

GIS 기반의 홍수 피해 감소를 위한 하천관리 시스템 개발

Development of Rivers Management system to Decrease Flood Disaster using GIS

정인주* · 박상주** · 김상용***

Jeong, In Ju · Park, Sang Ju · Kim, Sang Yong

요 旨

최근 이상기후에 의한 집중호우와 태풍의 피해는 날로 증가하고 있으며, 이에 대한 대책을 마련하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 특히 GIS를 응용하여 대책을 마련함으로써 신속한 정보의 추출 및 객관적인 분석을 수행할 수 있으므로 그 효과를 발휘할 수 있었다. 이에 따라 본 연구에서는 강우-유출모형과 HEC-RAS를 연계하여 자동으로 모의가 가능하도록 하였으며, 그 결과를 MapObject와 MFC를 이용하여 표현함으로써 위험지구를 쉽게 조회할 수 있으며, 평면도, 종단도, 횡단도를 화면에 동시에 출력할 수 있어서 주위의 피해 상황을 파악하는데 도움을 주어 재해를 미리 예측하고 대비하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

In these days, damages from localized heavy rain or typhoon are increase and people are making constant effort to work out countermeasures. Especially, by apply GIS with prompt extraction of information and objective analysis, we could demonstrate more effectively. For that reason, in this research we make the connection between rainfall-runoff model and HEC-RAS which calculate automatically and inquire out the dangerous zone easier way by describing the result with the connection between the Map Object and MFC. Most of all, this research will be very useful to forecast and prepare the disaster because it could plot plane figures, longitudinal sections and cross sections at the same time to help understand the damaged situation.

1. 서 론

최근에 수자원 분야에서는 홍수피해에 대하여 수리·수문학적 개념을 도입한 지리정보시스템과 연계하여 대책을 찾고 있다. 이처럼 지리정보시스템은 수자원 분야에서 새로운 가능성으로 제시되고 있으며, 공간자료를 분석할 수 있는 도구로서 침수분석을 하는데 큰 도움을 주고 있다. 또한 GIS와 수문학의 연관성은 수문모형의 설계 및 검정 등의 작업에도 도움을 주고 있다.

지리정보시스템이 수문학에 응용 및 적용된 것은 1990년도라 할 수 있겠지만 2000년 이후에 더욱 활발하게 연구되고 있다. 최근 2002년도에 들어 침수피해현상을 실시간 3차원적으로 해석하고자 노력하고 있다. 이와 같이 지리정보시스템과 수문학의 끝없는 연계성은 이상기후에 의한 집중호우 등에 의한 홍수피해를 미리 예측

할 수 있으며, 인명피해 및 재산피해를 줄이는데 큰 역할을 담당할 것으로 본다.

본 연구에서는 강우에 의한 유출과 하천의 수위에 대한 결과 값을 지리정보시스템과 연계함으로써 보다 효율적인 하천관리를 하기 위해 연구를 수행하였다. 계속 이어지는 GIS와 수문학의 연계는 실시간 제내지 및 제외지의 홍수위를 예측하고 보여줌으로써 피해를 예방할 수 있다고 본다.

2. 지리정보체계와 수문학의 연계

2.1 GIS와 수문학과의 연계

1972년 수자원학회지를 통하여 국내 최초로 수문학 분야에서 컴퓨터의 활용이 소개되면서 GIS와 수문학은 자연스럽게 연계되었다. 이후 1981년에는 인공위성영

* 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사

** 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사

*** 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수

상을 활용함으로써 범위가 넓어졌으며, 1994년도 지형 공간정보체계분야가 소개되었다. 한편 해외에서는 1993년 수문지형공간정보체계 논문발표회에서 수치지형학, 수질관리, 지하수관리 등의 활용에 관한 논문들이 발표되었다. 1990년 후반에는 GIS를 이용하여 수공학 분야와 관련하여 분석들이 이루어졌다.

