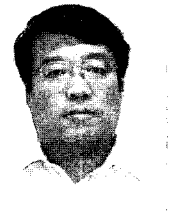


## 농업시설물 재해에 대하여



김 훈

한국시설안전기술공단 공학박사

### 1. 제도적 현황과 원인

인위적 재난발생의 대표적인 사례는 성수대교(1994년), 삼풍백화점(1995년) 붕괴사고가 있으며, 이 사고로 인해 인명과 재산의 손실은 물론 국민적 불안 의식과 더불어 대외적으로 부실 건설에 대한 인식으로 이어져 막대한 경제적인 손실을 가져오게 된 것은 주지의 사실이다. 이에 정부가 시설물 유지관리의 중요성을 인식하여 1995년에 『시설물의안전관리에관한특별법』을 제정하여 시설물에 대한 안전관리 체계를 정립하여 대형사고가 급격히 줄어든 것은 매우 다행한 일이라 하겠다. 또한, 건설중인 시설물에 대한 안전관리 체계도 2001년에 『건설기술관리법』에 의해 안전 점검을 체계화함으로써 부실공사를 사전에 방지하는 효과와 시공 과정에서부터 기술적 취약요인을 사전에 인지하여, 보완함으로써 시설물의 내구년한을 보장하는 안전한 시설물이 만들어지도록 하였다.

일부는 이 제도의 효용성에 대해 의구심을 갖는 의견도 있지만, 수명이 긴 돌 또는 벽돌 재료로 이루어진 유럽의 국가들의 시설물과는 달리 우리나라 시설물 재료의 대부분은 수명이 50~60년 정도인 콘크리트로 건설되고 있으며, 특히 1970년대 이후 고도성장 배경하에서 짧은 공사기간, 부실재료 사용, 설계기준의 지속적인 변화, 저가입찰에 의한 시공부실을 초래할 수 밖에 없는 환경과 장수명화를 고려하지 않은 시공의 특성이 있어 유지관리에 관심을 가져

야 하고, 평상시 적절한 유지관리는 시설물의 수명을 연장하게 하여 국가적으로 얻는 경제적인 이익은 막대한 것이다.

재해의 원인이 될 수 있는 또 다른 주요 요인은 지진으로 일반 시설물의 경우는 1970년대말부터 내진설계 기준을 마련하여 시행하였으나, 1995년 일본의 고베 지진을 계기로 기존의 기준인 리히터 규모 4.5~5.0을 규모 5.0~7.0으로 상향 조정되었으며, 농업시설물인 저수지는 규모 5.4~6.2, 수문·배수펌프장은 규모 5.7~6.1로 하였다. 1995년 이전에 축조된 시설물이 대부분인 농업시설물인 저수지, 양배수장, 배수갑문 등 지진 대비책은 취약한 것이 현실이다.

자연적인 재난발생 요인도 증가하고 있는데, 그 예로 강우 특성의 변화와 지진 등을 들 수가 있다. 강우특성을 보면 연간평균강수량은 1,283 mm로 이중 2/3 정도가 6월~9월 사이에 내리는 계절적 편중과, 태풍에 의한 홍수 재해가 빈번하게 발생하고 있는데, 이의 원인으로 지구 온난화에 의한 엘니뇨 현상과 이상강우로 인하여 강우량이 증가하고, 발생 빈도도 잦아지며, 전국적으로 확대되고 있으며, 시간당 단위강도도 증가하여 총유출량 증가, 침투유량과 홍수도달시간 단축 현상으로 인하여 표 1 과 같이 태풍과 이상강우에 의한 피해가 점차로 증가하고 있다.

표 1 최근에 발생한 태풍과 이상강우에 의한 피해현황

Order of the amount of damage	Occurrence date	The cause of damage	Maximum rainfall for 24hrs(mm)	Casualties to men	The amount of damage (the basic year:2000, a billion won)
1	2002/08/30~2002/09/01	Typhoon (Rusa)	898 (Gangneung)	246	51.479
2	2003/9/11~2003/9/13	Typhoon (Maemi)	131 (Hourly rainfall)	130	47.810
3	1998/07/31~1998/08/18	Heavy rainfall	619.5 (Ganghwa)	324	12.468
4	1999/07/23~1999/08/04	Heavy rainfall Typhoon	587.0 (Jeokseong)	67	10.704
5	2002/08/04~2002/08/11	Heavy rainfall	481 (Baekcheon)	23	9.181
6	1999/09/09~1999/09/12	Heavy rainfall	653.0 (Sinpung)	179	7.306
7	1987/07/15~1987/07/16	Typhoon	298.8 (Macheon)	345	5.965
8	1995/08/19~1995/08/30	Typhoon	406.5 (Boryeong)	65	5.484
9	1987/07/21~1987/07/23	Heavy rainfall	552.5 (Hongsan)	167	5.023
10	1996/07/26~1996/07/28	Heavy rainfall	304.2 (Cheorwon)	29	4.979

자료: Construction and Transportation safety management reform measure(2003. 7)

## 2. 농업시설물 홍수량 설계기준

저수지의 경우 2003년 기준으로 전국에 17,913개소가 설치되어 있으나, 1969년 이전에 설치된 것이 15,895개 소로 전체의 약 89%를 차지하고 있으며, 이 중 홍수조절을 할 수 있는 수문식 물넘이는 44개소로 전체의 0.2% 수준으로 설계기준을 초과하는 홍수량이 발생할 경우에는 홍수량 배제 능력 부족에 따라 월류 및 사면 유실, 여수로 옹벽 파손, 제체 접속부 세굴에 의해 붕괴될 위험이 있다. 1969년도에 제정된 설계기준에 의해 1982년 이전까지는 100년 빈도의 홍수량, 1982년 개정에 의해 200년 빈도와 기왕최대 1일 강수량 중 큰 값을 적용한 홍수량을 배제하도록 되어 있다(단, 흙댐의 경우 홍수량의 20% 가산).

