

임진강 경보제어시스템 오동작으로 인한 인명피해 사고 사례 분석

송재용[†] · 남정우 · 김진표 · 김의수 · 박남규

국립과학수사연구소

(2010. 3. 9. 접수 / 2010. 6. 8. 채택)

Analysis of Disaster with Casualty Caused by Malfunction of the Water Level Monitoring System in Imjin River

Jae-Yong Song[†] · Jung-Woo Nam · Jin-Pyo Kim · Eui-Soo Kim · Nam-Kyu Park

National Institute of Scientific Investigation

(Received March 9, 2010 / Accepted June 8, 2010)

Abstract : North Korea's discharge of water from a dam into the Imjin River that flows through the inter-Korean border swept away a riverside camping site early Sunday morning, killing six people. This tragic incident might have been prevented if the North had given prior notice of the release from its Hwanggang Dam to the South. Investigations are under way to determine the reasons behind the unexpected act. This incident was a man-made disaster not least death of six people. A water level monitoring system(WLMS) of the Imjin River was installed the bridge of Pilsung that operate three public institutions. The WLMS of the A institution set up warning siren and broadcasting as the water level has been rising the bridge of Pilsung in the Imjin River. But the A institution's system was already out of side before discharged of water a dam into the Imjin River and the operators were culpable negligence. The B institution's office employee on charges of negligence that might have contributed to the tragedy and one of the A institution's employees ignored 26 warning messages on the WLMS. This tragic incident was a man-made disaster not least death of six people and might have been prevented if the WLMS was normally operated and the system operators must be worked a tight.

Key Words : a water level monitoring system(WLMS), remote terminal unit(RTU), Imjin River, tragic incident

1. 서론

최근 급격한 지구온난화 및 이에 따른 기후 변화로 장기간의 가뭄 현상이나 국지성 호우가 빈번히 발생하고 있는 추세로 물(水) 관리의 중요성이 부각되고 있다. 이는 한반도내에 공존하는 남한과 북한 양자 모두 유사한 고민과 관리 대책을 추진하는 원인이기도하다. 이 중에서도 가뭄의 피해는 주로 농작물 등의 피해로 나타나지만, 홍수의 피해는 주변 야영객이나 저지대 침수 위험 지역 등에서는 직접적인 인명피해의 위험요소로 나타난다. 따라서 인명피해 방지를 목적으로 가뭄에 대한 대책보다는 홍수 피해 대책을 우선순위로 하는 경향이 있으며, 홍수에 대비한 경보제어시스템이 구축되어 운용되고 있다¹⁻⁴⁾. 특히 이념대립에 의한 세계

유일의 분단국가로 남아 있는 한반도내에서는 하천의 발원지가 북쪽에 위치하고 남한을 통해 해역으로 빠져나가는 하천 및 강이 존재하며, 대립국면을 고려할 때, 이를 군사적 목적으로 사용될 가능성을 배제할 수 없는 실정이다. 이러한 위험성이 존재하는 곳은 연천 주변의 임진강 및 화천 주변의 파로호가 대표적이다. 실제로 임진강에서는 2009년 9월 5일 밤부터 6일 새벽에 걸쳐 북한 측에 위치한 황강댐에서 아무런 통보 없이 일시에 약 4천만톤의 유량을 방류하였으며, 연천군에 위치한 필승교 부근의 수위가 평소 2.3m에서 4.7m범위까지 급상승하여 주변 야영객 및 낚시객 6명이 급류에 휩쓸려 사망한 사고가 발생하였다. 이러한 자연재해나 북측에서의 일방적인 댐방류 문제는 언제든지 일어날 수 있으나, 경보제어시스템이 설치되어 있으므로 시스템이 정상적으로 동작한다면 얼마든지 인명피해는 막을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 경보

[†] To whom correspondence should be addressed.
jysong@nisi.go.kr

제어시스템의 효율적 운용을 통하여 언제든 발생할 수 있는 재난에 대해 인재로 진전되지 않도록 충분한 사회적 안전장치가 필요할 것이다.

본 논문에서는 임진강 사고와 관련하여 사고 발생 경위 및 시스템 정상동작 여부 등을 판단하기 위하여 경보제어시스템에 대한 오류 발생 기록을 분석하였으며, 분석 결과를 토대로 앞으로 발생될 지 모르는 유사 사고에 대한 방지대책을 제시하고자 한다.

