

SAM 알고리즘을 이용한 하천제방 붕괴예측에 관한 연구 A Study of a Levee Failure Forecasting using SAM Algorithm

유병선¹⁾, Byung-Sun Yoo, 박용대²⁾, Yong-Dae Park, 이규식³⁾, Kyu-Shik Lee, 장기태⁴⁾, Ki-Tae Chang

¹⁾ (주)삼안 기술개발연구원 책임연구원, Saman Research & Development Center of Saman Co., Ltd

²⁾ (주)삼안 기술개발연구원 연구원장, Saman Research & Development Center of Saman Co., Ltd

³⁾ (주)삼안 기술개발연구원 수석연구원, Saman Research & Development Center of Saman Co., Ltd

⁴⁾ 국립 금오공과대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Kumoh Univ.

SYNOPSIS : The Aim of this development is the safety management network of embankment facilities using forecasting analysis algorithm. Using this algorithm it is possible to predict a failure of embankment facilities in advance. therefore, it is necessary for making plans of a safety countermove. In this development we have researched the analysis method which could operate effectively the embankment facilities using real-time monitoring data from a remote sensing system and the safety managerial program using the algorithm from the analysis method developed.

Keywords : 제방시설물, 분석알고리즘, 붕괴예측, 안전대책, 네트워크 운영

1. 서론

우리나라는 2002년도부터 2004년도까지 태풍 ‘루사(Rusa)’, ‘매미’등 크고 작은 태풍의 내습과 잦은 강우로 인하여 모든 유역의 대·소하천 모두가 제방붕괴, 유실 및 하천의 범람 등으로 많은 수해피해를 입었다.

이는 설계당시 기존의 호우사상과는 달리 어느 지역에 국지적이며 집중적(계리라성)인 강우로 발생하여 예측이 불가능하고 수문학적 확률의 초과강우로 인하여 하천의 홍수지속시간이 3일 (‘02년도 설계개념)인 72시간을 넘어섬에 따라 제방의 체체가 포화되어 슬라이딩 등이 발생되고 파이핑 및 체체, 구조물 부위의 누수 등이 생성된 것으로 조사 추정된다(문대호, 2006).

하천구조물에서 기존 제방의 누수 등이 발생한 사례를 통하여 2002년의 통계로 배수통문 관련 홍수피해는 12%(453건 중 54건)에 해당되어 하천시설물(구조물)에 의한 수해피해의 규모가 점차 커지고 있음을 나타낸다(행자부, 2003).

따라서 효과적인 제방안전관리를 위하여 수자원(수리, 수문학적), 토질, 구조적 측면의 다각적인 내용을 고려할 수 있는 미래지향적인 첨단안전관리기법을 제시 하는 것이 절실히 필요하다.

일반적으로 토목구조물 계측관리의 경우 효과적인 과업수행을 위해 구조물별 관리기준치를 산정하여 계측결과와 설계시 산정한 값과의 비교분석하는 것이 일반화되어 있다. 그러나 토목계측분야에서는 아직까지 계측자료와 비교할 관리기준치가 명확하지 않은 것으로 확인되었다.

현재 사용되고 있는 관리기준치는 일본 및 미국의 자료를 그대로 인용하고 있는데 이 또한 구조물의 설계시 산정한 값이 아니라 경험적인 값을 일괄적으로 유사 구조물에 사용해야 하는 단점이 있다. 따라서 기존의 수동적인 절대관리기준의 개념이 아닌 새로운 개념의 관리기준 산정방법 및 이를 위한 분석 알고리즘의 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 제방에 설치된 계측센서의 데이터 그룹핑(Data Grouping)과정을 설명하고 전체적인 안정성을 확인 할 수 있는 SAM(Similarity Analysis Method) 알고리즘을 연구하였으며 알고리즘의 검증 을 위해 풍화가 심한 자연사면에서 측정한 실 계측 데이터(D현장 ; 충청도 지역)를 이용하였다.

2. 데이터 그룹핑(Data Grouping)

본 연구에 적용한 센서로 제방의 설치와 함께 그림1, 그림2와 같이 설치된다. 그림1은 지중매설형 타입이며 그림2는 지표설치형 타입이다. 지중매설형의 경우 분석방법은 각층 의 동일 위치점(Li,j)들의 그룹핑(Grouping)을 우선하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 왜냐하면 지층별 변위의 속도가 틀리고 지표면에서 깊이별 변위의 양 및 속도가 차이를 보일 가능성이 있기 때문이다. 지표설치형의 경우 동일 단면을 기준으로 설정하는 것이 바람직하다. 그룹핑(Grouping)단계의 설정은 현장의 특성을 고려하여 심사숙고해야 할 필요성이 있다. 여기에서 $P_{i,j}(i=1\sim n, j=1\sim m)$ 는 측정위치를 나타내며 n은 측정 단면번호를 m은 측정깊이번호를 나타낸다. $L_{i,j}(i=1\sim n, j=1\sim m)$ 동일깊이의 계측위치를 나타내며 n은 동일깊이 층번호를 m은 측정 깊이번호를 나타내며 $T_{i,j}(i=1\sim n, j=1\sim m)$ 는 각 단면의 센서위치이며 n은 단면번호이며 m은 센서위치이다.