2002년 8월 31일 18:00부터 9월 1일 15:00에 발생한 루사 태풍에 의한 1일 강수량은 898.0 mm로, 2000년에 건설교통부에서 발행한 댐 설계기준은 설계홍수량으로 PMP(Probable Maximum Precipitation: 가능최대강수량)에 의해 산출되는 PMF(Probable Maximum Flood: 가능최대홍수량)를 발전용댐, 다목적댐 및 용수전용댐에

적용토록 하고 있다. 건설교통 안전관리 개선방안(2003. 7)에 의하면 최근 이상기후로 인하여 강수량이 급격히 증가함에 따라 15개 다목적댐과 10개 용수전용댐에 대하여 2001년 12월 가능최대강수량을 재산정한 결과 댐 설계당 시보다 약 30% 정도 증가한 것으로 분석되었다.

배수장의 경우 1970년도에 제정된 설계기준에 의하면 10년 빈도 홍수량을 72시간 이내에 배제하는 것에서 1979년 이후에는 48시간 이내에 배제하는 것으로 변경되었으며, 1983년 개정에 의해서는 20년 빈도 홍수량의 24시간 이내 배제(담수심 30 cm 고려)를 기준으로 하고 있으나, 설계기준을 초과하는 강우 발생시에는 배제량 부족과 시설의 노후화에 의한 기능저하로 인하여 침수피해가 발생하고 있다.

배수장의 배수계통과 관련되는 하천의 경우 행정자치부에서 관리하고 있는 상류유역 소하천은 30년~50년 빈도 홍수량을 적용하고, 농림부에서 관리하고 있는 중류유역 배수기준은 20년 빈도 홍수량을 24시간 내에 배제하는 설계기준을 적용하고 있으며, 건설교통부에서 관리하고 있는 하류유역 지방 하천은 50년~200년 빈도 홍수량을 적용하고 있어 유역별 상호 유기적인 시설물관리가 필요하다.

### 3. 농업시설물 재해사례

#### 가. 화포천 유역

최근 발생한 농업시설물의 대표적인 재난사례는 2002년 8월 4일부터 10일 사이의 집중호우로 인해 특별재해지역('02. 9. 13 행정자치부 훈령 제88호: 전국단위 총 재산피해액 1조 5천억원 이상이거나 이재민수가 3만명 이상, 시도단위 총 재산피해액 5천억원 이상이거나 이재민수가 1.5만명 이상, 시·군·구단위 총 재산피해액 1천억원)으로 선포된 김해시 한림면이 위치하고 있는 화포천 유역으로 면 지역이 침수되어 재난지역으로 선포된 곳으로 인명피해는 이재민이 1,193세대에 3,334명이며, 재산피해는 2,431억원으로 이중 공공시설 피해는 353건에 613억원(이중 수리시설 196건 333억원)이며, 사유시설 피해는 1,812억원이다. 주택피해는 588가구, 상가피해는 151가구, 기업체는 피해 9개소 56억원이며, 이 중 농경지 피해는 831ha로 이의 원인은 2002년 8월 6일부터 8월 10일까지 낙동강 주변에 집중호우가 발생하여(누계강우량 498 mm, 최대시우량 56 mm), 계속되는 집중호우로 인하여 화포천 유역의 배수장을 전부 가동하였으나, 2002년 8월 10일 06시 16분경에 수위가 계획홍수위 EL. 8.3 m 이상으로 상승하면서 제방이 낮은 부위로 월류하고, 유역 말단부에 위치한 바닥 표고가 EL. 7.0 m인 한림배수장의 전기시설이 침수되어 기능을 상실하였다.

##### 1) 유역의 개요

화포천 유역은 표 2 와 같이 2개읍(진례읍, 진영읍)과 2개면(한림면, 생림면)으로 구성되어 있으며, 가구수 10,164, 인구 33,542인, 면적 134.42 km<sup>2</sup>(임야 65.67 km<sup>2</sup> 48.9%,

전 11.45 km<sup>2</sup> 8.5%, 답 33.29 km<sup>2</sup> 24.8%, 대지 2.82 km<sup>2</sup> 2%, 기타 21.19 km<sup>2</sup> 15.8%)이다.

화포천 시점은 김해시 진례면 신안리이며, 종점은 김해시 한림면 금곡리(낙동강 합류점)로 유로연장은 21.20 km이고, 유역면적이 134.42 km<sup>2</sup> 인 낙동강 제1 지류인 지방2급 하천으로 본류 외에 8개 법정하천(준용하천) 및 2개의 제 2 지류하천이 유입되고 있다.

