호안 안정성평가 프로그램 개발

Development of stability evaluation program for levee revetment

김상문*, 최흥식**
Sang Mun Kim, Hung Sik Choi

요 지

본 연구는 하천 호안의 안정성에 대한 값들을 체계적으로 정리하고 관련 기법을 컴퓨터 프로그램으로 개발하여 실무자들이 호안의 시공 설계시 안정성에 대한 평가를 쉽게 할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 프로그램의 사용을 쉽게 하기 위해 GUI(Graphical User Interface)의 기능이 뛰어난 Visual Basic을 사용하였으며, Data-Base를 기반으로 하는 Menu-Driven 방식을 채택하였다.

프로그램의 기본구성은 호안의 수리적 안정성연구를 바탕으로 국내의 하천에서 가장 많이 사용되고 있는 식생호안공, 돌망태공, 식생호안 블록공의 3가지로 구성 되어 있으며 각 호안공의 소류력에 필요한 수리 특성 자료와 각종 계수, 호안에서 측정되어진 값을 산정 후 각 호안의 내력 소류력 값과 외력 소류력 값을 산출 한 뒤 이 들 값을 비교하여 호안의 안정성을 평가하였다. 호안의 안정성평가 프로그램을 바탕으로 하천 호안의 축조 및 최근의 생태성이 강조된 하천의 호안 시공 설계 시 많은 사용이 기대된다.

핵심용어 : 수리적 안정성, Menu-driven, 소류력, 항력, 양력

1. 서론

최근 하천의 생태성이 강조되면서 다양한 식생의 활착을 유도할 목적의 호안이나 사석, 목재 등의 천연재료를 사용하는 친환경적인 호안이 고안되어 시공되고 있다. 이러한 호안은 홍수시 유실에 따른 안정성의 확보와 생태성을 고려하는 것이 중요하다. 홍수시의 제방주위의 유수에 의한 전단력을 외력으로 하고, 내력으로서 제방을 피복하는 식생 및 제방이나 고수부를 구성하는 토질재료의 내침식력을 설정하여 제방의 제외지 측 비탈면이 침식되는가, 또는 제외지 측 비탈면이 세굴 될 가능성이 높은가를 평가하여 하천제방의 안전성을 조사한다. 이에 본 프로그램은 하천제방 관련 선진기술 개발(건기평, 2004) 및 수리적 안정성 분석을 통하여 각 호안공의 내·외력 소류력의 변수를 확립하였으며, 호안 블록의 양력 및 항력에 관한 계수(Yamamoto 등, 2000)와 호안 블록의 형상과 항력·양력 특성(Tamura 등, 2003)에 관한 연구를 프로그램에 적용시켰다. 앞으로 지속적인 자료 수집 및 DB의 업데이트로 우리나라 하천 호안의 시공 환경에 맞는 소프트웨어로 발전시킬 수 있을 것이다.

2. 호안 안정성 평가 프로그램의 구성 및 기능

2.1 Main Form

안정성 평가 프로그램은 GUI의 기능이 강한 Visual-Basic을 사용하였으며, 간편하게 사용 가능하도록 트리 구조 방식의 Menu-Driven 방식을 이용하였다. 프로그램을 실행 시키면 그림 1과 같은 Main form이 출력된다. 안정성 평가 프로그램은 크게 메인 바와 툴바가 있다. Main bar에는 파일, 호안 종류, 도움말이 있으며

* 상지대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : ksmt0607@sangji.ac.kr
** 정회원 상지대학교 토목공학과 교수 공학박사 E-mail : hsikchoi@sangji.ac,kr

Tool bar에는 새 파일, 열기, 저장, 도움말 아이콘이 있다. tool bar 아래에는 좌측으로 식생호안, 돌망태공, 호안 블록공으로 분류된 호안의 형태가 있으며 우측에는 창이 생성되는 Form이 있다.

