

이·치수 및 방재를 위한 이동식 다목적 차수막(POCKET DAM)



김 필 식
유일기술연구소 / 소장
kimps@yooileng.co.kr



이 재 혁
㈜유일기연 / 대표이사
jaelee@yooileng.co.kr

1. 머리말

홍수와 가뭄은 과거부터 지금까지 모든 시대에 걸쳐 끊임없이 발생하여 왔으나 최근 들어 발생하는 홍수 및 가뭄의 재해 규모는 과거와 비교할 수 없을 정도로 대형화되고 홍수발생빈도 또한 급격히 증가하고 있다(하림 등, 2013). 소방방재청의 발표에 의하면 시간당 30mm 이상의 폭우발생빈도가 최근 30년 평균 3.8회, 5년 평균 5.2회로 나타났으며, 일 80mm 이상의 집중호우 일수는 1.5배 증가한 것으로 조사되었다(소방방재청, 2007). 또한 우리나라는 최근 기후변화로 인해 6~7년 주기로 발생하는 가뭄의 강도가 점차 증가하고 하천수의 과잉 취수 등으로 인해 하천의 건천화가 발생하고 있다(맹승진 등, 2013). 이처럼 홍수와 가뭄에 의한 재산피해가 증가하고 규모가 점차 대형화되어 우리의 삶을 위협하는 무서운 재난이 되고 있다. 따라서 국가적으로 치수방재 능력의 강화를 위한 신속하고 효율적 대응전략 수립이

한층 더 강조되고 있다.

인구와 자산의 증가, 생산 활동의 거대화 등의 사회발전과 이로 인한 인공적인 지형변화, 각종 시설물 및 구조물의 축조, 도시화된 토지이용 등의 환경변화는 홍수에 대한 우리사회의 취약성을 증대시켜 치수방재를 위한 우리의 노력보다 한발 앞서나갔으며, 최근 기후변화로 인한 시공간적 강우특성의 변화는 홍수피해를 더욱 가중시키고 있다(윤세의 등, 2013). 따라서 정부 및 지자체에서는 매년 펌프장의 용량을 늘리고 양수장을 확충하고 배수시설 개선 등에 많은 예산을 투입하고 있지만 갑작스러운 집중호우로 농경지 피해는 여전히 줄어들고 있지 않는 실정이다. 또한 점차적으로 증가하고 있는 가뭄으로 하천이 건천화되어 물부족의 위험성이 커지고, 농촌지역의 농작물 피해가 간과할 수 없는 수준으로 나타나고 있다. 하천이나 용·배수로에 보등의 취수시설을 설치하여 농업용수를 확보하기 위한 노력을 하고 있지만 대부분이 콘크리트 고정보로 토사퇴적, 시설물 파

손 등으로 재 기능을 하지 못하는 경우가 많아 이에 대한 적절한 대비책이 필요하다.

그 동안 우리나라는 수자원종합개발 10개년 계획, 수자원장기종합계획 등을 수립하고 하천정비사업의 시행과 다목적 댐을 세우는 등 치수방재를 위해 부단히 노력해 왔다. 그럼에도 불구하고 홍수피해가 증가하는 주된 원인으로는 시간이 지날수록 커져가는 집중호우의 강도와 시설에만 집중하는 방재 대책 등을 들 수 있다. 세계적으로 치수방재에 대한 패러다임이 변하고 있고 우리도 이제 홍수재해를 불가피한 자연현상으로 인식하고 발생피해에 대하여 복구위주로 일괄하던 소극적인 자세에서 탈피하여 치수방재를 위해 보다 능동적이고 효율적인 대처 방안의 마련이 필요하다.

피해 발생 후 복구하는 것도 중요하지만 피해 발생 이전에 미리 대비책을 세워 준비하는 것이 바람직하며, 지금까지 우리나라의 치수 방재에 대한 대비책은 시설물에 의존하는 경향이 많았다. 이는 급변하는 기상 상황에 신속하고 효율적으로 대처하기에 어려움이 있어 홍수와 가뭄의 피해를 최소화 할 수 있는 대비책이 절실한 시점이다.

