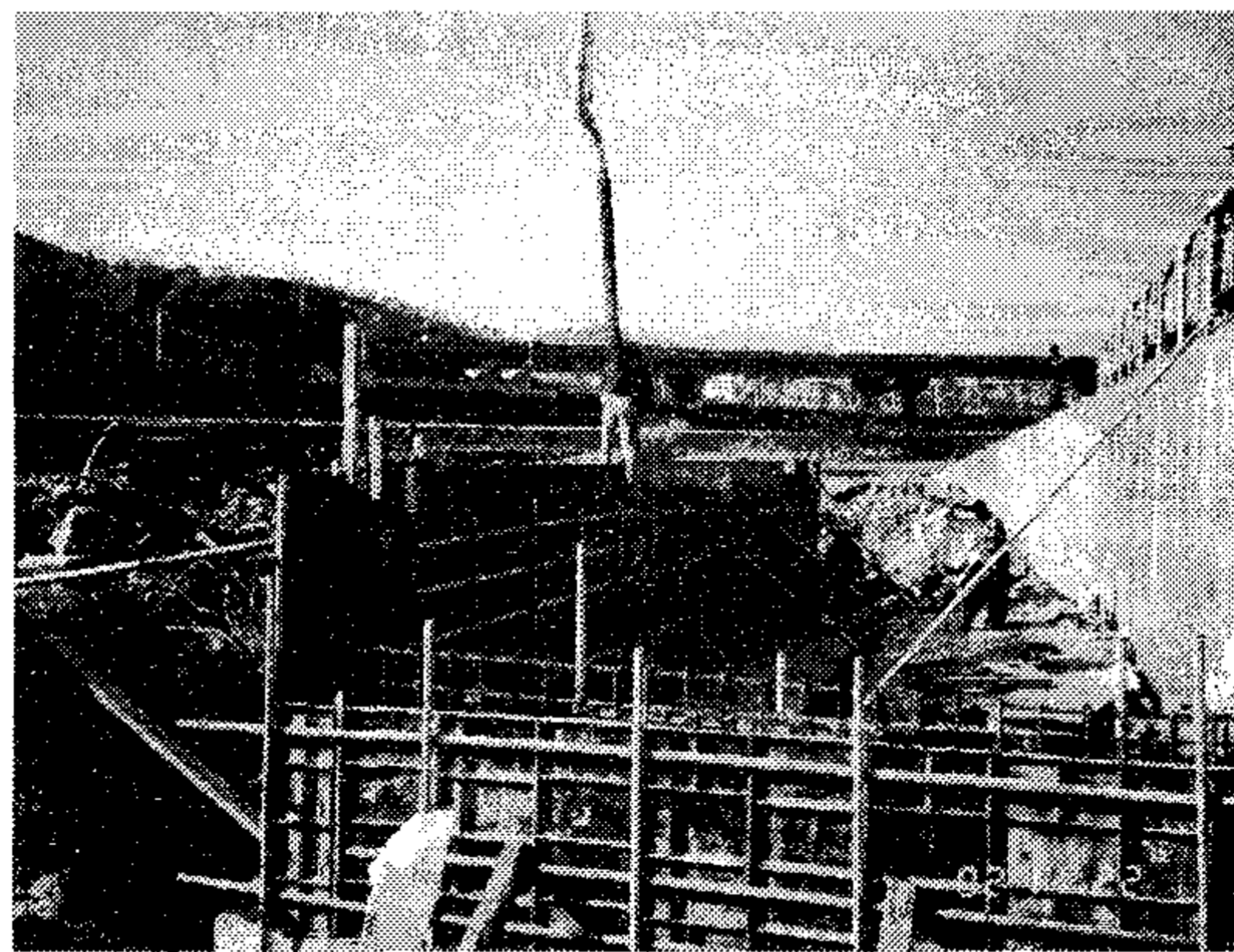
<그림 4-26> 터파기



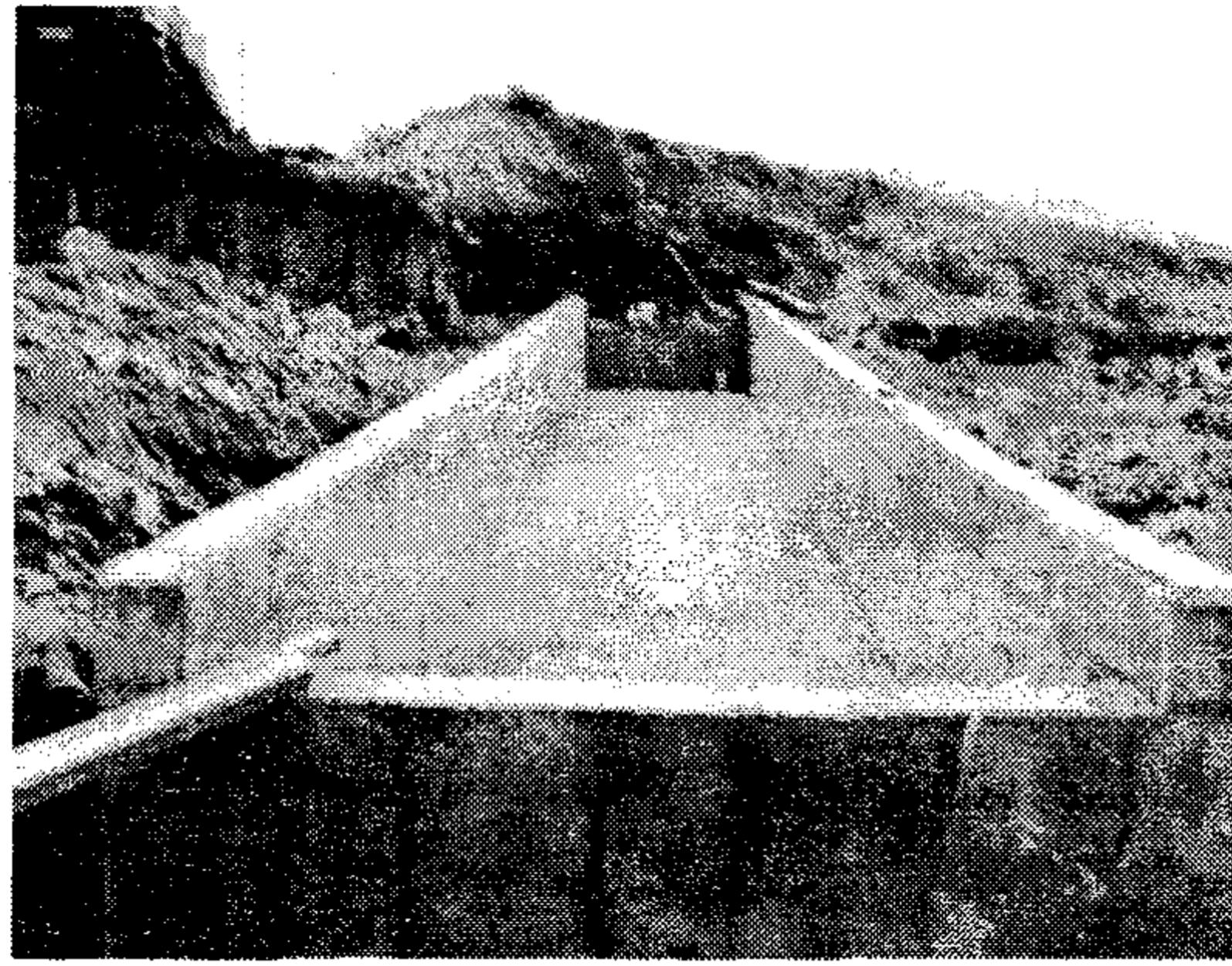
<그림 4-27> 철근 조립



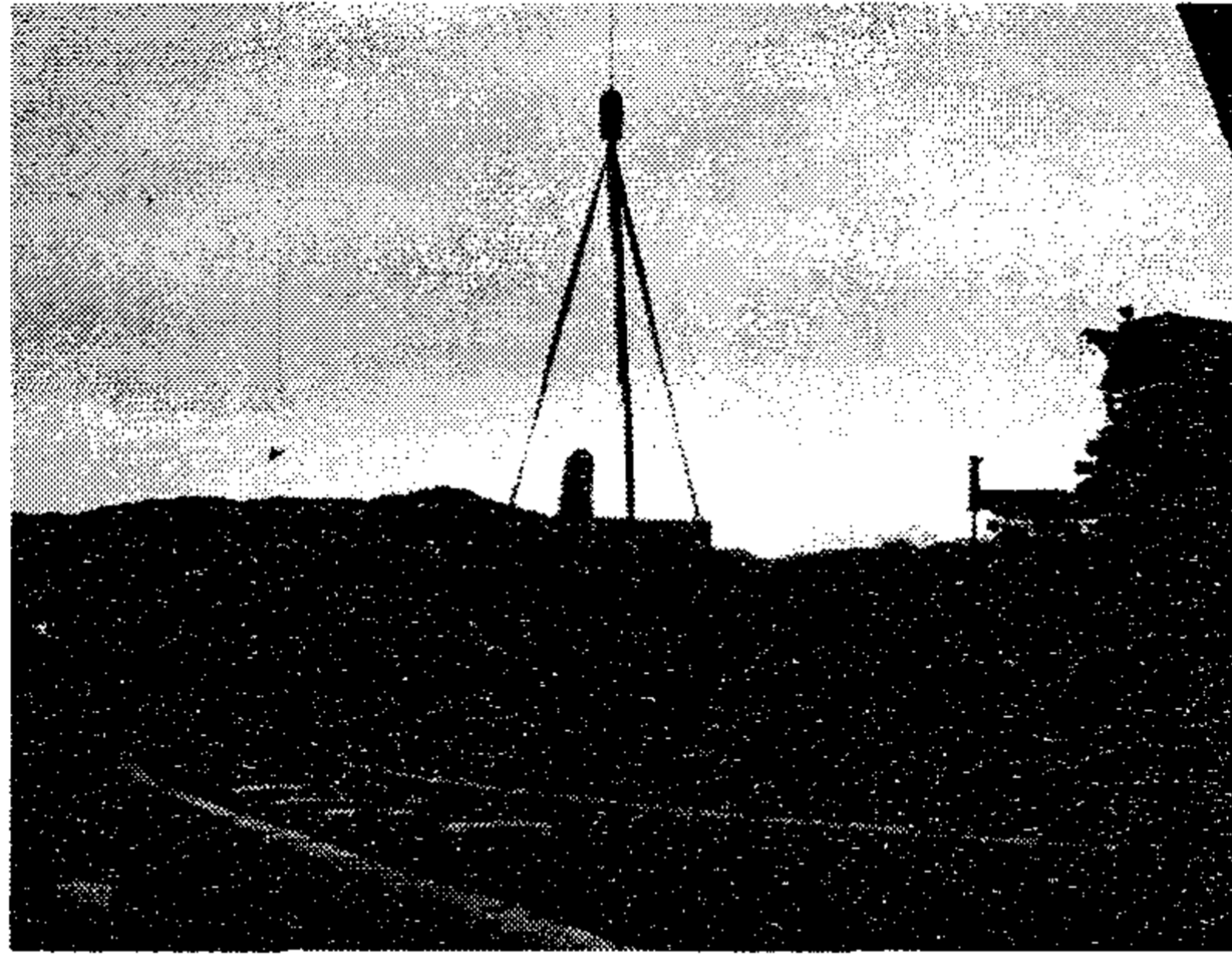
<그림 4-28 > 바닥 콘크리트 타설



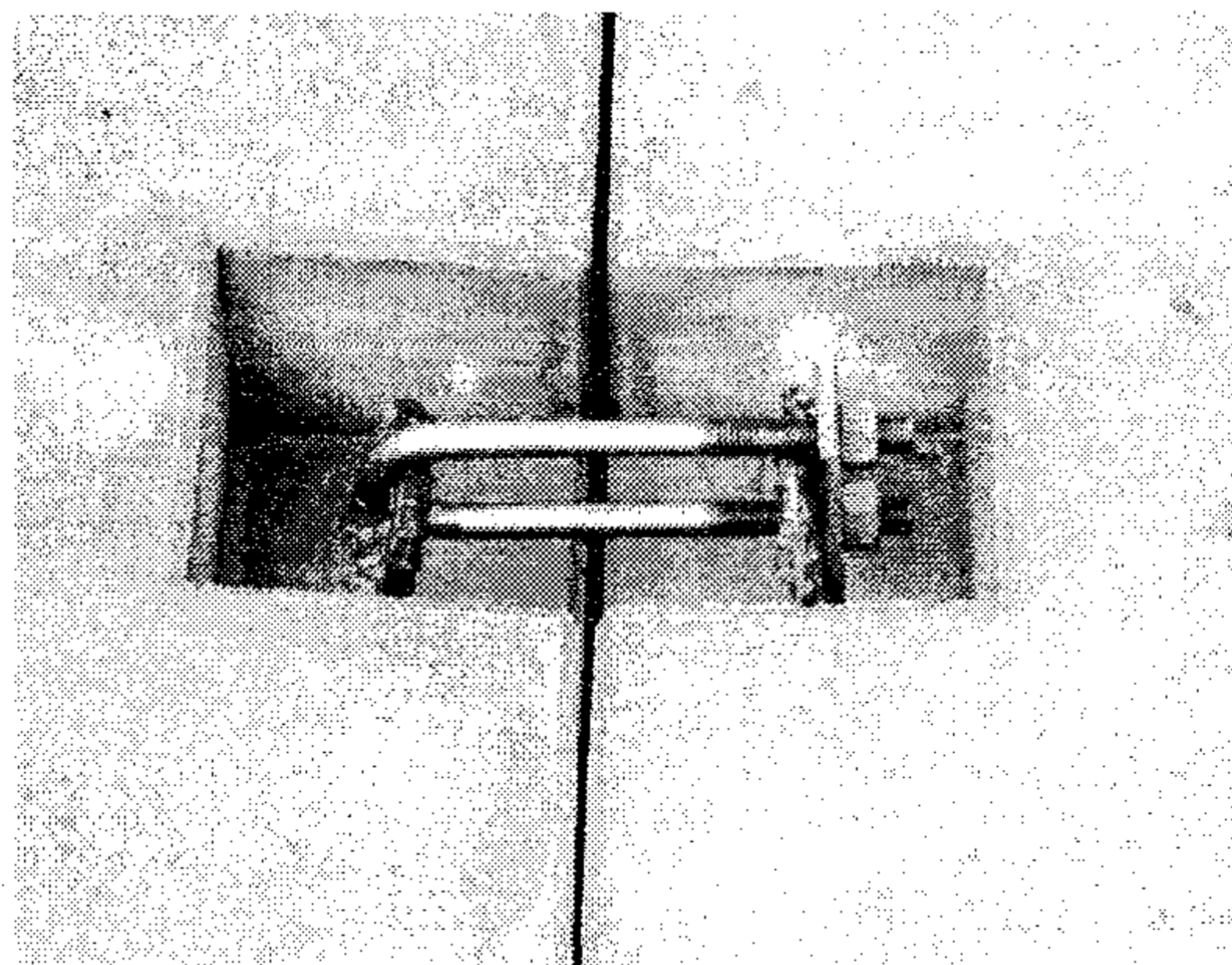
<그림 4-29> 벽체 콘크리트 타설



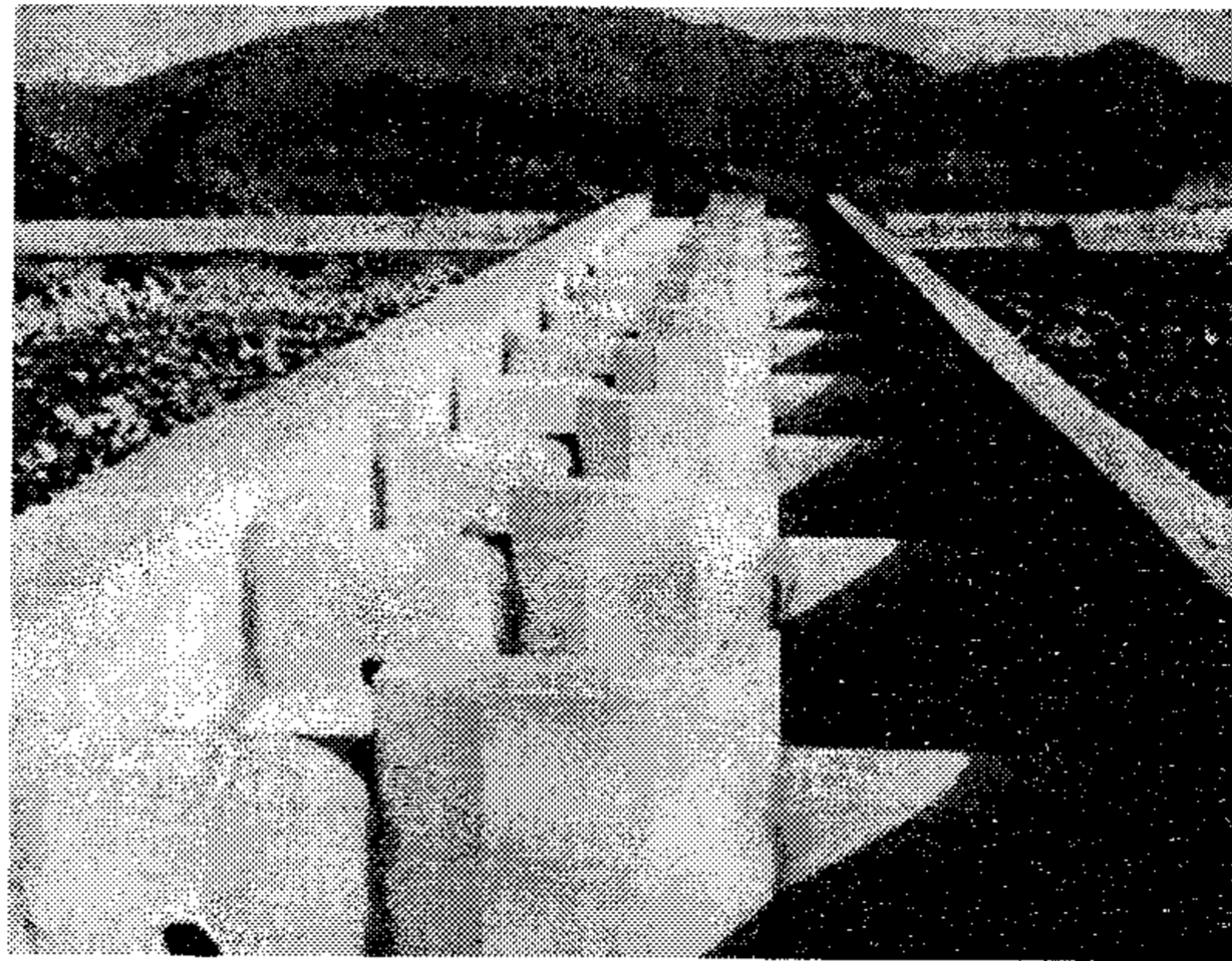
<그림 4-30> 조립식어도 설치 전 전경



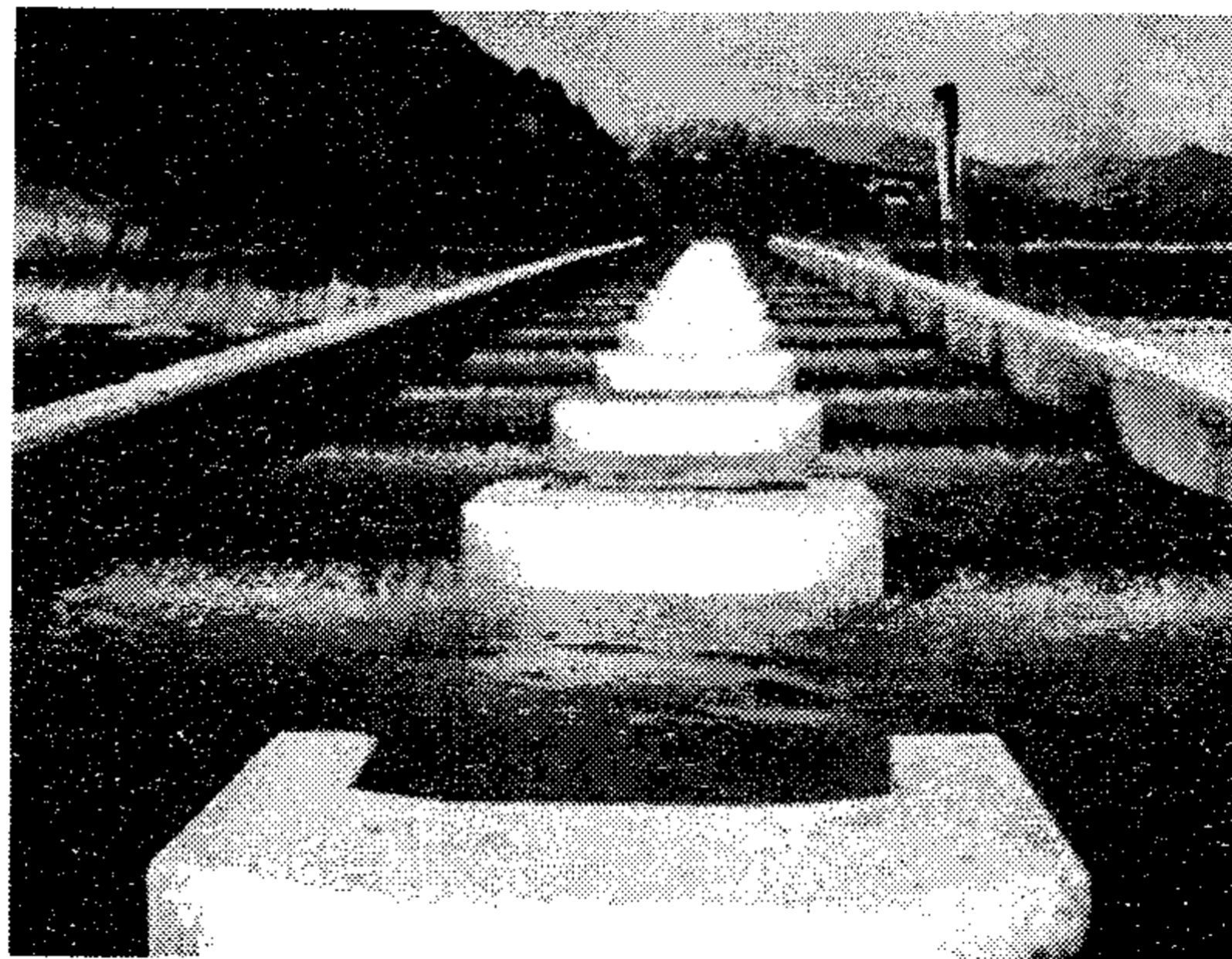
<그림 4-31> 조립식어도 블럭 설치



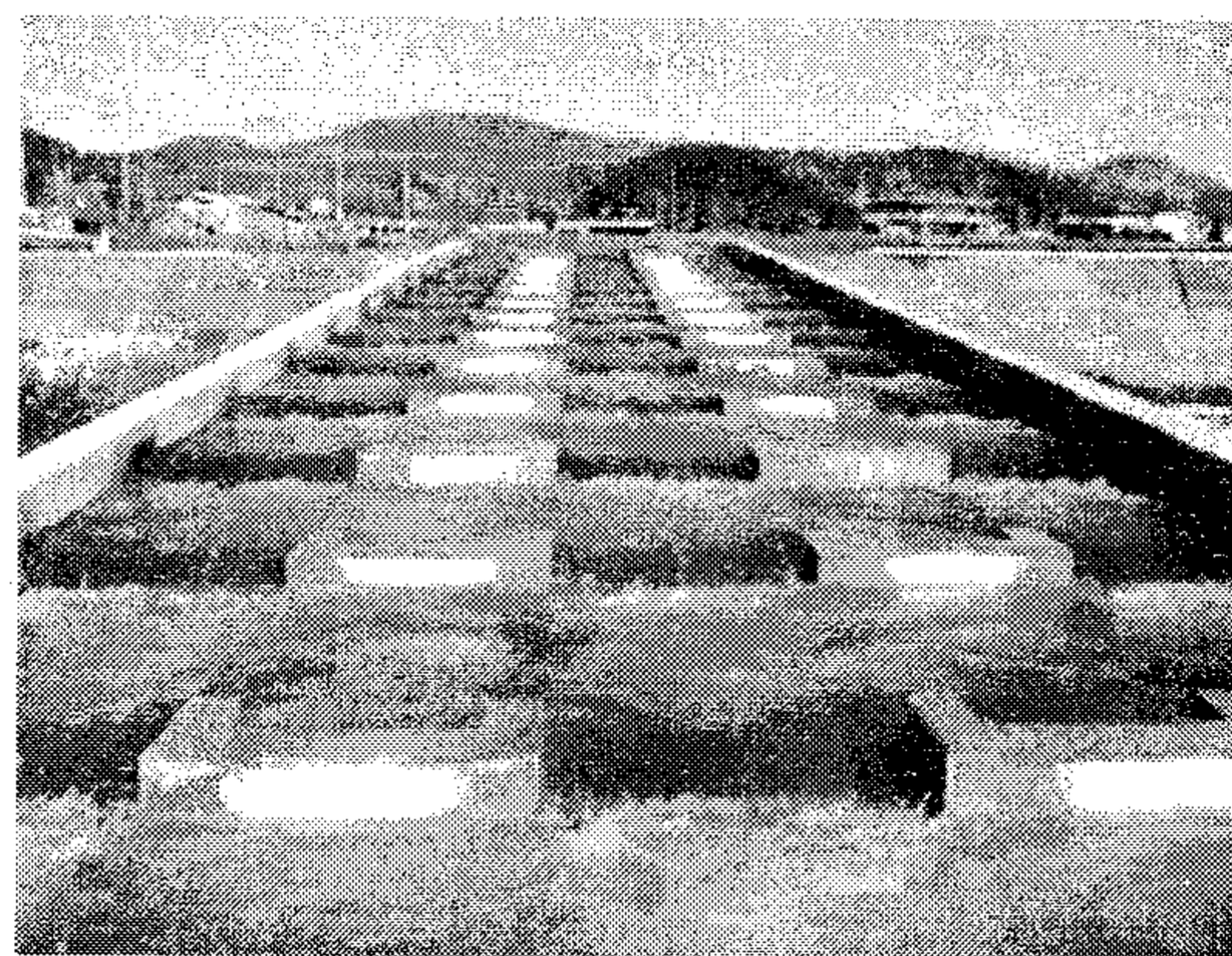
<그림 4-32> 샤클 결속



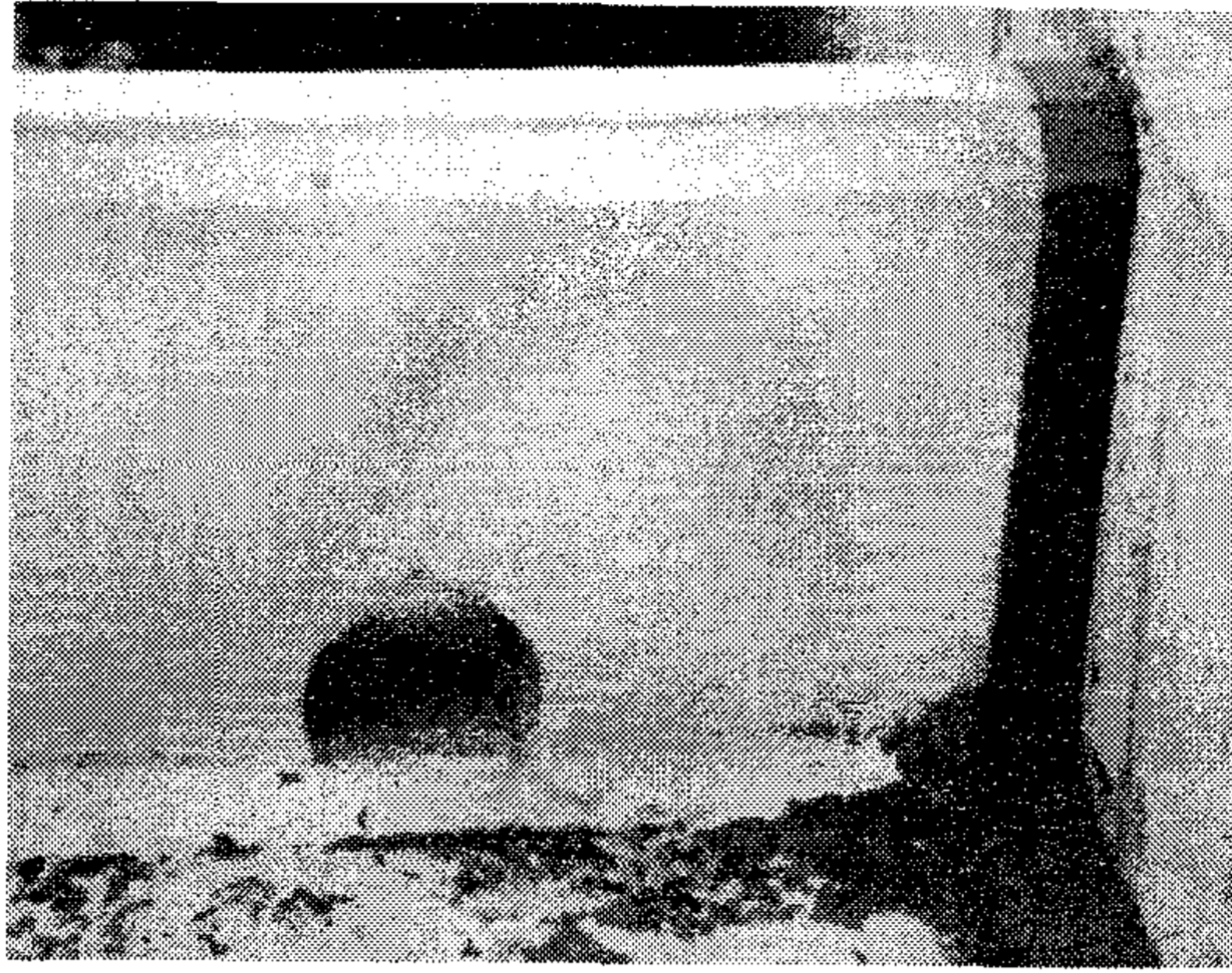
<그림 4-33> 통수전 전경



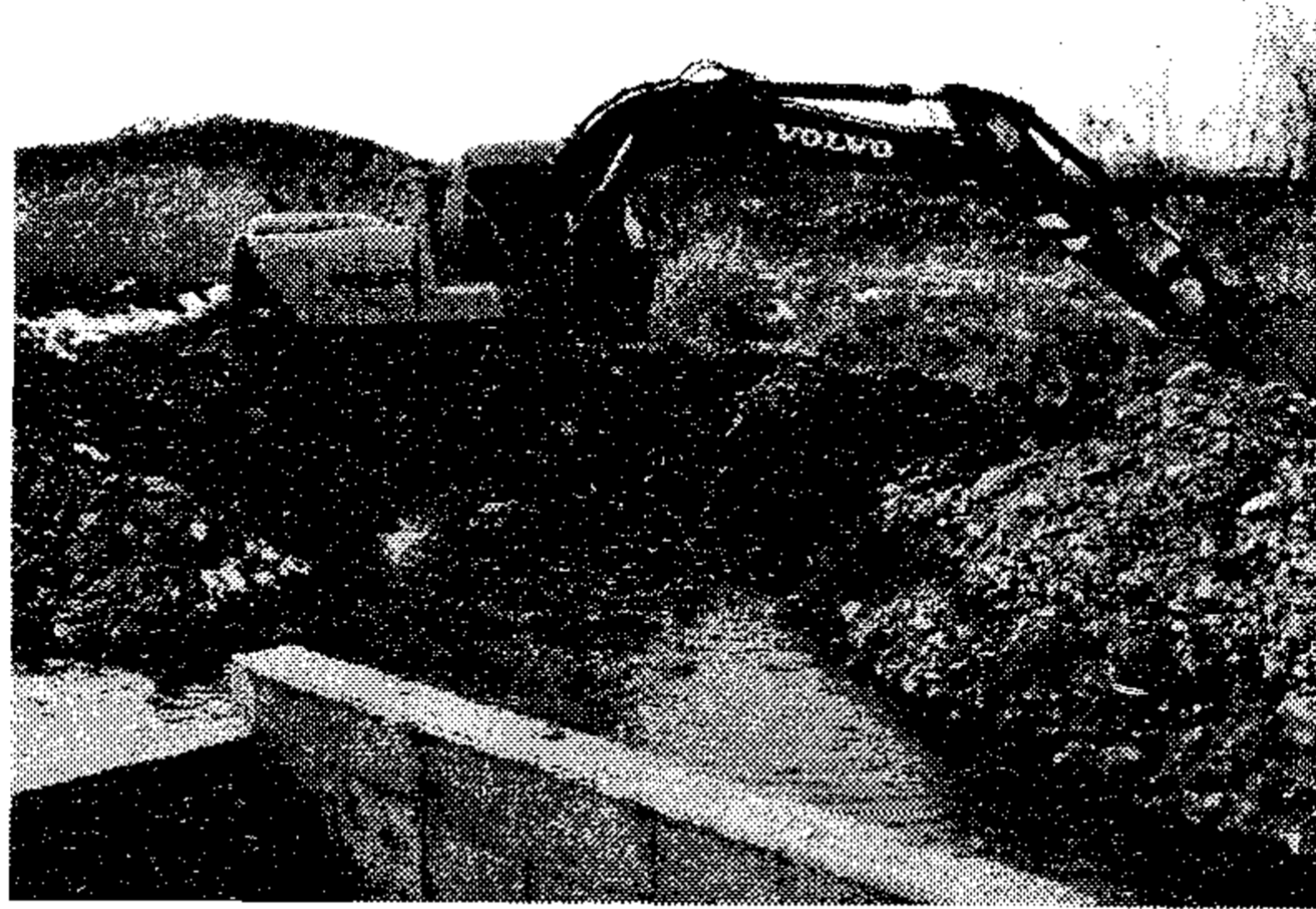
<그림 4-34> 통수후 전경



<그림 4-35> 통수후 전경



<그림 4-36> 틈새 마감



<그림 4-37> 하상정리



<그림 4-38> 취입보 복구

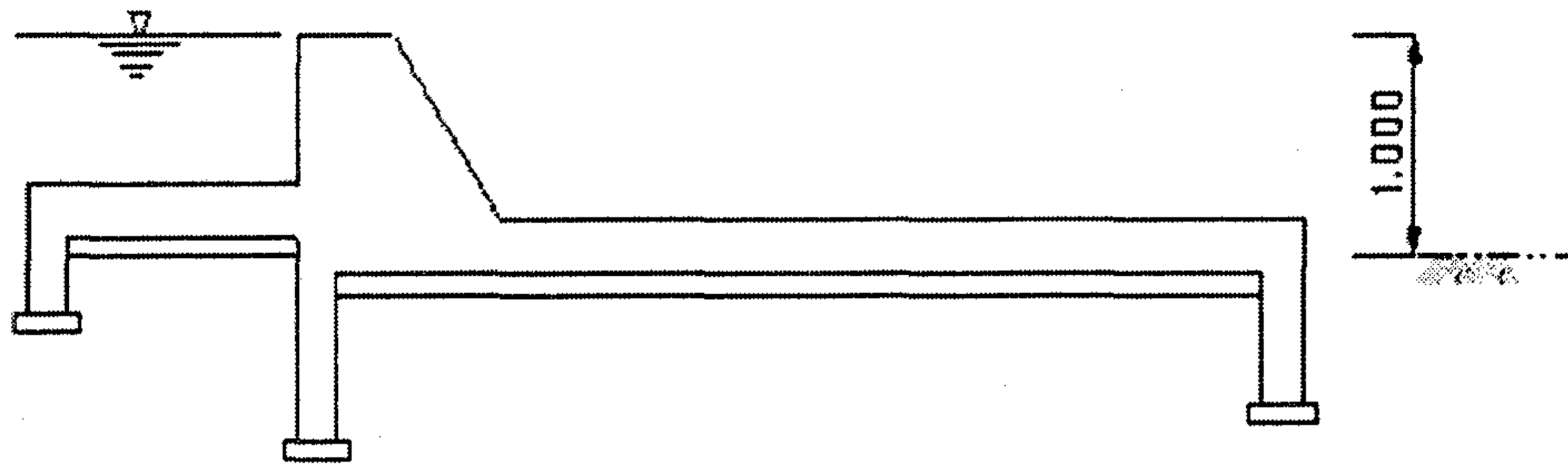
5. 조립식 아이스하버형 현장 적용성 검토

여 백

5. 조립식 아이스하버형 현장 적용성 검토

5.1 시범지구 선정 과정

사업내용 및 추진방법은 어도 시범시공 선정을 위한 현장조사 및 업무협의를 거치면서 협의 부서로는 본사 사업관리처, 도본부 유지관리팀 또는 사업관리팀과 실시하였다. 협의방법으로는 해당지구를 방문하여 업무협의 및 공문을 시행하였다. 현지조사로는 설치대상 예정지 조사의 배수를 선정하였다. 조사내용으로는 댐이나 보, 낙차공 등 하천 내 수리구조물로 인해 어류의 상하류 이동이 단절된 곳으로, 보상류측 천단과 하류측 하상의 단차가 1m 내외인 곳으로 <그림 5-1>에서 보는 바와 같은 조건을 가진 현장을 조사하였다.



<그림 5-1> 보 단면도

그리고 갈수기인 3월과 5월에도 어도유지용수 확보가 가능한 장소 즉 갈수기에 어도유지용수 확보 불가능한 곳도 어도설치가 가능한 곳을 중점적으로 조사하였으며 하상경사가 너무 급하지 않은 곳으로 어도 기울기가 1/20정도가 되는 지역을 선정하였다. 또한 구조물 하류부 하천의 형상이 가능한 한 굴절된 부분 없이 일직선인 곳으로 어도의 일부구간을 만족 시공할 경우 만족된 부분의 어도측벽이 홍수 시 파손 우려가 없는 곳을 조사하였다. 가능한 한 하천바닥 터파기 구간 내에 암이 없는 곳과 가능한 한 많은 어종과 개체수가 있어서 시범사업의 효과가 큰 곳을 조립식어도 시범사업지구로 선정하였으며 (표 5-1)과 (표 5-2)는 예비조사된 지구를 나타낸 것이다. 그리고 (표 5-3)은 조립식어도 선정을 위한 고려사항을 조사된 지구를 기준으로 아이스하버형식으로 점수를 계량화 하여 시범지구를 선정한 것이다.

(표 5-1) 조립식어도 설치를 위한 예비조사 지구

본부	지 사	위 치	관리구역	비고
경기 (5)	여주이천	이천시 장호원읍 오남리	공사	자점보
	양평광주서울	양평군 지제면 송현리	공사	지평제2취입보
	수원	황성시 태안읍 황계리	공사	황계보
		수원시 권선구 탑동	공사	탑리보
	연천포천	포천시 연북면 산정리	공사	산정보
강원 (2)	홍천춘천	홍천군 두촌면 철정리	공사	북창보 (보높이 :1.5m)
	원주	원주시 문막면 궁촌리	공사	당뒤보 (보높이:0.6m)
충북 (2)	청원	청원군 오창면 여천리	공사	여천보
		청주시 흥덕구 원평동	공사	직천보
충남 (5)	천안	천안시 북면 용암리	공사	
	공주	공주시 우성면 동대리	공사	
	논산	논산시 광석면 완전리	공사	
	예산	예산군 덕산면 사랑리	공사	
	당지	당진군 정미면 덕마리	공사	
전북 (5)	전주완주	완주군 고산면 어우리	공사	어우보
		완주군 봉동읍 구만리	공사	구만하보
		완주군 삼례읍 하리	공사	하리보
		완주군 고산면 읍내리	공사	읍내보
		완주군 삼례읍 삼례리	공사	삼례보
전남 (7)	강진완도	강진군 칠량면 삼흥리	공사	깊은보
		강진군 칠량면 삼흥리	공사	중보
		강진군 도암면 향촌리	공사	모래등보
	장성	장성군 황룡면 기산리	공사	하청보
	장흥	장흥군 장평면 선정리	공사	개보
	영암	영암군 영암읍 대신리	공사	대신보
		영암군 영암읍 춘양리	공사	장선보

(표 5-2) 조립식어도 설치를 위한 예비조사 지구

본부	지 사	위 치	관리구역	비고
경북 (5)	안동	안동시 임하면 금소리	공사	금소보
	의성	의성군 가음면 기천리	공사	대평보
	경산	경산시 진량읍 내리	공사	금호보
	상주	상주시 함창읍 오사리	공사	어치보