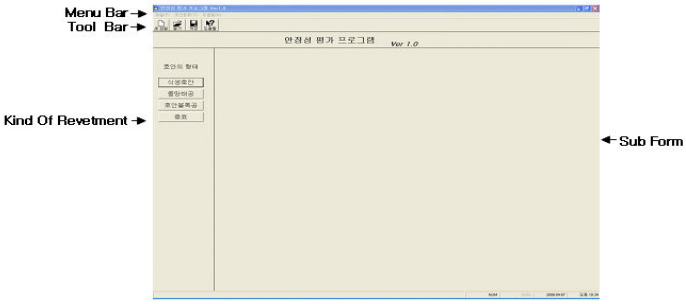

그림 1 Main Form

2.2 각 호안의 내·외력 소류력 변수

2.2.1 식생호안

식생호안의 경우 보링기구를 이용하여 호안 비탈면에 3cm정도 박아 넣어 흙을 채취한 후, 채취한 흙에서 뿌리 및 줄기의 중량을 재어 그 중량을 뿌리 및 줄기의 중량을 제외한 흙의 부피로 나누어 구한 평균근모량(σ_0), 제방에 침식이 발생하여도 붕괴에 이르지 않는 허용 침식 깊이(Z_{brk}), 유수에 의한 전단력이 작용하는 지속시간(t)을 각각의 변수로 사용하여 내력 소류력을 산출하였다. 식생의 표면침식내력 u*는 식 2-1과 같다.

$$u_* = \frac{Z_{brk}}{\alpha} \cdot \frac{1}{\log t} \tag{2-1}$$

여기서 α는 침식되기 쉬움을 나타내는 계수 ($50\sigma_0$ + 9)의 값을 가진다. 외력 소류력의 변수는 조사 지점의 계획홍수위와 최심하상고의 차인 설계수심(H_d)과 조도계수(n)를 이용하여 유속계수(ϕ)를 산정 한다. 식 2-2는 유속계수 ϕ를 보여준다.

$$\phi = (1/n) \cdot (H_d^{1/6} / \sqrt{g} \tag{2-2}$$

이때, 산출된 유속계수와 대표유속 V_0을 이용하여 외력 소류력 u_*을 구해보면 아래와 같다.

$$u'_* = V_0 / \phi \tag{2-3}$$

그림 2는 식생호안의 외력 변수를 보여준다.

2.2.2 돌망태공

돌망태공의 경우 망태의 변형을 나타내는 무차원 소류력(τ*d), 비탈면의 각도(θ), 자연석일 경우 38°, 깬돌의 경우 41°를 나타내는 재료의 수중안식각(Φ)을 나타내어 그림 3과 같이 내력 소류력을 산출하였다. 무차원 소류력의 값은 한계 소류력의 값 0.05에서 망태의 변형을 허용하지 않는 경우의 0.1의 값과 망태의 변

형을 다소 허용하는 경우의 값 0.12를 가진다. 돌망태의 무차원 내력 소류력 τ_{sd}는 다음과 같다.

$$\tau_{sd} = \tau_{*d} \times \cos\theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2\theta}{\tan^2\phi}} \tag{2-4}$$

외력 소류력의 경우는 수면구배에 의한 상당조도 값(k_s), 대표유속과 의 값을 가지는 유속계수(ϕ), 하상재료의 수중비중(s), 돌망태속돌의 평균 입경(D_m)으로 외력 소류력을 산출하였다. 돌망태공의 무차원 외력 소류력 τ_{sd}와 유속계수 ϕ는 다음과 같다.

$$\tau_{*sd} = u_*^2/(s \cdot g \cdot D_m) \tag{2-5}$$

$$\phi = 6.0 + 5.75\log_{10}(H_d/k_s) \tag{2-6}$$

이 때, u_*는 대표 유속의 값을 식 (2-6)을 통해 산출한 유속계수의 값으로 나누어 구한다. 그림 4는 수면 두 점 사이의 수직 거리와 수평거리 사이의비로 표시되는 경사의 각도를 나타내는 수면구배를 입력한 뒤 블록의 형상을 선택하여 상당조도의 값을 구할 수 있음을 보여준다.