제체의 지표설치 타입의 그룹핑(Grouping) 작업은 대표단면을 설정하여 제방의 파괴라인 추정 즉

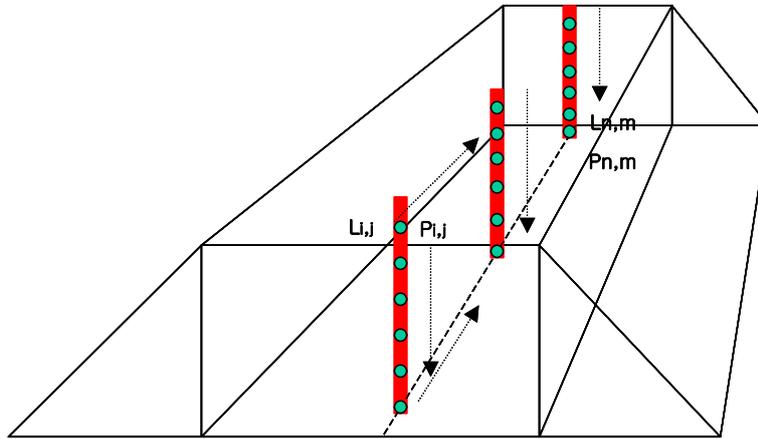


그림 1. 지중매설형 Type의 제방 분석 Positions 및 Layers

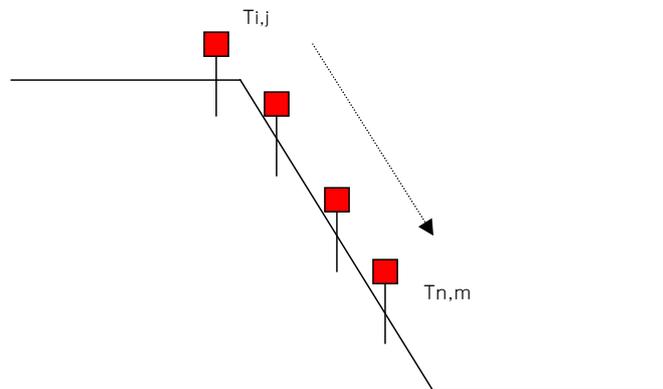


그림 2. 지표설치 Type의 제방 분석 Positions 및 Layers

깊은 파괴면 인지 아니면 얇은 파괴면으로 붕괴가 될 것인지 예측을 할 수 있다. 분석하고자 하는 단면

에서 발생 가능한 잠재적인 파괴라인은 센서 수에 따라 비례하며 모든 경우의 수를 포함하여 각 단계별로 분석을 실시한다.

3. SAM(Similarity Analysis Method) 알고리즘

3.1 근접성지수(Index of Closeness)

시간이 t_k 일때 두 관측점 P_i 와 P_j 사이의 변위차는 식(1)과 같이 정의한다.

$$D_{i,j}(t_k) = |D_i(t_k) - D_j(t_k)| \quad (1)$$

두 관측점 P_i 와 P_j 사이의 시간영역이 $[t_1, t_2]$ 일때, 변위에 관한 시간열 데이터 $D_{i,j}(t_k)$ 의 평균은 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{D}_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n D_{i,j}(t_k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |D_i(t_k) - D_j(t_k)| \quad (2)$$

변위차($D_i(t_k)$) 는 영역이 $[-\infty \sim +\infty]$ 사이인 거리차원을 가지고 있다. 구조물의 파괴가 구조물하단으로 파괴가 일어나는 얇은 파괴 같은 경우, 변위가 $+\infty$ 방향으로 발생할 것이며, 깊은 파괴와 같이 파괴면이 회전할 경우, 변위는 $-\infty$ 방향으로 움직일 것이다. 여기서 ∞ 의 공학적 의미는 구조물파괴에 해당하며, $+$ 는 두 측정점간의 변위가 증가하고 $-$ 는 변위의 감소를 의미한다. 구조물에서 발생한 변위차는 추후 전개될 공식 및 그래프상에서 비교 분석되어야 하므로 변위차를 무차원의 간단한 상수로 바꾸어 계산하는 것이 좋을 것이다. 변위차가 $[-\infty \sim +\infty]$ 사이에서 움직이고 있으므로 $[-90^\circ \sim +90^\circ]$ 사이에서 $[-\infty \sim +\infty]$ 로 움직이는 \tan 함수의 특성을 이용할 경우 함수를 무차원 상수로 변환할 수 있다. 변환된 무차원 상수는 $[-1 \sim +1]$ 구간에서 움직일 것이며 식(3)과 같이 변환하였다.