	문경	문경시 호계면 막곡리	공사	막곡보
경남 (13)	함안	함안군 가야읍 신음리	공사	괘안보
	창녕	창녕군 장마면 산지리	공사	독립산보 (보높이:1.4m)
		창녕군 도천면 도천리	공사	도천제1보 (보높이:2.5m)
	의령	의령군 가례면 가례리	공사	의령천
		의령군 용덕면 죽전리	공사	죽전천
		의령군 가례면 가례리	공사	의령천
		의령군 대의면 심지리	공사	천곡천
		의령군 대의면 천곡리	공사	천곡천
		의령군 유곡면 마두리	공사	유곡천
	합천	합천군 삼가면 어은리	공사	
	거창	거창군 가북면 용산리	공사	해평보
	사천	사천시 곤양면 대진리	공사	석문보
		사천시 곤양면 대진리	공사	제민보
계(44)				

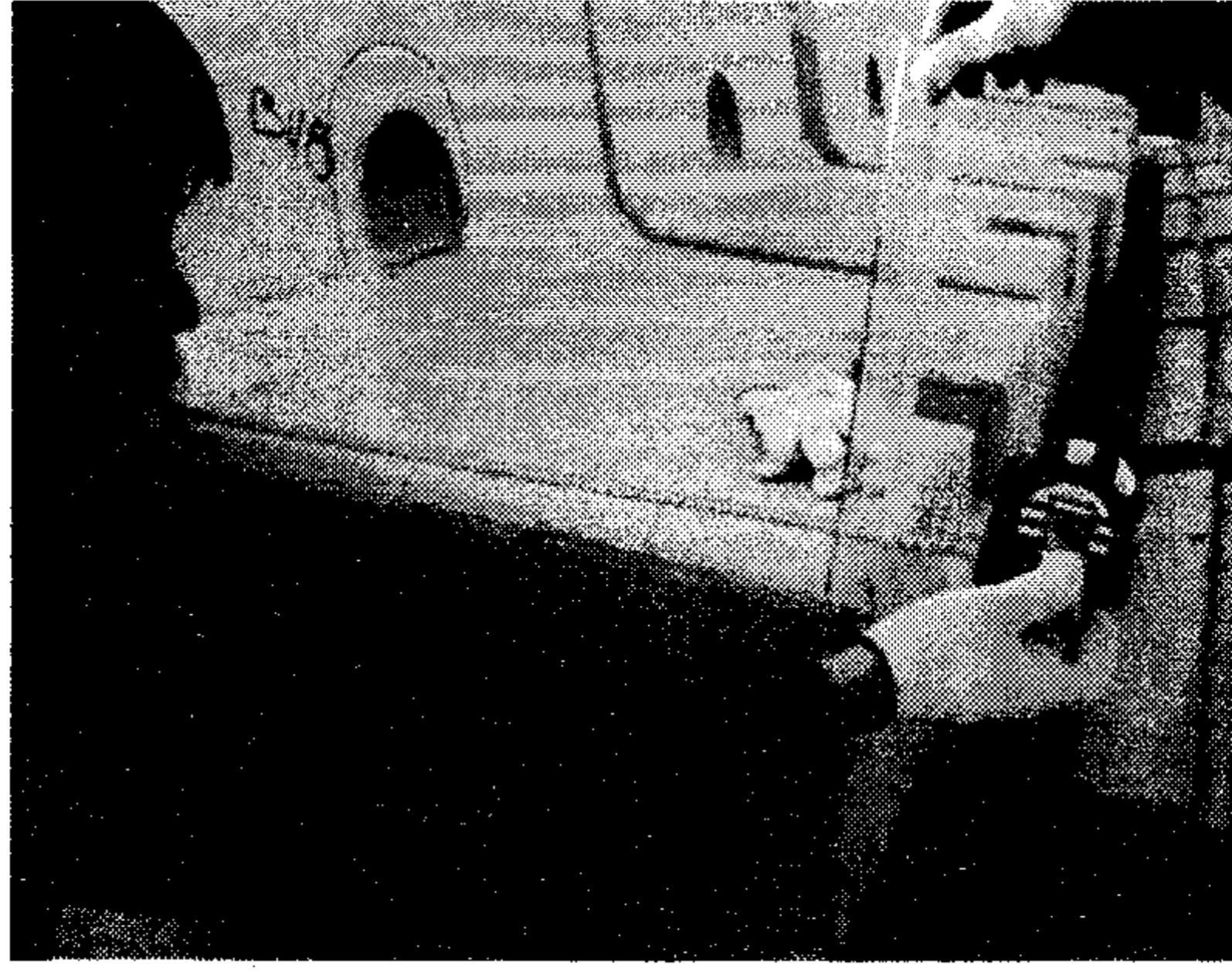
(표 5-3) 조립식어도 선정기준

구분	매우 우수	우수	보통
수질환경	1급수	2~3급수	4~5급수
어종의 다양성	10종 이상	5~10종	5종 미만
어도의 유량	0.5m ³ /s 이상	0.2~0.5m ³ /s	0.2m ³ /s 미만
상하류 낙차	3m 이하	3~5m	5m 이상
시공의 용이성	시공 장비 접근 및 공간 확보 용이	시공 장비 접근 및 공간 확보 보통	시공 장비 접근 불가
사업의 홍보성	<ul style="list-style-type: none"> · 건전 구조물, · 우수한 접근성 및 기초 시설 확보 · 경관성 양호 	<ul style="list-style-type: none"> · 접근성 보통 · 경관성 보통 	<ul style="list-style-type: none"> · 접근성 열악 · 구조물의 노후심각 · 경관성 미흡

5.2 조립식 어도 제품 검수

5.2.1 모양 및 치수

제조된 조립식 어도블럭의 제품검수는 현지 공장을 직접 방문하여 모양 및 치수를 검수하였으며 검수기준은 구매시방서와 제작시방서를 기준으로 조사하였다. 품질검사 기준은 어도블럭의 규격이 적당한지 여부와 어도블럭 치수 허용치를 상회하는지를 검사하고 제품의 압축강도가 기준강도를 만족하는지를 비파괴 강도와 코어채취를 통하여 확인하였다. 그리고 어도블럭의 바닥 구매가 1/20으로 제작되었는지 검사하고 어도블럭 표면에 기포가 발생된 제품이 있는지 균열 또는 파손부위가 있는지 검수하였다. 기타사항으로 운반 및 인양고리 부착상태가 양호하고 철근이 노출되었는지 여부와 기타 외관 및 보관상태를 체크하는 것으로 제품검수를 실시하였다. <그림 5-2>는 어도블럭의 1/20의 기울기를 검수하는 전경을 나타낸 것이고 <그림 5-3>은 어도블럭의 모양 및 치수를 검수하는 전경을 보여주고 있다. 또한 (표 5-4)는 조립식어도 품질검사 기준표를 나타낸 것으로 전수검사를 실시하였으며 검사기준에 적합하지 않은 제품에 대하여는 현장에 반입이 되지 않도록 조치하였다.



<그림 5-2> 어도블럭 기울기 검수 전경



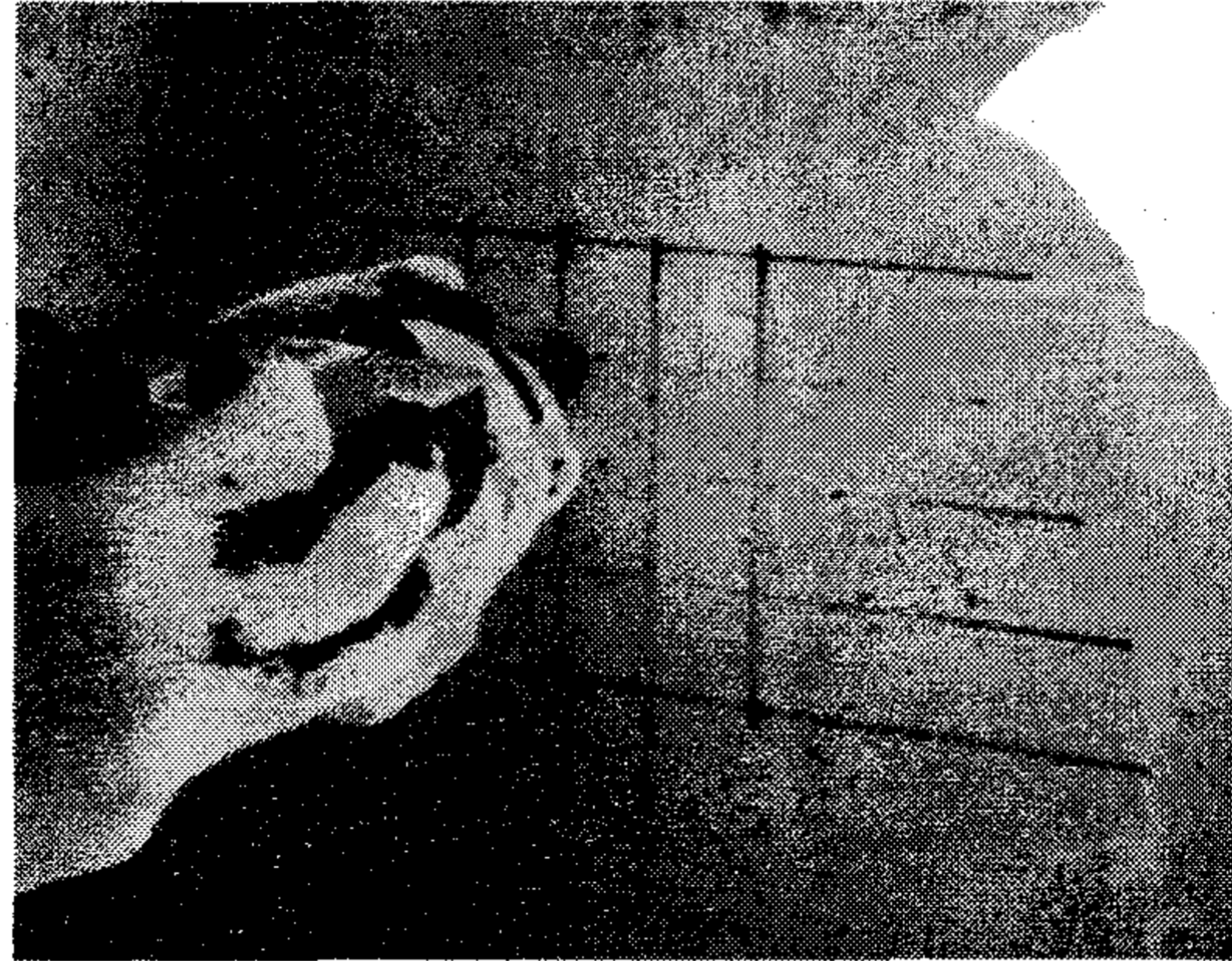
<그림 5-3> 어도블럭 모양 및 차수 검수 전경

(표 5-4) 조립식어도 품질검사 기준표

검 사 항 목	검 사 기 준 (제 작 시 방)	검사결과		조치 사항
		YES	NO	
1. 어도블럭 규격은 적당한가	- 월류형 L2000×W1000×H1200mm - 비월류형 2000×W1000×H1400mm			
2. 어도블럭 치수 허용치는 기준	- 가로,세로,높이,두께 각±10mm이 내			
3. 제품의 압축강도	- Fck = 300 kgf/cm ² 이상			
4. 어도블럭 바닥구배	- 어도블럭 바닥구배 1/20 유지			
5. 어도블럭 표면에 기포발생	- 기포발생 흔적은 없어야 한다.			
6. 제품 균열 또는 파손부위	- 균열 및 파손이 있어서는 안됨.			
7. 운반 및 인양고리 부착상 태	- 일정한 규격 및 간격으로 견고 하게 부착			
8. 철근 노출여부	- 철근이 외부로 노출되어서는 안 됨			
9. 기타 외관 및 보관상태	- 기타,외관은 특별한 하자없이 깨끗 해야하며 적절한 보관상태 유지			

5.2.2 비파괴강도

조립식어도의 압축강도를 측정하기 위하여 어도블럭 제품에 대하여 비파괴 강도를 <그림 5-4>와 같이 실시하였는데 그 시험방법은 반발경도법을 사용하였다.



<그림 5-4> 비파괴 시험 강도

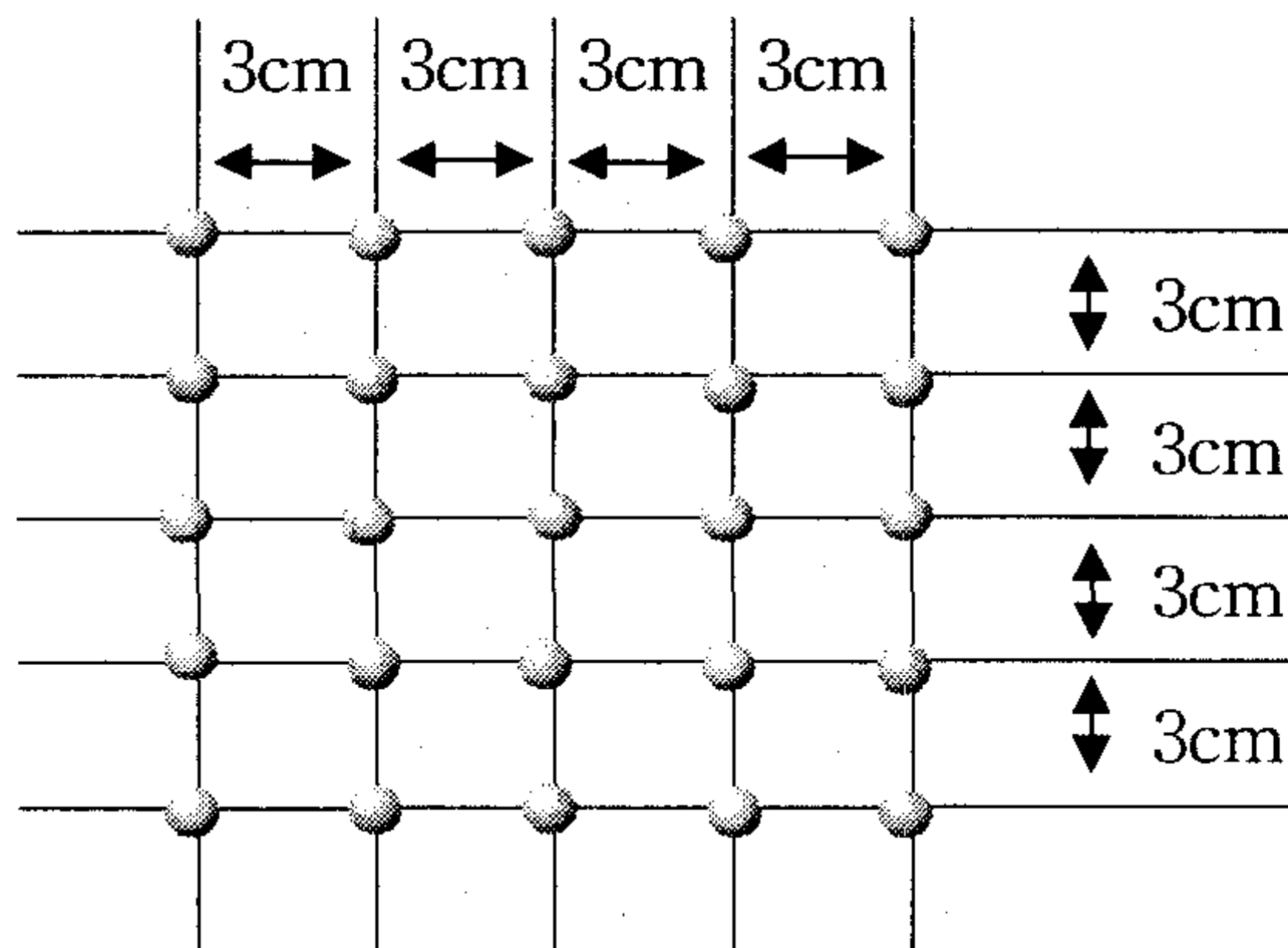
반발 경도법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트 압축강도를 비파괴로 판정하는 방법이다. 반발 경도법은 타격방법중 하나의 방법이며, 콘크리트의 표면을 해머로 타격하여 표면의 손상정도나 반발정도를 측정하는 방법이다. 일반적으로 국내에서 반발경도를 구하는 측정하는 슈미트해머(Schmit Hammer)법이 가장 널리 이용되고 있다. (표 5-5)는 슈미트해머 종류를 나타낸 것이다.