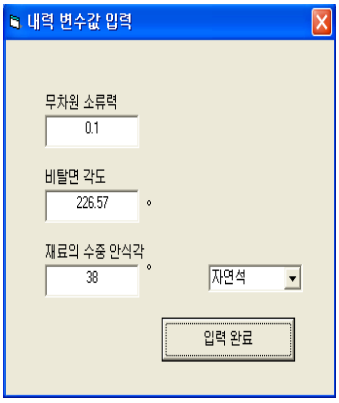

그림 2 식생호안 외력 변수

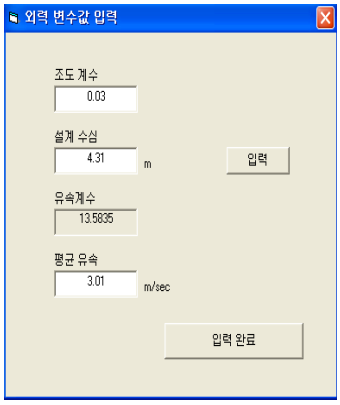

그림 3 돌망태공 내력 변수

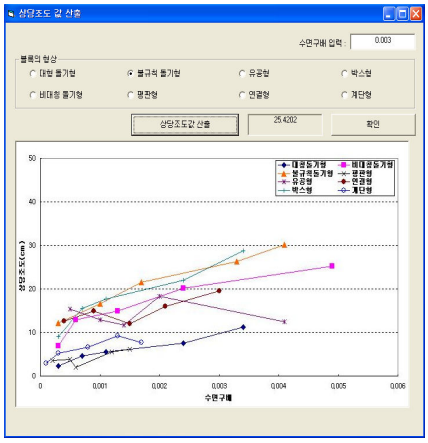

그림 4 수면구배에 의한 상당조도

2.2.3 호안블록공

국내의 하천에서 최근 많이 사용되는 호안 블록공 역시 내·외력 소류력을 이용하여 호안의 안정성의 유무를 판단한다. 그림 5에 보이는 것과 내력 소류력 변수의 경우 양력계수(C_L)를 산출 할 수 있도록 DB로 연동되어 있다. 양력계수 산출시 그림 6에서 보이는 것과 같이 수심, 평균유속, 동점성계수를 이용하여 Reynolds 수를 구한 후, 블록을 단체 및 군체의 집단으로 분류한 테이블에서 블록의 형상을 선택하여 Reynolds 수에 따른 항력계수를 산출하도록 프로그램이 되어 있다. 비탈덮기공의 위쪽에서 바라본 투영면적(A_b), 설계 유속(V_d)을 이용하여 양력을 산출하도록 되어 있다. 양력 L은 다음과 같다.

$$L = \rho_w/2 \cdot C_L \cdot A_b \cdot V_d^2 \, (kgf) \tag{2-7}$$

그 후, 산출된 양력으로 흙과 방지재 사이의 마찰계수(μ)와 비탈덮기공의 부재 수중중량(W_W), 비탈면의 경

사각(θ)을 이용하여 내력 소류력을 산출하도록 하였다. 식 2-8은 호안 블록공의 내력 소류력을 계산하는 식이다. 이 때, 비탈덮기공의 부재 수중중량(W_W)은 식 2-9로 구할 수 있다.

$$\mu(W_W \cdot \cos\theta - L) \tag{2-8}$$

$$W_W = (\rho_b - \rho_w) \cdot g \cdot K_v \cdot A_b \cdot t_b \ (kgf) \tag{2-9}$$

외력 소류력도 마찬가지로 내력 소류력의 양력계수 산출과 비슷하게 DB를 연동하여 항력계수를 산출한다. 산출된 항력계수와 계획홍수위와 최심하상고의 차인 설계수심(H_d), 설계유속(V_d)을 이용하여 항력(D)을 산출한다.

$$D = \rho_w / 2 \cdot C_D \cdot A_D \cdot V_d^2 \ (kgf) \tag{2-10}$$

산출된 항력과 비탈덮기공 수중 부재중량과 비탈면 경사각도를 이용하여 외력 소류력을 산출하도록 되어 있다. 식 2-11은 호안 블록공의 외력 소류력을 계산하는 식이다. 이 때, 비탈덮기공의 부재 수중중량(W_W)은 식 2-12로 구할 수 있다.

$$(W_W \cdot \sin\theta)^2 + D^2)^{1/2} \tag{2-11}$$

$$W_W = (\rho_b - \rho_w) \cdot g \cdot K_v \cdot A_b \cdot t_b \ (kgf) \tag{2-12}$$