2. 임진강 경보제어시스템

임진강에서는 2009년 9월 5일 밤부터 6일 새벽에 걸쳐 북한 측에 위치한 황강댐에서의 일시적인 방류로 6명의 인명피해가 발생하는 사고가 있었다. 2002년 황강댐 완공 이후, 댐 방류에 의한 홍수 사고는 꾸준히 제기되었으며, 2004년 이후 3년간 6회 이상의 방류 사례가 있었다. 이러한 사고에 대비하기 위하여 3개 기관에서는 북쪽에 가장 가까운 임진강 필승교 내에 Fig. 1과 같이 경보제어시스템을 구축하여 운용하고 있으며, 경계를 위한 관측소가 필승교 설치되어 운용되고 있다.

경보제어시스템은 필승교에 설치된 영상 및 레이더 수위센서로부터 수위정보를 취득하여 RTU에 저장하고, 위성통신(VSAT) 및 이동통신(CDMA) 방식으로 각 기관의 서버에 전달된다.

수위변화에 대한 경보동작은 사이렌 및 대피방송으로 진행되며, 임진강 수위 상승에 따른 경보 동작은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 임진강 하류 4곳에 설치된 경보국을 통해 전달되며, 경보동작에 대한 제어 및 관리는 A 기관 서버를 통해 이루어진다. 경보 단계는 Table 1과 같이 총 6단계의 구성으로 설정 수위에 따라 경보 사이렌 및 경보 방송

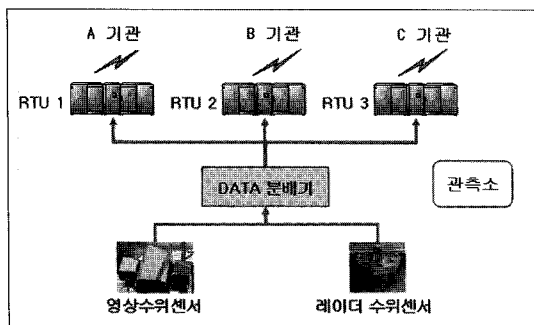


Fig. 1. A schematic diagram of the water level monitoring system.

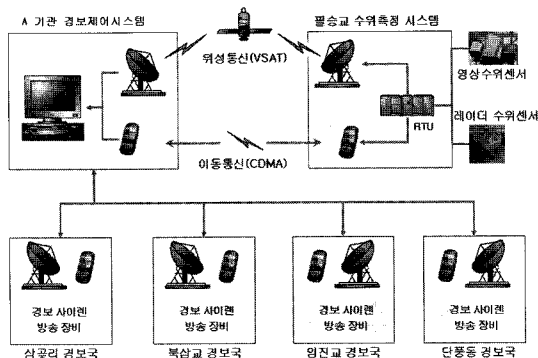


Fig. 2. A flow diagram of the warning siren and broadcasting system.

Table 1. The warning steps of according to the water level

| | Water level | Warning step |
|---|-------------|--------------|
| 1 | 2.5m | Alarm 1 |
| 2 | 3.0m | Alert 1 |
| 3 | 4.5m | Alarm 2 |
| 4 | 5.0m | Alert 2 |
| 5 | 6.5m | Alarm 3 |
| 6 | 7.0m | Alert 3 |

이 이루어지며, 단계별로 등록된 관리자 및 지역 주민들에게 SMS 문자 전송이 이루어지도록 구성 되어 있다.

또한 경보국과 경보제어시스템의 기본 통신 수단은 위성통신 방식으로 쌍방향 통신을 수행하며, 통신장애가 발생하는 경우, 관리자에게 통신오류를 SMS 문자로 전송한다.