$$\sin^2 \alpha_{i,j} = \frac{\tan^2 \alpha_{i,j}}{\sec^2 \alpha_{i,j}} = \frac{\tan^2 \alpha_{i,j}}{1 + \tan^2 \alpha_{i,j}} = \frac{(\bar{D}_{i,j})^2}{1 + (\bar{D}_{i,j})^2} \quad (3)$$

$\alpha_{i,j}$ 의 영역은 $-90 \leq \alpha_{i,j} \leq +90$ 이므로, $\sin^2 \alpha_{i,j}$ 는 $[-1 \sim +1]$ 구간내의 상수 값으로 계산된다. 그러므로 $\sin^2 \alpha_{i,j}$ 는 두 구조물 관측점의 계측변위 데이터의 차이를 거리차원이 아닌 무차원 상수로 나타낼 수 있는 값이다.

그러나, 구조물이 얼마나 같이 연동하는가? 즉 구조물의 두 관측점이 같이 움직이는가를 안다면 파괴면의 크기를 알 수 있을 것이다. 다시 말하면, 구조물 내 두 관측점의 같은 시간대 변위차가 크면, 두 지점은 서로 다른 파괴면 위에서 따로 움직이고 있는 것이고, 변위차가 적거나, 거의 없다면, 두 관측점은 같은 파괴면상에서 움직이고 있으므로 파괴면의 크기와 속도 등을 유추할 수 있다. 그러므로, 두 관측점의 변위 data의 차이, 즉 관측점의 근접성에 관한 지수를 새로 도입할 필요가 있다. 근접성지수는 전적으로 두 관측점의 변위차와 다른 개념이며, 근접성지수는 상수로 정리된 변위차에서 최대값을 빼면된다. sine함수로 표시된 변위의 최대값의 경우, +변위의 경우 +1이며, -변위의 경우 -1이다. 그러므로 근접성지수는 무차원상수로 정의된 변위차, 즉, $\sin^2 \alpha_{i,j}$ 를 최대값, 1,에서 빼주면 된다. 시간차 i, j 에서 발생한 구조물내 두 관측점 사이의 근접성지수는 $C_{i,j}$ 로 표시하며 식(4)와 같이 변환된다.

$$\begin{cases} C_{i,j} = 1 - \sin^2 \alpha_{i,j} = \cos^2 \alpha_{i,j} \\ = 1 - \frac{(\bar{D}_{i,j})^2}{1 + (\bar{D}_{i,j})^2} = \frac{1}{1 + (\bar{D}_{i,j})^2} \end{cases} \quad (4)$$

3.2 상대변위지수(Index of Likeness)

상대변위지수는 두 관측점 사이의 최대변위차($M_{i,j}$)와 최소 변위차($m_{i,j}$)와 해당시점의 변위차를 사용하여 구할 수 있다(그림3 참조).

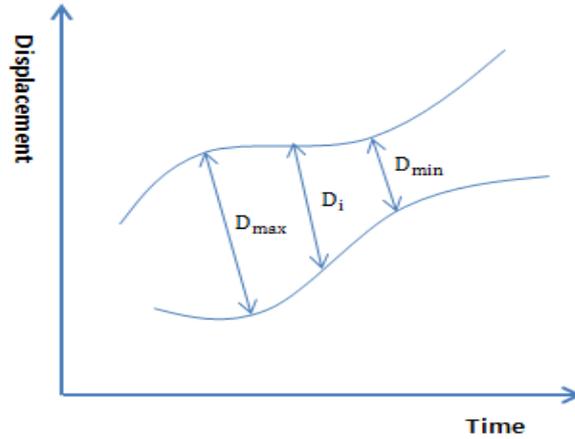


그림 3. 상대변위 지수의 개념설명

두 관측점의 최대변위차와 최소변위차의 차이가 변위차 사이의 최대값이 될 것이며, 이는 두 관측data를 이용한 변위차 그래프의 최대간격($M_{i,j} - m_{i,j}$)이 될 것이다. 그리고 최대변위차값을 해당시점의 변위차값으로 빼면 이는 변위차 그래프의 해당시점의 간격이 되며($M_{i,j} - D_{i,j}$), 해당간격을 최대간격으로 나누면 이는 상대변위차가 될 것이다. 먼저 최대 및 최소 상대변위차는 식 (5)로 정의된다.

$$\begin{cases} M_{i,j} = \max_k [D_{i,j}(t_k)] \\ m_{i,j} = \min_k [D_{i,j}(t_k)] \end{cases} \quad (5)$$

두 관측점의 관측시간 i, j 구간에서 어떤 시간 t_k 에 해당하는 시간열 데이터에 관한 상대변위지수는 아래의 식(6)로 정의 할 수 있다.

$$L_{i,j}(t_k) = \frac{M_{i,j} - D_{i,j}(t_k)}{M_{i,j} - m_{i,j}} \quad (6)$$

$M_{i,j} = m_{i,j}$ 일때 $L_{i,j}(t_k) = 1$ 이라 하면, $L_{i,j}(t_k)$ 의 구간별 범위는 $0 \leq L_{i,j}(t_k) \leq 1$ 이다.