이처럼 GIS는 수공학 분야에서 많이 활용되고 있으며, 그 중에서 수문모형에 많이 응용되고 있다. 수문모형에서는 공간자료를 중첩 및 분석할 수 있어서 수문모형에 대한 입력 매개변수를 구할 수 있으며 수문모형과 다른 공간적인 표현들을 연계할 수 있다. 그리고 수문학적 변수의 도시화와 유역지표의 표현 등으로 GIS와 수문학적 분석과 통합할 수 있다. 이와 같이 수문모형을 위한 물리적인 자료를 분석, 도시화할 수 있는 GIS와 수문모형 간의 유기적인 연계를 통해 수문모형의 정확도를 높일 수 있으며, 그 결과를 시각적으로 향상시킬 수 있으므로 GIS와 수문학의 연계는 향후 계속되는 발전성이 있다고 전망된다.

2.2 강우-유출 모형과 HEC-RAS 모형

강우-유출 모형을 수행하여 얻어진 값을 HEC-RAS 모형과 연계하여 최종 홍수위를 계산하였다. HEC-RAS 모형은 수문분야의 실무에서 이미 검증된 모형으로서 본 시스템에서는 HEC-RAS 모형의 입력데이터를 강우-유출 모형에서 계산한 값을 자동으로 작성하게 하였으며, 시스템 사용자가 HEC-RAS 모형을 실행함으로써 최종 홍수위가 결정되는 방법으로 모형을 연계시켰다. 또한 HEC-RAS 모형에서 계산된 결과 값을 받아들여 본 시스템에서 사용자의 목적에 맞게 화면 출력되는 방식으로 결과 값들을 GIS를 연계하여 표현하였다.

2.3 유출모형의 적용 및 선정

홍수량의 산정은 평시유출량을 산정할 수 있는 장기유출해석과 첨두홍수량 및 수문곡선을 산정할 수 있는 단기유출해석이 있다. 단기유출해석의 경우 합리식이나 Kajiyama 공식과 같은 첨두홍수량만을 산정하는 방법과 합성단위유량도법이 있다. 본 연구에서는 대상유역내의 하도내의 저류효과를 고려하고, 상류와 하류를 잇고 있는 회동저수지의 저수지 추적실시를 통하여 보다 합리적인 홍수량 산정을 위해 단순히 첨두홍수량만을 산정하는 합리식이나 Kajiyama 공식과 같은 방법은 피하고, 본 대상유역내에 수위-유량관계의 실측자료가 미흡한 점을 감안하여 유출수문곡선을 산정할 수 있는 합성단위유량도인 Clark유역추적법, Nakyasu단위도법, Nash모형, SCS단위도법 등을 이용하여 산정하였다. 빈도별 홍수량

은 7개의 산정지점별로 계산하여 산정할 수 있었다.

빈도별 홍수량은 모두 상기에서 서술한 배수구역별 홍수량 산정방법 및 저수지 홍수추적, 하도추적법을 모두 적용한 결과이며, 본 연구에서는 유역의 지형학적 특성과 강우의 시간분포를 고려할 수 있는 유역추적법인 Clark 단위도법을 선정하였다.

2.4 하도 홍수위 분석

하도의 홍수위의 산정 기법은 등류 및 부등류 모형, 그리고 정류 및 부정류 모형으로 크게 대별할 수 있다. 본 연구에서는 미 공병단에서 최근 개발된 정상 부등류 모형인 HEC-RAS을 통하여 수영강 본류의 홍수위 분석을 수행하였다. 이 모형은 교량 및 하천 구조물 등의 하천 구조물의 홍수위 영향을 고려할 수 있으며, 또한 부족한 하도 구간의 내삽 기능 및 임의의 구조물의 삽입, 세굴의 영향 검토 등의 기능이 하천 수리 검토를 위하여 제공되어 진다.

3. 연구대상유역

본 연구대상유역은 수영강 유역으로서 부산광역시외 대표 하천으로서 경상남도 양산시와 접하고 있다. 유역면적은 199.57km²이고, 유로연장은 28.0km에 달하는 지방 2급 하천이다. 또한 유역은 상류와 하류로 크게 구분할 수 있으며, 상류유역에는 상수도 전용댐인 회동댐이 있다. 하류유역은 도시하천으로 바다를 접하고 있는 감조하천이 존재하고 있다. 회동댐 상류유역은 수영강 전체유역의 약 50%에 달하고 있으며 하류유역에는 크고 작은 교량이 9개소 이상이 있다. 본 유역이 토지이용 현황은 임야가 59.1%, 농경지가 12.9%, 수계가 1.9%,

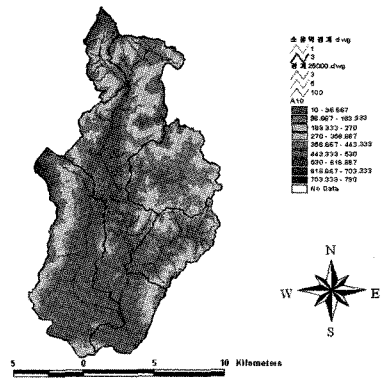


그림 1. 수영강 유역도

초지가 1.0%, 도시지역이 25.1%로 이루어져 있다.