3. 사고발생 원인 분석

3.1. 임진강 수위 변화 분석

군사분계선 북쪽 약 42km 떨어진 것으로 추정되는 황강댐의 방류 시점은 2009년 9월 5일 밤부터 6일 새벽 사이로 추정되며, Fig. 3에 사고 당일의 수위 변화 추이를 나타내었다. 경보제어시스템 경보단계 중, Alarm 1단계 수위인 2.5m에 이른 시점은 C 기관의 RTU를 기준으로 02:40경이었다. 이후 수위는 꾸준히 상승하여 9월 6일 06:00경 4.74m로 최대 수위에 도달하였으며, 임진교 주변에서 야영객이 급류에 휩쓸려 실종되는 참사로 이어졌다. 사고 이전의 평소 수위로 안정된 시점은 9월 6일 21:00경 이후이고, 경보단계 이하의 수위로 내려간 시점은 9월 6일 18:30경이었다. 3개 기관에서 운용 중인 경보제어시스템 중, B 기관 및 C 기관 시스템은 정

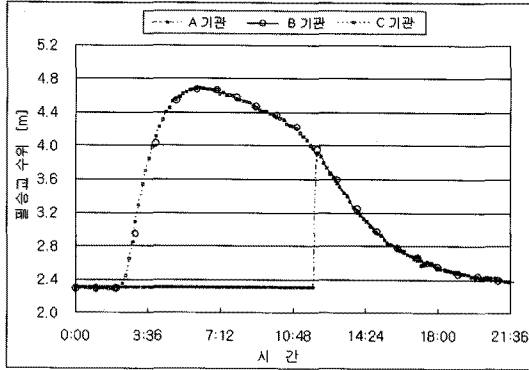


Fig. 3. Changes of water level of the Pilsung bridge at the day of accident event.

상 운용되었으며, A 기관의 경보제어시스템은 RTU의 고장으로 사고 이전인 9월 5일 22:52경부터 6일 11:53경까지 2.3m의 일정한 수위를 표시하고 있었다.

특히 경보방송을 제어하는 A 기관 시스템의 오동작으로 인해 경보방송이 작동되지 않아 사고 당사자들은 급류에 대비하지 못했던 것으로 보인다. 만일 경보시스템이 정상적으로 동작되었다면 9월 6일 02:40경부터 18:30경까지 경보방송이 발령되고, 관리자 및 경보제어시스템에 등록된 지역 주민들에게 경보발령 및 수위정보에 대한 SMS 문자가 전송되었을 것이다.

3.2. 경보제어시스템의 오류 분석

홍수에 대비한 경보제어시스템은 2006년을 기준으로 인명피해 우려지역을 중심으로 총 683개소가 운용되고 있으며, 시스템의 관리 및 운용은 정부기관이나 지자체 및 공공기관 등에서 맡고 있다.

우리나라의 경우, 뚜렷한 사계절 기후를 가지고 있어 우기와 건기가 어느 정도 구분되는 기후에 속한다. 이러한 계절적 요인으로 자연재해가 발생하는 경우, 비상근무 등으로 시스템은 비교적 효율적으로 운용되고 있다. 그러나 급변 임진강 참사와 같이 북측의 예고 없는 댐 방류와 같은 예상치 못한 홍수 피해가 발생하는 경우를 대비한 효율적 시스템 운용은 불가능한 상태이다.

사고 발생지역인 임진강에 설치된 경보제어시스템은 쌍방향 통신이 가능하고, 오류 및 경보단계 수준의 위험이 발생하는 경우, Fig. 4와 같이 관리자, 경보국 및 유관기관 간의 통보 및 협조체계가 구축되어야 한다.

그러나 사고 당시, 관리자는 서버로부터 전달된 오류 통보에 대한 적절한 조치를 취하지 못하였고,

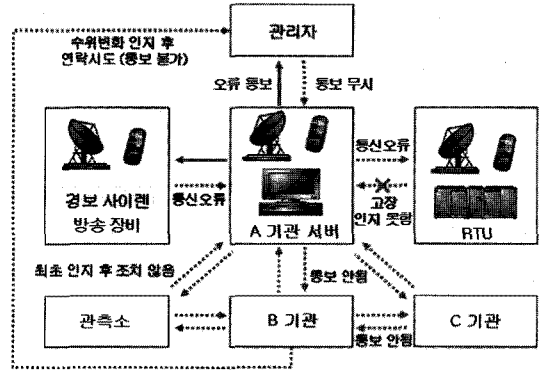


Fig. 4. A schematic diagram of disaster confrontation system in Imjin river.