두 시간열 데이터의 평균값을 구한 값을 상대변위지수($L_{i,j}$)라 하며, 아래의 식 (7)로 정의할 수 있다.

$$L_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n L_{i,j}(t_k) \quad (7)$$

$L_{i,j}(t_k)$ 의 범위는 [0~1]인 무차원수이므로, 당연히 이의 평균값인, $L_{i,j}$ 역시 범위가 [0~1]사이인 무차원수이다. $L_{i,j}$ 값이 크거나, 혹은 1에 근접할 때 1, i, j 시간 구간의 데이터 시리즈는 유사한 모양을 갖게 될 것이다. 다시 말하면, $L_{i,j}$ 값이 작거나, 0에 근접하면 i, j 시간 구간의 데이터 시리즈는 서로 다른 모양을 갖게 될 것이다.

3.3 유사성 지수(Index of Similarity)

두 관측점의 시간열 데이터의 차이, 즉, 두 지점의 변위량 차이를 수치화하기 위하여, 근접성지수($C_{i,j}$)라는 개념을 정의하였고, 데이터 시리즈의 그래프 형상의 비슷한 정도를 나타내기 위하여 상대 변위차($L_{i,j}$)라는 개념을 정의하였다. 그러므로 이 두 가지 개념을 각각 사용하는 것이 아니라 함께 사용하면, 두 관측지점의 시간열 데이터의 변위차의 정도 및 그래프로 나타난 모양이 비슷한 정도(각 지점의 시간에 따른 데이터의 증감정도)를 동시에 나타낼 수 있을 것이다. 이 두 개념은 근접성과 상대변위차를 각각 좌표의 한축으로 그림으로 표현할 수 있으며, 같은 무리에 속하면 같은 거동을 나타내고 있다고 할 수 있을 것이다(그림4 참조).

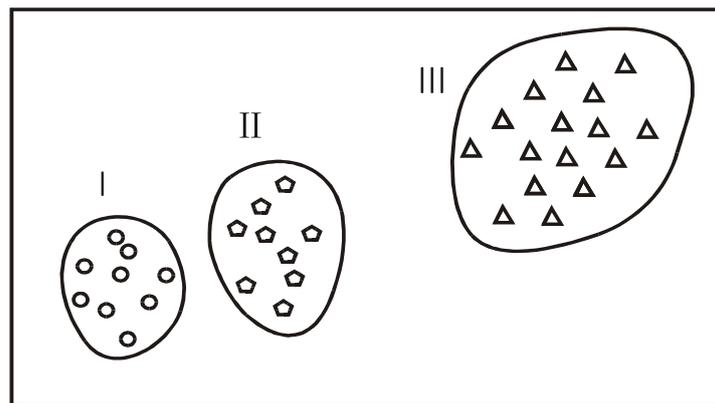


그림 4. SAM 분석방법

두 관측점의 시간열 i 와 j에서 만들어진 근접성지수($C_{i,j}$)와 상대변위지수($L_{i,j}$)의 곱을 이용하여 유사성지수($S_{i,j}$)를 정의한다. 이 유사성 지수($S_{i,j}$)는 식(8)과 같이 정의 한다. 구간이 [0~1]사이인 두 무차원수로 구성되었으므로, 유사성지수는 당연히 구간의 범위는 [0~1]사이에 존재한다.

$$S_{i,j} = C_{i,j} \times L_{i,j} , 0 \leq S_{i,j} \leq 1 \quad (8)$$

4. 데이터 분석

4.1 D사면 현황

본 현장은 충청북도 단양군에 위치하고 있고 2003년 12월 부터 유지관리 계측을 수행하고 있으며 대상사면은 국도의 절취사면부로 1단면~3단면은 사면하부의 남한강을 기준으로 봉적사면에서 마을 진입