4. 하천관리시스템 구축

수문순환이란 물이 수면(水面)으로부터 대기중(大氣中)으로, 대기중으로부터 육지면(陸地面)으로, 또한 지면이나 지하를 통해 다시 바다로 유입되는 과정이 반복되는 것을 말한다. 이러한 과정에서 이루어지는 수문현상에 대하여 크게 강우분석, 유출모형(Clark, Nakayasu, Nash, SCS), 수리학적모형(HEC-RAS), 침수분석 등으로 구분하였다.

최근까지는 각각에 대하여 모형을 적용하여 분석을 수행하였으나, 본 연구에서는 각각의 모형들을 연계시켜 통합시스템을 구축하여 강우사상에 대한 침수현상을 파악할 수 있도록 하였다.

4.1 강우-유출모형과 시스템 연계

4.1.1 강우-유출모형과 시스템 연계

강우-유출모형 중 본 연구에서는 Clark유역추적법, Nakayasu단위도법, Nash모형, SCS단위도법 등에 대하여 Fortran언어에 의하여 프로그램을 작성하여 확률강우량에 대한 홍수량을 산정하였다. 구축된 각각의 모형에 대한 프로그램은 하천관리시스템과 연계하기 위하여 실행파일(*.exe)을 Visual C++로 coding하여 RMS에서 직접 연산을 수행하여 해당되는 값을 계산할 수 있도록 하였고(그림 3), 또 그 결과에 대한 값을 그래프로 비교함으로써 효율적인 분석을 할 수 있도록 하였다.

4.1.2 확률강우량의 입력 및 모형의 실행

확률강우량의 입력은 그림 4에서 보는바와 같이 확률강우량 입력 화면을 만들어 입력할 수 있도록 하여 시스템 사용자의 편의를 고려하였고, 강우량을 수정 및 입력을 가능하게 함으로써 여러 가지의 호우사상에 대해서도

분석이 이루어 질 수 있도록 시스템을 구축하였다.

재현기간은 2, 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200년을 고정 값으로 두었으며 지속시간은 사용자에게 따라 입력을 하여 수정 및 저장을 할 수 있도록 하였다.

4.1.3 유출모형의 실행

확률강우량 입력창에서 입력된 데이터는 각각의 유출모형의 입력데이터(*.dat)로 생성되어 그림 5에서 유출모형을 선택하여 실행 단추를 누르게 되면, 선택된 모형에 의해서 유출모의가 된다. 여기서 산출된 홍수량은 시스템에서 자동으로 HEC-RAS 입력데이터를 생성하여 수리학적 모형을 수행한다.

4.2 HEC-RAS 연계 프로그램 개발

전(前) 절에서 언급한 Clark유역추적법, Nakayasu단위

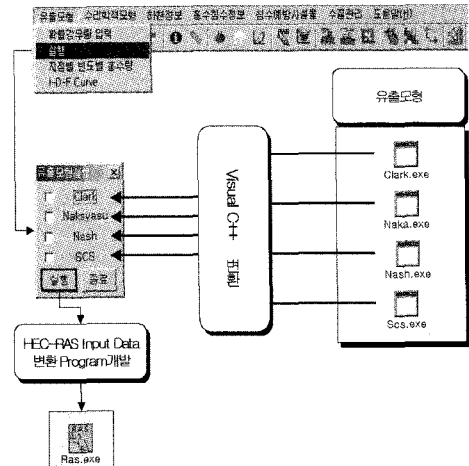


그림 3. 강우-유출모형과 RMS의 연계

계산시간	10년	30년	1년(2)	5년(2)	30년(2)	50년(2)	120년(2)	180년(2)	250년(2)
계산시간	132:30	164:30	110:30	133:30	162:30	222:30	1207:30	323:30	253:30