이를 위해 본고에서는 홍수나 집중호우로 인해 발생하는 긴급 상황에 빠른 대처가 가능하며, 가뭄 때 하천이나 용·배수로를 임시로 막아 농업용수를 확보할 수 있으며 다방면에서 적용성이 뛰어난 방재 제품인 Pocket Dam을 소개하고자 한다. 홍수를 대비하기 위해서 설치한 시설물들은 국지적인 집중호우에 취약하고 가뭄은 아직까지도 그 대책이 미비한 것이 현실이어서 Pocket Dam을 적절히 사용한다면 농촌지역에서 이수 및 치수, 방재 설비로써 활용 가치가 높을 것으로 기대한다.

2. 치수시설 이용 현황

침수방지를 위한 치수제품으로는 국·내외에서 모래주머니가 가장 많이 쓰이며, 국내의 경우 최근 차수판의 수요가 증가하고 있다. 국외의 경우 대규모 차수시설로 아쿠아베리어(Aqua Barrier)를 많이 사용하고 있다.

2.1 국내 이용 현황

모래주머니는 가장 오랜 기간 사용해온 차수시설로 주머니 형식의 마대에 모래나 자갈 등을 넣어 벽 형태로 쌓아 치수한다. 타 차수시설에 비해 경제성이 뛰어나고 제작방법이 간단하지만 제작에 많은 인력과 시간이 소요되며, 고중량으로 인해 설치 및 해체, 보관에 어려움이 있어 유지관리에 큰 약점을 가지고 있다.

차수판은 최근 국내에서 가장 많이 사용하는 차수시설이며 상가나 주택의 입구, 지하주차장 램프 등을 통해 유입되는 우수를 막기 위해 이용되며, 침수높이에 따라 설치할 수 있도록 다양하게 제작이 가능하다. 측면 지주에 차수판을 끼워 넣는 방식으로 설치되며 교량 및 하천에 설치되는 차수판은 집중호우 시 제방 및 하천범람을 막기 위해서도 사용되고 있다. 차수판은 장간에 사용이 불가능하며 차수판을 보관하기 위하여 미관상 좋지 않고 신속한 설치가 불가능한 단점을 가지고 있다.



모래주머니 제작

모래주머니 보관

그림 1. 모래주머니 제작 및 보관



그림 2. 차수판 적용사례



그림 4. 플러드 스탱 적용 사례

2.2 국외 이용 현황

국외 침수방지 차수시설로는 국내와 같이 모래주머니가 가장 많이 사용되며 최근에는 아쿠아베리어가 대규모 차수시설로 많이 이용되고 있다. 아쿠아베리어는 미국 Hydro-Solution사에서 개발된 대규모 차수시설로 설치시 특별한 고정 장치나 앵커 없이 페브릭 소재의 튜브 형태에 물을 주입하여 수압으로 아쿠아 베리어를 팽창시켜 설치 가능한 이동식 차수막이다. 아쿠아베리어는 임시 가물막이, 임시 댐, 임시 다리, 파이프 공사, 풀장 조성 등 대규모 설치에 적합하나, 고가이며 장비와 인력이 다수 소요되는 단점이 있다.

이동식 차수블럭인 플러드 스탱은 블록의 아랫부분에 있는 입출수공을 통해 바닥면에 물이 차오르면 자연스럽게 블록 내부에도 물이 흘러 들어오게 되고 그 수위가 범람하는 수면의 수위와 동일한 높이로 차올라 차수블럭의 하중을 증가시켜 바닥에 지지하도록 하는 원리이다. 여름철 우기에 집중호우 피해로부터 보호할 수 있으며, 농업용수 및 건설 현장에서 담수장치로 사용이 가능



그림 5. Aqua Levee 휴대용 차수막

하다. 모래주머니 대응으로 사용이 가능하지만 부피가 커서 보관이 용이하지 못한 단점을 가지고 있다.

미국 Aqua Levee사에서 개발된 휴대용 차수막은 차수막 하단측면이 연장되는 구조로 길이와 높이 연장이 가능한 제품이다. 차수막 연장시 체결부를 장비로 고정하여야 하며 규모가 커서 설치 및 보관에 어려움이 있다.