(표 5-5) 슈미트해머의 종류

기종	적용 콘크리트	충격에너지 (kgf·cm)	강도측정범위 (kgf/cm ²)	비고
N형	보통콘크리트	0.225	150~600	반발도 직독식
NR형	"	"	"	반발도 자기기록식
L형	경량콘크리트	0.075	100~600	반발도 직독식
LR형	"	"	"	반발도 자기기록식
P형	저강도콘크리트	0.09	50~150	진자식
M형	매스콘크리트	3.00	600~1000	반발도 직독식

반발경도법의 원리를 간단히 설명하면 슈미트해머로 경화 콘크리트 면을 타격시 반발도(R)과 콘크리트 압축강도와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 바탕으로 조사하는 것이다. 타격시 해머의 중추 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법이다. 하지만 이 방법은 콘크리트의 표면부 품질과 타격조건에 따라 영향을 받으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다. 그리고 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트해머로 표면에 국부적 타격을 하는 경우 반발도(R)는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령등에 따라 변동폭이 크게 차이가 난다고 학계에 보고 되고 있다. 따라서 강도추정의 유일한 방법으로 사용시에는 많은 문제가 있게 될 수 있다.

슈미트 해머로 콘크리트의 비파괴 압축강도 측정시 정확한 측정치가 유지되도록 테스트 안빌(Test Anvil)로 정밀도를 검정 및 보정한다. 슈미트해머로 테스트 안빌에 타격시 반발도가 $R_0 = 80 \pm 1$ 이 되게 하고 이 범위를 초과하는 경우에는 조정한다. 측정방법으로는 타격점을 선정함에 있어 슈미트해머의 타격점은 25점을 표준으로 하고, 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 하여 종으로 5열 횡으로 5열의 선을 그어 직교되는 25점을 타격한다. <그림 5-5>는 슈미트해머의 타격점 간격을 나타낸 것이다.



<그림 5-5> 슈미트 해머의 타격점 간격

반발경도 측정치는 정수값을 읽도록 하였으며, 측정치의 처리는 타격점이 움푹 들어간 값과 평균 타격값의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 값은 이상치로 보고 제외시켰다. 이들 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발도(R)

로 산정 하였다. 콘크리트 비파괴 압축강도 추정은 반발도 평균 타격값의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 값과 기타 이상치를 제외시킨 평균 반발도(R)를 구하고, 구해진 반발도(R)에 타격각도를 보정하여 <식 5-1>과 같이 추정하였다. 이때 강도추정은 (표5-6)을 참조로 계산하였다. 그리고 재령에 따른 보정계수는 (표 5-7)에 제시된 값에서 30일을 기준으로 0.99를 보정하여 계산하였다.

$$F_c = -184 + 13R$$

<식 5-1>

(표 5-6) 강도 추정식 [F_c : 압축강도(kgf/cm²), R : 반발도]

연구자	추정식	비고
横道등	$F_c = -184 + 13.0R$	보정계수를 0.62로 해도 추정강도가 높은 강도를 나타낸다. (31년 경과의 다리)
小阪·谷川등	$F_c = 20.5R - 281$ (습윤) $F_c = 22.9R - 432$ (건조)	$F_c = 100 \sim 400 \text{kgf/cm}^2$
佐治등	$F_c = 10R - 110$ (동경도 건축재료시험소의 판정식)	알루미나시멘트 F = 210~320kgf/cm ² 재령 7일, 14일 남극에서 현지 시험
梧原등	$F_b = 1.2R + 0.0049R^2$ $F_c = -0.27R + 0.29R^2$	보공시체, 재령 7일, 28일 F_b : 휨강도, F_c : 압축강도, F_b, F_c 모두 추정치가 크다.
關등	$F_c = 11.7R - 237$ (드럼통을 떼어냈을 경우) $F_c = 12.9R' - 338$ (드럼통에 충전했을 경우)	재령 1개월, 모르타르 사용 직경 60cm, 높이 120cm 드럼통에 충전
Boundy등	$F_c = 9.97R^{1.818}$ (F_c : psi)	F_c : 1400~720psi R : 15~40 중기양생, 재령 28일
澤田등	$F_1 = -441 + 23.4R_1$ $F_{10} = -2054 + 46R_{10}$ $F_{10-1} = 1236 - 47.7(R_{10} - R_1)$ F_{10-1}	$F_c \geq 200 \text{kgf/cm}^2$ 재령이 큰 콘크리트에 적용 가능 연타와 단타 차의 식 : 얇은 판에도 적용 가능
坂등	$FC = -184 + 13R$	재령 7일~365일 추정오차 : $F_c = 100 \text{kgf/cm}^2$ 로 30% $F_c = 500 \text{kgf/cm}^2$ 로 6%
伴등	$FW = 1.76R^{1.49}$ FW : 입방체강도	표준편차 25kgf/cm ²
木村	$FC = -57 + 6.95R + 0.065R^2$	식에 의한 동일 R값에 대해서 강도가 작다.
坂등	$FC = -249 + 13.9R$	재령 7일, 28일, 동일조건 의 혼합 콘크리트, 동일 R값으로 15kgf/cm ² 작다
日本재료학회강도 판정위원회	수평면 $FC = 6.44R - 112.5$ 수직면 $FC = 7.39R - 166.7$	재령 3일~1년형 P형 (저강도콘크리트) 일반형 $F_c = 13R_0 - 184$
大場등	$FC = 0.36R^2 - 1.07R - 40.6$	W/C 40%~90%, 내령 7일, 28일, 표준공시체, 각주공시체
일본건축학회 비파괴시험법 소위원회	보통콘크리트 $FC = 7.3R + 100$ 경량콘크리트 $FC = 10.1R + 2$	재령 7일~1년 W/C 50%~70% (보통, N형) W/C 50%~60% (경량, L형)

* 위 자료는 한국구조물진단학회 제2권 제2호(정광량)를 인용하였음.

(표 5-7) 재령에 따른 보정 계수 값

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
n	1.23	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
n	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
n	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	150일
n	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일		
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63		

조립식 아이스하버형 제품을 제조한 후 콘크리트가 충분히 경화하여 굵은 골재와 모르타르의 부착이 절취 작업에 의해 해를 받지 않도록 재령 14일 이후에 절취하는 것이 좋다. 또 절취할 때 공시체가 파손 또는 굵은골재가 느슨해지지 않도록 절취하여야 한다. 이때 사용되는 드릴은 콘크리트용 코어 드릴을 사용하여야 한다. 또한 코어 공시체의 높이는 원칙적으로 지름의 2배가 되도록 절취한다. 채취된 코어 공시체의 단면에 5mm 이상의 요철이 있거나, 단면과 코어축이 이루는 각이 85° 이하인 경우에는 끝면을 커터 등으로 평활하게 하여 끝면과 코어 공시체의 축이 이루는 각도가 90°가 되도록 캐핑을 하든가 또는 갈아서 소정의 평면도로 마무리하여 시험에 사용하였다. 채취된 코어 공시체의 압축강도 시험 방법은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 준하여 압축강도를 측정하였다.

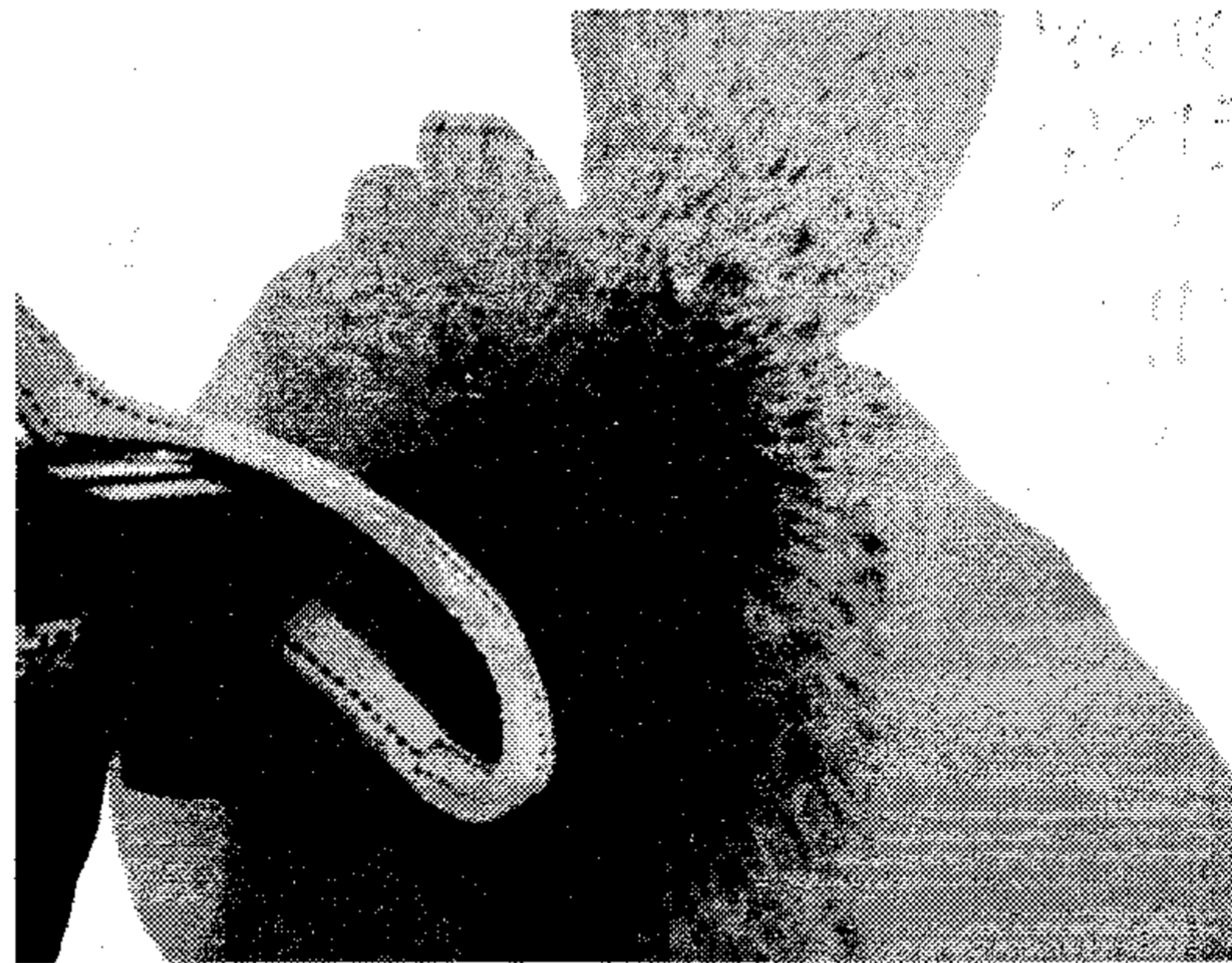
또한 현장에서 채취한 코어 공시체의 높이와 직경의 비(h/d)가 2.00이 아니었을 경우에는 (표 5-8)을 참조하여 측정된 압축강도에 보정계수를 곱한 값을 조립식 아이스하버형 제품의 압축강도로 사용하였다.

(표 5-8) 코어공시체의 보정계수(KS F 2422에 의함)

높이와 직경의 비 h/d	보정계수
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.89

주 : 코어의 높이와 직경의 비에 따라서 실측한 강도에 표시한 보정계수를 곱하여 표준공시체(h/d=2.00)의 강도로 환산

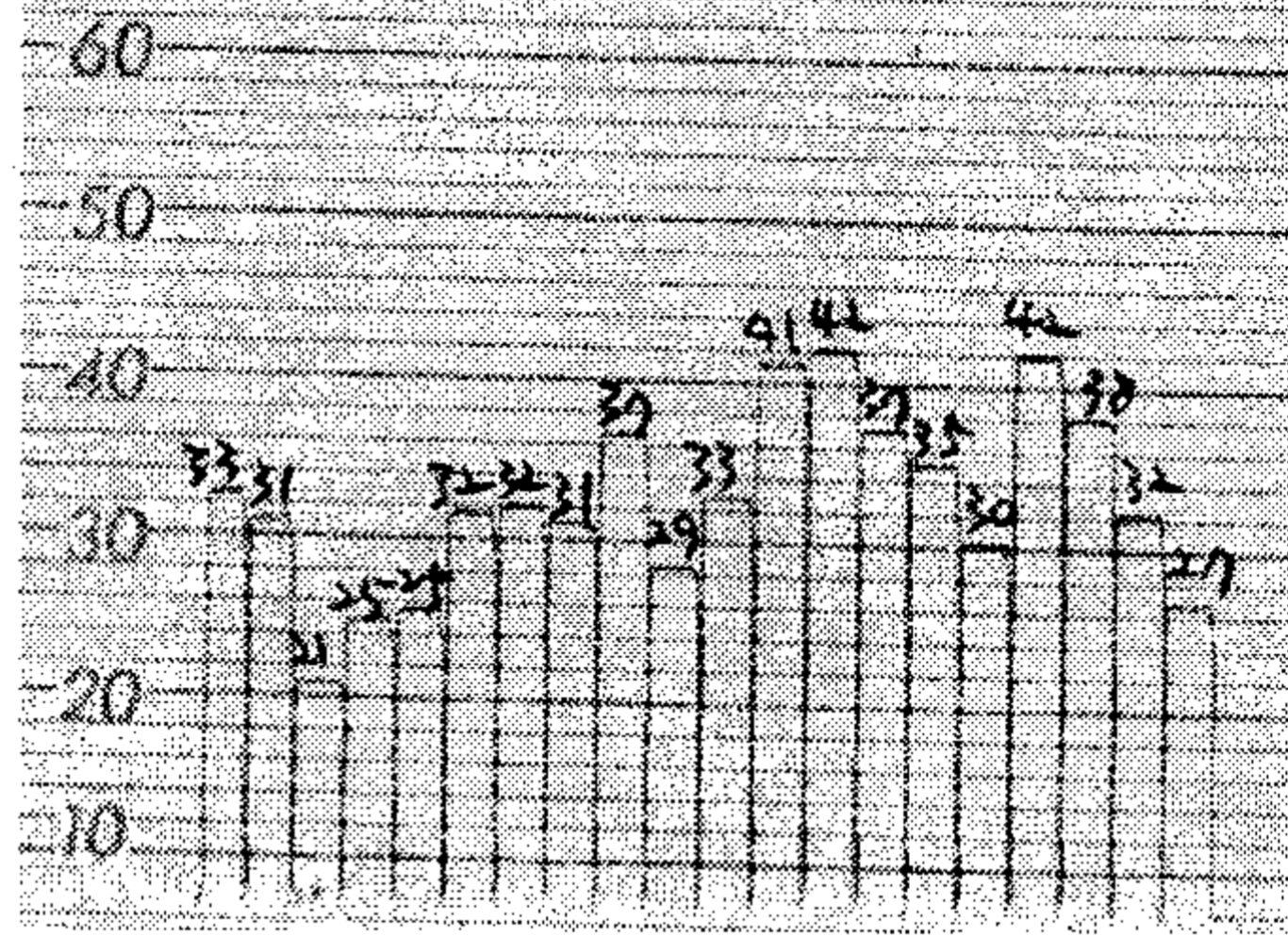
<그림 5-6>은 코어채취 전경을 나타낸 것으로 코어 3개를 채취하여 평균 값을 측정하였으며 (표 5-9)는 비파괴 강도 측정 결과표이다.



<그림 5-6> 코어채취 전경

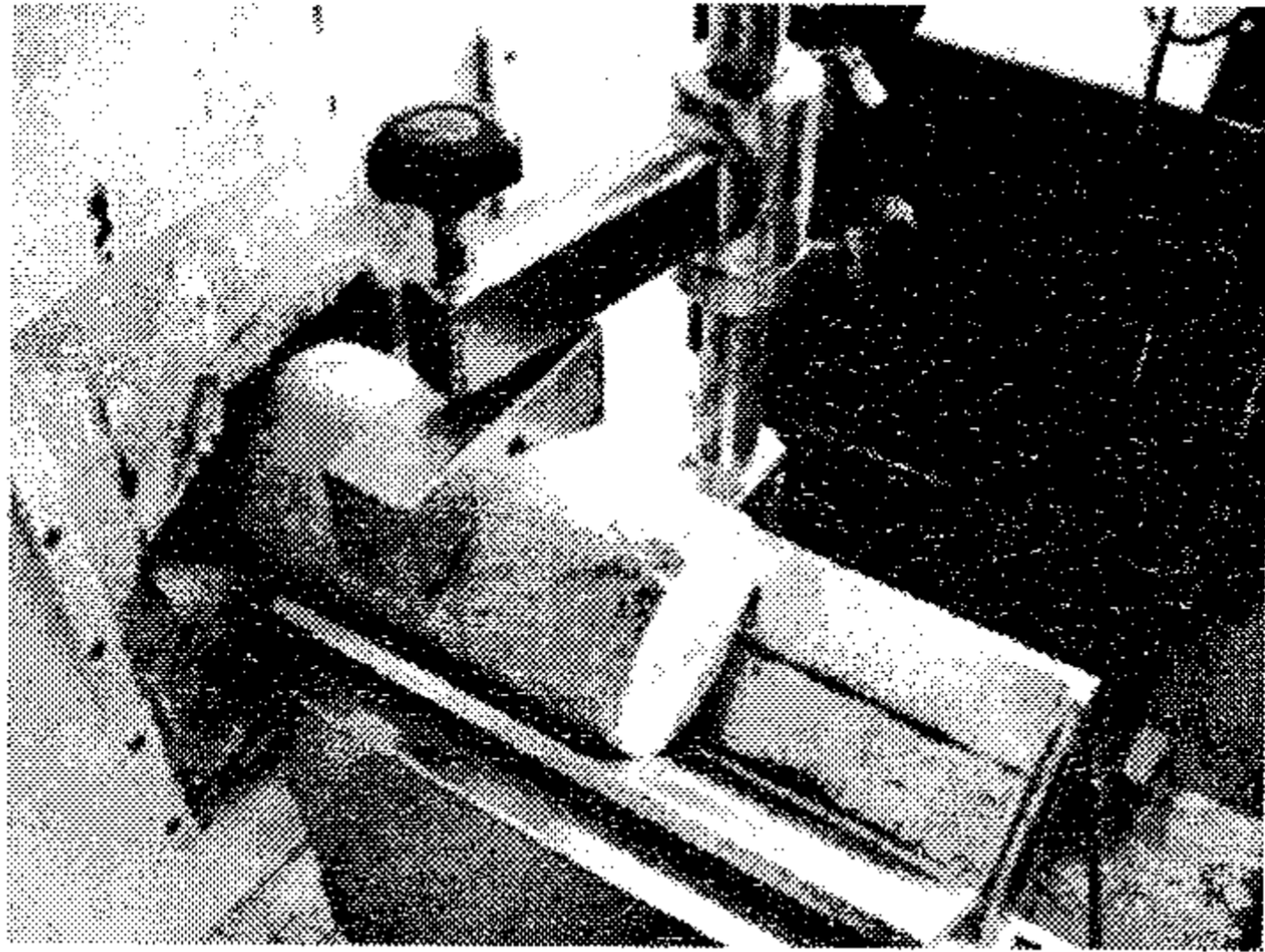
(표 5-9) 비파괴강도 측정 결과표

○지구위치		비파괴 강도 쉬트(예)
○대상구조물		
○타격위치		
○측정경도(반발도(R))		
○평균경도		
○타격각도		
○기준경도($R_0=R_a+\Delta R$, ΔR 은 0° 일때“0”)		
○추정압축강도 $f_{ck}(kg/cm^2)=13R_0-184$		
○재령3000일 보정		



코어채취 된 콘크리트 코어를 실내실험에서 높이와 지름의 비에 대한 보정 계수를 곱하여 지름의 2배 높이를 가진 공시체 강도로 환산하고 KS F 2403 에 따라 최종 압축강도를 시험하였다. 이때 콘크리트의 면을 기계를 이용하여 연마하는 광경을 보여주는 것이 <그림 5-7 a>이다. 채취된 코어의 압축 강도 시험은 측정시 시료의 건습조건을 거의 일정하게 하기 위하여 48시간 수침을 시켜서 KS F 2422의 시험방법에 의거 실시하였는데 <그림 5-7 b> 는 코어 건조전경을 나타낸 것이고 <그림 5-7 c>는 수침 전경을 나타낸 것이다. <그림 5-7 d>에서 보는 바와 같이 코어의 압축강도의 재하속도는 매 초 0.25 MPa (2.5 kgf/cm²)를 유지 유지하도록 하였다. 채취된 코어 직경은 굵 은골재 최대치수의 3배 이상으로 하고 코어 길이는 철근의 피복두께 정도로 하였다. 다만, 코어를 지나치게 짧게 채취하는 것은 실제 채취가 어느 위치인 가 등의 정보를 기입해 놓았다. 시험에 사용되기까지의 양생에 관해서는 코 어표면을 물로 충분히 씻고 천 등으로 표건 상태가 될 때까지 닦은 후, 비닐 봉투로 밀봉 저장하는 하여 시험을 실시하였다.

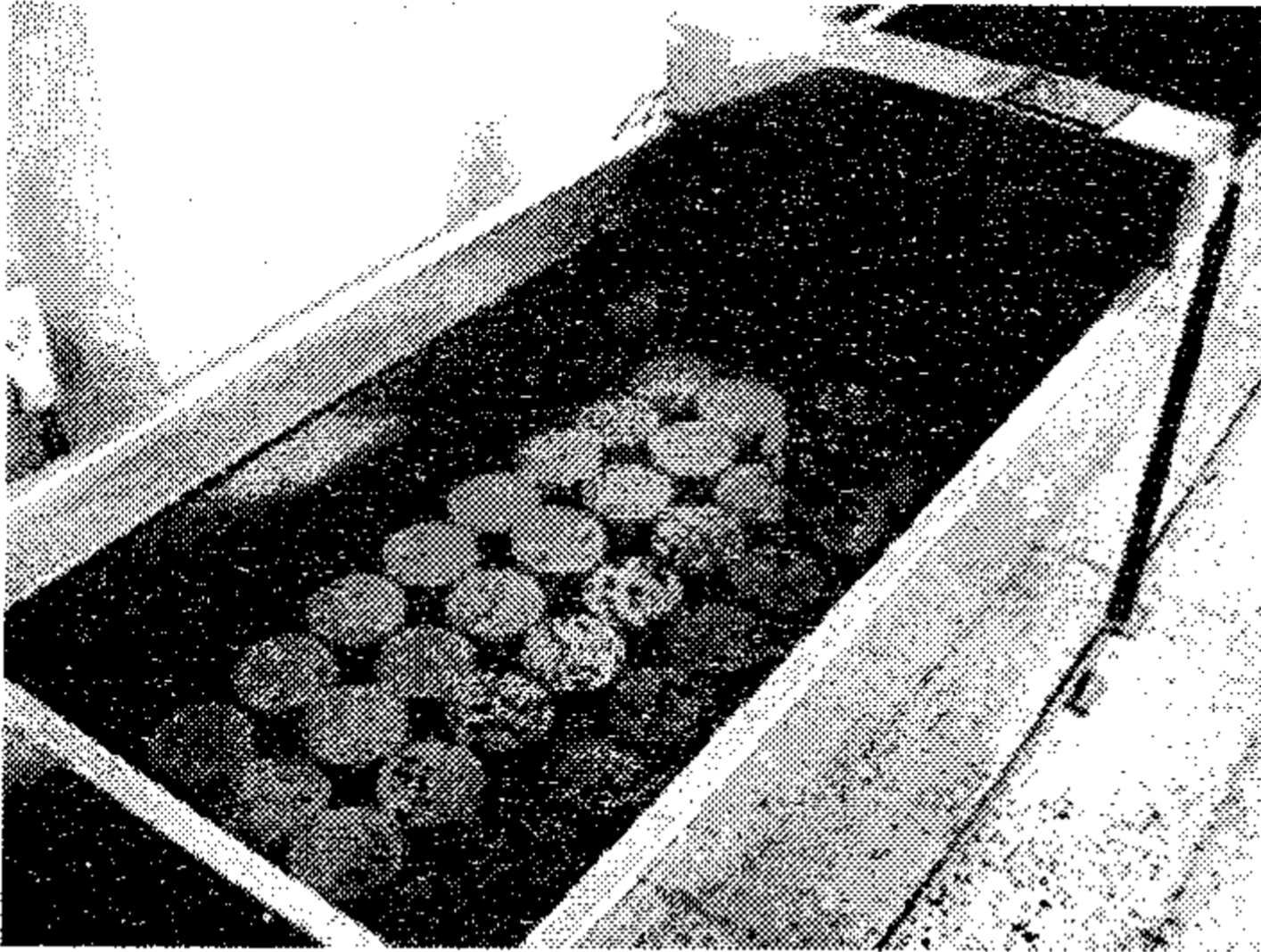
이와 같은 과정을 거쳐 압축강도를 시험한 결과 조립식 어도블럭 압축강도 의 기준값인 300 kgf/cm²을 약 10% 정도 상회하는 값을 나타내어 압축강도는 충분히 발현되는 것으로 판단된다.



(a) 콘크리트 코어 연마



(b) 콘크리트 코어 건조조건경



(c) 코어의 48시간 수침 전경



(d) 코어의 압축강도 시험 전경

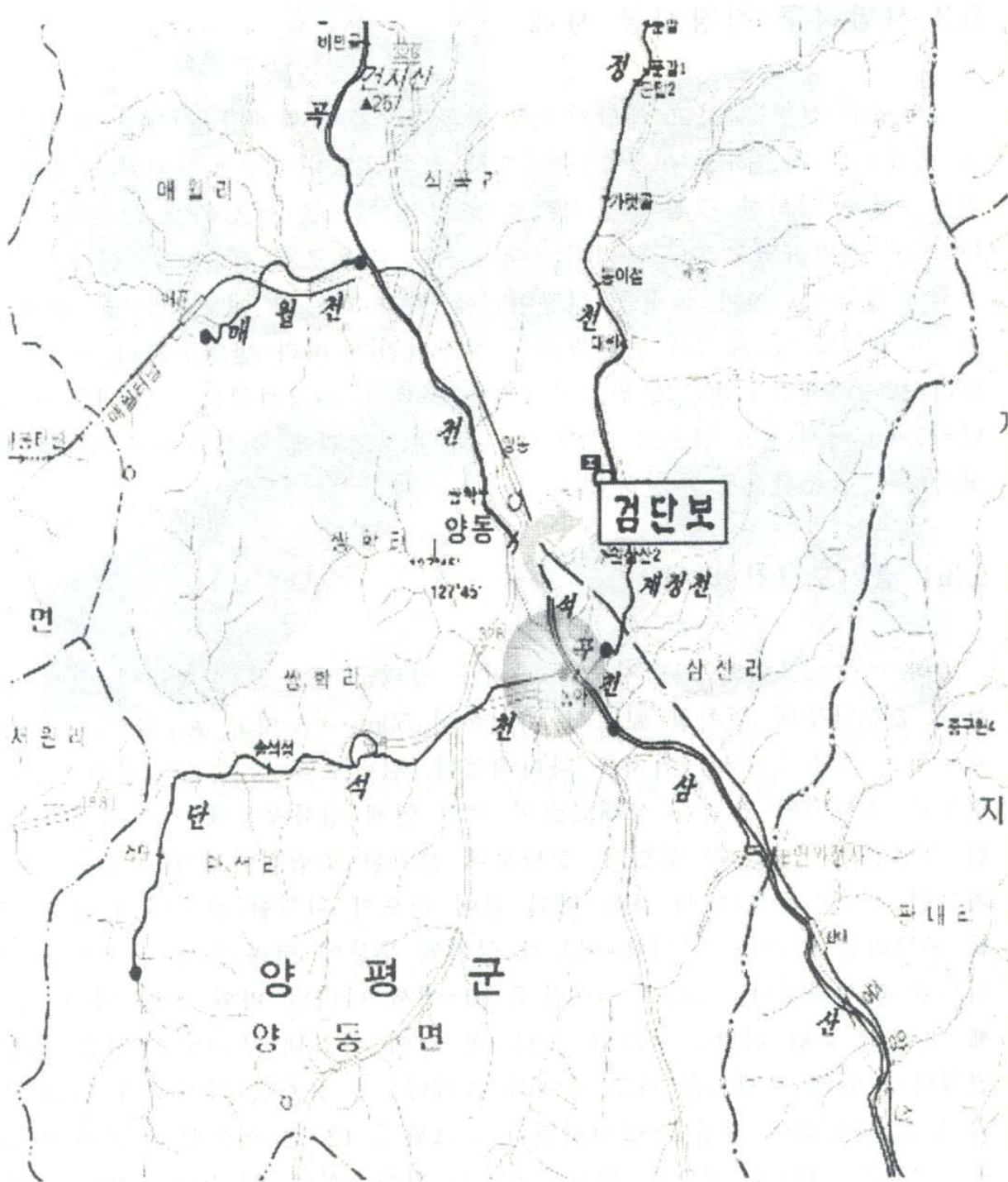
<그림 5-7> 콘크리트 코어의 실내 시험 광경

5.3 시범지구 현장시공 사례

시범지구 선정을 하고 해당지구의 현황측량과 물량계산을 하여 설계예산서와 설계도를 작성하고 이를 기술적으로 검토하고자 기술소위원회를 개최하여 현안사항을 협의한 결과 공통적으로 조립식 어도블럭 소운반 계상이 누락되어 이를 추가하였고 어도블럭의 현장도착도 적용로 품을 수정하였다. 그리고 가체절(물막이) 높이 물량을 현장여건에 따라 다르게 때문에 이를 반영하였고 가 진입로 및 폐기물 운반거리를 현장여건에 따라 반영하였다. 또한 안전관리비율을 재검토하였고 잔토처리비는 무대로 계상하였으며 폐기물의 물량단위는 m³에서 ton 당으로 계상하는 등 현장여건에 적합하도록 실무자들과 협의하여 현장시공을 추진하였다.