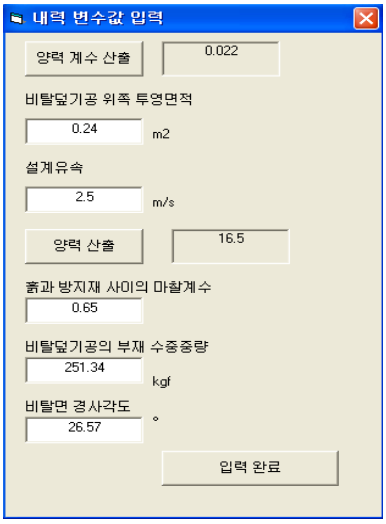

그림 5 호안블록공 내력 변수

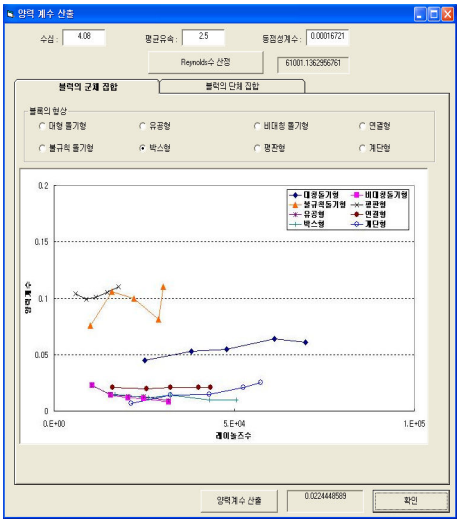

그림 6 양력 계수

3. 프로그램의 적용

실제 국내의 하천의 평창강 방림지역 상방림교 No.155지점의 호안 블록공의 측정된 값(건기원, 2004)를 바탕으로 모의수행을 해보고 결과를 도출해 보았다. 그림 5에서 보여지는 수치가 호안 블록공의 내력 변수, 그림 7에서 보여지는 수치가 호안 블록공의 외력 변수의 수치이다. 그림 5와 그림 7에서 보여지는 수치를 이용, 결과값을 산출하였다. 그림 8은 평창강 지점의 내·외력 소류력을 모두 산출하여 호안의 안정성을 평가하는 것을 보여주고 있다. 산출된 내·외력의 값을 바탕으로 비교 분석이라는 버튼을 클릭하면 내·외력 소

류력의 산출된 결과 값을 비교하여 안정성의 유무를 보여주고 있다. 안정성의 유무는 내력 소류력이 외력 소류력보다 크면 안정이라는 판단을 도출하고 그 반대의 경우이면 불안정을 도출되도록 되어 있다. 산출된 결과는 Reynolds 수에 따른 계수의 값의 차이로 항력 계수 및 양력 계수의 값이 차이를 보이긴 했으나 수행 값과 크게 다르지 않았다.

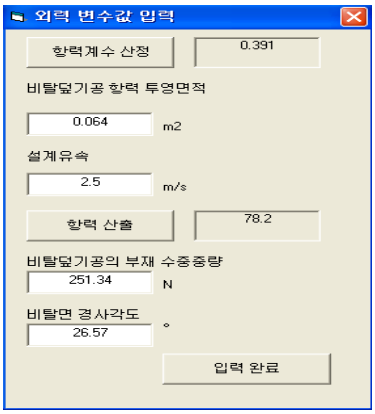

그림 7 외력 변수

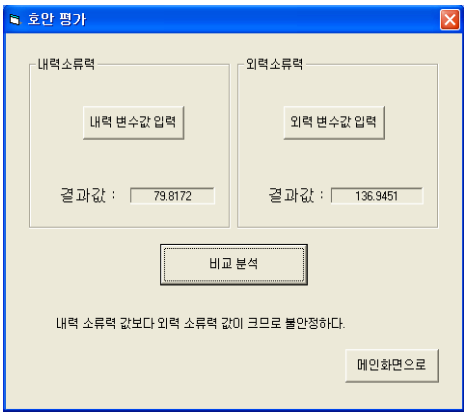

그림 8 비교 분석된 호안의 안정성

4. 결론

본 프로그램은 하천 호안의 안정성에 대한 값들을 정리하여 호안의 내·외력 소류력에 필요한 수리 특성 자료와 각종 계수를 산출한 뒤 체계적으로 정리하여 프로그램 하였다. Menu-Driven식의 DB연동으로 계층적으로 자료를 입력 하는 트리 구조 방식을 이용하였다. 프로그램을 실제 하천(평창강 방림지역 상방림교)과 비교하여 본 결과 실제 수행 값과 크게 다르지 않았다. 이루 미루어 보아 본 프로그램은 국내 하천 호안의 설계 시공시 안정성을 분석하는 기여 할 것으로 보여 진다. 다만, 실제 하천 호안에 적용시키기 위해서는 아직 DB가 미비한 점이 있으므로 DB의 자료 보완과 입·출력 값을 문서화하는 점, Form의 처리과정은 앞으로 개선해야 할 과제로 남아 있다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설기술교통평가원(2004). 하천제방 관련 선진기술 개발 최종 보고서.
2. 이대식(2007). Visual Basic 6.0, 정익사
3. 田村正秀, 木下正暢, 浜口憲一郎, 阿部康紀 (2003). "護岸ブロックの形状と抗力 揚力特性について", 流体力の評価とその応用に関するシンポジウム.
4. 山本A晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎 (2000). "護岸ブロックの抗力 · 揚力係数、および相当粗度 の計測方法について" , 수공학눈문집, 제44권, pp.1053 ~ 1058.