국외 차수시설 대부분이 단일목적과 사용성에 어려움이 있어 특허 출원을 하였으나 소멸, 포기 및 취하되어 있는 상태이고 이로 인해 제품화 되지 못한 것들이 많이 존재한다. 설치 및 철거가 불편하며 보관 또한 용이하지 않고 고가의 가격으로 인해 경제성이 떨어져 활용되지 못하는 경우가 많다. 또한 대부분의 차수 제품 사용이

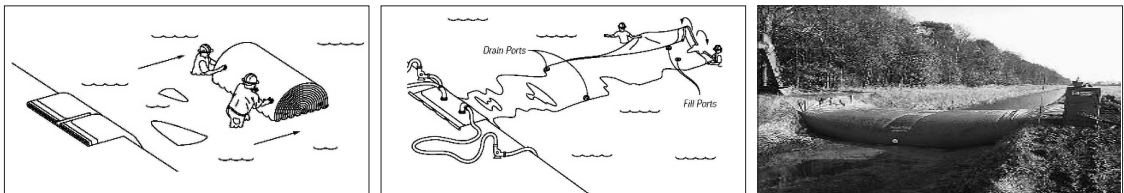


그림 3. 아쿠아베리어의 원리 및 적용사례

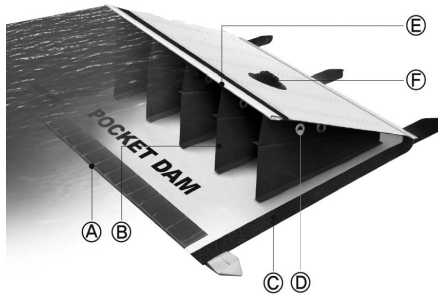


그림 6. Pocket Dam 구성

구분	명 칭	내 용
A	무게추	바닥 밀착 및 초기 누수 방지 기능
B	칸막이	높이 유지 기능
C	VELCRO	길이 확장 기능
D	EYELET	수량 분배 기능
E	부유장치	신속한 기립 기능
F	CAP	저류수 배출 및 취수관 연결 기능

도심지에 집중되어 있어 농촌지역에서의 활용은 취약한 실정이다.

3. Pocket Dam 개발

3.1 구성 및 작동원리

Pocket Dam의 무게추는 설치 초기에 바닥면에 밀착하여 누수를 방지하는 역할, 칸막이는 제품 규격에 따른 높이를 유지하는 기능, EYELET은 하나의 칸막이로 유수가 몰리는 편류현상을 방지하기 위한 장치이다. 또한 상부면 앞쪽에 부유장치를 설치하여 신속한 기립을 돕고 CAP을 부착하여 저류수를 배출하거나 취수관을 연결하여 다목적으로 사용할 수 있는 기능을 수행한다. 제품 양끝단에 이중 VELCRO를 부착하여 필요한 만큼 길이를 연장할 수 있는 기능을 수행한다.

Pocket Dam의 작동원리는 매우 간단하고 설치 전에 특별한 작업이 필요하지 않아 매우 편리하다. Roll 형식으로 말아져있는 제품을 흐르는 물에 펼쳐주기만 하면 흐르는 물에 의해 자연스럽게 펼쳐지고, 기립되어 자체 수압으로 고정된다. 지형이나 지물에 영향을 받지 않고 안정적으로 치수막의 역할을 한다. 그림 3는 Pocket Dam의 작동 과정을 보여주고 있다.

3.2 구조검토

3.2.1 구조적 계산

Pocket Dam은 그림 10과 같이 높이와 하부면의 비율을 1:4로 설계하여 유입되는 물의 자중에 의해 안정적으로 설치된다. 즉, Pocket Dam은 담수상태에서 수평 방향의 힘보다 수직방향의 힘이 크다는 원리를 이용한