5.3.1 경기도 (검단보)

조립식 어도블럭의 시범지구인 경기도 양평군 양동면 황학리에 있는 검단보는 중간산부에 위치한 보로서 하천폭이 50m 정도이고 보 높이가 1.5m인 보로서 <그림 5-8>에 위치를 나타내었다. 검단보의 상류 수질환경은 3급수 정도로 조사되어 양호한 상태였으며 보의 언체 상류부분에는 퇴적침식이 약간 발생된 것을 볼 수 있었다. 검단보에 설치된 조립식어도의 시공순서를 살펴보면 <그림 5-9>에서 보는 바와 같이 어도가 위치할 부분인 취입보 언체를 콘크리트 헐기를 한 다음 어도가 설치될 부분에 터파기 및 바닥버림 콘크리트를 타설하였다. 그리고 <그림 5-10>에서 나타난 바와 같이 바닥 및 벽체 철근을 조립 하였고 <그림 5-11>과 같이 취입보 부근에 공사를 원활히 진행하기 위해 가체절을 하고 보에서 흘러나오는 유량을 배제하기 위해 양수기 등을 사용하여 펌핑을 실시하였다. <그림 5-12>는 어도블럭 설치 완료후 통수전경을 나타낸 것으로 월류부에서는 월류수심이 약 10cm 정도로 물의 흐름이 와류 없이 흘러내려갔으며 비월류부에서는 물고기들이 쉴 수 있을 정도의 물 흐름이 원만하였다. <그림 5-13>은 어도설치 전경을 나타낸 것이고 <그림 5-14>는 현장에 설치된 어도의 준공검사 전경을 나타낸 것이다. <그림 5-15>는 현장에 설치된 사업개요 게시판이고 <그림 5-16>은 어도설치 완료 후 관련 담당자들이 모인 가운데 시연회를 가져 조립식 어도블럭의 특징설명과 설계 및 시공시 주의사항 등을 청취하고 있는 그림이다.



<그림 5-8> 경기도 검단보 위치



<그림 5-9> 터파기 및 바닥버림
콘크리트 전경



<그림 5-10> 바닥 및 벽체
철근조립 전경



<그림 5-11> 가체절 및 펌핑 전경



<그림 5-12> 어도 설치후
통수전경



<그림 5-13> 어도설치 전경



<그림 5-14> 준공검사 전경



<그림 5-15> 현장에 설치된
사업개요 게시판



<그림 5-16> 시연회 전경

5.3.2 강원도(북창보)

조립식어도를 다양한 위치에서 시범시공을 하고자 강원도에는 산간지부근에 위치한 취입보에 시범시공을 실시하였다. 이 취입보는 <그림 5-17>과 같이 홍천군 두촌면 철정리에 있는 북창보로서 하천폭이 85 m 이고 보높이가 약 1.5 m 정도 되는 지구로서 취입보의 준공년도는 1966년도로 상당히 오래된 보였다. 하지만 조사된 수질은 2급수로 상당히 맑은 물이었고 유기물오염도나 탁도가 상당히 우수하였다. 연중평균 하천 유량은 6.24 m³/sec 정도였으며 보의 월류수심은 약 3.2 m 정도로 조사되었다. 검단보의 시공순서를 그림 순으로 살펴보면 <그림 5-18>과 같이 보 부근에 가체철을 설치하여 외수로

부터의 침입을 방지하였고 임시 진입로 설치를 위해 흙관을 사용하여 진입로를 설치하였다. 또한 홍천군에서는 하천공사시 맑은물 유지를 위하여 오탁방지막 설치를 권유하여 약 40 m 정도를 오탁방지막을 설치한 것을 나타낸 것이 <그림 5-19>이다. 그 다음으로 조립식어도와 연결시키기 위하여 취입보 언체 일부분을 취핑한 것을 나타낸 것이 <그림 5-20>이며 <그림 5-21>은 터파기 완료후 암반 청소전경을 나타낸 것으로 북창보에서는 당초 터파기를 실시한 후에 암반이 드러나지 않아 살계를 변경하여 암반선이 나타날 때 까지 터파기를 실시하였다. <그림 5-22>는 터파기 완료후 바닥 콘크리트의 타설전경을 보여 주는 것이고 <그림 5-23>은 벽체 및 바닥 철근을 조립하는 순으로 공사를 진행하였다. 그리고 <그림 5-24>는 바닥콘크리트 타설후 벽체 거푸집을 설치한 후에 콘크리트를 타설하는 전경으로 이때 콘크리트의 압축강도는 240 kgf/cm²을 사용하였다. 벽체 및 바닥 콘크리트 타설후 조립식 어도블럭을 설치하기 전에 나타낸 것이 <그림 5-25>로서 박스형태의 형상을 유지하고 있었으며 <그림 5-26>은 어도블럭을 장비를 이용하여 월류부와 비월류부를 교차해 가며 시공하는 전경을 나타낸 것이다. 그리고 콘크리트 벽체와 어도블럭의 틈새는 무수축 모르타르로 메꾸어 나가며 시공을 하였다. <그림 5-27>은 어도블럭과 블록사이를 샷클로 이음하였으며 그 공간은 무수축 모르타르를 사용하여 빈공간을 채워나갔다. <그림 5-28>은 시공완료 후 통수전경을 나타낸 것으로 원활한 물의 흐름이 유지되는 것을 알수 있었으며 월류부의 잠공부분으로도 흐름이 양호하게 흘러감을 알수 있었다. <그림 5-29>는 현장에서 시연회를 개최하는 전경으로 지자체 및 공사직원이 참석하여 조립식어도블럭에 대한 설명을 주위 깊게 청취하였다. <그림 5-30>은 시범사업의 지역 주민 및 관련 지자체 홍보를 위해 현장에 게시판을 설치하였다.



<그림 5-17> 강원도 홍천지사의 북창보 위치 및 주변 현황



<그림 5-18> 가체절 및 임시
진입로 설치전경



<그림 5-19> 오탁방지막 설치전경



<그림 5-20> 취입보 인체 취평
전경



<그림 5-21> 터파기 완료 후 암반
청소 전경



<그림 5-22> 바닥 콘크리트 타설
전경



<그림 5-23> 벽체 철근조립 전경



<그림 5-24> 벽체 거푸집 설치후
콘크리트 타설 전경



<그림 5-25> 바닥 및 벽체
콘크리트 타설후 전경



<그림 5-26> 어도블럭 조립 전경



<그림 5-27> 어도블럭 샤클 조립 전경



<그림 5-28> 어도설치후 통수전경



<그림 5-29> 현장 시연회 전경



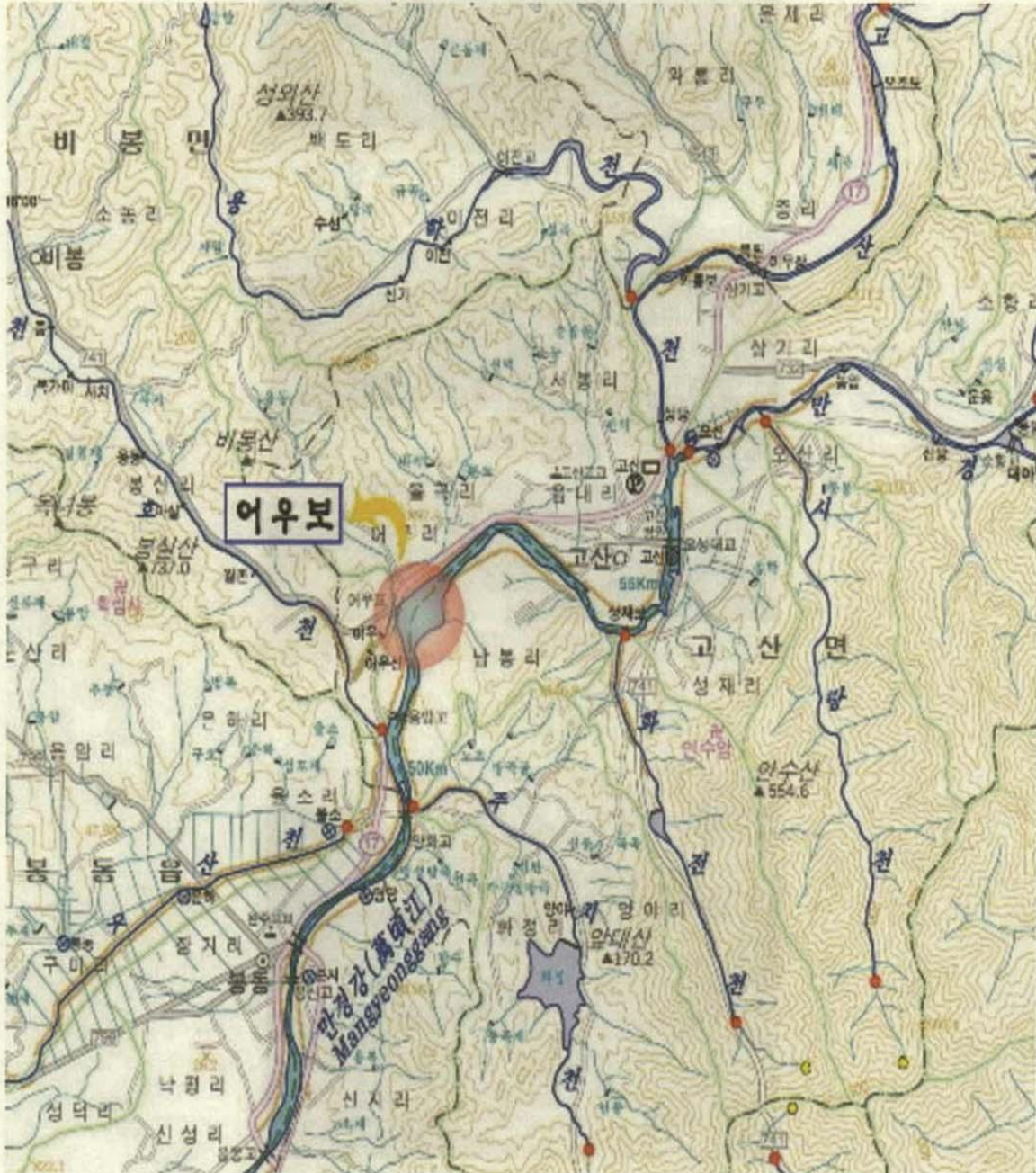
<그림 5-30> 현장에 설치된 게시판 전경

5.3.3 전라북도(어우보)

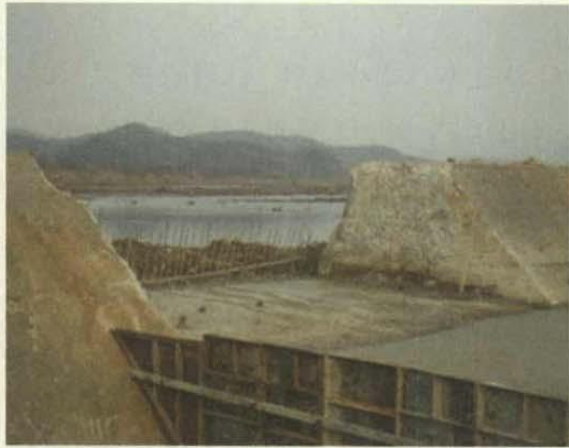
전라북도 완주군 고산면 어우리에 위치한 어우보는 1987년에 준공된 보로서 수질환경은 2급수로서 양호한 수질을 나타냈고 유기물 오염이나 탁도가 무해한 것으로 조사되었다. 유역면적은 35,428 ha 정도였고 하천폭은 267 m 이고 보높이는 3 m 로서 상당히 큰 보였다. 보의 노후화 정도는 건전한 상태였고 하류의 퇴적상태는 모래나 자갈이 주로 이루어져 있었고 상하류 바닥 보호공은 돌망태로 구성되어 있었다. <그림 5-31>은 어우보의 위치를 나타낸 것이고 <그림 5-32>는 취입보 연체를 취핑한 전경을 나타낸 것이다. <그림 5-33>은 공사를 원활히 진행하기 위하여 취핑된 보 부근에 가체철을 설치하고 외수의 배제를 위하여 흡관을 사용하여 이를 해결하였고 임시도로를 설치하여 공사차량의 진입을 용이하게 하였다. <그림 5-34>는 어도 설치 위치에 터파기를 완료한 다음 바닥 버림 콘크리트를 타설한 후에 바닥 및 벽체의 철근을 조립하였으며 <그림 5-35>는 철근조립 후 콘크리트 타설전경을 나타낸 것이다. <그림 5-36>은 조립식 어도블럭이 시공될 수 있게 바닥과 벽체가 완료 된 다음 비월류부와 월류부를 번갈아 가면서 조립하고 있는 전경을 나타낸 것으로 이때 바닥기울기가 1/20으로 설계 되어 있어 정밀시공이 필요한 것으로 시범시공 과정에서 나타났다. 또한 샤클부의 이음연결도 무수축 모르타르를 이용하여 되메우는 것도 중요하다. <그림 5-37>은 어도블럭 조립 완료 후 통수전경을 나타낸 것으로 월류부 3개부분, 비월류부 2개부분으로 이루어져 있었으며 유역에서의 유량이 풍부하여 물의 흐름에는 전혀 지

장이 없었다.

<그림 5-38>은 공사완료후 지자체와 관련담당자들과 함께 현장에서 시연회를 개최하였으며 조립식어도의 특징과 설치 필요성 등을 설명하는 장소를 마련하였다. 또한 조립식 어도블럭의 홍보를 위하여 <그림 5-39>와 같이 현장에 사업개요와 특성을 설명한 게시판을 설치하였다.



<그림 5-31> 전라북도 강진지사의 어우보 위치 및 주변 현황



<그림 5-32> 취입보 언체 취평 전경



<그림 5-33> 가체절 및 임시도로
설치전경



<그림 5-34> 바닥 및 벽체 철근
조립 전경



<그림 5-35> 거푸집 설치 후
콘크리트 타설전경



<그림 5-36> 어도블럭 조립 전경



<그림 5-37> 어도블럭 조립
완료후 통수전경



<그림 5-38> 현장 시연회 개최 전경



<그림 5-39> 현장에 설치된 게시판

5.3.4 전라남도(깊은보)

전라남도 강진군 칠량면에 위치한 깊은보는 1974년에 준공된 보로서 수정 환경은 2급수로 양호한 상태였고 감조부와 인접한 부근에 있는 취입보이다. 수변형태는 유기물오염도나 독성 등이 없었고 취수구의 위치는 우안에 형성되어 있었다. 그리고 서식하는 어류로서는 은어, 메기, 붕어, 장어 등이 있는 것으로 조사되었다. <그림 5-40>은 깊은보의 위치를 나타낸 그림이고 <그림 5-41>에서와 같이 취입보의 취평전경을 나타낸 것이고 <그림 5-42>는 바닥 콘크리트 타설후 비닐양생을 실시하여 보온양생을 하는 과정을 보여주고 있는 것이다. <그림 5-43>은 조립식어도 블록 설치를 위한 바닥과 벽체가 완성된 다음 조립식 어도블럭을 조립하는 전경을 나타낸 것이다.

그리고 <그림 5-44>는 어도블럭 샤클부 이음을 나타낸 것으로 무수축 모르타르를 사용하여 이음부 공간을 채워 나갔다. <그림 5-45>는 어도블럭 조립완료 전경을 나타낸 것으로 비월류, 월류부, 비월류부 순으로 일정하게 조립하였다. <그림 5-46>은 어도블럭 조립이 완성한 후 통수전경을 나타낸 것으로 물의 흐름에 있어서 원활한 흐름을 보여 주었다. <그림 5-47>은 현장시연회 전경을 나타낸 것이고 <그림 5-48>은 현장에 설치된 사업개요 게시판을 나타낸 것이다.



<그림 5-40> 깊은보 위치 및 주변 현황



<그림 5-41> 취입보 취핑 전경



<그림 5-42> 바닥콘크리트 타설
후 양생전경



<그림 5-43> 어도블럭 조립 전경



<그림 5-44> 어도블럭 샤클 조립 전경



<그림 5-45> 어도블럭 조립완료 전경



<그림 5-46> 어도블럭 조립완료후
통수전경



<그림 5-47> 현장 시연회 전경



<그림 5-48> 현장에 설치된
사업개요 게시판

5.3.5 경상남도(백암보)

경상남도에 설치한 조립식어도는 의령군 가례면 가례리에 위치한 취입보로 지구현황을 나타낸 것이 <그림 5-49>이며 평야부에 위치한 취입보이다. 수질환경은 2급수로 양호한 상태를 나타냈고 유기물 오염도나 탁도 등은 없는 것으로 조사되었다. 상하류 바닥공은 콘크리트로 구성되어 있었으며 취수구의 위치는 좌안에 위치하였다. 유역면적은 3,058 ha 였고 월류수심은 약 2.1 m 정도였다. 백암보에 대한 어도설치 순서는 우선 <그림 5-50>에서 보는 바와 같이 취입보 언체 부분의 취핑 및 터파기를 실시한 다음 <그림 5-51>

에서 보는 바와 같이 바닥 및 벽체 철근을 조립하였다. 이때 지하수위나 외수위의 침입을 방지하기 위하여 가체절과 배수펌핑을 실시하였다. 그리고 <그림 5-52>에서 보는 바와 같이 바닥 콘크리트를 타설한 다음 벽체 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하면서 진동다짐을 실시하였다. 이 공정에서 중요한 부분은 바닥기울기를 일정하게 맞추어 시공하는 중요한데 그 이유는 이 공정이 정밀하게 시공되지 않으면 조립식 어도블럭의 설치가 일정해지지 않고 월류부의 월류가 원만히 이루어 지지 않을 수도 있기 때문이다.

<그림 5-53>은 벽체 콘크리트 타설후 보온양생을 위하여 거적을 씌워 양생온도를 유지하였으며 <그림 5-54>는 어도블럭과 블록사이를 연결하기 위한 샤클부 조립전경을 나타낸 것이다. <그림 5-55>는 설치가 완료된 조립식 어도 블록의 전경을 나타낸 것으로 벽체와 어도블럭사이의 틈새는 무수축 모르타를 사용하여 처리하였다. <그림 5-56>은 어도블럭 조립설치 완료후 전경을 나타낸 것이고 <그림 5-57>은 벽체표면 마무리를 하는 것으로 백암보에서는 벽체에 문양거푸집을 사용하여 경관성을 향상시켜 환경친화적인 조립식어도 블록을 제작하였다. <그림 5-58>은 어도블럭 설치후 통수전경을 나타낸 것으로 상류부의 유입수량이 풍부하여 월류부의 월류수심이 약 5 cm 정도였고 일부 비월류구간에서는 월류가 되는 현상을 보이기도 하였다. 하지만 어류가 소상하는데 크게 문제가 되지 않을 것으로 사료되며 오히려 유량이 작아 어류 소상이 어려운 곳이 문제가 될 것으로 판단된다. <그림 5-59>는 관련지자체장과 공사직원들이 모인 가운데 시연회를 개최하여 사업의 추진 경위와 조립식어도의 특징을 설명하는 시연회를 가졌으며 특히 의령군순의 환경친화적 개발방향에 관해 많은 관심을 나타내기도 하였다.



<그림 5-49> 경상남도 의령지사의 백암보 위치 및 주변 현황



<그림 5-50> 취입보 취평 및 터파기 전경



<그림 5-51> 바닥 및 벽체 철근
조립 전경



<그림 5-52> 벽체 거푸집 설치 전경



<그림 5-53> 콘크리트 타설후
양생 전경



<그림 5-54> 어도블럭 샤클부
조립 전경



<그림 5-55> 어도블럭 조립 전경



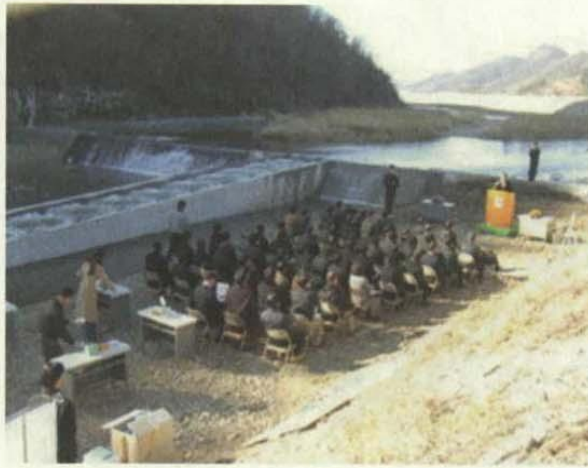
<그림 5-56> 어도블럭 설치 전경



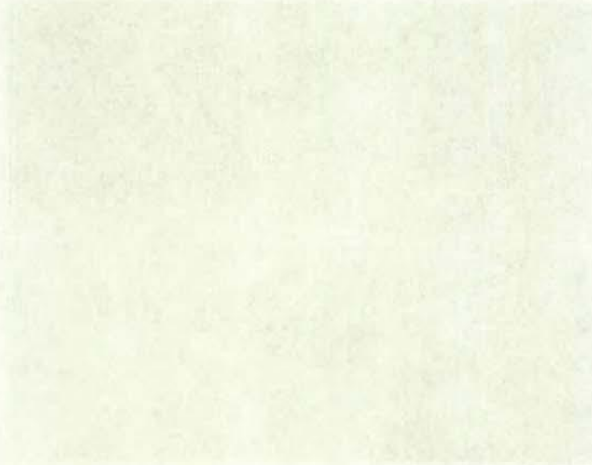
<그림 5-57> 벽체 표면 마무리
작업 전경



<그림 5-58> 어도블럭 설치 완료
후 통수전경



<그림 5-59> 현장 시연회 개최 전경



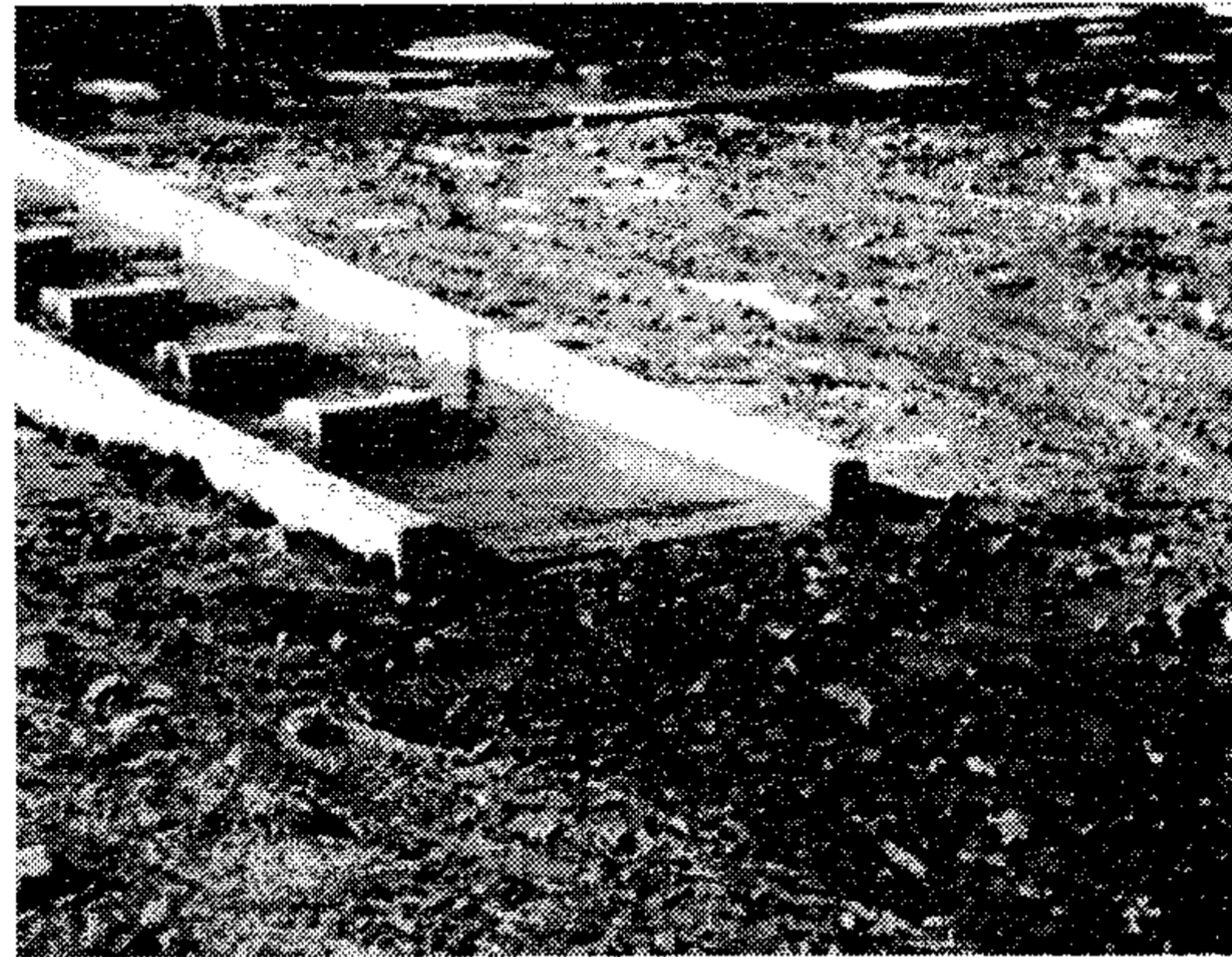
6. 문제점 및 개선대책 방안

여 백

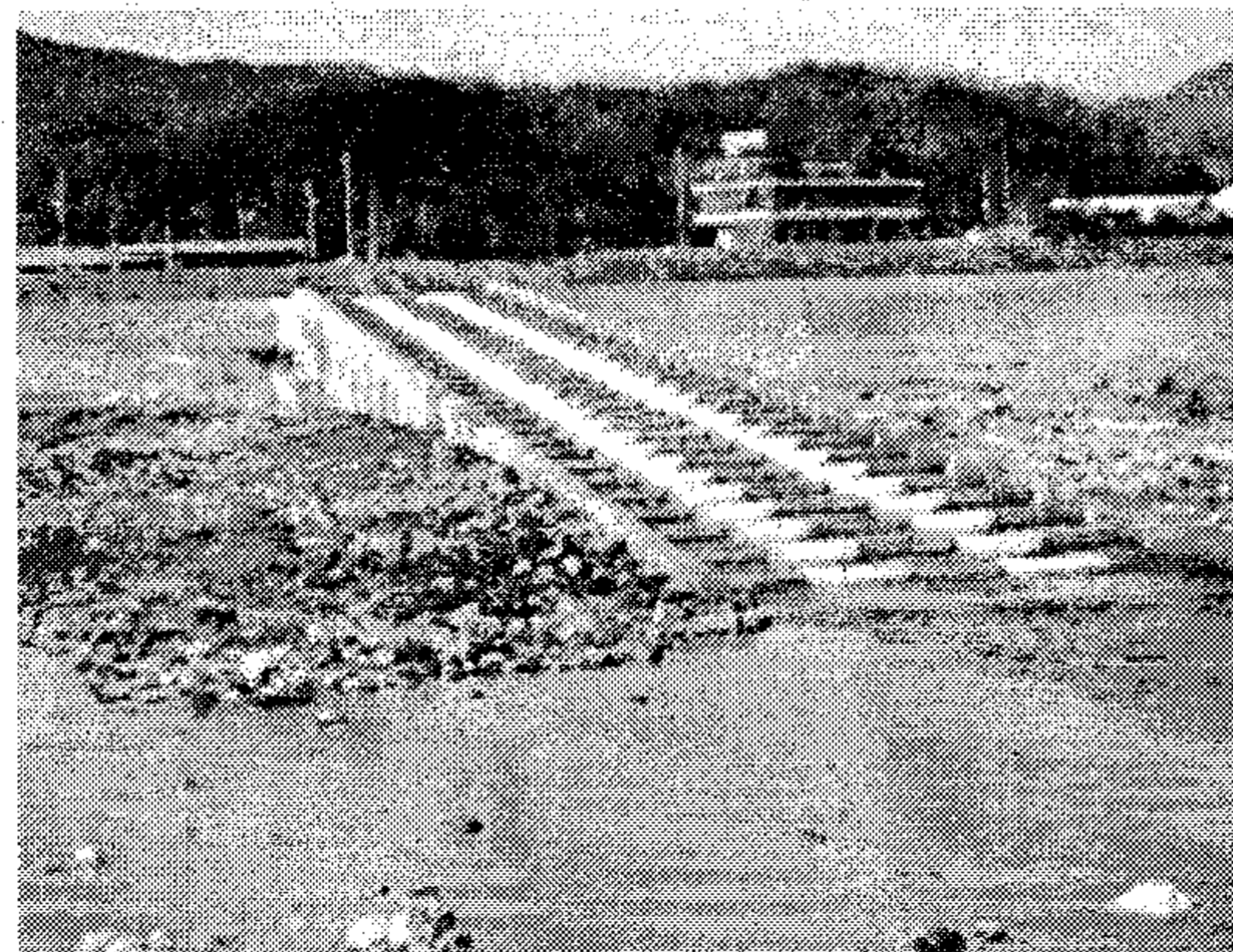
6. 문제점 및 개선대책 방안

6.1 기능성 및 경관성

본 조립식어도 시범사업을 시행하면서 문제점 및 개선대책에 대한 방안을 몇가지 언급해 보면 경기도 검단보에 설치한 어도의 경우 <그림 6-1>과 같이 현황조사 측량을 통해 어도의 구배를 1/20으로 설계하여 시공하였다. 그런데 어도 입구부의 길이가 조금 짧게 시공되었는데 적어도 어도 입구부의 비월류부가 하천부에 잠기는 형식으로 하여 설계 및 시공이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 즉 전라북도에 설치한 어우보의 경우 <그림 6-2>와 같이 어류가 소상할 수 있도록 입구부의 비월류부가 하천에 잠기는 형식으로 시공된다면 문제점을 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