##### 2) 배수장 현황

화포천 유역은 낙동강 연안에 위치하여 우수지가 넓게 형성되었던 지역으로 1957년 사라호 태풍시 한림면 일대가 침수되었으며, 주민 거주는 1970년대부터 본격화됨과 동시에 식량 증산정책 일환으로 화포천 유역내 우수지를 11개 지역으로 구분하여 농지를 조성하면서 1975년에 유역 홍수량을 배제하는 시설규모 31.6 m<sup>3</sup>/s(총 3,580 HP: (전) 470 HP×1,300 mm×4대, 300 HP×950 mm×4대, 250 HP×950 mm×2대)로 배수장이 건립되었다.

배수장 바닥 표고는 EL 7.0 m이며, 종축펌프가 설치되어 홍수량의 32% 이상이 저류된 내수위 4.5 m 정도에서 가동된다. 1976년도 이후 농경지로 567 ha 감소한 것을 시작으로 1989년에는 화포천 상류지역의 담암리 지역에 제방을 설치하여 기존 우수지 역할을 하던 지역이 50 ha 정도 감소하였으며, 1992년에는 화포천 상류지역의 병동리 지역에 빙그레 공장 등이 들어서면서 기존 우수지 역할을 하던 지역이 30 ha 정도 감소되었고, 1993년부터 2001년 사이에는 장방리 토정지구에 공장지대가 형성되어 26개 업체(99,073 m<sup>2</sup>) 입주에 따른 우수지 10 ha 정도가 감소되는 등 공장지대 형성, 주택단지 조성 및 우수지내 도로 건설 등으로 2002년까지 942 ha가 감소되었다. 화포

표 2 Specification of land use in Hwapo river basin

Classification	Administrations		Total	Cultivated land			Forests	Site	Etc.
	Shi	Eup · Myeon		Subtotal	Paddy Field	Field			
Hwapo river basin			134.42 (100%)	44.74 (33.3%)	33.29 (74.4%)	11.45 (25.6%)	65.67 (48.8%)	2.82 (2.1%)	21.19 (15.8%)
	Gim hae	Saengnim	22.86	4.83	2.93	1.90	14.16	0.28	3.59
		Jinyeong	17.42	7.16	5.01	2.15	6.66	0.59	3.01
		Hallim	51.38	17.83	12.56	5.27	22.78	1.02	9.75
		Jillye	42.76	14.92	12.79	2.13	22.07	0.93	4.84

표 3 The present status of pumping station in Hwapo river basin

Index	Pumping station	Location		Area (ha)		Drainer Horse power (ha), Pump (EA)	Volume (m <sup>3</sup> /s)	Elevation (EL.)	Gate Size (m), EA	Install year
		Eup. Myeon	li, Dong	Flood damage	Inun- dation					
Total				1,487.7	947.2		51.51			
1	Jangbang	Hallim	Jangbang	135.0	107.7	250 HP×900 mm×3	5.4	5.7	2.0×2.0×1	1989
2	Sincheon	Hallim	Sisan	75.4	75.4	75 HP×450 mm×1 100 HP×550 mm×1	1.1	5.6	2.4×2.7×1	1976
3	Hallim	Hallim	Geumgok	0.0	0.0	400 HP×1,300 mm×8 300 HP×950 mm×4 250 HP×950 mm×2	31.6	7.0	4.2×4.5×10	1976
4	Jungmun	Hallim	Geumgok	7.1	3.5	30 HP×300 mm×1	0.2	4.0	φ 600×1	1976
5	Geumgok	Hallim	Geumgok	51.5	13.2	40 HP×500 mm×1	0.5	5.0	1.65×1.7×1	1976
6	Oseo	Hallim	Geumgok	30.0	10.6	60 HP×450 mm×1	0.3	5.0	3.2×3.2×2	1976
7	Jangjae	Hallim	Anha	46.4	35.3	50 HP×450 mm×1	0.5	4.5	φ 1100×1	1978
8	Habong	Hallim	Anha	90.8	22.0	30 HP×300 mm×1 75 HP×550 mm×1	0.8	4.7	φ 900×1	1976
9	Anha	Hallim	Anha	70.2	31.0	30 HP×300 mm×1 75 HP×550 mm×1	0.8	4.7	1.65×1.7×1	1976
10	Eoeun	Hallim	Anha	28.2	16.0	30 HP×300 mm×1 75 HP×550 mm×1	0.2	5.2	φ 1200×1	1976
11	Toeeun	Hallim	Myeongdong	135.7	80.2	30 HP×300 mm×1 75 HP×550 mm×1	1.1	3.5	2.0×2.0×1	1976
12	Naksan	Hallim	Myeongdong	50.0	32.2	30 HP×300 mm×1 75 HP×550 mm×1	0.4	3.5	1.6×1.6×1	1976
13	Hallimyang	Hallim	Sisan	389.8	193.8	150 HP×750 mm×1 350 HP×1000 mm×1	2.2	3.0	1.5×2.0×1	1949
14	Sisanyang	Hallim	Sisan	214.8	166.0	250 HP×800 mm×1 300 HP×800 mm×1	2.5	2.6	1.5×2.1×1	1966
15	Jangjae	Hallim	Geumgok	37.8	35.3	50 HP×450 mm×1	0.3	-	2.0×2.0×1	1976
16	Gomo	Jillye	Gomo	125	125	125 HP×750 mm×3	3.61	-	2.5×2.5×3	1992

천 유역내 농경지 조성에 의해 건립된 16개 지역별 배수장 현황은 표 3 과 같다.