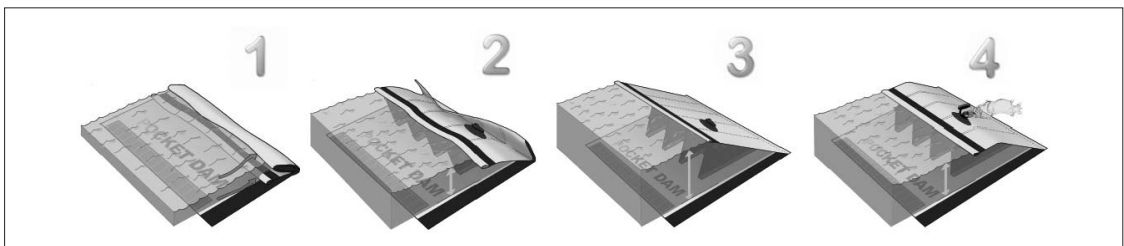


그림 7. Pocket Dam의 작동원리

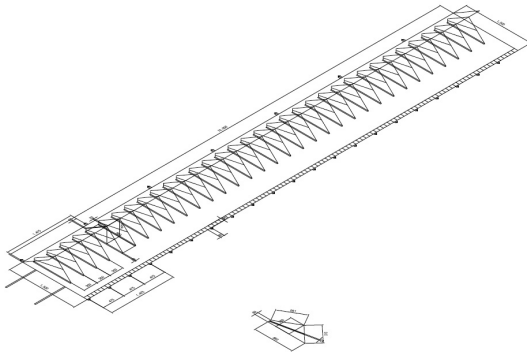


그림 8. Pocket Dam 도면

제품이다. Pocket Dam의 밀림 및 이동현상에 대한 구조검토를 위해 규격 PD01510(0.15mH × 10.0mL)에 Hydrostatic Pressure 상태를 가정하여 수리학(2006, 윤용남)에서 제시한 수평 및 수직방향에 작용하는 힘의 공식을 적용하였다.

단위폭(1m)에 대한 수평방향의 힘(P)은 다음과 같다.

$$P = P_s + P_v$$

P_s : 정수앞에 의한 수평분력
 P_v : 유 속에 의한 수평분력

$$P_s = \gamma h_G A = 1,000 \times \frac{0.15}{2} \times (0.15 \times 1.0) = 11.25 \text{ kg}$$

$$P_v = (v^2 / 2g) \gamma h = (1.0^2 / (2 \times 9.8)) \times 1,000 \times 0.15 = 7.65 \text{ kg}$$

$$P = P_s + P_v = 11.25 + 7.65 = 18.90 \text{ kg}$$

단위폭(1m)에 대한 수직방향의 힘(P_w)은 다음과 같다.

$$P_w = \gamma (b_A W_A h_A) + \gamma [(b_B W_B h_B) / 2]$$

$$= 1,000 (0.2 \times 1.0 \times 0.15) + 1,000 [(0.4 \times 1.0 \times 0.15) / 2]$$

$$= 60.0 \text{ kg}$$

여기서, γ 는 물의 단위중량(kg/m^3), h_G 는 도심(m), A는 면적(m^2), b는 Pocket Dam 하부면 길이(m), W는 단위 폭(m), h는 Pocket Dam의 높이(m)이다. 강우에 의하여 지표면으로 흐르거나 건물로 유입되는 우수의

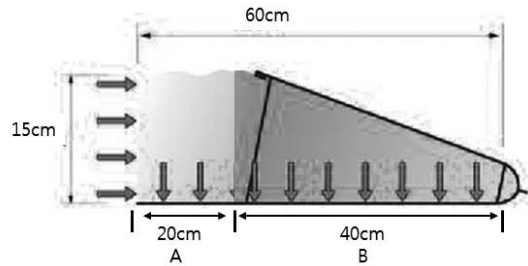


그림 9. Pocket Dam 구조검토

유속을 결정하는 것은 어려움이 있다. 따라서 일반적으로 홍수시 하천의 유속을 약 1.0m/s 내외로 가정하여 유속에 의한 수평분력 계산시 유속을 1.0m/s로 설정하였다. 구조검토 결과 자중에 의한 수직방향의 힘이 물의 흐름방향인 수평방향의 힘보다 약 3배 이상 큰 것으로 나타나 Pocket Dam 설치시 이동 및 밀림 현상이 발생하지 않을 것으로 판단된다.

3.2.2 구조해석 프로그램

Pocket Dam의 구조검토를 위해 구조해석 프로그램인 MIDAS 프로그램을 이용하여 Pocket Dam 0.35mH × 1.0mL의 구조를 검토한 결과 하부면의 충분한 면적 확보로 Pocket Dam이 밀리거나 이동하지 않는 것으로 나타나며, 모든 Mesh에 수압의 균등 분포를 통해 편류 현상이나 주 소재인 폴리에스테르 섬유 사용으로 인한 파손은 발생하지 않는 것으로 나타났다.