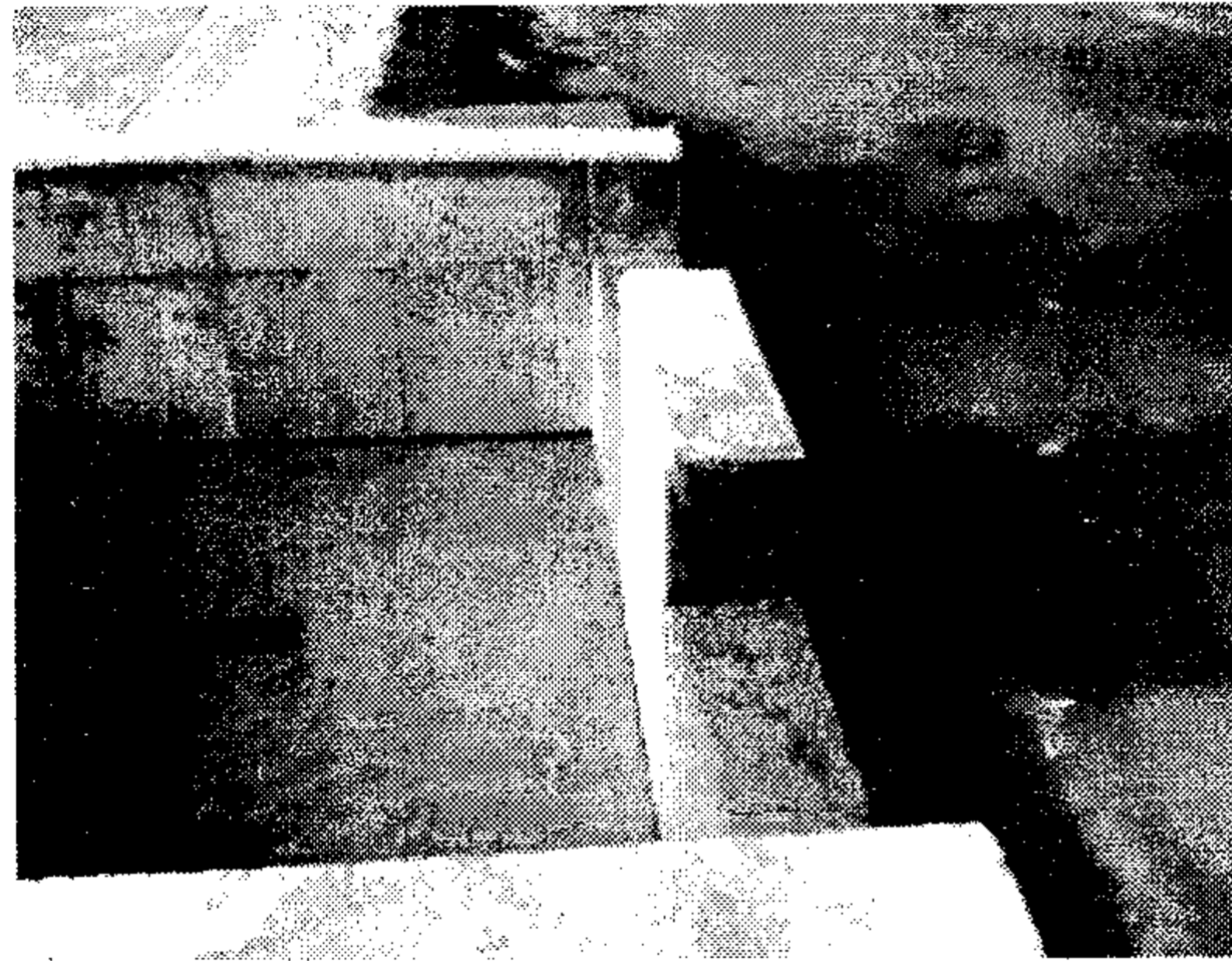


<그림 6-1> 어도 입구부 길이 부족

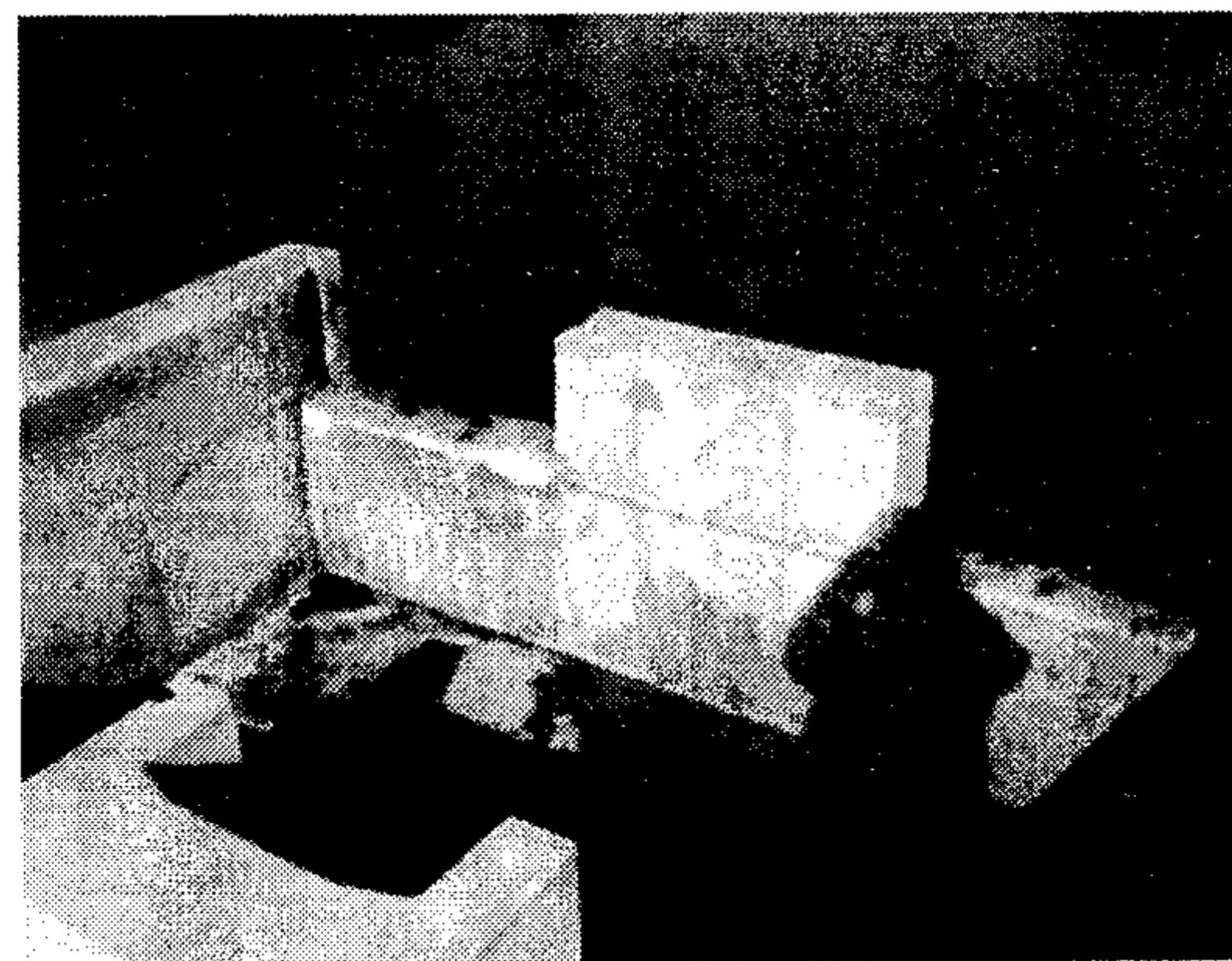


<그림 6-2> 어도 입구부 길이

그리고 <그림 6-3>에서 보는 바와 같이 상류 배수문 유입부에서는 기존의 보 언체 보다 5~15cm 낮은 범위에서 현지 급수실정을 고려하여야 할 것이며 이때 배수문 표고는 보언체 보다 너무 높거나 낮아도 문제가 발생하므로 상당히 중요하게 결정해야 할 것으로 판단된다. 그리고 배수문 시공시 유의할 점은 설계도에도 규정되어 있는 사항으로 배수문에 각각을 설치하여 어도로 물을 유인하여 어도내 월류부로 흐를 수 있게 한다고 되어 있는데 금번 시범시공에서는 각각판을 시공한 곳이 없었는데 공사완료 후 시연회등을 통하여 각각판이 필요한 시범지구가 있었다. 이러한 부분은 <그림 6-4>에서 보는 바와 같이 어도 벽체에 홈을 주어 향후 필요한 경우에 각각판을 설치할 수 있도록 설계계획시 정밀하게 고려해야 할 사항이라고 생각된다.



<그림 6-3> 배수문 유입부



<그림 6-4> 배수문 각각판 설치

조립식 어도 블록의 경관성을 고려할 경우 <그림 6-5>에서 어도 벽체에 별다른 시공 없이 시공한 경우로 거푸집 탈형 후 거푸집의 틈새가 나타나 미관성이 떨어졌으나 <그림 6-6>에서 보는 바와 같이 벽체 시공시 문양거푸집을 설치하여 시공한다면 경관성을 훨씬 향상시키는 좋은 결과라고 판단되며 향후에 시공되는 조립식 어도에 반영을 한다면 친환경성을 더욱 도모할 수 있다고 판단된다.



<그림 6-5> 벽체 설치



<그림 6-6> 벽체에 문양 설치

어도의 규모가 작은 경우 레미콘 사용량이 적고 가체절 후 물을 배제하며 콘크리트 공사를 해야 하는 등 공사여건이 매우 불량하여 콘크리트의 품질관리가 어렵고 이로 인해 품질변동이 크게 발생하여 어도의 사용수명이 매우 단축되는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 공장에서 어도를 제작한 후 현장에서 조립 설치하는 방법을 제안함으로써 공사비의 절

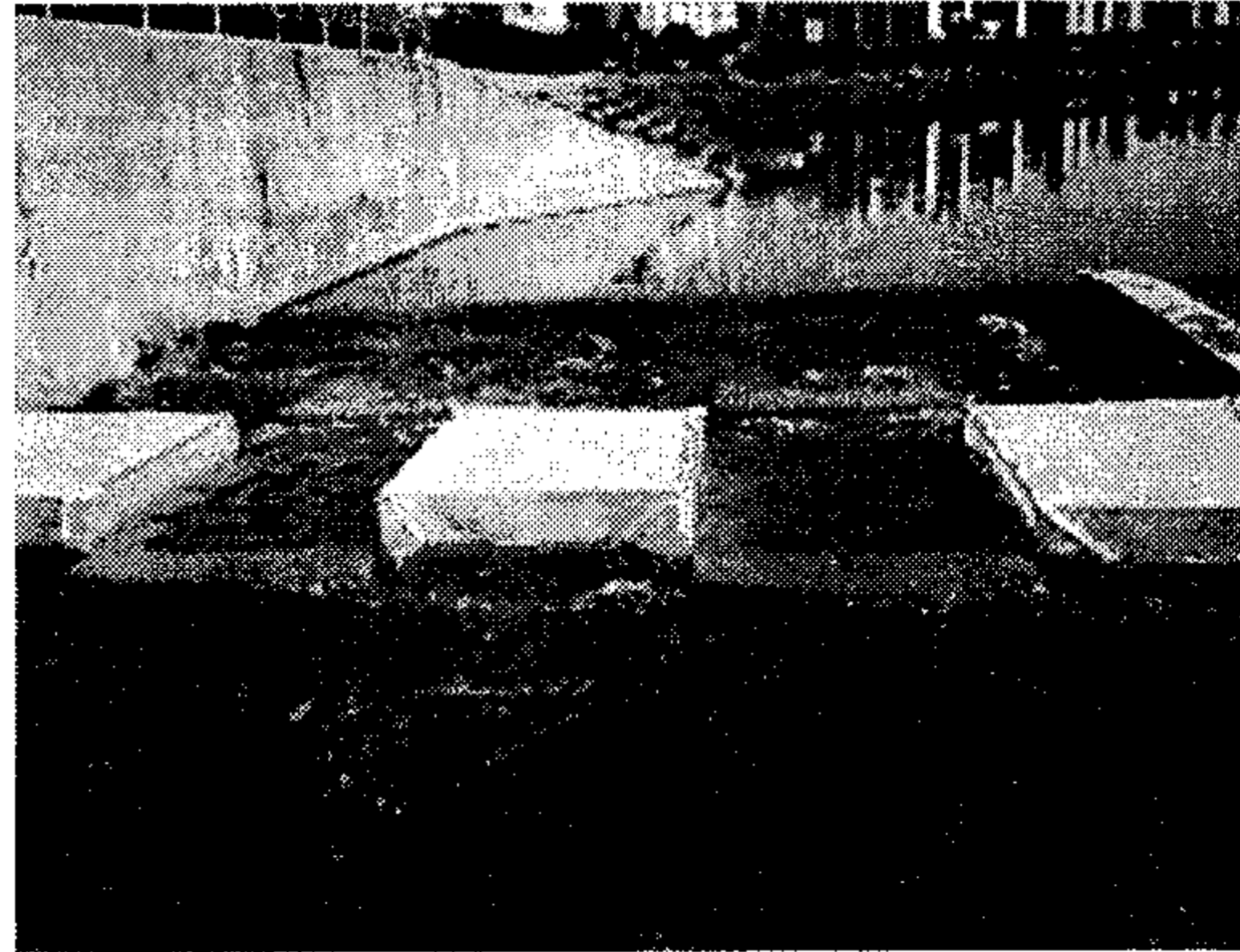
감과 아울러 어도의 품질과 내구성을 향상시킬 수 있는 길을 제시하였다.

특히 어도블록 제작시 블록제품하나 하나마다 양생품질을 확인하기 위해 산업자원부에서 우수품질(EM)로 인정한 "콘크리트 양생온도 이력검사장치" (인증번호 2004-012, '04.5.20~'07. 5. 19)를 삽입하고 증기양생이 종료되었을 때 양생온도이력을 제작 중 확인하고, 발주자에게 납품하기 전 품질검사 전문기관로부터 납품될 제품 하나 하나마다 외관(균열, 곰보 등), 치수검사, 양생온도 이력검사를 받은 다음 납품하는 건설기술관리법에 규정된 공인된 품질관리 절차를 따름으로서 제품의 품질을 획기적으로 개선하는 방안을 제시하였다.

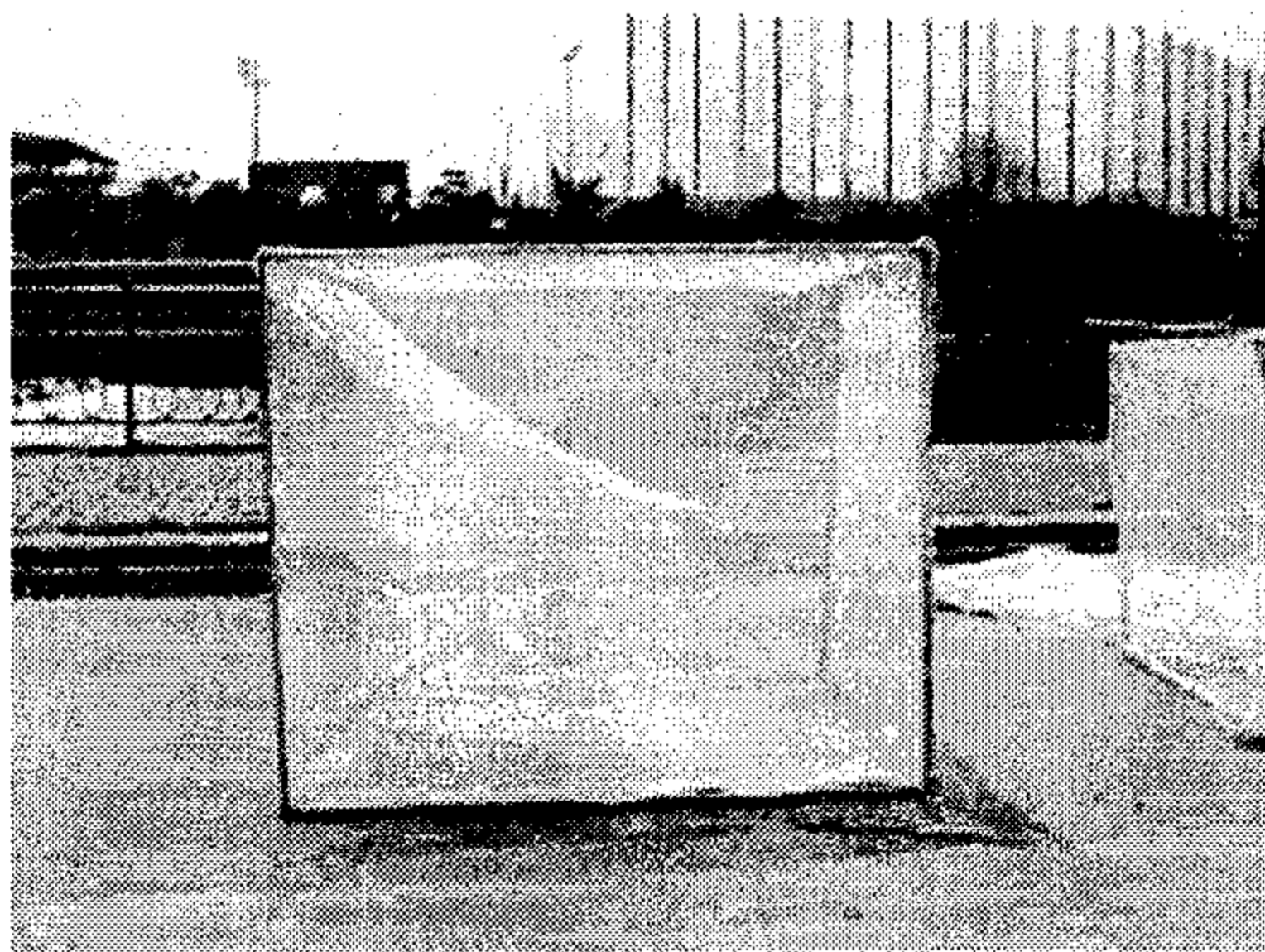
6.2 현장 모니터링

시공된 어도에서 현장 모니터링을 통한 어류 이용조사를 통해 실질적인 효율을 조사가 필요하다. 이를 바탕으로 조립식 아이스하버형 어도의 기능을 확인한다. 특히 조립식 아이스하버형 어도는 월류부와 비월류부로 형성되어 있어 월류부에 트랩(Trap)을 설치하여 직접 채집할 수 있는 방법이 <그림 6-7>과 같은 것이 있다. 특히 풀의 규격이 일정하고 직사각형을 이루고 있어 트랩(Trap)을 단위화 할 수 있어 채집이 용이하다.

직접 채집시 사용될 트랩(Trap)은 <그림 6-8>에서 보는 바와 같은 규격으로 1.0m(W)×1.0m(L)×0.7m(H), 망목 5mm 정도로 하여 제작한다. 이 트랩(Trap)을 어도 출구 월류부에 설치하여 효과를 확인 할 수 있을 것으로 판단된다.



**<그림 6-7> 설치한 Trap을
이용한 채집**



<그림 6-8> 어류 채집용 Trap

어도는 하천의 상하류의 단절을 연결시켜 주므로 상하류의 어류를 채집하여 실질적인 종 연결성이 이루어 졌는가를 확인 할 수 있다. 어도를 이용한 어류를 채집할 때 채집 시간 설정이 중요하다. 하루 중 일출, 정오, 일몰 등으로 나누어 1회 채집 시 2시간으로 하여 어류 소상 시간대를 조사할 수 있다. 또한 매달 1회 실시하여 계절에 따른 어류 소상을 알아 볼 수 있다. 물고기 분류는 한국담수어류 데이터베이스에 의해 분류와 동정을 구할 수 있을 것이다.

여 백

7. 시범사업의 달성도 및 기여도

여 백

7. 시범사업의 달성도 및 기여도

7.1 시범사업의 달성도

- 본 시범사업을 통하여 하천에 설치되는 어도구조물을 실내에서 조립식화하여 설치의 간편성과 강도를 증가시켜 구조적인 안정성을 도모
- 하천에 설치되는 구조물의 경우 대부분 현장 타설로 공사가 이루어지게 되므로 구조적 안전성이 부족한 하집만 하천 구조물을 공장제품으로 조립식화하면 가체절이나 공사기간이 단축 및 시공성 용이
- 조립식어도 블록은 현장타설보다 구조물이 안정적으로 유지관리 될 수 있고 하천 생태계 측면에서도 유리
- 조립식화에 적합한 아이스하버형 어도를 선정하여 조립식화 함
- 국내 하천에 적합한 어도의 조립식 구조물화 달성
- 시범사업 및 시연회를 통한 현장적용성 확인과 문제점 및 개선대책안 마련
- 조립식 어도블럭의 제품검사 방법 제시
- 조립식 어도블럭의 신기술보급 및 설치 토대 마련
- 시범사업을 통해 개발된 조립식 아이스하버형 어도는 콘크리트 구조물로 외관상의 모양이나 구조, 어도내에 수초를 심는 등 좀더 친환경적인 구조를 갖춘 어도 개발 필요

7.2 시범사업의 기여도

- 최근 환경에 대한 사회적 관심의 증가에 따라 하천생태계의 보전을 위하여 보나 댐 등의 시설물에 어도를 설치하는 것이 보편화
- 하천 및 시설물의 특성, 서식 어종, 하천유량변화 등의 제반 여건에 따라 어도의 형태, 크기 및 위치 등이 적절하게 결정되어야 함에도 부적절하게 설치되는 경우가 많음
- 아직까지도 어도를 횡단구조물의 작은 일부로만 생각하여 규모를 가급적 최소화하고자 하는 관점에서 설계·시공되는 경우가 많음
- 본 시범사업은 어도가 하천생태환경의 보전에 필수적이며 하천횡단구조물과 동일한 중요성을 갖도록 설계·시공되어야 하는 것을 부각시키는데 기여
- 어도 내의 유속 및 유향은 어도의 기능을 발휘하는데 필수적인 사항이

나 대부분의 기존 어도들은 물고기의 습성 및 소상조건이 미흡하여 과도한 유속발생, 흐름방향의 급격한 전환 및 월류수심의 부족

○ 본 시범사업에서는 미리 수리모형실험을 실시하여 각 유량조건에 대한 어도 내의 수리특성을 재현하여 미리 그 적정성 여부를 예측함으로써 그 기능이 적절하게 수행되는지 현장적용성 검증에 기여

○ 조립식 어도블럭은 국내 하천 특성에 적합한 어도로 판단되며 하천 생태계의 원활하고 안정적인 구조를 갖추는데 크게 기여

참 고 문 헌

여 백

참고문헌

1. 김귀곤, 최준영, 손삼기. 2000. 단편화된 서식처의 연결을 위한 야생동물 이동통로의 조성-대상지 선정 및 조성기법을 중심으로. 한국조경학회지 28(1).
2. 김귀곤, 최준영. 1998. 분절된 서식처의 연결을 위한 생태이동통로에 관한 이론적 연구(1)-유형구분 및 조성절차를 중심으로. 한국조경학회지 26 : 293~302.
3. 김진홍, 1993. 계단식어도의 수리특성과 어족의 소상효과, 농공기술 3(2) 55-74
4. 김진홍, 1995. 어도구조물 설계에 관한 연구 : 탐진강을 대상으로. 농공기술 47 106-120
5. 김진홍, 김철. 1994. 어족의 소상을 위한 계단식어도 수리특성에 관한 연구. 한국수문학회지 27(2) 63-72
6. 김진홍. 1999. 소하천 환경설계에 관한 기초적 연구. 환경과학연구 10 : 139~158.
7. 농어촌진흥공사. 1997. 어도(魚道)의 설계지침. 188p. 농어촌진흥공사 .
8. 농어촌진흥공사 1986. 금강(I)지구 대단위농업종합개발사업 어도연구보고서. 136p.
9. 농어촌진흥공사, 1998. 하구에 설치한 어도 이용에 관한 연구보고서 166p.
10. 박상덕, 1998. 동해안지역 어도시설 및 관리. 수자원학회지 31(4) 28-33
11. 서울시정개발원. 1996. 자연형 하천으로의 정비방안연구. 259pp.
12. 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, pp. 59-497.
13. 최기철 외 9인, 1995. 양양양수 건설사업이 연어증식사업에 미치는 영향 조사보고서. 양양양수발전소 건설관련 공동조사반. 120p.
14. 최기철, 1986. 강원도의 자연(담수어편). 강원도 교육위원회, pp. 178-205.
15. 최기철. 1994. 우리 민물고기 백가지. 532p. 현암사 .
16. 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목, 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, pp.172-174.
17. 홍선기, 이창석. 1997. 생태학의 새로운 분야로서 경관생태학의 발전과 역할. 한국생태학회 20 : 217~227.
18. 황중서, 1985. 금강 어류생태와 하구둑 어도. 농공기술정보 2(4). p.39 ~ 49.
19. 황중서, 1996. 영암호 갑문식 어도. 한국관개배수 3(1) : 128 ~ 130.
20. 황중서, 1996. 하구의 어도 현황과 이용. 농공기술. 50 : p109 - 118.
21. 황중서, 1999. 통선문을 이용한 갑문식 어도 개발. 농공기술 65 : 121~124
22. 황중서, 2000. 농업기반 시설의 어도설치 현황과 개선방안. 수자원학회지, 제33권 제2호, pp.41-52.
23. 황중서, 2000. 영암호 갑문식어도를 통한 어류의 회유. 한국수자원학회논문집, 제 33권, 제 5호, pp.561~568.
24. 황중서, 허협, 2000, 양양남대천과 영덕오십천의 어도 및 어류의 소상, 한국농공학회지, 42(5):70-77.
25. 中村俊六. 1990. 魚道設計の留意点 ダム技術 30(1) : 魚道特輯號 57 - 65