경제용 관측소, 유관기관인 B 기관 및 C 기관 등의 원활한 협조체계가 이루어지지 않아 인명피해로 이어진 것으로 판단된다.

임진강 수위 변화 정보의 수집 및 전송은 임진강 북단 필승교에 설치된 2종류의 수위센서 및 측정용 RTU에 의해 이루어진다. 필승교에 설치된 3개 기관의 RTU 중, A 기관 측 RTU는 사고 발생 이틀 전인 9월 4일에 교체 설치되었으며, 특히 사고가 발생되었던 시간 동안에는 정확한 원인을 알 수 없는 RTU의 고장으로 인하여 9월 5일 22:52경부터 6일 11:53경까지 RTU 및 경보제어시스템 수위 변화에 대한 정보 교환이 이루어지지 못하였다. 수자원 공사 측의 경보제어시스템은 RTU로부터 전달되는 수위정보가 없을 경우, 이전 수위정보를 그대로 표시하도록 설정되어 있는 상태로 사고 발생 이전 수위인 2.3m를 지시하도록 되어 있었다.

인명피해 사고의 본질적인 원인은 RTU 고장으로 제대로 된 수위 변화 정보가 전달되지 못한 데에 있다. 필승교에 설치된 RTU는 Table 2에 나타난 바와 같이 사고 이전단계에서부터 지속적인 오류가 발생되었다. RTU에서 발생한 오류는 통신 관련 오류 및 수위정보 전송 후, 서버로부터 데이터 수신에 대한 답신을 받지 못하는 경우 발생한 오류로 총 2,742회가 발생되었다. 특히, RTU는 9월 4일 새로운 버전의 것으로 교체된 이력이 있으며, 교체 이

Table 2. A number of Error code of a water level monitoring system for the A institution

| 에러코드 | 9월4일 | 9월5일 | 9월6일 | 합 계 |
|-----------------|------|------|------|-------|
| CRC 16 오류 | 193 | 552 | 203 | 948 |
| Send Event Fail | 393 | 1140 | 261 | 1,794 |
| Reset 신호 | 12 | 0 | 3 | 15 |

Table 3. A number of forward SMS on a water level monitoring system for the A institution

| 경보발송내용 | 9월4일 | 9월5일 | 9월6일 | 합 계 |
|---------|------|------|------|-----|
| 통신 오류 | 23 | 18 | 37 | 78 |
| 운영자 이상 | 18 | 20 | 24 | 62 |
| 동록자 알림용 | - | - | 40 | 40 |
| SMS 전송 | 16 | 18 | 11 | 45 |

유에 대해서는 관리 및 운용의 주체인 A 기관에서 정확히 밝히지 않고 있으나, 앞서 언급한 오류가 이전에도 있었기 때문으로 판단된다.

Table 3은 사고발생 당일을 포함하여 RTU 교체 시점인 9월 4일부터 9월 6일까지 경보제어시스템과 경보방송을 담당하는 4곳의 경보국 사이에서 관리자에게 SMS 문자 전송이 이루어진 빈도수를 분석 정리한 것이다. 관리자에게 SMS 문자 전송이 이루어지는 경우는 통신 관련 오류 또는 수위 급상승에 따른 경보단계에 이르는 상태로서 사고 이전에도 총 113회의 SMS 문자 전송이 이루어졌다.

그러나 정작 사고 발생 당일에는 통신오류 관련 문자이외에 경보발령 관련 정보는 전송되지 못하였으며, 이는 근본적으로 RTU에서 정확한 수위정보가 정확히 전달되지 못했기 때문이다.

Table 2와 3의 오류 발생에 대한 분석 결과, 근본적인 원인은 필승교에 설치된 RTU의 고장으로 수위정보가 정확히 전달되지 못했기 때문이지만, 사고 발생이전부터 꾸준히 오류가 발생된 점으로 미루어 경보제어시스템의 RTU, 서버 및 경보방송용 경보국 사이의 시스템 불안정으로 경보제어시스템 본연의 정보 및 제어가 이루어지지 않아 인명피해 사고를 방지하지 못한 것으로 판단된다.

특히 사고 이전 오류 발생 당시에는 홍수 피해가 발생되지 않았기 때문에 실제로 수위 급상승이 발생된 위험 상황에서도 정확한 판단 및 적극적인 조치가 이루어지지 못한 것으로 볼 수 있다.