1970년 이전에 축조된 것이 2개소, 1979년 이전에 축조된 것이 12개소, 1983년 이후에 축조된 것이 2개소로 대부분의 배수장이 설계홍수량이 적으며, 바닥 표고가 제방 홍수위보다 낮아 침수에 매우 취약한 것을 알 수가 있다.

2002년 8월 한림면 침수를 계기로 재해복구사업으로 기존의 한림배수장 인근에 우리나라에서 2번째로 큰 배수장 (우리나라 1위: 배수설계기준 50년, 서울 구로 개봉1 배수 펌프장 배수능력 157.0 m<sup>3</sup>/s )을 신설하고 있다. 이는 2003년 3월에 착공하여 배수능력 112.0 m<sup>3</sup>/s (총 16,320 HP: 전동기 1,360 HP×2000 mm×12대, 설계 기준 80년 빈도 2일 연속강우)를 배제하는 규모이다.

기존의 한림배수장 배제능력을 기존의 31.6 m<sup>3</sup>/s 에서 112 m<sup>3</sup>/s로 확장하고, 전기실 바닥 표고를 제방 홍수위보다 높게 하고, 한전 예비선로 12,000 kw를 2중 선로에 의하여 일부 구간은 지중화하고 유수지내 관통도로 통수단면을 증대하여 하천을 정비하는 사업이 병행 추진되었다.

3) 하천 현황

1982년에 화포천(유역면적 134.42 km<sup>2</sup>, 유로연장 21.20 km)의 일부 구간 13.5 km에 대한 하천정비계획을 수립하였고, 1989년에는 호우시 제방 높이가 낮은 곳에서 침수되게 됨에 따라 기존 제방높이 EL. 7.0 m를 9.30 m로 화포천 제방을 일률적으로 승상하였다. 이때 1일 강우량은 138.5 mm(1989. 7. 29 기록)이었다. 화포천과 낙동강 지류가 만나는 곳에 위치한 한림배수장의 계획홍수위

는 EL. 8.3 m 이며, 화포천 유수지면적은 3,167,000 m<sup>2</sup> (320 ha)이다.

1999년 7월에 화포천 하천재정비기본계획(유역면적 134.42 km<sup>2</sup>, 유로연장 21.20 km)이 이루어졌으며, 화포천 유역내의 지방 2급 하천은 1982년 11월에 지정된 것으로 제 1 지류 화포천, 제 2 지류 진례천, 고모천, 무릉천, 설창천, 사촌천, 금곡천, 제 3 지류 용덕천, 경동천, 제 4 지류 안하천 등 총 9개이며, 2002년 소하천정비종합계획을 분석한 결과 총 34개소이고, 그림 1 은 화포천 유역내의 지방2급 하천과 소하천에 대한 현황을 나타낸다.

4) 제방 여유고와 외수위

일반적으로 제방 높이는 계획홍수위를 기준으로 월류시키지 않게 하기 위하여 홍수시 풍랑, 도수 등 수위상승 및 홍수나 재해시 안전, 하상변동으로 인한 수위상승을 고려한 여유고를 포함한다. 표 4 는 계획홍수량에 따른 여유고 기준이며, 표 5 는 최근 15년 동안 화포천 하류 의 삼랑진 수위 현황(EL. 8.3 m 이상)으로 2002년 8월 집중호우시 낙동강 수위는 기록적인 수위를 보여주고 있어 유역 말단부에 위치한 배수장의 작동시에는 이를 감안해 운영이 되어야 한다. 분석내용은 외수위를 고려한 가동시간 만큼 설계량이 배재되는지, 초기 가동시간과 가동 수위에 대한 적

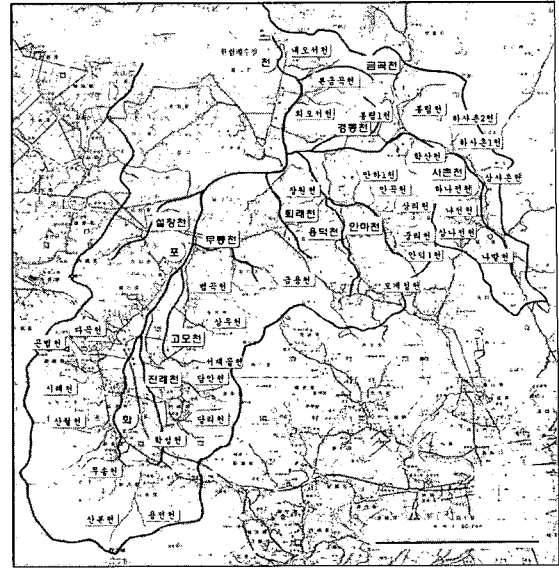


그림 1 The present status of district II in Hwapo river basin

표 4 The freeboard margin according to design flood discharge

Design flood discharge (m <sup>3</sup> /s)	Freeboard margin (m)	Design flood discharge (m <sup>3</sup> /s)	Freeboard margin (m)
less than 200	0.6	2000~5000	1.2
200~500	0.8	5000~10,000	1.5
500~2,000	1.0	more than 10,000	2.0