26. 柏井條介, 村岡敬子. 1996. 多様な魚種お対象とした魚道の遡上実験. 土木技術資料
27. 水野信彦. 1987. 内水面漁場環境.利用實態調査報告書 - 魚のすみよい川への 設計指針(案)-
28. 條邊三郎外 4人. 1994. よりよき設計のために 頭首工魚道 設計指針. 農林水産省構造改善局 建設部 設計課
29. 水野信彦. 1995. 魚にやさしい川のかたち. 信山社.
30. 水資源開発工團 1995. 長良川河口堰 魚たちのどおる道 魚道. 水資源開発工團 長良川河口堰建設所 pp8
31. 水資源開発工團. 1995. 長良川河口堰魚道設計について. 水資源開発工團 長良川河口堰建設所
32. 水資源開発工團. 1995. 豊川水系に於ける魚道施設について. 水資源開発工團 豊川用水総合事業所
33. 信濃川下流農業水理事業所. 1996. 大島頭首工のあらまし.
34. 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六. 1995. 河川生態環境工学[魚類生態と河川計画]. 東京大學出版會.
35. 中村俊六. 1995. 魚道のはなし(魚道設計のためのガイドライン) 山海堂.
36. 中村中六. 1995. 魚道の設計. 山海堂

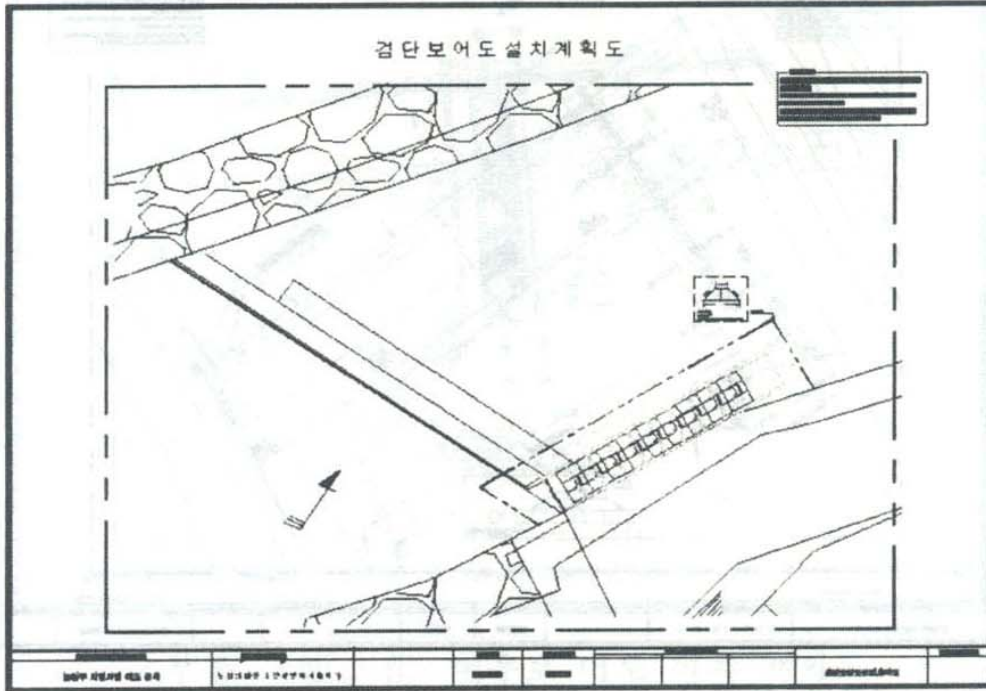
<부록>

1. 시범사업 어도 설계도면

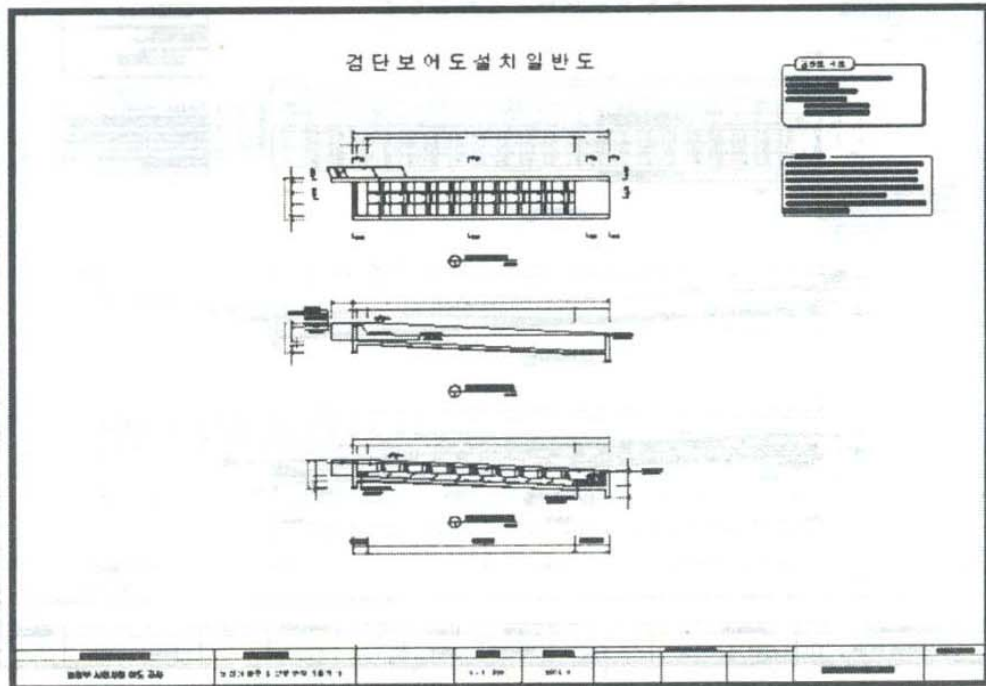
여 백

1. 시범사업 어도 설계도면

□ 경기도 양평광주서울지사

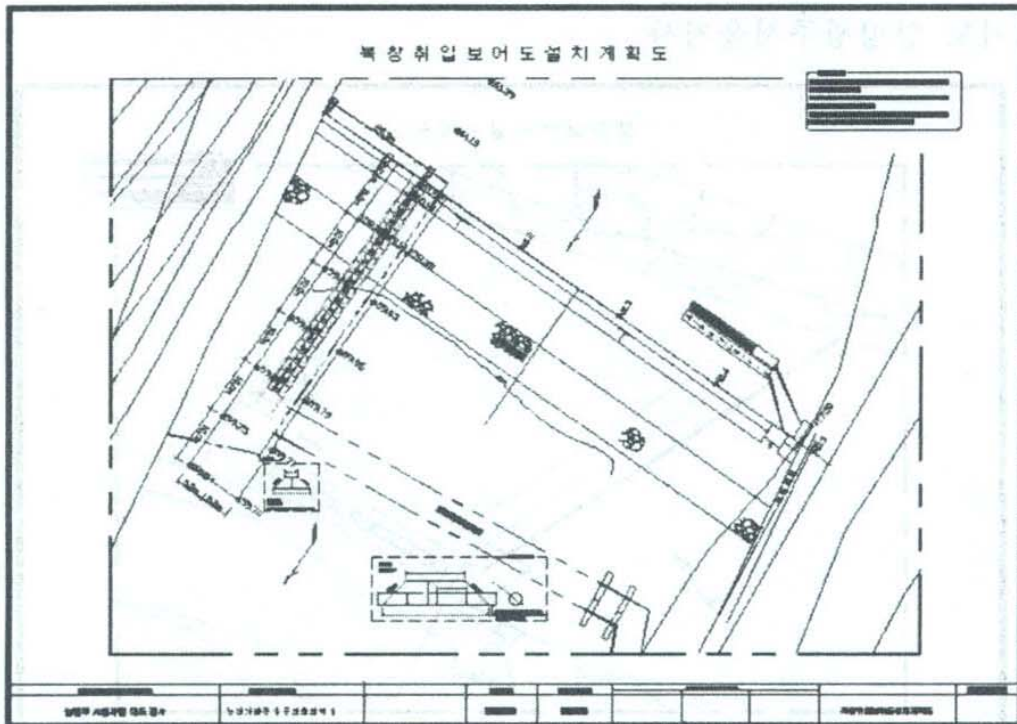


<부록 그림 1-1> 검단보 어도 설치 계획도

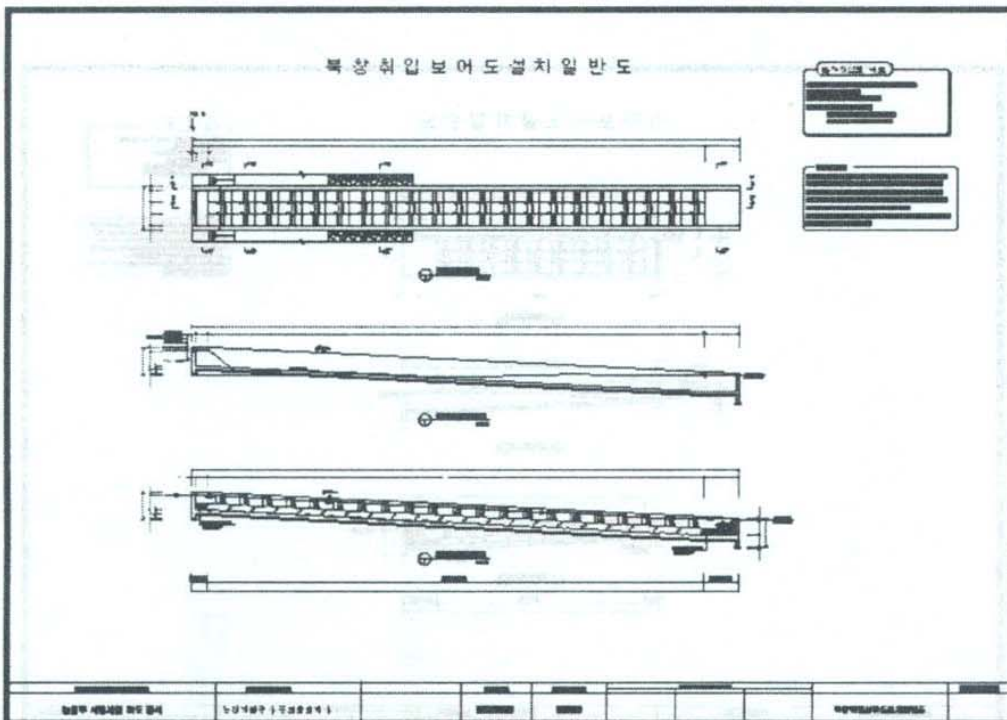


<부록 그림 1-2> 검단보 어도 설치 일반도

□ 강원도 홍천춘천지사

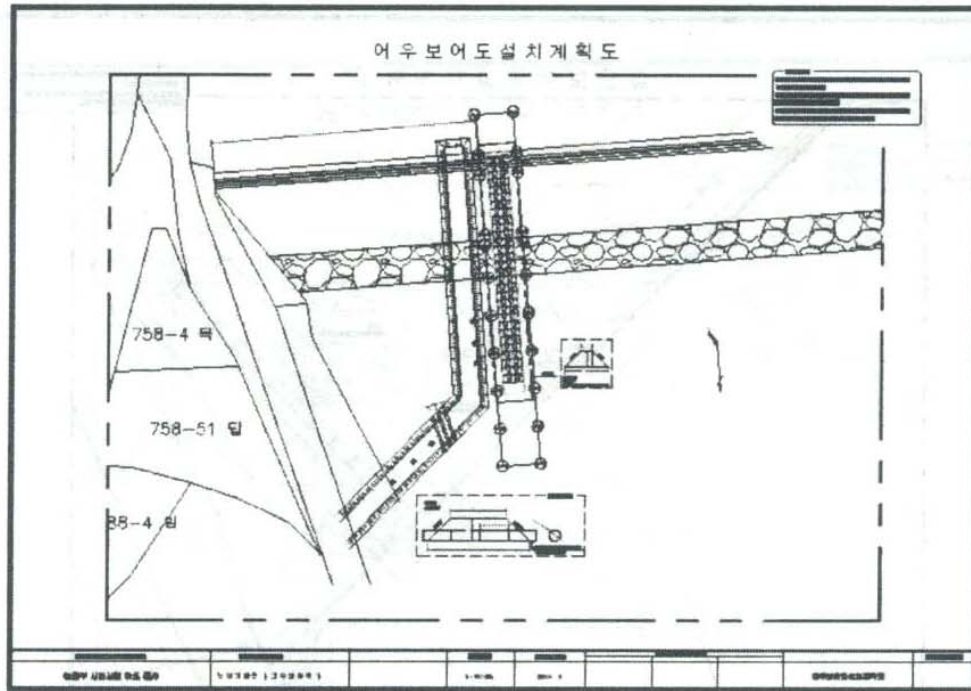


<부록 그림 1-3> 북상취입보 어도 설치 계획도

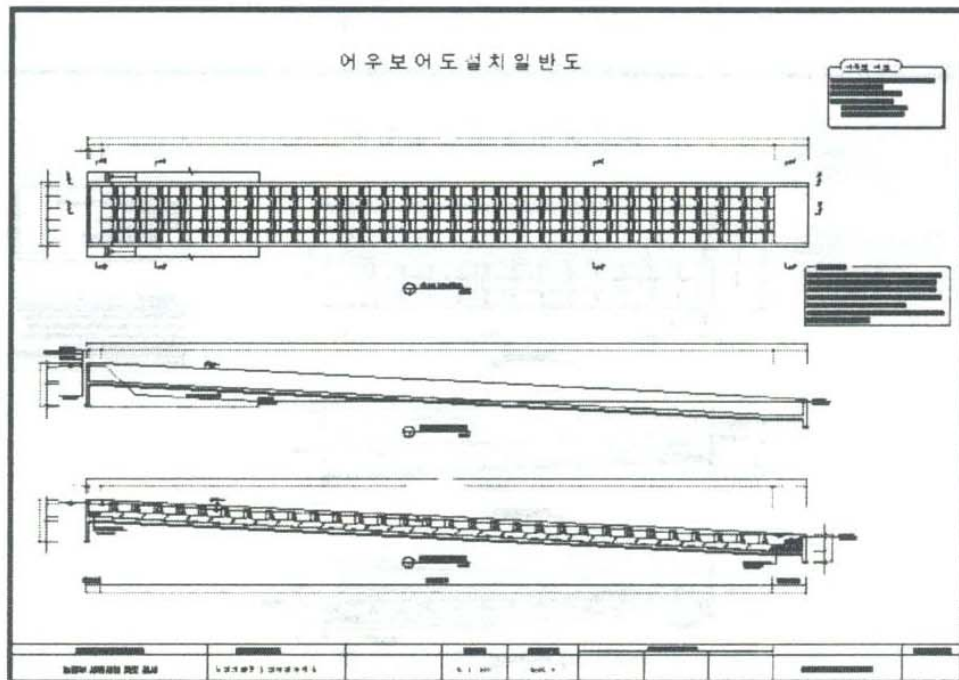


<부록 그림 1-4> 북상취입보 어도 설치 일반도

□ 전라북도 전주완주지사

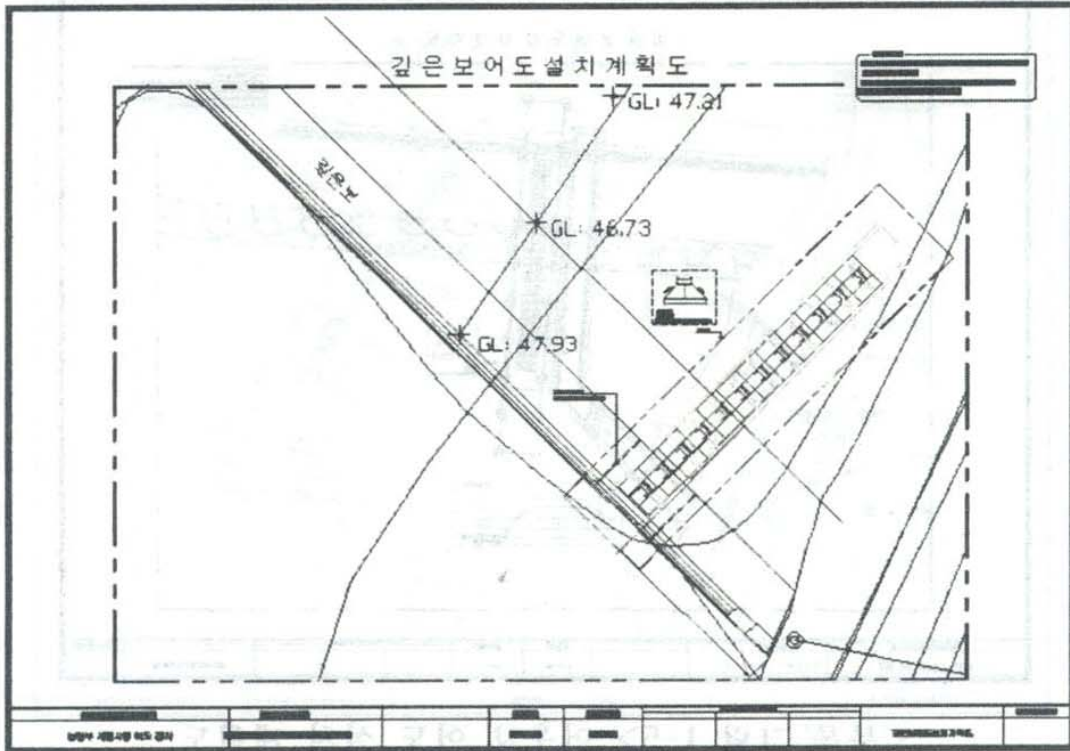


<부록 그림 1-5> 어우보 어도 설치 계획도

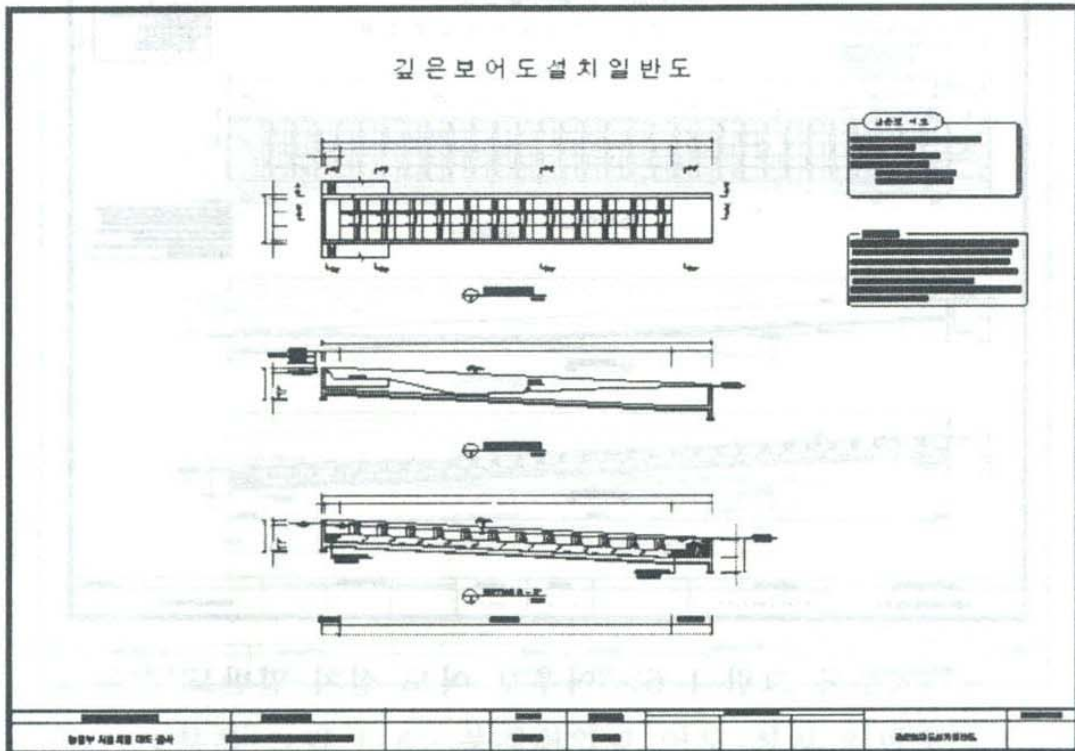


<부록 그림 1-6> 어우보 어도 설치 일반도

□ 전라남도 강진완도지사

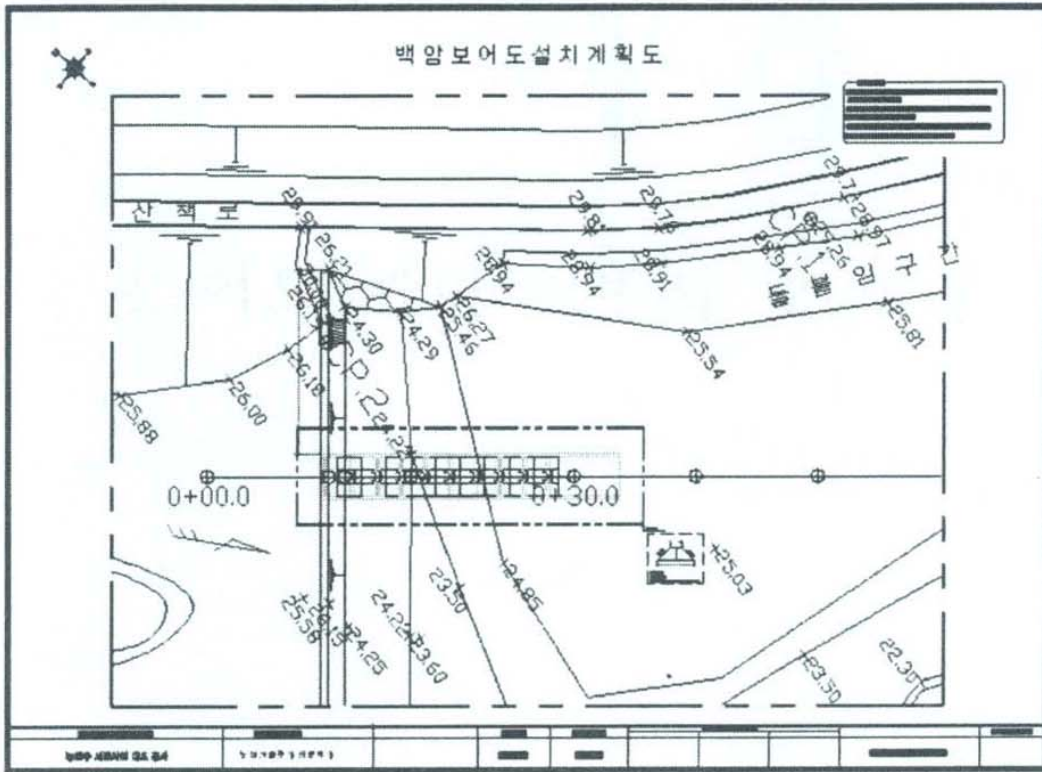


<부록 그림 1-7> 깊은보 어도 설치 계획도

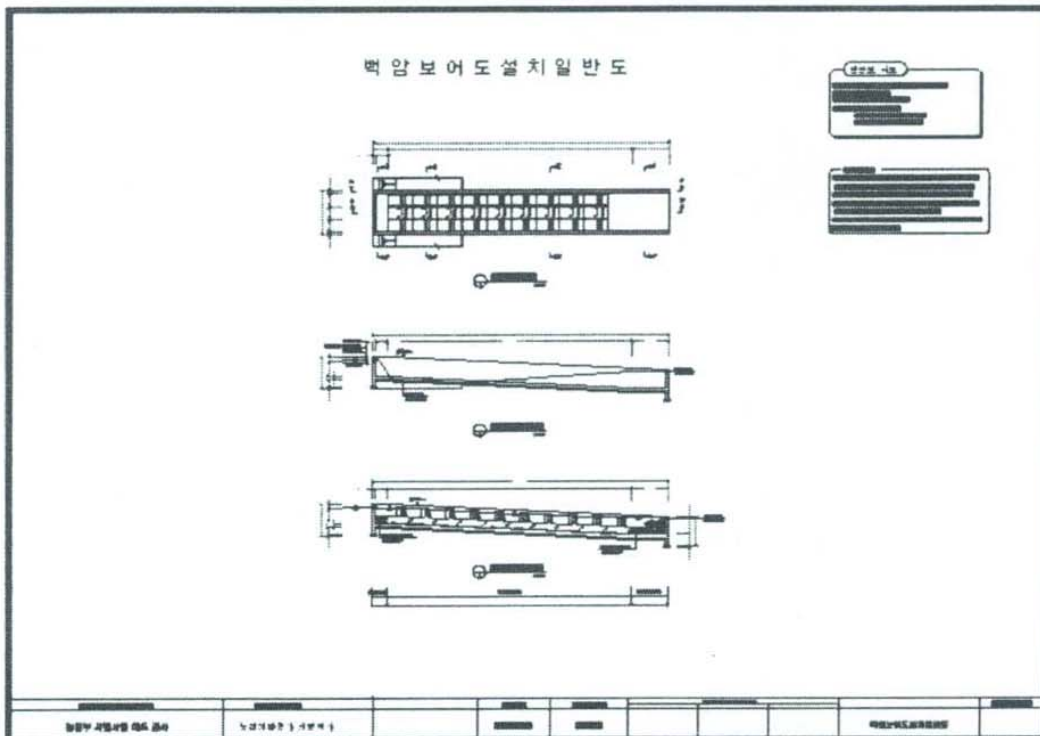


<부록 그림 1-8> 깊은보 어도 설치 일반도

□ 경상남도 의령지사



<부록 그림 1-9> 백암보 어도 설치 계획도



<부록 그림 1-10> 백암보 어도 설치 일반도

여 백

2. 어도 관련 시방서 및 법규

여 백

2. 어도 관련 시방서 및 법규

2.1 시방서

일반시방서는 건설교통부장관이 정한 하천설계기준(어도편)에 준하는 일반시방서를 적용하며 조립식 아이스하버형 어도블럭 시방서는 다음과 같다.

2.1.1 특별시방서

1. 본 어도설치 공사에 사용되는 어도블럭은 아이스하버 형식으로 월류형과 비월류형이 있으며 규격은 월류형 L2000 × W1000 × H1200mm이며, 비월류형은 L2000 × W1000 × H1400mm이고 어도블록치수의 허용치는 가로, 세로, 높이, 두께 각 ±5mm이내이어야 한다.
2. 블럭의 압축강도는 $F_{ck28} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ 이상이어야 한다.
3. 어도블럭은 월류형과 비월류형으로 분류되며 월류형과 비월류형이 교차되도록 하여 설치 시공한다.
4. 어도블럭을 설치함으로써 원활한 어류의 이동을 통해 단절된 생태계를 회복시킬 수 있도록 하여야 한다.
5. 어도블럭은 사급자재로 지급되나 수급자는 블럭이 현장 반입되기 전에 품질시험규정에 맞추어 시험을 실시하고 이상이 없을 경우 자재가 현장에 반입될 수 있도록 하여야 하며, 현장에 반입된 자재라 하더라도 소요강도에 부적합 시 공사감독자에게 보고 후 지시를 받아 조치하여야 한다.
6. 어도블럭의 시공은 시공상세도에 맞추어 시공하여야 하며 블럭과 블럭 사이의 간격이 벌어지지 않도록 정밀시공하여야 하며 부득이한 경우에는 몰탈로 틈메우기를 하여야 한다.
7. 어도블럭간의 낙차는 1단마다 높이는 약 10cm로 하여 낙차에 의한 와류가 최소가 되도록 하여야 한다.
8. 블럭의 배면은 최대 깊이 60cm의 pool 모양의 웅덩이를 만들어 물고기가 도약할 수 있는 수심을 유지하여 주어야 한다.
9. 어도시설의 바닥기초는 콘크리트 타설 후 잡석과 모래로 다져 1:20의 경사가 유지 되도록 한다.
10. 어도 월류부분의 시공 시 작은 오차에서도 수리흐름상에 와류가 생기

므로 수평을 유지하도록 필요시 그라인딩을 하여 정밀시공을 한다.