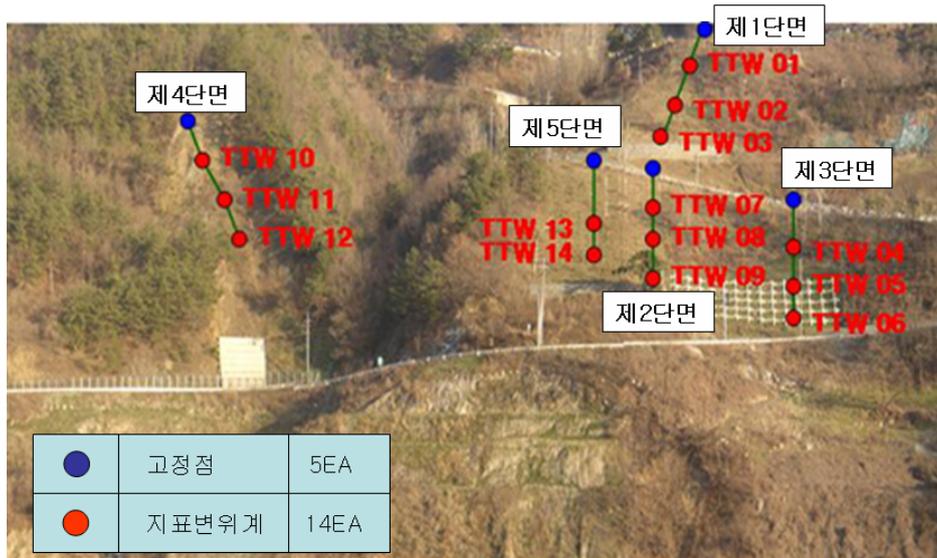


그림 5. D사면 센서 배치도

로 상의 콘크리트 도로와 상부의 폐석 성토층에 이르는 단면으로 진입로 하부 사면에서 인장균열이 발견된 지점이다. 4~5단면은 전석와 붕적토(HW~CW)로 피복되어 있고 암반부 노두는 풍화의 진전으로 인하여 변색이 진행되고 있으며 손으로도 암편이 쉽게 탈락되는 상황이다. 또한 지표토양의 침식 및 활동을 억제하기 위하여 부분적으로 돌망태공 및 목재막음으로 처리되어있으나 돌망태공의 경우 느슨한 상태이고 목재막음 또한 부식 및 낙석으로 인하여 파손된 지점이다 (그림 5 참조).

계측기 설치수량은 1단면~5단면을 통합하여 지표변위계 14개소, 지표변위계 상부에 각각 일식으로 부착된 각도계 14개소, 강우계 1개소로 총3종의 계측기를 14개소에 설치하여 무선CDMA 모뎀을 통해 실시간 자동을 계측 수행된다. 본 사면은 계측 수행기간 동안(1년간) 사면 전반에 걸쳐 거동이 감지되었으며, 이는 그림 6에서 나타난 것과 같이 강우강도에 따른 변위 발생의 관계를 확연히 알 수 있다.

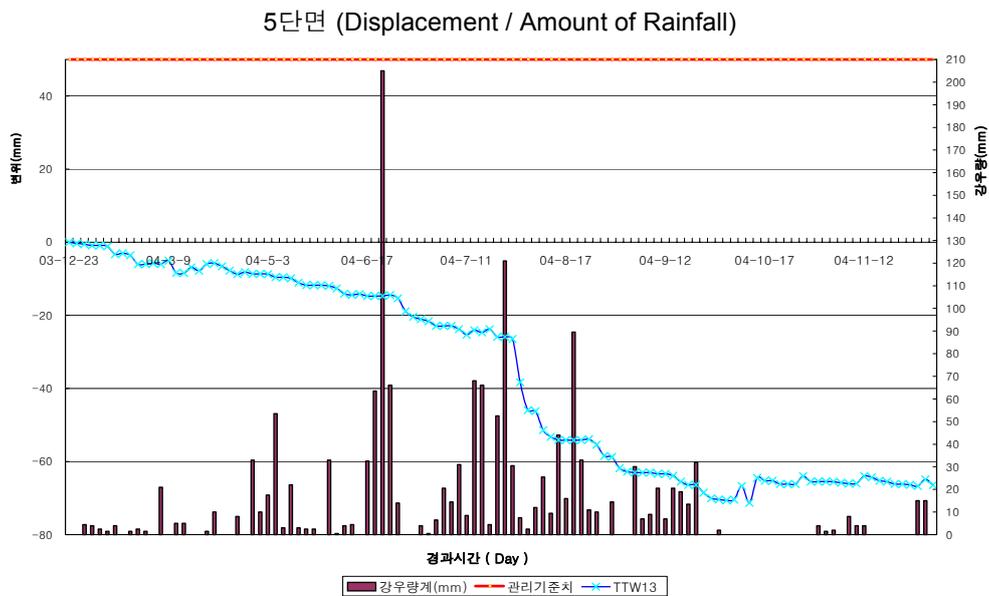


그림 6. 강우강도에 따른 변위 발생의 관계

계측 수행전 본 사면은 강우시 우수가 침투되어 배수가 이루어지지 않아 구조물이 부상되어 있으며 도로부의 이동에 의해 가드레일과 측대부가 밀려있었다. 이러한 구조물의 이동에 의해 국도 하부사면의 인장균열도 증대되고 있는 것으로 조사된 바 있다. 도로 하부 지반은 과거 시추조사 결과에서 볼수 있듯이 실트질 모래섞인 전석과 자갈로 구성되어 있는 매립층과 붕적층으로 이루어져 있다. 또한 시추작업시 100% 누수가 발생하는 것으로 미루어 파쇄대의 발달과 큰 공극으로 인한 지반의 지지력 저하로 상부 도로의 횡방향 균열 및 도로와 하부 사면의 추가적인 균열을 초래한 것으로 보여진다. 이상과 같은 현상의 근본적인 원인은 사면부에 다량의 우수가 지반내로 유입함으로써 지반의 변위를 유발한 것으로 추정된다. 즉, 사면 전반에 걸쳐 원활한 배수 시설 미비로 인한 것으로, 지반의 변위를 최소화 하기 위해 지표수의 유도 배수를 위한 시설물이 필요할 것이다. 현재 하천부 법면으로 추가적인 버트리스식 개비용벽이 보강 설치되었으며, 도로부 사면 상부로 산마루 측구를 설치하여 배수의 원활을 기하고 있다.