\*Criteria of river design(Ministry of Construction and Transportation, 1993. 12)

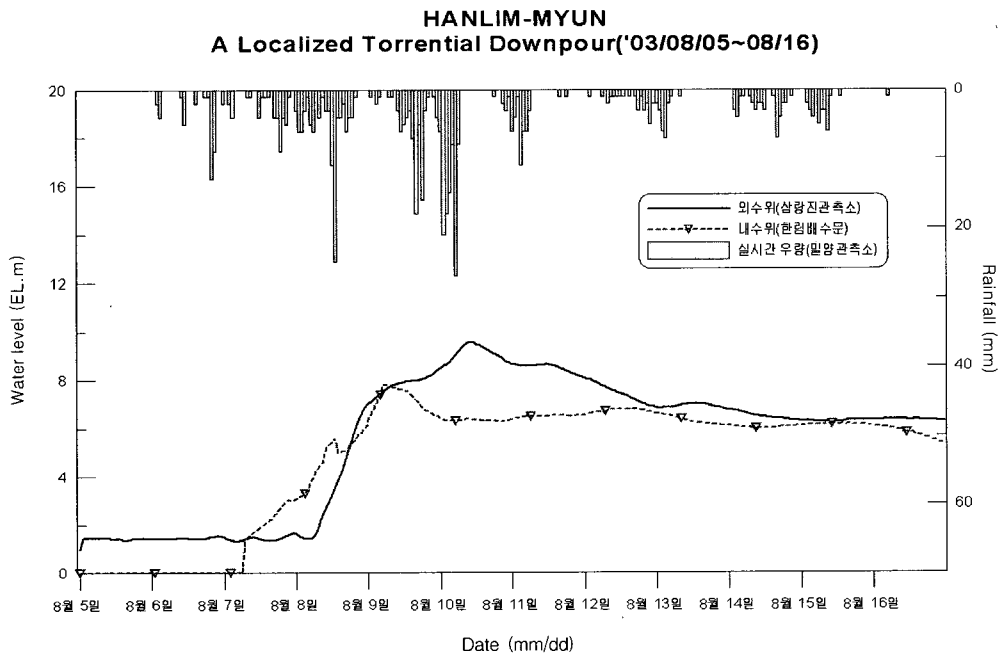


그림 2 Comparison of water level between Nakdong river and Hwapo river outlet

표 5 Water level measurement data(Samrangjin, Above EL. 8.3m)

Index	Date	Water level (m)	
		Peak time	Peak (m)
1	2002. 8. 9 - 2002. 8. 12	2002. 8. 10 10 : 30	9.57
2	2002. 9. 1 - 2002. 9. 3	2002. 9. 2 10 : 00	8.83
3	2000. 9. 16 - 2000. 9. 17	2000. 9. 16 20 : 00	8.66
4	1999. 9. 24 - 1999. 9. 26	1999. 9. 25 15 : 00	8.44
5	1998. 8. 17 - 1998. 8. 19	1998. 8. 18 17 : 00	8.31
6	1989. 7. 29 - 1989. 7. 29	1989. 7. 29 10 : 00	8.54

정성 등으로 평상시 자료구축과 더불어 이에 대한 분석이 되어야 한다.

재해가 발생한 2002년 8월 5일부터 8월 13일까지 집중호우 발생시와 태풍 루사시의 낙동강 외수위(낙동강 제방 표고 EL. 12.40 m, 홍수위 100년 빈도 표고 EL. 11.60 m, 홍수위 80년 빈도 표고 EL. 11.36 m)와 화포천 내수위는 그림 2 와 같으며 7일 정도 내수위보다 외수위가 높았다.

한림면 재해는 2002년 8월 6일부터 8월 10일까지 낙동강 주변에 집중호우가 발생하여(누계강수량 498 mm, 최대시우량 56 mm), 계속되는 집중호우로 인하여 화포천 유역의 배수장을 풀가동하였으나, 2002년 8월 10일 06시 16분경에 수위가 계획홍수위 EL. 8.3 m 이상으로 상승하면서 제방이 낮은 부위로 월류하고, 바닥 표고가 EL. 7.0 m인 한림배수장이 침수되면서 사진 1 과 같이 면 지역이 침수되었다.



사진 1 Flooding disaster in Hanlim Myeon by Typhoon Rusa

#### 나. 강릉지역 사례

태풍 루사는 2002년 8월 23일 오전 9시경 관서 동북동 쪽 약 1,800 km 상에서 발생해 8월 31일 오후 3시경 고홍반도를 상륙할 때 중심기압 950 hPa에 중심풍속 30~50 m의 강풍과 일최고강수량 871.0 mm라는 경이적인 기록을 세우며, 전국을 초토화시켰다.

강릉지역은 태풍이 북상하면서 북태평양 고기압의 가장 자리에 위치한 강원도 영동지방으로 저온다습한 동풍이 습윤대가 형성되어 1.5 km 상공의 찬 공기와 태풍이 몰고온 열대해상의 더운 공기가 강릉상공에서 만나 집중적인 비를 뿌린 곳으로 분석되었다. 지속시간별 최대강우량 발생시간과 최대강우량은 지속시간 12시간인 경우 8월 31일 12시부터 24시 까지 576.0 mm, 지속시간 24시간인 경우 8월 31일 1시부터 9월 1일 1시 까지 880.0 mm, 지속시간 48시간인 경우 8월 30일 5시부터 9월 1일 5시까지 897.5 mm 였다.