11. 어도시설의 측면 및 주변부와 끝단부분은 홍수 또는 수위 증가 시 세굴을 방지하기 위하여 3m 가량의 사석 보호공을 실시한다.

12. 어도의 구배는 1:20 경사를 유지할 수 있도록 한다.

13. 블럭과 블럭은 샤클로 연결하고 샤클 연결부에는 콘크리트를 충전하여 블럭을 견고한 일체구조로 함과 동시에 물이 새는 것을 막아주어야 한다.

14. 어도블록간의 틈새는 20mm이하가 되도록 하여야한다.

15. 본 어도블럭은 홍수시를 대비하여 충분한 자중을 갖도록 설계된 중량물(3톤/개)이다. 따라서 어도블럭의 예기치 못한 낙하 등의 사고에 의한 인명 및 재산의 피해를 미연에 방지하기 위하여 다음과 같은 안전사항을 반드시 준수하여야 한다.

① 본 블록의 크레인 운반시에는 블록의 전후좌우에 설치되어 있는 연결고리를 빠짐없이 모두 체결하고, 하중에 대한 안전을 최종 확인한 후 작업하여야 하며, 현장 여건에 따라 보조 인양도구를 사용한다.

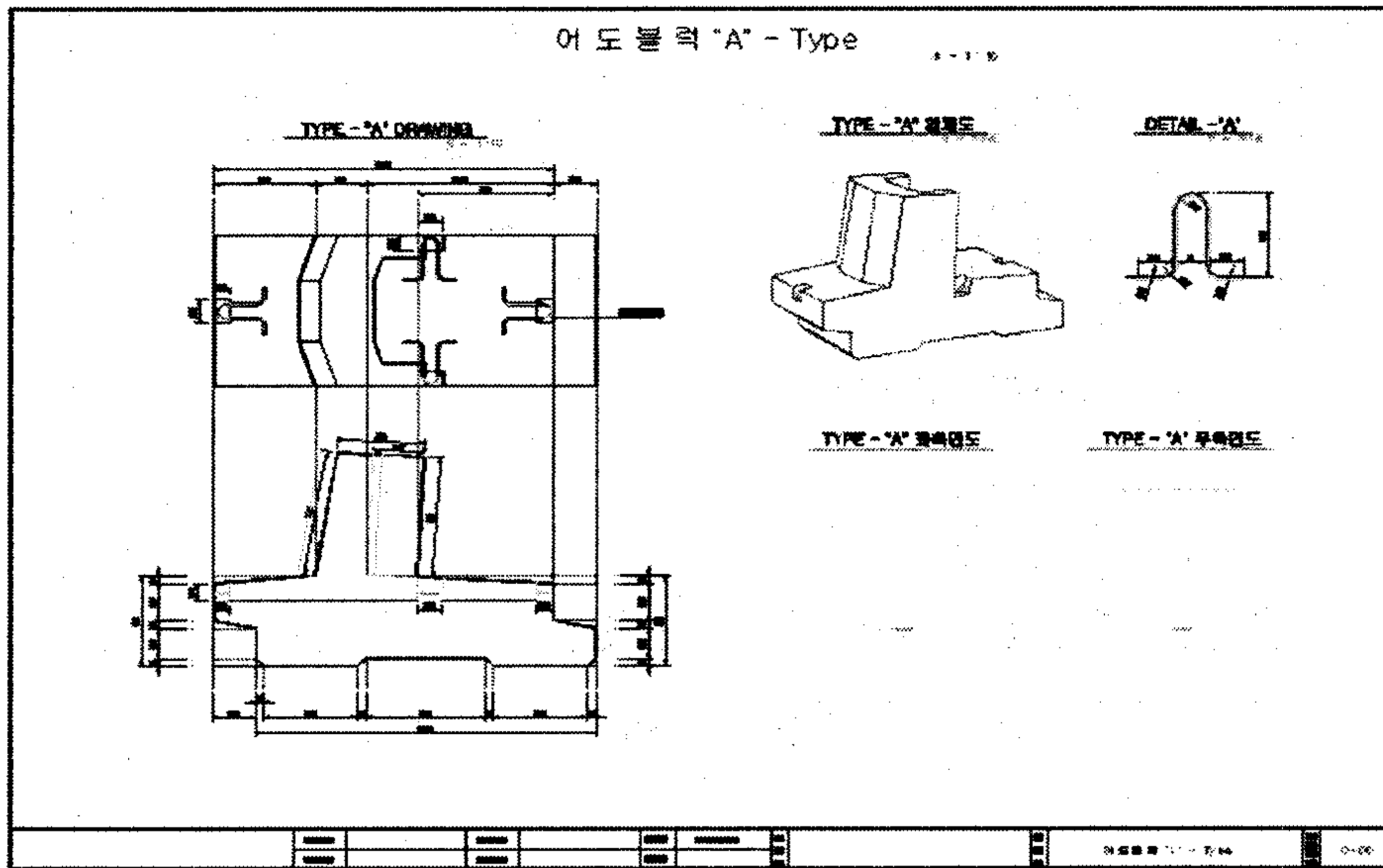
② 블록의 운반 및 설치 시에는 장비의 작업반경내 안전점검을 철저히 시행하고 구조물이 지면에 내려질 때까지는 크레인 작업반경 내 작업자의 진입을 절대 금한다.

③ 본 블록의 설치작업은 반드시 제반 안전점검이 실시된 후 시행하여야 하며 현장조건을 고려하여 충분한 안전대책을 수립 후 시공하도록 하고, 안전모 등 규정 안전장구를 필히 착용 후 작업토록 한다.

16. 본 어도는 보 천단부로부터 하류측으로 1/20의 경사를 유지하고, 어도 입구부(하류측)는 세굴방지 및 어류의 원활한 진입을 위해서 하천과 자연스럽게 연결되도록 하류측 어도블럭 2단 정도가 물에 잠기도록 설계되어 있는바, 어도의 최초 시공전에 반드시 낙차(보 천단부와 1/20하류 지점의 최심 하상과의 단차)를 재 측정하여 설계 변경 유무를 확인하여야 시공완료 후 어도 입구부(하류측) 낙차에 의한 어도 효율저하 및 보강 등에 소요되는 시공상의 불편 및 불익을 방지할 수 있다.

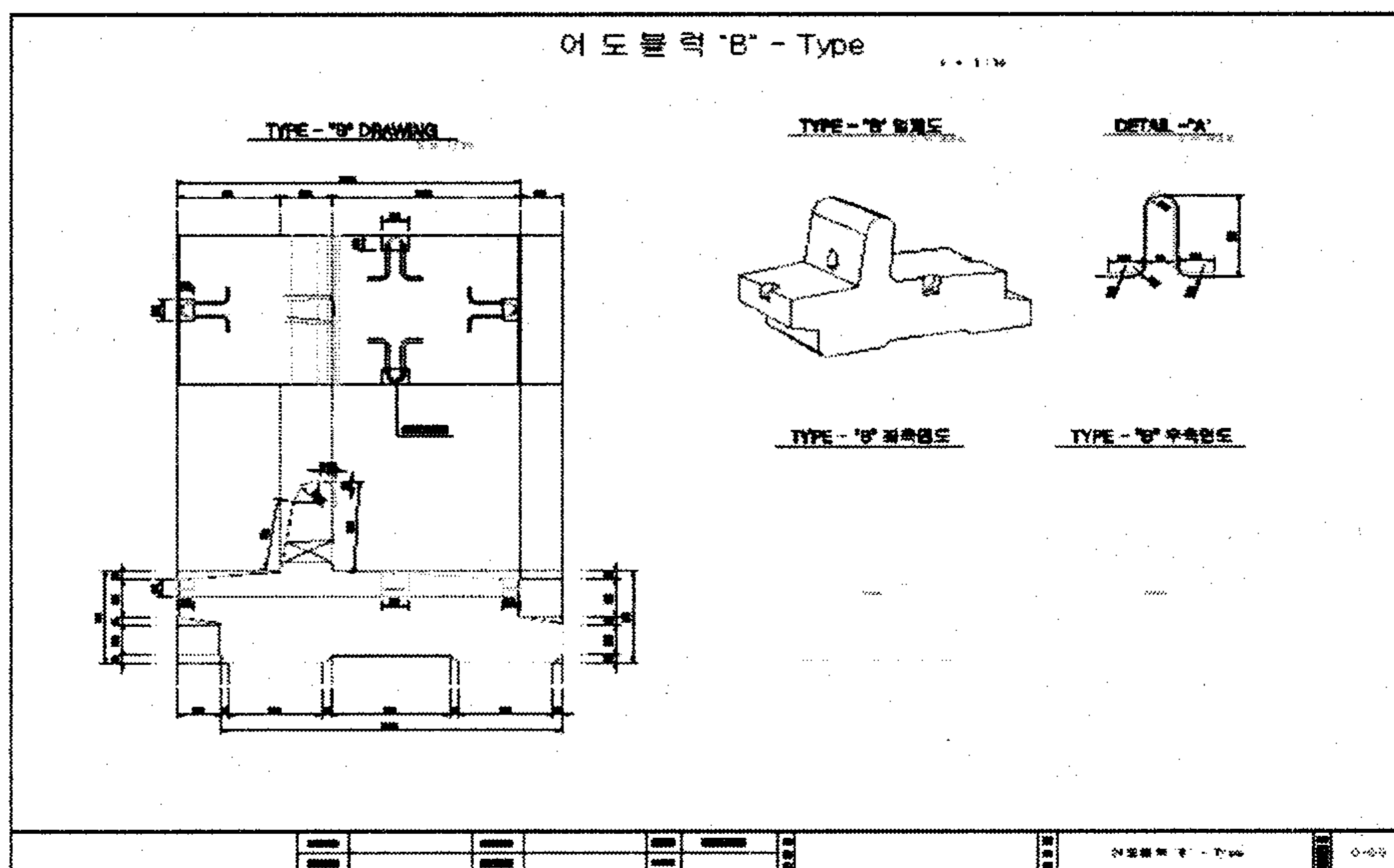
2.1.2 조립식 아이스하버형 어도블럭 도면

1) 비월류형 어도블럭



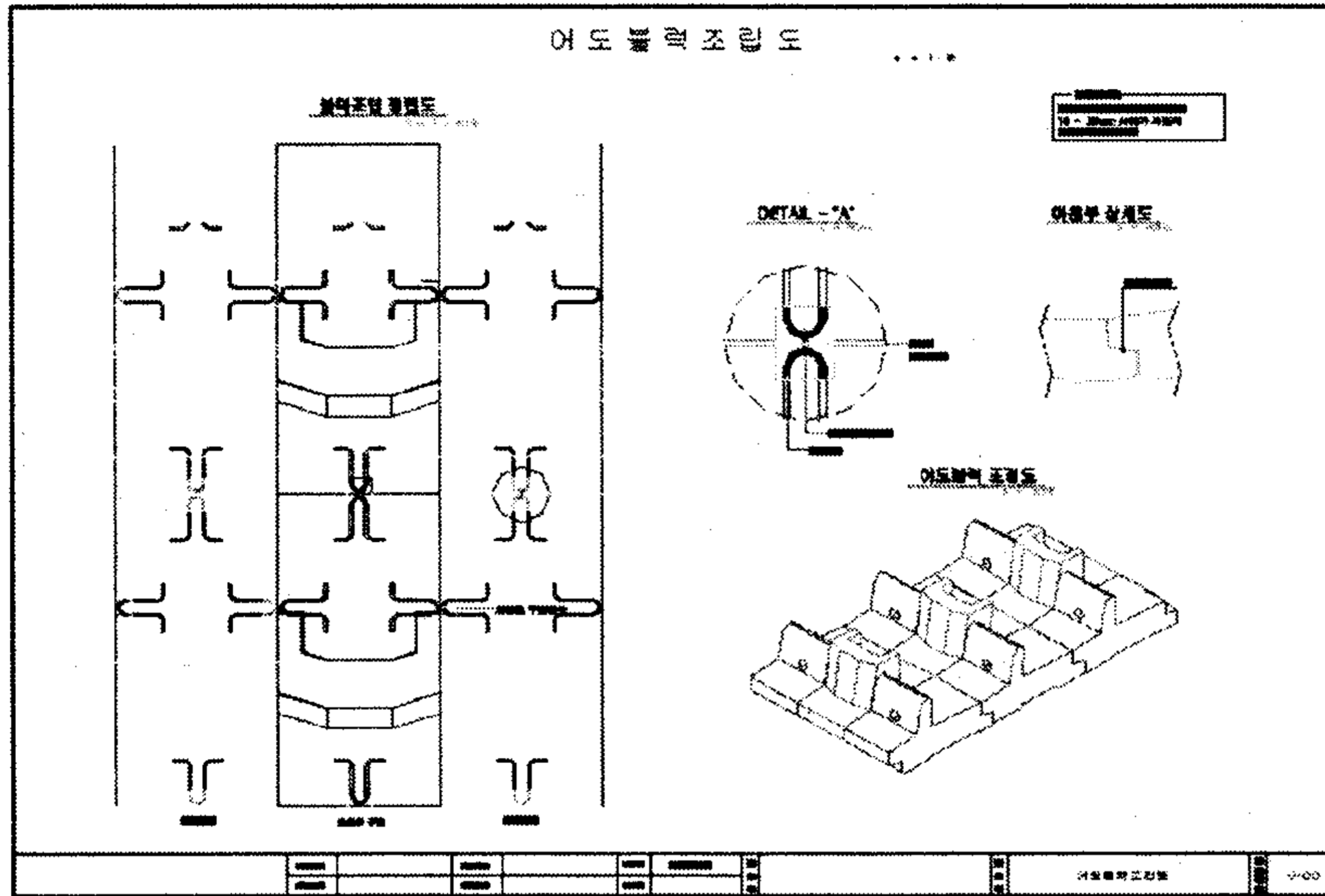
<부록 그림 2-1> 비월류형 어도블럭 도면

2) 월류형 어도블럭



<부록 그림 2-2> 월류형 어도블럭 도면

3) 어도블럭 조립도



<부록 그림 2-3> 어도블럭 조립도

2.2 관련 법규

2.2.1 수산업법

제79조(자원보호에 관한 명령)①수산 동식물의 번식보호를 위하여 다음 각 호에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다<개정 95. 12. 30>

4. 어도 차단외 제한 또는 금지

③행정관청은 제1항 제3호 내지 제6호의 규정에 위반한 자에 대하여 원상회복을 위하여 필요한 조치를 취할 수 있다. 다만, 원상회복이 어렵다고 판단되는 경우를 제외한다.(개정 95. 12. 30)

2.2.2 내수면 어업법

※ 현재 시행되고 있는 수산자원보호령 12조 2항의 어도 관련규정은 2005년 3월에 개정하여 2005년 10월 발효 “내수면어업법 19조 2항”에 어도관련조항을 신설하였음.

제19조의 2(회유성어류 등 수산생물의 이동통로 확보)

① 하천에서 회유성어류 등 수산생물의 이동 통로를 차단하는 어구를 사용하는 자는 그 위치에서 하천 전체의 물 흐름의 평균 수심 이상의 장소를 선택하여 하천 전체 물 흐름 폭의 5분의 1이상을 회유성 어류 등 수산생물의 이동 통로로 개방하여야 한다.

② 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 회유성어류 등 수산생물의 이동 통로를 확보하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 수역과 기간을 정하여 어업을 제한할 수 있다.

③ 하천의 물 흐름을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자는 해양수산부장관과 협의하여 하천의 일부를 개방하거나 어도를 설치하여야 한다. 다만, 하천법 제22조의 규정에 해당하는 댐중 해양수산부령이 정하는 일정규모 이상의 댐을 설치하고자 하는 자가 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 경우로서 해양수산부 장관과 협의하여 어류산란장 번식시설의 설치, 치어방류 등 어족자원의 번식 및 보호를 위한 조치를 취한 때에는 그러하지 아니하다.

1. 댐의 특성이나 주변의 지형 및 여건이 어도설치에 부적합하다고 해양수산부 장관이 인정한 경우
2. 수산에 관한 국 공립 시험 연구기관에 어류의 서식상태 조사를 의뢰하여 조사한 결과 해양수산부령이 정하는 일정한 기간동안 회유성어류의 서식이 현저히 적은 경우

④ 제 2항의 규정에 의한 어업제한의 기준, 절차 및 제3항의 규정에 의한 협의 절차, 어도의 설치 기준 및 방법, 그밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

벌칙 : 내수면어업법 25조, 500만원이하의 벌금부과

2.2.3 어도시설 설치 및 관리규정(해양수산부 고시 제 2005-04호)

※ 해양수산부는 수산자원보호령 12조 2항에 의거 협의 절차, 어도의 설치 기준 및 방법을 고시하였는데 주요 골자는 다음과 같다. 이 고시는 내수면어업법 19조의 2항의 4의 시행규칙으로 격상될 예정이다.(첨부 전문 참조)

① 모든하천에 어도설치를 원칙으로하되 지방 소하천의 경우에는 물고기 서식에 부적합하거나 유량이 적어 건천구간 발생 등의 사유가 있을 시 수산연구기관과 연구하여 어도설치 제외(제2조)

② 어도를 설치할 경우에는 실시설계 완료 이전에 수산연구기관과 협의를

의무화하되, 지방2급 소하천은 제 4조에서 정한 설계기준 등에 적합하게 어도를 설치할 경우에는 협의 생략(제3조)

③ 기본적인 설계기준과 표준어도형식의 기본모형을 제시하여 하천의 상황별로 표준어도 형식을 선정토록하고, 구체적인 설계기준과 공사시방서 등은 건교부의 하천설계기준을 준용(제4조) 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식의 4개 형식을 표준 형식으로 함

④ 어도설치의 협의 대상기관으로 다음 수산관련 연구기관 6개소를 지정(제5조) 국립수산과학원, 수산연구소(동해, 서해, 남해), 내수면생태연구소, 내수면양식연구소

⑤ 어도 설치의 효율적인 협의를 위해 필요할 경우, 수산연구기관별로 어도협의회를 구성 운영(제6조)

2.2.4 댐설계기준(2001 건설교통부)

- 어도설치의 목적

유용한 수산자원의 보호와 자연생태계의 보전을 위하여 회유성 어류들의 이동이 가능하도록 하여 물고기가 살기 좋은 하천의 상태를 유지하도록 하는데 있다.

- 어도의 규모 결정

① 어도의 폭 : 댐에서 방류할 수 있는 유량과 어도를 이용해서 소상하는 어류의 종류 및 크기를 고려해서 결정한다. 최소한 평수기의 유량을 모두 어도로 유하시킬 수 있는 정도를 추천하고 일반적으로 전체 댐 길이의 1-15%의 범위에 들도록 계획한다.

② 어도의 구배 : 일반적으로 10%이하로 시공되고 있으나, 이용어종의 다양성을 고려하여 1/20이하의 경사까지도 검토해야 한다.

- 어도 입구의 위치 : 어류가 어도 입구에 유도, 진입하기 쉽도록 검토해야 한다.

2.2.5 하천설계기준 제 29장 어도편(2005, 건설교통부)

1) 일반사항

① 적용범위,용어의 정의

② 어도의 설치계획 수립

- 모든 어도의 기울기는 1/20보다 완만하게 조성(버티컬 슬롯식은 1/25)
- 어도의 폭은 하천과 유로의 규모 및 유량을 고려하여 선정
- 어도의 입구부는 어느 어도 형식이든지 2개 격벽 이상이 하류의 수위보다 아래에 위치하도록 길이를 충분히 주어야 함.
- 표준모형의 어도로 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 제시

③ 어도의 기초 설계조건

- 어도의 입구는 하천의 유심에 연결, 출구는 유속을 감쇄할 수 있는 구조
- 어도내의 유속은 0.5~1.0m/s, 유량은 갈수기 취수잔량이 모두 어도로 흐르도록 해야 한다.

2) 설계일반

- ① 어도의 종류
- ② 어도 형식별 장단점
- ③ 어도의 표준형식 설정

3) 어도 세부설계

- ① 어도의 설계절차
- ② 어도형식의 선정 - 상황별 어도 선정 기준표
- ③ 어도의 세부 설계요소
 - 어도의 폭은 갈수기 유량을 기준으로 하며, 경사도는 1/20보다 완만하게 설계
 - 어도 내부의 수심은 수로형식의 경우 격벽사이에서 0.2m 이상으로 하고, 풀형식의 경우 0.7m 이상으로 함
 - 어도시설의 규격은 강도 300kg/cm²으로 하고, 격벽의 낙차는 오차범위 5mm이내
- ④ 어도의 이용효율 평가

2.3 어도 폭 산정 기준

2.3.1 농업생산기반 정비사업 계획 설계기준(취입보편)

- 하천 저수부지 폭의 3% 이내

2.3.2 하천복원가이드라인(환경부,2002, 8장 어도편)

- 하폭의 1~15%
- 갈수기 전량이 어도로만 흐를 수 있는 규모

2.3.3 댐설계기준(건설교통부, 2001)

- 전체 댐길이의 1~15% 범위
- 최소한 평수기 유량은 모두 어도로 유하시킬 수 있는 정도

2.3.4 하천설계기준(건설교통부, 2005, 제29장 어도편)

- 갈수기 취수잔량이 어도로만 유출되는 유량으로 산정

2.3.5 어도시설 설치 및 관리규정(해양수산부, 2005)

- 하천의 갈수량이 어도로만 흐를 수 있는 정도

2.3.6 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준 설계시공 등 표준모형개발 및 운영관리제도 연구(해양수산부, 2004)

- 어도의 폭은 어도를 설치할 하천의 용수를 제외한 갈수량을 어도로만 유하시킬 때, 월류수심을 10cm 정도 유지할 수 있도록 결정.
- 어도규모 이상의 유량은 유인수로 활용할 수 있도록 계획

2.2.7 하천의 어도를 비롯한 생태통로 기술개발(환경부, 2004)

- 대상 하천에서 4~6월의 평상시 유량 모두가 어도로 흐를 때 어도의 유속이 0.8m/s 정도를 유지할 수 있을 정도

2.4 법규 전문

어도시설 설치 및 관리규정 제정

1. 제정이유

이 규정은 수산자원보호령 제12조의 규정에 의하여 하천의 물흐름을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자(기존에 설치된 공작물을 포함한다)는 어도를 설치하여 회유성 어류 등의 이동통로를 확보하여야 하는 바, 이를 위한 협의절차와 어도의 설치기준 및 방법, 그 밖에 필요한 사항을 정하려는 것임.

2. 주요골자

가. 모든 하천(국가하천, 지방1급·2급하천, 소하천)에 어도설치를 원칙으로 하되, 국가하천 이외의 지방소하천의 경우에는 하천의 수질이 물고기 서식에 부적합하거나 유량이 적어 건천구간이 발생하는 등의 사유가 있을 경우 수산연구기관과 협의하여 어도설치를 아니할 수 있도록 함(제2조)

나. 어도를 설치할 경우에는 실시설계를 완료하기 이전에 수산연구기관과 협의하여 어도를 설치하여야 하나, 지방2급하천 및 소하천의 경우에는 제4조에서 정한 설계기준 등에 적합하게 어도를 설치할 때에는 협의를 하지 아니할 수 있도록 함(제3조)

다. 기본적인 설계기준과 표준어도형식의 기본모형을 제시하여 하천의 상황별로 표준어도형식을 선정토록 하고, 구체적인 설계기준과 공사시방서 등은 건설교통부장관이 정한 하천설계기준을 준용토록 함(제4조)

라. 어도설치에 따른 협의대상기관으로 국립수산과학원 등 수산관련 연구기관 6개소를 지정함(제5조)

마. 어도설치의 효율적인 협의를 위해 필요할 경우에는 수산연구기관별로 어도협의회를 구성·운영할 수 있도록 함(제6조)

3. 참고사항

- 가. 관계법령 : 생략
- 나. 예산조치 : 별도조치 필요 없음
- 다. 신·구조문대비표 : 해당 없음
- 라. 규제심사 : 해당 없음

해양수산부 고시 제 2005-4 호

어도시설 설치 및 관리규정을 다음과 같이 제정·고시한다.

2005년 1월 일
해양수산부장관

어도시설 설치 및 관리규정

제1조(목적) 이 규정은 수산자원보호령 제12조의 규정에 의하여 하천의 물흐름을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자(기존에 설치된 공작물을 포함한다)는 어도를 설치하여 회유성 어류 등의 이동통로를 확보하여야 하는 바, 이를 위한 협의절차, 어도의 설치기준 및 방법과 그 밖에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(어도설치대상 하천의 범위) ①어도를 설치하여야 하는 하천은 하천법 제2조에 정의된 국가하천 및 지방1급하천, 지방2급하천과 소하천정비법 제2조에 정의된 소하천을 말한다.

②제1항의 규정에 불구하고 지방1급하천 및 지방2급하천과 소하천으로서 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 해양수산부장관이 지정한 수산에 관한 연구기관(이하 “수산연구기관”이라 한다)의 장과 협의하여 어도를 설치하지 아니할 수 있다.

1. 어류의 서식이 현저히 적고 그 사유의 개선이 어려운 경우.
2. 하천의 수질이 물고기의 서식에 적합하지 아니하고 장기적으로 수질개선이 어려운 경우.
3. 하천의 유량이 적어 건천구간이 발생하는 경우.

제3조(어도설치 협의) 어도를 설치하고자 하는 자는 어도에 관한 실시설계를 완료하기 이전에 별지 제1호서식의 어도시설설치협의서에 다음 각호의 서류를 첨부하여 가까운 수산연구기관의 장과 협의하여야 한다. 다만, 지방2급하천 또는 소하천에 어도를 설치하고자 하는 자가 제4조에서 정한 설계기준 등에 적합하게 어도를 설치하는 경우에는 어도시설설치협의를 아니할 수 있다.

1. 어도시설설치계획서(대상 지점의 수질과 수생 생태계 현황, 수산생물의 이동 상황 등 포함)
2. 어도 설계도
3. 환경영향평가서(환경·교통·재해등에관한영향평가법 제4조의 규정에 의한 환경영향평가서대상사업인 경우에 한한다)

제4조(설계기준 등) ①어도의 설계기준은 다음 각호와 같다. 다만, 이 규정에서 정하지 아니한 설계기준 및 공사 시방서 등은 건설교통부장관이 정한 하천설계기준(어도편)을 준용한다.

1. 어도는 회유성 어류 등 수산생물의 이용에 지장을 주지 않도록 경사도를 1/20 보다 완만하게 하여야 한다. 다만, 하상경사가 1/20보다 큰 산지부 급류하천에서는 현지여건에 적합한 어도를 설치할 수 있다.
2. 어도의 폭은 하천의 갈수량이 어도로만 흐를 수 있는 정도가 좋으며, 갈수기에도 어도로 물이 흐를 수 있도록 어도 출구는 수리시설물보다 낮아야 하고, 잉여수를 유인수로 활용할 수 있는 배치 계획을 수립하여야 한다.
3. 어도의 위치는 양안을 원칙으로 하나 한쪽에만 시공할 경우 물고기가 모이는 쪽에 설치하여야 한다.
4. 어도의 깊이는 이동하는 생물의 생태에 적합해야 하며, 어도의 구조는 하천유량의 변화에 대응하도록 설치하여야 한다.

②우리나라 하천에 적합한 표준어도 형식의 기본모형은 별표1과 같다.

③제2항의 규정에 의한 어도의 형식은 하천의 상황별 어도 선정기준표(별표2)를 활용하여 선정할 수 있다.

제5조(수산연구기관의 지정) 제2조제2항의 수산연구기관이라 함은 다음 각호와 같다.

1. 국립수산과학원
2. 수산연구소(동해, 서해, 남해)

3. 내수면생태연구소

4. 내수면양식연구소

제6조(협의회의 구성·운영)수산연구기관의 장은 어도설치의 효율적인 협의를 위해 필요하다고 인정하는 때에는 수산연구기관·특별시·광역시·도의 관계공무원, 관련단체·학계의 전문가로 구성된 어도협의회를 구성·운영할 수 있다.