4.2 SAM 분석

현재까지 하천제방에 설치된 계측시스템이 존재하지 않고 있다고 하더라도 붕괴의 가능성을 예측할 수 있는 수준의 계측데이터에 포함된 제방계측데이터가 없으므로 점진적인 변위이력을 가지고 있는 D현장의 계측현장 중 D현장의 데이터를 이용하였으며 D현장의 계측단면 중 SAM 분석에 적용한 단면은 제1단면이며 총 6개의 센서로부터 측정된 데이터를 이용하였다. 표1 은 본 연구에서 사용한 D현장의 제1단면의 총 6개의 센서로부터 측정된 원본 데이터이며 표2는 변위차 및 평균변위차를 이용하여 SAM 분석을 위한 일련의 과정을 보여주는 표이며 표3은 근접성지수와 상대변위지수를 이용한 유사성분석 결과데이터를 정리한 것이며 그림7은 SAM분석을 수행한 것이다.

제방제체의 사면의 파괴에 따른 거동양상을 근접성지수의 경우 각 관측점 사이의 전체 시간열 데이터를 단순히 하나의 지수(무차원 상수)로 나타낼 수 있다. 전체거동차이를 하나의 값으로 나타내는 근접성지수와 사면의 거동과정 (그래프의 비슷한 정도)을 해석하기위해 상대변위차를 이용할 수 있다. 유사성분석은 근접성지수와 상대변위차를 각각 좌표의 한축으로 하여 그림으로 표현할 수 있으며 같은 그룹에 속하면 동일한 거동을 나타내고 있다고 할 수 있다.

표 1. D현장 데이터

측정일자	TTW1	TTW2	TTW3	TTW4	TTW5	TTW6
2006-05-14	-2.51	3.6	-6.72	0.88	-3.77	-1.76
2006-05-15	-2.51	2.1	-7.65	0.75	-3.79	-2.31
2006-05-16	-2.51	2.1	-7.65	0.75	-3.79	-2.31
2006-05-17	-2.81	2.04	-7.96	0.86	-3.84	-1.46
2006-05-18	-2.81	2.04	-7.96	0.99	-3.84	-1.46
2006-05-19	-3.72	1.14	-8.26	-0.21	-4.77	-2.66
2006-05-20	-4.04	0.49	-9.27	-0.46	-6.19	-2.61
2006-05-21	-4.32	0.3	-9.4	-0.46	-6.19	-2.61
2006-05-22	12.49	3.84	-20.38	0.77	-5.95	4.87
2006-05-23	12.53	3.6	-20.32	2.26	-5.89	4.93
2006-05-24	12.53	3.54	-20.38	2.2	-5.95	6.08
2006-05-25	15.17	3.54	-20.38	2.2	-5.95	5.83
2006-05-26	32.54	3.3	-20.01	3.46	-6.19	13.89
2006-05-27	32.57	3.3	-20.01	3.71	-6.19	15.09
2006-05-28	32.67	3.3	-20.01	3.73	-6.19	16.59
2006-05-29	33.71	3.3	-20.01	3.77	-6.19	16.46
2006-05-30	36.45	3.3	-20.01	3.77	-6.19	16.5
2006-05-31	35.85	3.3	-20.01	3.77	-6.19	16.59
2006-06-01	35.72	3.3	-20.94	3.77	-6.19	16.59

2006-06-02	35.76	3.3	-20.94	3.77	-6.21	16.35
2006-06-03	46.26	3.41	-17.28	7.93	-6.25	20.49
2006-06-04	45.97	3.3	-19.39	7.93	-6.25	20.27
2006-06-05	46.19	3.25	-19.45	7.68	-6.55	20.19
2006-06-06	45.18	3	-17.43	7.45	-6.45	20.17
2006-06-07	44.48	3.3	-15.74	7.93	-6.19	20.19
2006-06-08	44.67	3.9	-19.08	7.98	-6.19	20.12
2006-06-09	44.69	4.18	-18.83	7.98	-5.93	20.42
2006-06-10	46.23	3.9	-17.92	7.98	-6.19	20.12
2006-06-11	42.67	9.29	-21.87	8.53	-5.95	20.51
2006-06-12	42.67	9.29	-21.87	8.53	-5.95	20.46
2006-06-13	42.67	9.87	-21.56	9.13	-5.95	21.08
2006-06-14	42.67	9.59	-21.87	9.13	-5.95	21.21

표 2. SAM 분석 절차표(Similarity Analysis Processing Table)