상기의 루사에 의한 강우에 의해 오봉저수지 등도 홍수위를 넘어 붕괴위험에 처하였으며, 대표적으로 붕괴된 3개 저수지 사례는 표 6 과 같다.

##### 1) 장현저수지

사진 2 와 같이 장현저수지는 제방이 약 110 m가 유실되고, 여수로 전체가 유실되는 피해를 입었다.

복구내용은 기존의 저수지 높이 14.8 m를 1.26 m 높인 16.06 m로 하였으며, 저수지 길이를 기존의 170 m에서 206 m로 36 m를 연장하고, 여수로 경우는 기존의 길이 80 m를 20.0 m 연장한 100.0 m로 하여 홍수량 설계기준을 200년 빈도 1.2배로 상향 조정하여 기존의 홍수배제량  $Q = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ 를  $Q = 297 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 배제하도록 하였다.

##### 2) 동막저수지

사진 3 과 같이 동막저수지는 상류사면 약 230 m에 걸쳐 Sliding이 발생하였고, 하류사면도 일부 구간에 Sliding이 발생하였으며, 여수로 전체가 유실되는 피해를 입었다.

이에 대한 복구계획으로 기존의 저수지 길이를 기존의 320.0 m에서 420.0 m로 100.0 m를 연장하였으며, 여수로 경우는 기존의 길이 16.5 m를 3.5 m 연장한 20.0 m로 하여 홍수량 설계기준을 200년 빈도 1.2배로 상향 조정하여 기존의 홍수배제량  $Q = 14 \text{ m}^3/\text{s}$ 를  $Q = 51.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 배제하도록 하였다.

표 6 루사 피해에 의해 붕괴된 3개 저수지 사례

저수지명	장 현	동 막	경 포 (지변)
위 치	강릉 장현동	강릉 구정면 어단리	강릉 죽현동
높 이 (m)	14.8	22.0	17.3
길 이 (m)	170.0	230.0	115
댐형식	토언제 균일형	토언제 균일형	토언제 균일형
총저수량	2,360천톤	1,138천톤	1,127천톤
유효저수량	2,176천톤	1,138천톤	1,127천톤
준공년도	1947	1961	1972
피해내용	댐체 유실 110 m 여수로 전체 유실	댐체 슬라이딩 230 m 여수로 전체 유실	댐체 유실 17 m 여수로 유실 90 m
보수공사	댐체 재축조 (L=206 m, H=16.06 m) 여수로 신설(L=100 m) 2004. 12 준공	댐체 재축조 (L=420 m, H=24.15 m) 여수로 신설 2004. 12 준공	댐체 보수 여수로 신설(L=75 m) 2003. 7 준공



사진 2 제당과 여수로 파괴전경



사진 3 상류사면과 여수로 파괴전경



/s 로 배제하도록 하였으며, 비상방수문을 설치하여 홍수 조절기능을 강화하였다.

3) 경포저수지

사진 4 와 같이 경포저수지는 제당이 약 17.0 m 정도가 유실되었고, 여수로는 약 90.0 m가 유실되는 피해를 입었다.

이에 대한 복구계획으로 기존의 저수지 제당은 마루부위

에 대한 포장과 더불어 사면의 줄땀을 피복석으로 교체하였으며, 여수로 경우는 기존 웨어 길이 50.0 m를 25.0 m 연장한 75.0 m로 하였으며, 홍수량 설계기준을 200년 빈도 1.2배로 상향 조정하여 기존의 홍수배제량  $Q = 196.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 를  $Q = 254.39 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 배제하도록 하였으며, 취수시설의 방류구를 확장하여 홍수 조절기능 강화하였다.

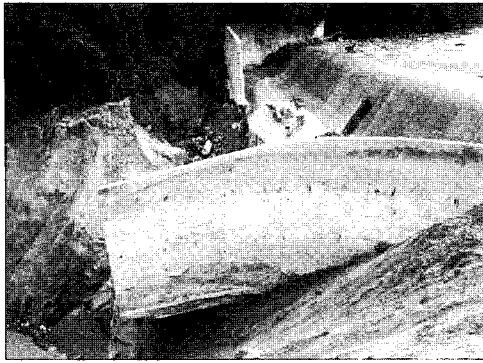


사진 4 여수로 파괴전경

#### 4. 농업시설물 재해 현황과 보강 계획

2002년 3차례에 걸친 태풍 및 집중호우로 인한 전국적인 수리시설 피해는 6,695개소(저수지·양수장 785개소)로 총 피해액은 6,961억원에 달하며, 표 7 은 관개배수용 시설물 피해 개소를 나타내고 있다.

최근에 자주 발생되고 있는 홍수 재해에 대비하기 위해서 전국 배수장에 대한 재해대비 보강 계획은 표 8 과 같다.