3.3 설치, 해체 및 유지관리

Pocket Dam 0.35mH × 10.0mL를 2명의 인력으로 약 3분 이내에 설치를 완료할 수 있으며 추가 인력은 필요 없다. 경량화 되어 소수의 인원으로 신속하게 설치 가능하며, 설치 전에 특별한 작업이 필요하지 않고 수위

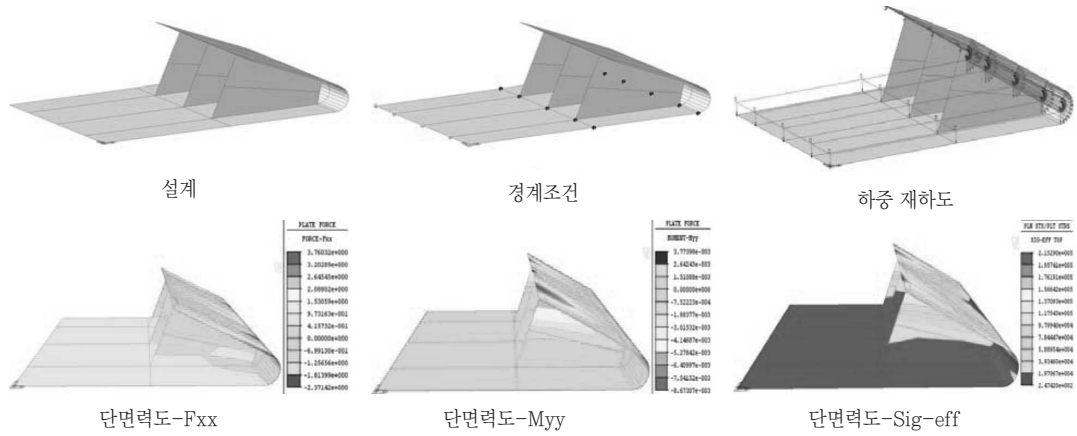


그림 10. MIDAS 구조해석 결과(0.35mH × 1.0mL)



그림 11. Pocket Dam 설치



그림 12. Pocket Dam 해체 과정

유지 기능이 추가되어 시간이 지나면서 일정한 높이를 유지한다. 그림 12는 Pocket Dam의 설치 과정을 보여 주고 있다.

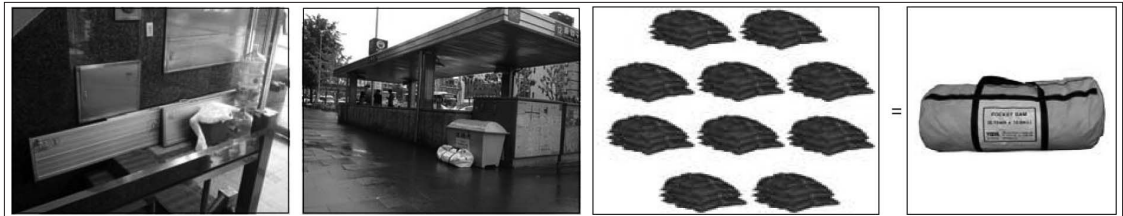
Pocket Dam 상부면에 CAP은 저류수를 배출하여 수위를 낮추는 기능뿐만 아니라 취수관을 설치하여 다용도로 저류된 물을 사용할 수 있다. 설치와 마찬가지로 2

명의 인력으로 약 3분 이내에 해체를 완료 할 수 있으며 해체 과정은 아래의 그림 13에 나타내었다.

Pocket Dam은 Roll 형식으로 말아 관리하므로 좁은 공간에서 보관이 가능하며, 중량이 가벼워 휴대 및 이동성이 우수하다. Pocket Dam의 운반 및 보관은 그림 14와 같이 간단하게 할 수 있다.



그림 13. Pocket Dam 보관 방법



차수판 보관 상태

모래주머니 보관

모래주머니 약 100개(700kg)

PD01510(15kg)

그림 14. 차수판 및 모래주머니 비교



농업용수 확보

임시가물막이

농작물 침수방지

배수캡을 이용한 취수

그림 15. 농촌지역 활용 사례

Pocket Dam은 유연한 소재의 특성으로 설치 및 해체가 쉬울 뿐만 아니라 단단한 Steel 구조의 차수막 보다 파손 및 유지보수에 유리한 장점을 가지고 있다. 또한 찢어짐과 같은 파손이 발생하여도 단순 패치를 이용하여 보수가 가능하다. 그림 15는 모래주머니, 차수판과 Pocket Dam의 보관 형태를 나타내고 있다.