제7조(현장조사 및 업무처리 등) ①제3조의 규정에 의하여 어도시설설치협의를 받은 수산연구기관의 장은 협의를 받은 날부터 14일 이내에 다음 각호의 검토의견을 협의 요청한 자에게 통보하여야 한다.

1. 어도의 형식이 회유성 어류 등 수산생물의 이용에 적합한지 여부
2. 갈수시 어도기능의 유지가 가능한지 여부
3. 기타 설계 및 시공방법에 대해 이견이 있을 경우 그 의견

②수산연구기관의 장은 협의내용을 검토하기 위하여 필요한 때에는 소속 공무원으로 하여금 현장조사를 하도록 하여야 한다.

③수산연구기관의 장은 어도시설설치 협의서류가 미비한 경우 협의 요청한 자에게 이의 보완을 요구할 수 있다. 이 경우 서류보완에 소요되는 기간은 제1항의 규정에서 정한 기간에 이를 산입하지 아니한다.

제8조(보고) ①어도를 설치한 자는 제3조의 규정에 의한 협의 여부에 관계없이 어도 설치를 완료한 날부터 15일 이내에 가까운 수산연구기관의 장에게 별지 제2호서식에 의한 어도시설설치결과서를 제출하여야 한다.

②수산연구기관의 장은 제1항의 규정에 의하여 제출된 어도설치 결과를 매년 1월31일까지 해양수산부장관에게 보고하여야 한다.

제9조(사후관리) 어도를 설치한 자는 별지 제3호서식에 의한 어도시설사후관리부를 비치하고, 매년 1회 이상 점검 및 기록유지하여야 한다.

제10조(이행실태 점검) 해양수산부장관은 본 규정에 의한 이행실태를 매년 1회 이상 정기점검 또는 필요한 경우 수시로 할 수 있다.

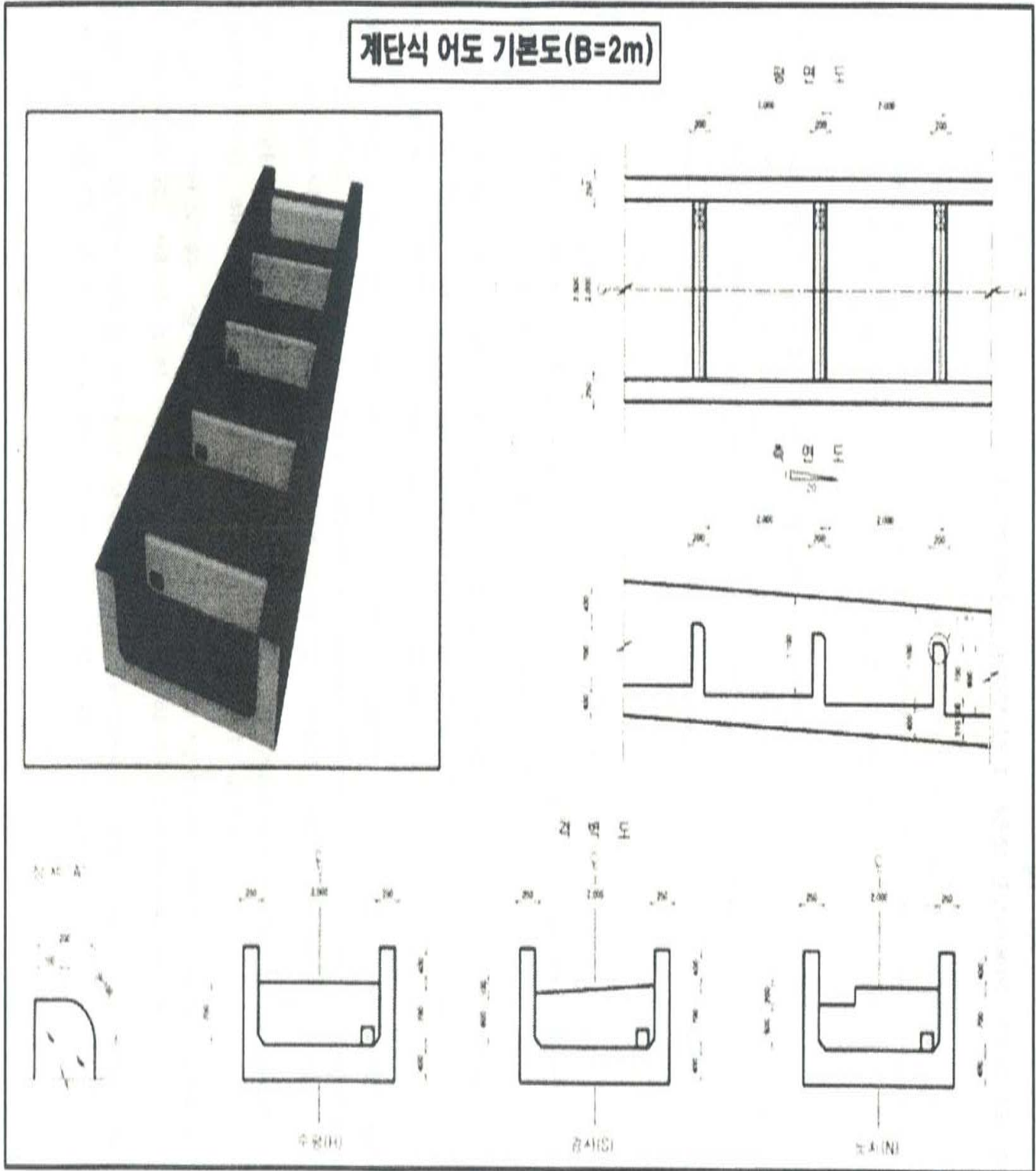
부 칙

이 규정은 2005년 2월 1일부터 시행한다

[별표 1]

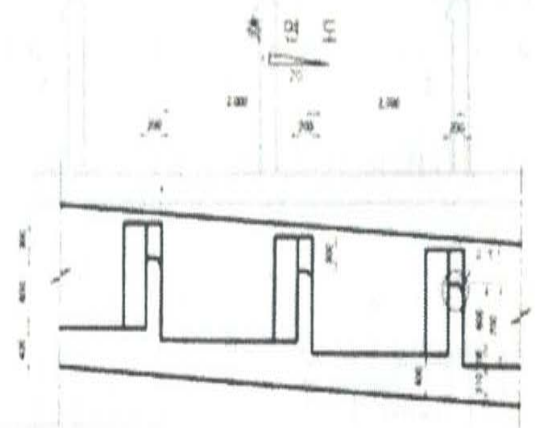
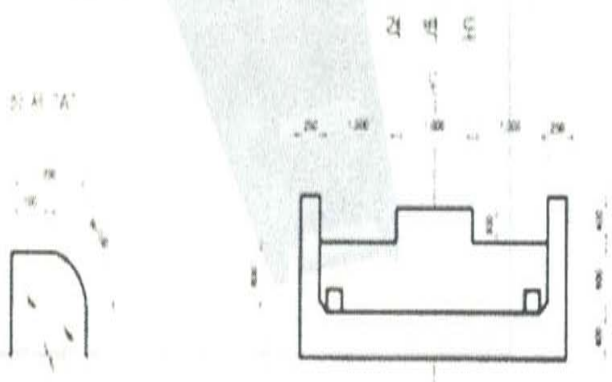
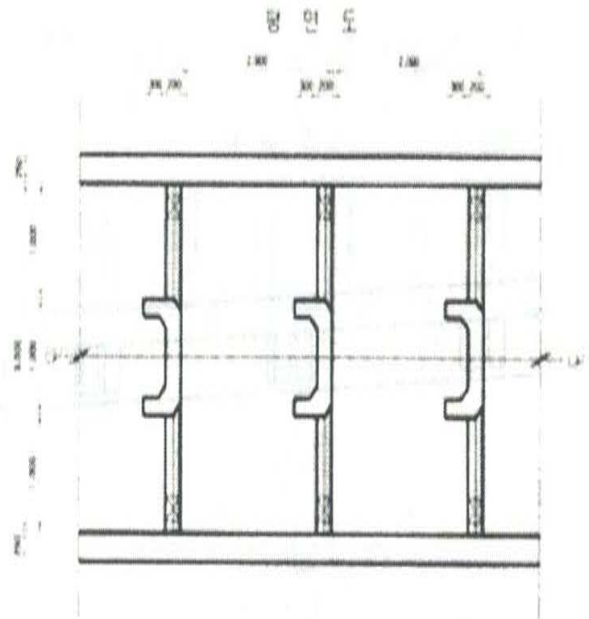
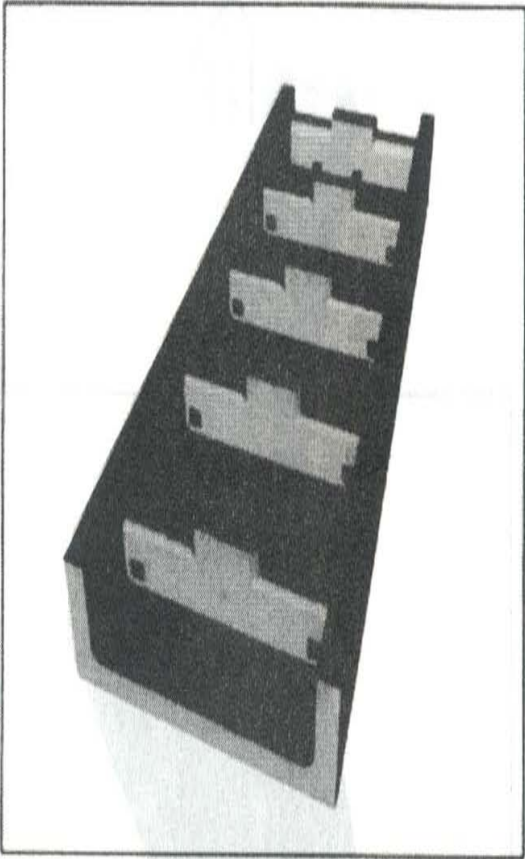
표준어도 형식의 기본모형(제4조제2항관련)

가. 계단식 어도



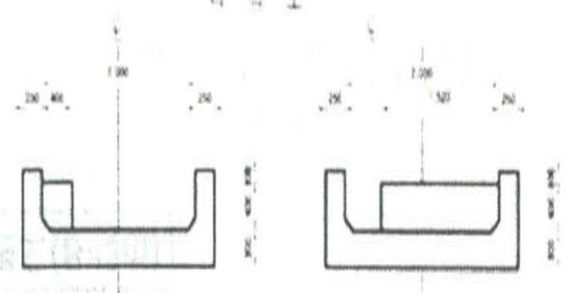
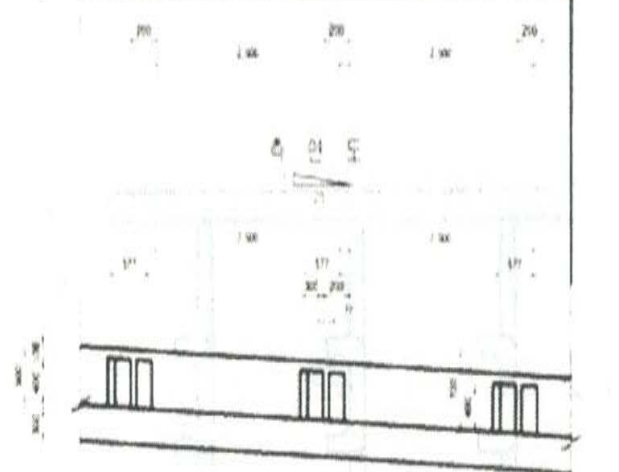
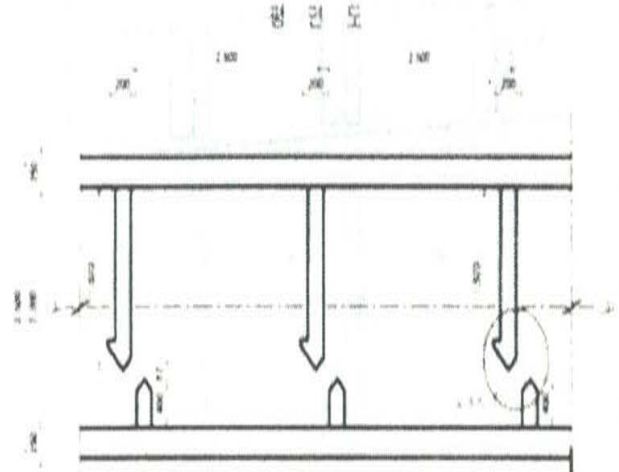
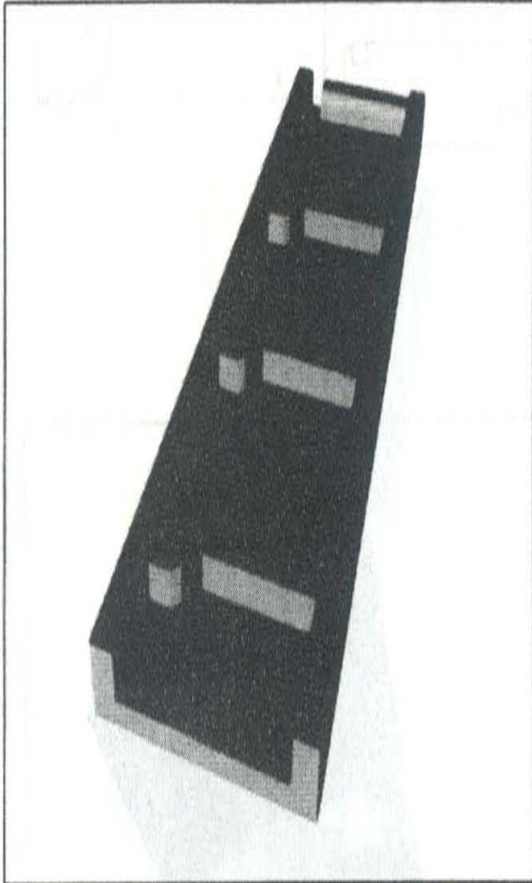
나. 아이스하버식 어도

아이스하버식 어도 기본도(B=3m)



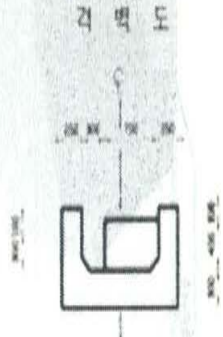
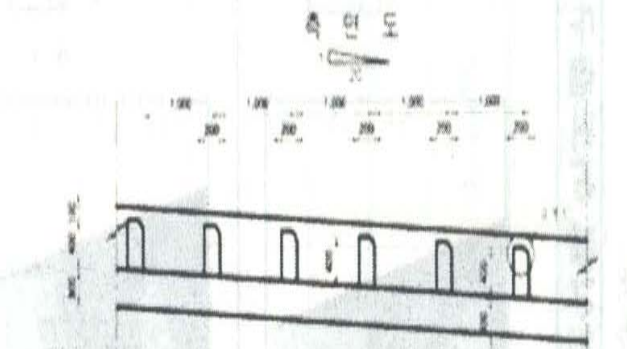
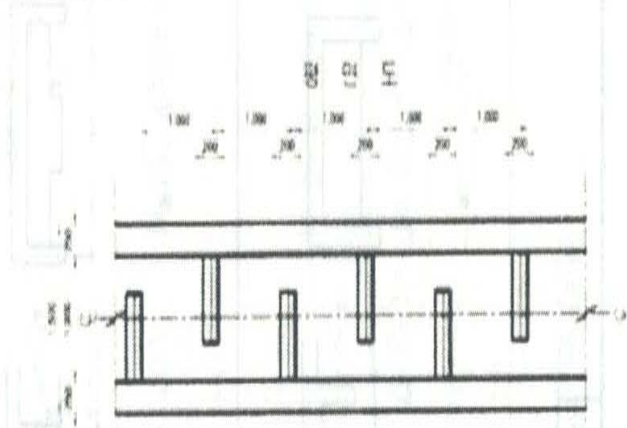
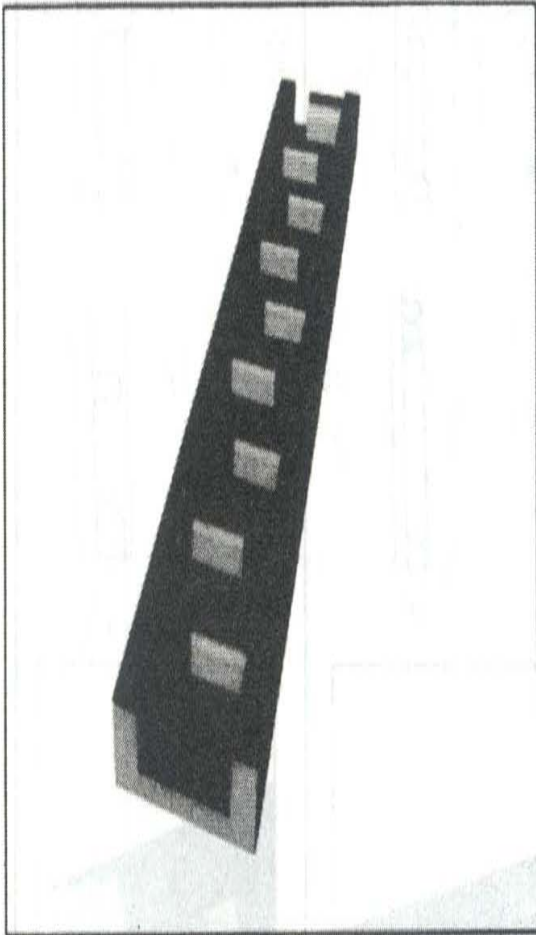
다. 버티컬슬롯식 어도

버티컬슬롯식 어도 기본도(B=2m)

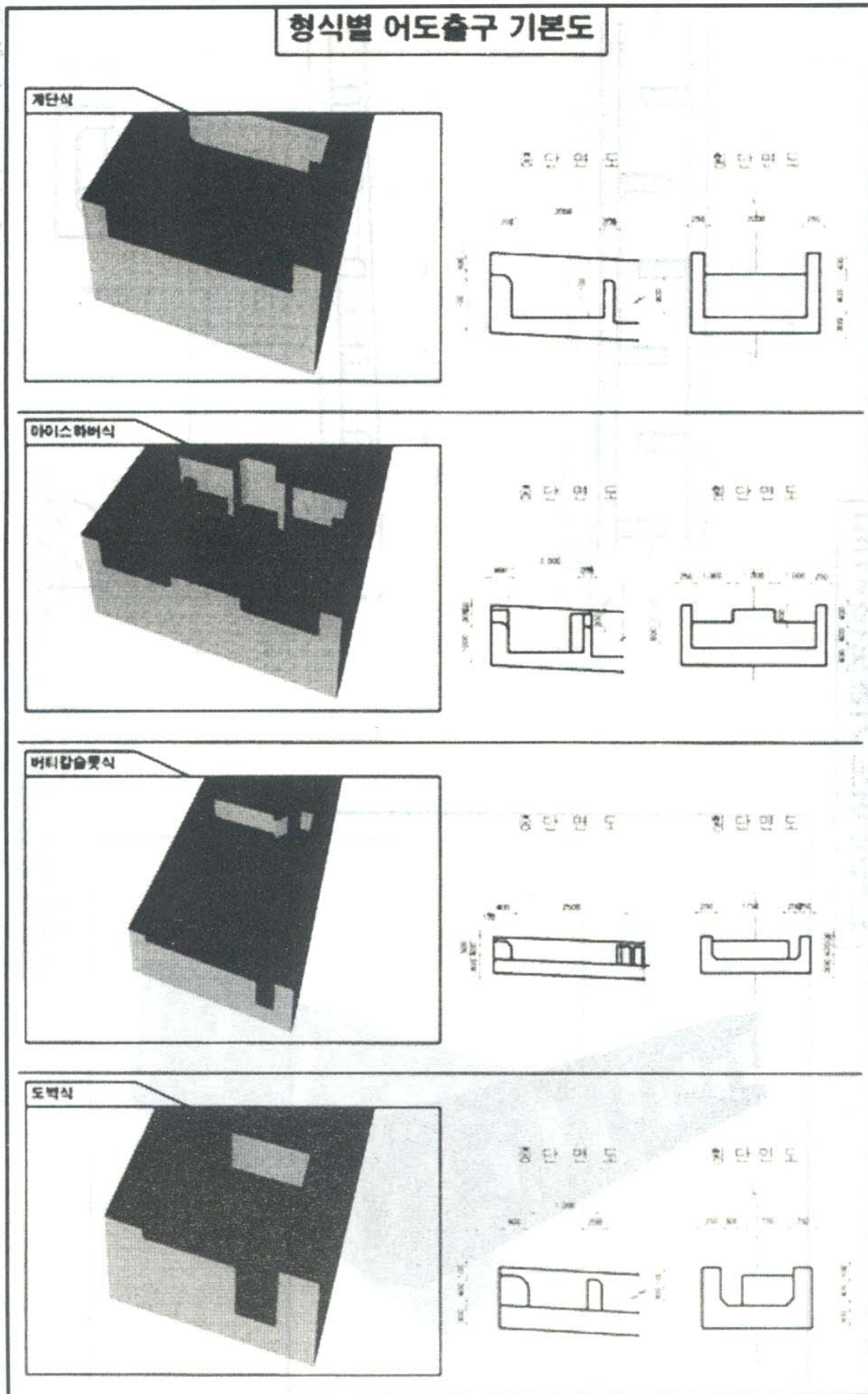


라. 도벽식 어도

도벽식 어도 기본도(B=1m)



마. 어도형식별 출구부의 기본도



(별표 2]

상황별 어도 선정기준표(제4조제3항관련)

고려 사항 \ 어도 형식		도벽식	계단식	아이스 하버식	버티컬 슬롯식
이용어종의 다양성		1	2	3	3
대상어종의 유영력	강한 어종	4	3	3	2
	약한 어종	1	3	4	1
수리시설물의 길이	10m이하	4	3	1	1
	10~100m	2	3	3	2
	100m 이상	1	3	4	3
어도의 유량	부족할 때	3	2	2	3
	충분할 때	2	3	4	4
수리시설물의 상하류 낙차(수위차)	1m이하	4	3	2	2
	1~5m	1	3	4	3
	5~20m	1	2	3	2
상류 수위 변동폭	클 때	3	1	2	4
	적을 때	2	3	4	2
어도의 공사비		4	3	3	2
어도의 유지관리비		4	3	3	3
휴식 Pool의 필요성		2	3	4	2

비고 : 어도 형식별로 고려사항별 배점을 합산 가장 높은 점수의 어도 형식을 선정

별지 제2호 서식

어도시설설치결과서 (제8조관련)						
하천명			기 점			
			종 점			
<input type="checkbox"/> 보현황			위 치	주 소		
				좌 표 N ° ' " , S ° ' "		
명 칭	관리자	폭	길 이	언체높이	용 도	준공일
<input type="checkbox"/> 어도 현황						
형 식	폭		길 이	기울기		준공일
첨부 : 시공 후 수리시설물 전경 및 어도시설 사진						

210mm×297mm(일반용지60g/m²(재활용품))

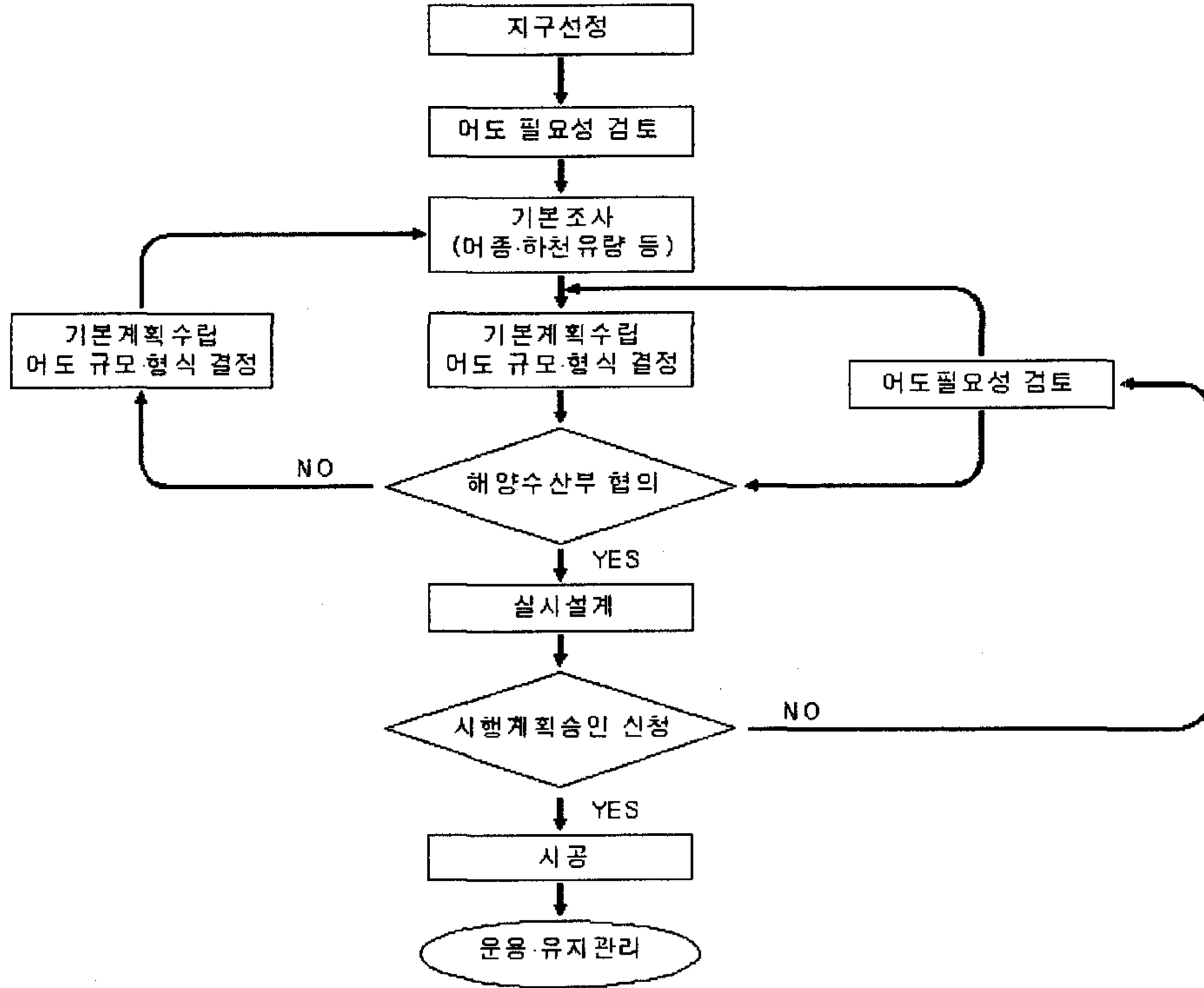
별지 제3호 서식

어도시설사후관리부 (제9조관련)						
하천명			기 점			
			종 점			
<input type="checkbox"/> 보현황			위치	주소		
				좌 표 N ° ' " , S ° ' "		
명 칭	관리자	폭	길 이	언체높이	용 도	준공일
<input type="checkbox"/> 어도 현황			시설비			
형 식		폭	길 이	기울기	준공일	
<input type="checkbox"/> 관리 현황						
연도별	2005	2006	2007	2008	2009	
관리내용						
문 제 점						
개선사항						
담당자 직, 성명						
후면에 사진 첨부 : 사진은 수리시설물 전경과 어도전체 전경						

210mm×297mm(일반용지60g/m²(재활용품))

[참고]

※ 어도 설치 승인 절차



<부록 그림 2-4> 어도 설치를 위한 업무 흐름도

소하천 및 지방2급하천

해양수산부에서 지정한 표준모델로 적용시 상황별 “어도 선정기준표”(제4조제3항관련)에 근거하여 형식을 선정하면 협의 생략이 가능하다. 단 표준모델이 아닌 어도 적용시 수산연구기관의 협의회가 꼭 필요하다.

지방1급하천 및 국가하천

어도설치 협의서를 작성 한 후 해양수산부에서 정한 수산연구기관의 승인이 이루어져야 하며, 이때 어도설치계획서, 어도 설계도, 환경영양평가서 등의 서류가 필요하다.

주 의

1. 이 보고서는 농림부로부터 연구비를 지원받아 농업기반공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

조립식 어도 시범사업	
발 행	2005. 12
발행인	정 병 호
발행처	농업기반공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 1031-7번지
	전 화 031 - 400 - 1754
	FAX 031 - 409 - 6055

- 이책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.
단, 이책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.