#### 5. 농업시설물 재해 원인과 대책

##### 가. 저수지

규모가 큰 1종 시설(저수량 50만톤이상) 781개소 중 553개소가 '82년 이전에 설치되었으며, 전체 저수지(17,913개소)의 96%(17,200개소)가 '82년 이전에 설치된 시설로서 홍수배제능력이 부족하며, 대부분의 저수지가 자유유통식 물넘이로 되어 있어 홍수에 대비한 사전 수위 조절이 어려우며, 수문이 설치되어 유사시 홍수조절이 가능한 농업용 저수지는 54개소에 불과한 실정이다. 재해의

표 7 The damage of infrastructure on irrigation and drainage

Classification	Total	Reservoir	Pumping station	Diversion weir	Irrigation drainage channel	Etc.
Total	6,695개소	430	355	2,320	2,766	824
Typhoon Lamasoon (7.4-7.6)	106개소	11	3	43	30	19
Heavy rainfall (8.4-8.11)	2,052개소	129	94	795	854	180
Typhoon Lusa (8.30-9.1)	4,537개소	290	258	1,482	1,882	625

표 8 The master plan preventing from flood disaster on pumping station

Number of facilities	Total		Deterioration invigoration		Invigoration plan preventing from flood disaster														Etc.			
	site	Expenses (Million won)	site	Expenses (Million won)	Total		Invigoration plan												site	Expenses		
					site	Expenses (Million won)	Invigoration of fragile facilities in low land						Lack of design standard		site	Expenses						
							site	Expenses (Million won)	Subtotal		Exchanging electronic motor		Exchanging Pump (Horizontal⇒underwater)				Transformer substation				Transforming drainage station	
site	Expenses	site	Expenses	site	Expenses	site			Expenses	site	Expenses	site	Expenses	site	Expenses	site	Expenses					
528	492	971,873	268	166,489	460	805,384	344	787,658	286	312,680	25	7,086	175	203,078	219	64,558	55	37,958	136	474,978	371	17,726

\*Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation(2003. 1)



원인은 설계기준을 초과하는 이상강우 또는 설계기준 이상의 강우시 제체 월류 및 사면유실, 여방수로 단면이 부족하거나 노후화되어 용벽이 파손되고 제체 접속부가 세굴되는 것이다.

이에 대한 대책으로, '82년 이전에 설치된 저수지는 물넘이와 방수로를 현재 기준에 맞도록 단계적으로 보강하도록 하였으며, 홍수기 저수지 관리 강화하는 방안으로는, 물넘이 홍수배제능력이 부족한 저수지에 대하여는 게이트를 설치하거나 물넘이 단면을 확대하고 비상방수로 등 설치하고, 방수로 단면이 부족한 저수지는 용벽을 높여 홍수시 방수로 월류에 따른 제체 피해를 방지하는 것으로 이의 대상은 하류에 인명, 주택, 농경지 등 피해가 큰 지구(1종시설) 우선 추진하는 것과 재해에 대비하여 홍수기 저수지 관리 강화를 위하여 홍수기 관리수위를 지정, 사전에 수위를 조절하는 등 저수지 관리지침을 마련하는 것이다.

현재 시행중인 농업용 저수지는 홍수시 하류부 피해 여부에 관계없이 200년빈도 홍수량 기준으로 설계하며, 저수지 하류에 인구밀집 지역이 위치하여 유사시 인명과 재산 피해가 클 것으로 예상되는 저수지는 위험도를 감안하여 필요 저수지별 Risk(위험도)를 감안하여 홍수량 증대, 부유물 제거장치 및 비상여수토 설치 등 설계기준을 강화하였다.

홍수시 인적·물적피해가 클 것으로 예상되는 저수지는 현행 200년 빈도홍수량을 가능최대홍수량(PMP)으로 적용하도록 검토하였는데, 이는 가능최대홍수량 적용시 저수지공사에 10%이상 사업비 증가요인이 발생하고 있다. 일정규모 이상의 저수지는 유효저수량 이외에 홍수조절기능 강화를 위한 저수용량을 추가로 확보하며, 공사중인 저수지중 이상 홍수시 안전에 문제가 있을 것으로 우려되는 시설에 대한 현황을 조사하여 안전대책 강구하고, 전문가로 조사대책반을 구성하여 이상홍수 등에 대비한 안전성을 검토하여 대책을 수립하도록 하고 있다.

#### 나. 배수장

2004년 기준으로 농업기반공사가 관리하고 있는 배수장은 528개소로, 시설노후화 된 곳이 268개소, 저지대 침수 취약한 곳이 286개소, 설계기준 미달인 곳이 136개소 등이다.

재해의 원인은 하천 제방 붕괴에 따른 배수시설 침수 및 정전으로 배수장 가동 중단, 토출부에 Box 설치를 위하여 하천 제방 절개후 되메움 시공부실로 접속 부분에서 유로 형성 및 파이핑 현상이 발생, 설계기준 이상의 강우 발생 및 설계기준 미달 배수장의 배수 능력 부족으로 농경지 침수피해 발생 등이다.