Similarity Analysis Process												
	D1,2	L1,2	D1,3	L1,3	D2,3	L2,3	D4,5	L4,5	D4,6	L4,6	D5,6	L5,6
6.11	0.9588	4.21	1	10.32	0.95829	4.65	0.9895	2.64	0.9542	2.01	0.97936137	
4.61	0.9979	5.14	0.9848	9.75	0.98413	4.54	1	3.06	0.9150	1.48	1	
4.61	0.9979	5.14	0.9848	9.75	0.98413	4.54	1	3.06	0.9150	1.48	1	
4.85	0.9916	5.15	0.9846	10	0.972801	4.7	0.984819	2.32	0.98414	2.38	0.964953271	
4.85	0.9916	5.15	0.9846	10	0.972801	4.83	0.972485	2.45	0.97198	2.38	0.964953271	
4.86	0.9914	4.54	0.9946	9.4	1	4.56	0.998102	2.45	0.97198	2.11	0.97546729	
4.53	1	5.23	0.9833	9.76	0.983680	5.73	0.887096	2.15	1	3.58	0.918224299	
4.62	0.9976	5.08	0.9858	9.7	0.986400	5.73	0.887096	2.15	1	3.58	0.918224299	
8.65	0.8927	32.87	0.5334	24.22	0.328195	6.72	0.793168	4.1	0.81792	10.82	0.636292835	
8.93	0.8854	32.85	0.5337	23.92	0.341795	8.15	0.657495	2.67	0.95144	10.82	0.636292835	
8.99	0.8838	32.91	0.5328	23.92	0.341795	8.15	0.657495	3.88	0.83846	12.03	0.589174455	
11.63	0.8151	35.55	0.4898	23.92	0.341795	8.15	0.657495	3.63	0.86181	11.78	0.598909657	
29.24	0.3566	52.55	0.2130	23.31	0.36944	9.65	0.515180	10.43	0.22889	20.08	0.275700935	
29.27	0.3558	52.58	0.2125	23.31	0.369446	9.9	0.491461	11.38	0.13818	21.28	0.228971963	
29.37	0.3532	52.68	0.2109	23.31	0.369446	9.92	0.489563	12.86	0	22.78	0.170560748	
30.41	0.3262	53.72	0.1940	23.31	0.369446	9.96	0.485768	12.69	0.01587	22.65	0.175623053	
33.15	0.2548	56.46	0.1494	23.31	0.36944	9.96	0.485768	12.73	0.01213	22.69	0.174065421	
32.55	0.2705	55.86	0.1592	23.31	0.36944	9.96	0.485768	12.82	0.00373	22.78	0.170560748	
32.42	0.2738	56.66	0.1461	24.24	0.327289	9.96	0.485768	12.82	0.00373	22.78	0.170560748	
32.46	0.2728	56.7	0.1455	24.24	0.327289	9.98	0.483870	12.58	0.02614	22.56	0.179127726	
42.85	0.0023	63.54	0.0341	20.69	0.488213	14.18	0.085388	12.56	0.02801	26.74	0.01635514	
42.67	0.0070	65.36	0.0045	22.69	0.397552	14.18	0.085388	12.34	0.04855	26.52	0.024922118	
42.94	0	65.64	0	22.7	0.397098	14.23	0.080645	12.51	0.03267	26.74	0.01635514	
42.18	0.0197	62.61	0.0493	20.43	0.5	13.9	0.111954	12.72	0.01307	26.62	0.021028037	
41.18	0.0458	60.22	0.0882	19.04	0.563009	14.12	0.091081	12.26	0.05602	26.38	0.030373832	
40.77	0.0564	63.75	0.0307	22.98	0.384406	14.17	0.086337	12.14	0.06722	26.31	0.033099688	
40.51	0.0632	63.52	0.0345	23.01	0.383046	13.91	0.111005	12.44	0.03921	26.35	0.031542056	
42.33	0.0158	64.15	0.0242	21.82	0.436990	14.17	0.086337	12.14	0.06722	26.31	0.033099688	
33.38	0.2488	64.54	0.0179	31.16	0.013599	14.48	0.056925	11.98	0.08216	26.46	0.027258567	
33.38	0.2488	64.54	0.0179	31.16	0.013599	14.48	0.056925	11.93	0.08683	26.41	0.029205607	
32.8	0.2639	64.23	0.0229	31.43	0.001359	15.08	0	11.95	0.08496	27.03	0.005062305	
33.08	0.2567	64.54	0.0179	31.46	0	15.08	0	12.08	0.07282	27.16	0	
Average	24.818	0.47180	43.052	0.36770	20.6740	0.488936	10.053	0.47687	8.7475	0.38398	17.5337	0.374853972
Mi,j	42.94		65.64		31.46		15.08		12.86		27.16	
mi,j	4.53		4.21		9.4		4.54		2.15		1.48	