그림 4. 확률강우량 입력 화면

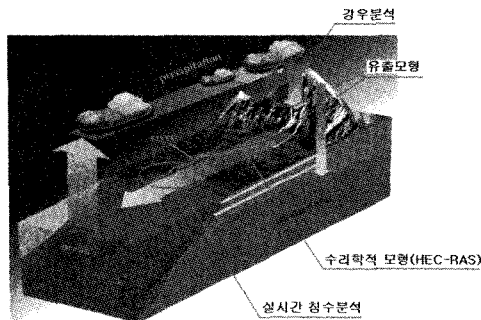


그림 2. 물의 순환과정과 시스템 연계

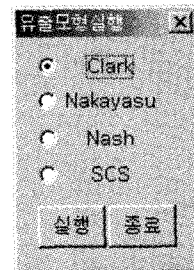


그림 5. 유출모형의 실행

도법, Nash모형, SCS단위도법 등의 유출모형을 이용하여 수영강유역에 대한 홍수량을 산정하여 비교한 후, 유역의 지형학적 특성과 강우의 시간분포를 고려할 수 있는 Clark유역추적법으로 선정하였다. 위와 같이 선정된 Clark유역추적법에 대한 전산 프로그램을 Fortran으로 구축한 후 시스템과 연계하기 위하여 Visual C++로 HEC-RAS 입력데이터를 자동으로 생성할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 구축된 HEC-RAS 연계 프로그램은 하천 관리시스템과 연계시키기 위하여 Visual C++로 변환하여 강우-유출모형과 수리학적 모형을 통합시켰다.

HEC-RAS 연계 프로그램은 먼저 Clark모형의 입력 데이터(Clark_sy.dat)를 읽어 유출모형을 실행시킨 후 빈도별 지속시간별 홍수량을 산출한다. 산출된 홍수량은 HEC-RAS 입력데이터 생성 프로그램(HEC_SYS.exe)에 의하여 입력데이터(sy.f02)를 만든 다음 HEC-RAS를 실행하게 되면 입력된 강우량에 대한 홍수위를 산정할 수 있다(그림 7).

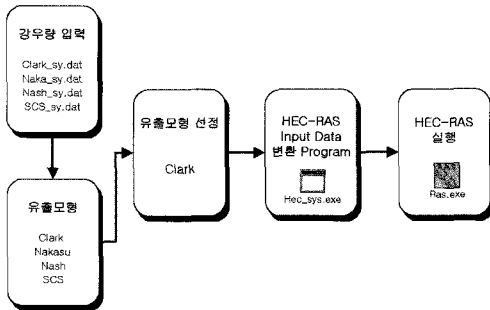


그림 6. HEC-RAS 연계 프로그램 개발

4.3 GIS와 연계한 하천관리시스템 구축

하천관리시스템은 크게 지형자료, 하천단면, 하천시설물로 구분하였다. 지형자료는 위치정보와 하천 주위의 중요한 건물 및 기타 시설물 현황에 대한 정보를 제공하여 하천의 수위의 변화에 민감한 지역을 조회하기 쉽게 하였다. 이처럼 GIS와 연계함으로써 하천의 효율적인 관리에 대한 장점을 제공할 수 있다고 본다.