이에 대한 대책으로, 기존 배수장의 상당수가 펌프와 전기시설이 홍수위 이하에 설치되어 침수시 가동을 못하여, 침수될 경우 가동 불능으로 인하여 침수피해 가중하고 있어, 침수에 관계없이 기능을 유지할 수 있도록 기존의 횡축 펌프를 침수에 관계없이 기능을 유지할 수 있는 수중펌프 또는 입축펌프로 개선하고, 변전소 및 수배전반 등 전기시설은 옥상 및 인근 고지대 등 홍수시에도 침수가 되지 않는 안전한 장소로 이설함과 동시에 한전의 전력공급 중단에 대비한 비상 수전방식을 도입하고 있다.

현재 배수장의 설계기준은 200년빈도 홍수량을 24시간 내 배제토록 하고 있으나, '82년 이전에 설계된 배수장은 10년빈도 설계홍수량을 48시간이내 배제토록 되어 배수능력이 부족하므로 기존 배수장의 배수능력부족 및 노후화로 인한 배수능력이 부족한 기존 배수시설에 대한 보강 추진하는 방안으로, 기존 배수시설의 홍수배제능력을 조사하여 배수장 증설 및 유수지 확대 등 보강계획을 수립하며, 상류에 주택 등이 밀집하여 홍수시 부유물 많아 홍수배제에 지장이 있는 지구는 제진기를 설치하도록 하였다.

또한, 배수장 토출관 설계·시공방법 개선하기 위해 배수장 설치시 토출BOX는 하천제방을 절개하여 시공한 후에 되메움을 실시하던 것을 하천제방 횡단구간의 설계·시공관리 강화하기 위해 토출관로를 제방 윗부분에 설치하거나 누수방지를 위한 지수벽이나 지수판을 설치하는 등 공법개선과 점토 등 양질의 성토재료를 확보, 시공토록 하고 시공과정에서는 다짐 등 시공관리 강화하도록 하였다.

#### 6. 맺는말

앞에서 언급한 바와 같이, 재해 예방 차원의 법적인 내용, 농업용 시설물 홍수량 설계기준의 실태, 농업시설물의 재해 취약성을 화포천 유역의 배수장, 하천현황 및 제방의 여유고와 외수위를 분석하여 재해발생 원인규명과 루사 태풍으로 인하여 강릉지역에서 발생한 3개 저수지 붕괴 사례

를 통하여 설계홍수량에 취약한 재해발생 원인을 규명하였으며, 이를 통한 농업시설물의 대표적인 저수지, 배수장에 대한 재해원인과 대책을 기술하였다.

현재, 농림부 지침에 의한 농업시설물 재해대비 보강계획 수립의 기준은 다음과 같다.

저수지 경우는 유역 배율이 5배 이상 되는 지역, 저수지 하류부에 집단가옥 등이 있어 제당 붕괴시 피해가 우려되는 지역 과거 태풍이나 수해피해를 입어서 재해가 우려되는 지역으로 하였으며, 배수장 경우는 설계기준이 미달되어 침수가 우려되는 곳, 배수장이 설치된 지 오래되어 제 기능을 발휘하지 못하고 있는 곳, 이상강우시 침수가 우려되어 배수장 위치 등을 변경 또는 보강하도록 하였다.

이를 위해서는, 시설규모가 크고(수해면적 50 ha 이상) 유사시 인명 및 재산 피해가 우려되는 농업기반공사 관리 시설 3,827개소(저수지 3,299, 배수장 528) 및 소규모시설(50 ha 미만)은 시장·군수 관리시설 14,695개소(저수지 14,614, 배수장 81)는 시·도지사 책임하에 조사를 실시하여 보강을 추진하나, 이들 시설물에 대한 저수지와 배수장의 설계기준, 홍수배제능력 및 시설물 현황을 Real-time으로 관리 System 구축이 중요하다.

이와 더불어, 홍수시 하류에 피해가 예상되는 저수지에 대하여는 농업용수 공급에 지장이 없는 범위 내에서 홍수기 관리수위를 지정하고, 사전에 저수지 수위를 조절함으로써 홍수 피해방지 및 배수장은 강우초기부터 신속히 배

수시설을 가동하여 침수피해를 방지하는 대책 등 관리요령을 작성, 교육 실시하도록 하며, 이상강우나 지진 등에 의한 재해 발생시에는 전문가들이 현장에서 대처하는 방안이 강구되어야 한다.

농업시설물에 대한 재해를 줄이는 사업은 막대한 비용이 수반되므로 재해 예방 차원의 사업 추진 효과를 크게하기 위해서는 경제적인 면을 고려하여 재해피해가 큰 지역을 대상으로 년차별 계획에 의하여 수행되어야 하며, 지역별, 위치별, 시설물별 재해발생 원인이 다르므로 반드시 특성을 고려한 계획이 되어야 한다.

또한, 침수가 잦은 지역은 저류지를 이용한 홍수량 분산으로 침수재해를 줄이는 방안이 강구되어야 하며, 이의 활성화를 위해 저류지 활용에 대한 보상방안이 마련되어야 실효성을 거둘 수 있을 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2001), LCC개념을 도입한 시설안전관리체계 선진화 방안 연구.
2. 한국시설안전기술공단(2002), 댐 위험도 분석과 대책방안 (I)
3. 행정자치부(2002), 제2회 재해관리기술세미나
4. 건설교통부(2001), 댐설계기준
5. 김 훈(2004), 지역빈도 강우자료와 HEC-RAS를 이용한 농지침수지역 추정, 서울대박사학위논문.