표 3. 유사성분석 결과정리

F.L	T _{1,2}	T _{1,3}	T _{2,3}	T _{4,5}	T _{4,6}	T _{5,6}
L _{i,j}	0.4718	0.3677	0.4889	0.4768	0.3839	0.3748
C _{i,j}	0.0016	0.0005	0.0023	0.0097	0.0129	0.0032
S _{i,j}	0.0007	0.0001	0.0011	0.0046	0.0049	0.0012

D현장의 경우 상대변위지수와 근접성지수를 동시에 이용하는 유사성분석에서 모두 3개의 그룹핑이 형성되었으며 비교적 협소한 영역에서 3가지이상의 거동형태를 가지고 있다고 할 수 있으며 구조물이 불안정하다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 해석알고리즘을 이용하여 현장에 적용한 결과 유익한 해석결과를 도출하였으며 실시간 분석기법의 한 가지 방법으로 사용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

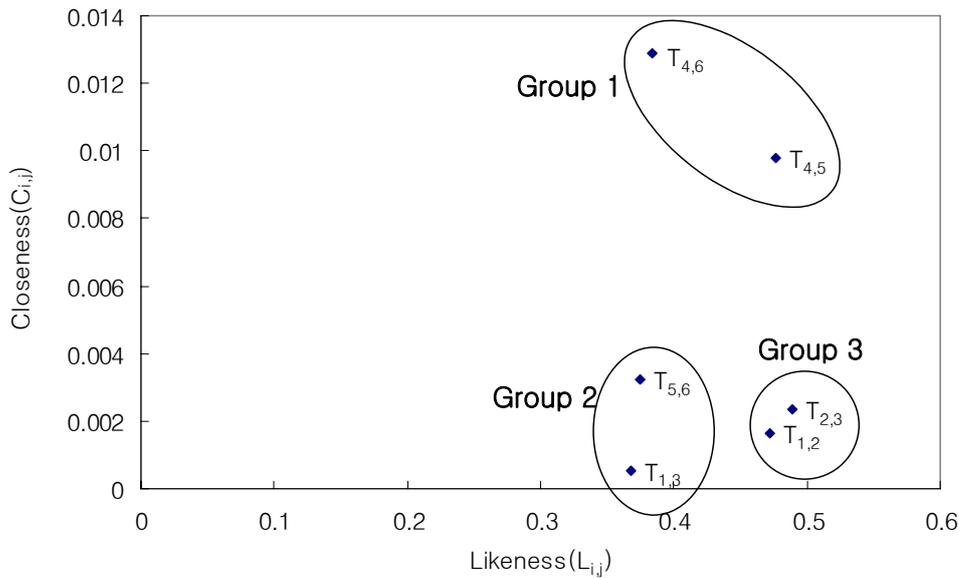


그림 7. SAM 분석결과

5. 결론

하천제방시설물 유지관리 네트워크 구축을 위한 분석알고리즘 개발 및 연구를 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 알고리즘의 검증에 사용된 D현장의 SAM(Similarity Analysis Method)분석의 경우 상대변위지수와 근접성지수를 동시에 이용하는 유사성분석에서 모두 3개의 그룹핑이 형성되었으며 비교적 협소한 영역에서 3가지이상의 거동형태를 가지고 있다고 할 수 있고 이는 현장의 거동현황과 유사한 결과이므로 SAM분석이 사면거동을 예측 할 수 있는 하나의 기법으로 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

2) 데이터 그룹핑 및 SAM(Similarity Analysis Method)을 이용하여 하천시설물 유지관리 네트워크 구축에 필요한 유비쿼터스 환경에 적합한 알고리즘을 제안하였으며 추후 테스트베드 현장에 적용 및 검증을 실시하여 개발된 알고리즘을 업데이트하고 신규 알고리즘개발을 지속적으로 연구할 필요가 있다.

3) 또한 본 분석기법이 하천제방에 사용될 예측기법으로 개발되었으므로 추후 하천제방에 설치된 실 계측데이터를 확보하는 것이 무엇보다 시급한 현안이므로 실내모델시험과 현장데모시험을 통해 단계적으로 알고리즘의 유용성을 검증하고 데이터베이스가 확보된다면 홍수량, 토질 및 환경영향을 모두 고려할 수 있는 총체적인 알고리즘을 연구해야 할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 건설교통기술평가원이 시행관리하는 건설기술혁신사업(과제번호:06 건설핵심B05)의 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 문대호(2006), “하천시설물의 안전확보를 위한 개선방안”, 2006년 하천시설물 안전점검 체계 구축방안에 관한 세미나 논문집, pp.1-75.
2. 행자부(2003), “하천시설물 피해유형”, 2002년 재해백서 자료집
3. J. F. Wang, K. T. Chang, W. H. Tang, and R. D. Wang(2004) On Data Processing Approaches Concerned Landslide Behavior Based on Real-time Monitoring System for Landslide-prone Slopes, For 1st Annual Workshop, International Cooperation Project , OASYS
4. 유병선(2006), “실시간 사면붕괴 위험경보 체계를 위한 분석기법에 관한 연구”, 박사학위논문, pp. 92~99.