3.4 Pocket Dam의 활용

Pocket Dam은 모래 주머니를 대체할 수 있는 방재 용품으로 집중호우로 인한 긴급 상황에 빠른 대처가 가

능하며 다방면에 활용도가 뛰어나다. 홍수 시 응급 상황에 신속하게 대처하며 농작물의 침수를 방지하고 농업용수로 임시 물막이 차수보, 농업용수 확보를 위한 저류 및 취수 등으로 농촌지역에서 여러 용도로 활용이 가능하다. 특히 흐름이 적은 하천 및 용수로에 설치하여 수위를 상승 시킨 후 배수캡에 취수관을 연결하면 농업용수 공급에 도움이 될 것이다.

또한, 농약이나 기타 유해물질의 확산을 방지하는 기능이 가능하며 임시 이동통로를 조성할 수 있고 시설물을 보호하는 역할도 가능하다. 도로나 공공시설 및 개인



임시 이동통로 조성

유해물질 확산 방지

시설물보호

도로침수방지

그림 16. Pocket Dam 다목적 활용 사례

사유재산을 보호하는 용도로도 사용할 수 있어 다목적으로 활용이 가능한 장점을 가지고 있다.

4. 맺음말

반복적인 홍수와 가뭄으로 매년 재산 피해가 발생하는 국내 여건상 도심지에서는 주로 모래주머니와 Steel 구조의 차수판에 의해 건물 및 구조물을 보호하고 있다. 그러나 농촌지역에서는 홍수시 하천의 범람등에 의해 논과 밭이 침수되고, 가뭄시에는 건천화된 하천에서 농업용수를 확보하기 위해 많은 노력을 해야 한다. 이에 근본적인 해결책에는 미흡하나 피해를 최소화 할 수 있는 방안으로 국가 R&D 지원 사업으로 개발된 다목적 차수막(Pocket Dam)을 소개하였다.

이동식 다목적 차수막 Pocket Dam은 도심지에서 주로 사용되는 기존 차수시설과 다르게 경량으로 제작되어 신속한 운반이 가능하며, 설치/해체 및 유지관리가 용이하다. 특히 농가에는 현재 차수판 설치가 미비하므로 주택지로의 침수 방지에 유용할 것이며, 하천 범람시 물길을 돌리거나 범람을 최소화 할 수 있다고 판단된다. 또한 양수장/배수장등과 같은 주요시설이 침수되는 것을 신속히 설치하므로 재해로부터 예방 할 수 있다. 농촌지역에 가뭄이 발생했을 경우 바닥을 들어내는 하천 및 수로에

모래주머니를 설치하여 양수 하는 방식이 아닌 Pocket Dam을 손쉽게 설치한다면 수위를 상승시킨 후 배수컵을 통해 농업용수 공급이 용이해 질 수 있다고 판단된다.

현재 농촌지역의 가뭄과 홍수로 인한 재해는 여쩀 수 없는 현상으로 받아들여지고 구조적인 해결책을 찾기 위해 급급해 하고 있는 것이 현실이다. 그러나 본고에서 소개하고자 하는 Pocket Dam은 이러한 개념에서 벗어나 휴대용 또는 관공서 비치용으로 그 역할을 충분히 할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 농업생산기반통계연보, 2007, 농림부
2. 맹승진, 김형산, 정지혜, 2013, 하천수량 확보 가이드라인 개발 방향, 한국농공학회, 전원과 자원, 제55권 제2호, pp. 20-26.
3. 소방방재청, 2007, <http://www.nema.go.kr>.
4. 윤용남, 2006, 수리학, 청문각
5. 윤세의, 김철, 박상우, 임창수, 2013, 치수 · 방재를 위한 국가 대응전략 및 추진과제, 한국수자원학회, 물과 미래, 제 46권 제1호, pp. 24-31.
6. 하림, 박종윤, 강부식, 정세웅, 김성준, 2013, 기후변화에 따른 저수지 탁수거동 예측 기법 제안, 한국농공학회, 전원과 자원, 제55권 제1호, pp. 24-29.

기획: 박창연 cepark@shingu.ac.kr