따라서 금번 임진강 사고는 수위 측정 및 정보 전송을 담당하는 RTU의 오류 및 고장, 경보 방송을 담당하는 경보국과 경보제어시스템 서버 사이의 통신 오류가 존재함에도 불구하고, 사전 조치가 이루어지지 않은 점으로 말미암아 임진강 주변 야영객 및 낚시객이 급류의 피해를 입은 것으로 볼 수 있을 것이다.

이와 더불어 임진강에는 A 기관의 경보제어시스템과 유사한 B 기관 및 C 기관의 시스템이 운용되고 있으나, 수위 급상승에 대한 정보를 제때 인

식하지 못하였으며, 인지 후에도 정확한 통보절차가 이루어지지 못하였다. 이러한 점은 언제든지 유사한 사고 발생 가능성이 존재하는 것으로 제도적 장치를 통해 보완되어야 할 것으로 판단된다.

4. 유사 사고 방지대책

1996년부터 2006년에 걸쳐 정부기관의 주도로 인명피해 우려지역을 선정하고, 임진강의 경보제어시스템과 유사한 재난 예·경보시스템을 683개소에 설치하여 운용하고 있다. 이러한 시스템은 인명피해 참사가 발생된 임진강의 예에서 볼 수 있듯이 정확하게 운용되고 있는지에 대해서는 확신할 수 없을 것이다. 따라서 금번 임진강 참사를 교훈으로 전국에 설치된 재난 예·경보시스템에 대한 현황 및 정상적인 동작 여부에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다. 아무리 완벽한 시스템을 구축하였다고 하더라도 시스템 운용의 주체는 운영자 또는 관리자이며, 이러한 관점에서 관리자에게는 시스템 운용에 필요한 충분한 권한을 주고, 사고 및 시스템 오류 등이 발생되었을 경우, 관리 소홀에 대한 엄중한 책임이 뒤따라야 할 것이다.

특히 금번 임진강 방류 사고와 같이 원격지에 설치된 RTU에서 정보 전송이 이루어지지 않는 부분에 대한 오류 분석을 통하여 정확한 정보가 전달되지 않는 경우, 관리자 및 운영자가 대처할 수 있도록 오류 판단 및 전송 기능 또한 강화 되어야 할 것이다.

또한 임진강에 설치된 경보제어시스템의 경우에는 B 기관과 C 기관에서 유사한 시스템이 운용되고 있으므로 유관기관간의 협조체계를 명문화하여 긴급 상황에 대비한 효율적인 협조체계가 구축되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 논문에서는 임진강의 북쪽 황강댐 방류로 인한 인명피해 사고에 대한 원인을 분석하였다. 근본적인 사고의 원인은 필승교에 설치된 RTU 고장으로 수위정보가 정확한 전달되지 못한 데에 있다.

그러나 사고 이전 단계부터 시스템 불안정에 의한 오류가 꾸준히 발생되었고, 동일 지역에 유사한 시스템이 설치되어 있으며, 사고 당시 2개 기관의 시스템은 정상 동작되었으나, 각 기관간의 협조체계 미흡으로 적절한 대응 조치가 이루어지지 못해

인명피해 사고가 발생된 것으로 판단된다.

따라서 향후 유사 사고 방지를 위해서는 시스템 운용에 대한 충분한 권한 부여 및 처벌규정 강화와 더불어 유관기관간의 긴밀한 협조체계 구축을 위한 제도 개선 등의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 이동률, 이대희, 강신욱, “가뭄 경보기준과 모니터링 시스템”, 한수자원학회논문집, 제36권, pp. 375~384, 2003.
- 2) 윤강훈, “우리나라의 해양 기상/환경 모니터링 분야 기술현황 및 전망”, 대한환경공학회지, 제30권, pp. 128~135, 2008.
- 3) 정완영, 정상중, 김종진, 권태하, “무선센서네트워크와 CDMA망을 이용한 국지적 기상모니터링 시스템”, 한국해양정보통신학회논문지, 제13, pp. 1713~1720, 2009.
- 4) 황두관, 김성호, “센서 네트워크 기반 교량 원격 모니터링 시스템 설계”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제16권, pp. 332~335, 2006.