하천관리시스템은 ESRI社의 MapObject와 Map&You

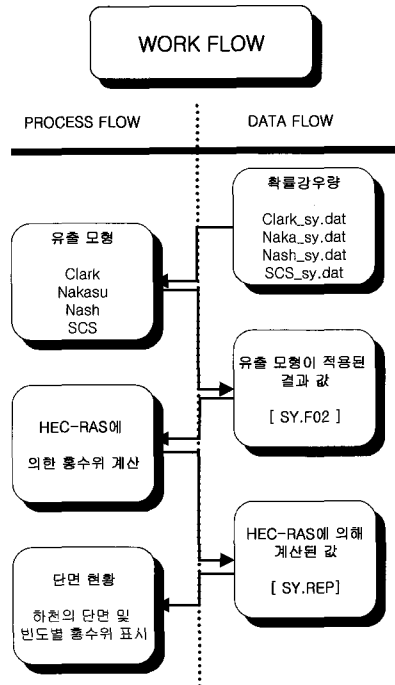


그림 7. HEC-RAS 연계 프로그램 흐름도

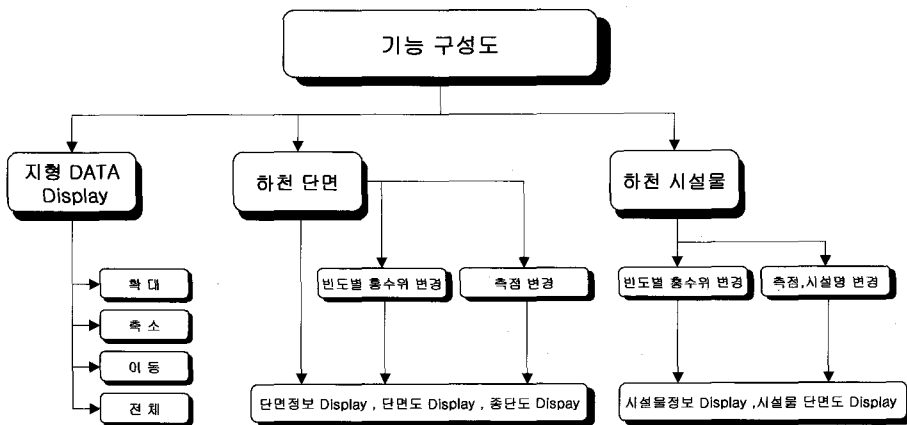


그림 8. 기능구성도

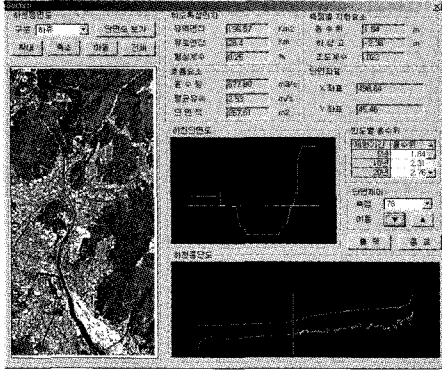


그림 9. 하천관리시스템의 화면

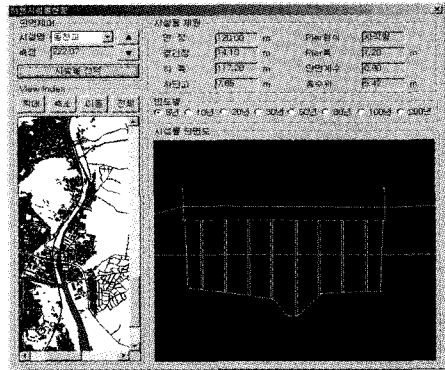


그림 11. 하천시설물관리시스템 화면

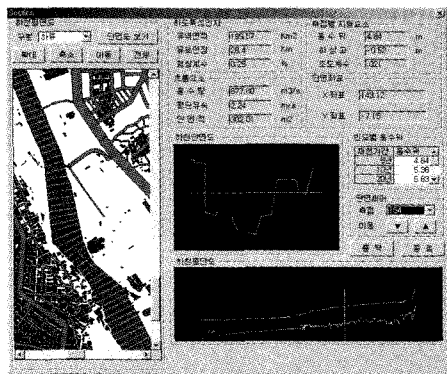


그림 10. 지리정보시스템(GIS)과 단면도 현황

5. 결과 및 고찰

5.1 하천관리시스템과 HEC-RAS

수리학적 모형인 HEC-RAS를 이용하여 수위의 변화를 모의한 후 HEC-RAS에 의하여 결과를 분석하지 않고 하천관리시스템에 의하여 분석 및 조회를 하였다. 이와 같은 하천관리시스템은 GIS와 연계하여 위성사진과 공간자료로 구성되어 있는 평면도, DViewer.ocx를 이용한 하천단면도, 검색 위치를 조회할 수 있도록 인덱스 역할을 하는 종단도 등의 조합으로 분석의 효율을 향상시켜주는 시스템으로 그 활용성이 하천을 관리하는데 큰 도움을 줄 수 있다고 평가된다.

5.2 하천시설물관리시스템

하천시설물관리시스템은 하천에 설치되어 있는 수공구조물을 관리하는 시스템으로서 GIS와 연계를 통하여 수공구조물의 위치를 신속하고 정확하게 파악하고 검색된 구조물에 이상장우시 수위의 영향을 고려하여 수공구조물을 관리할 수 있도록 하였다. 기존의 HEC-RAS는 구조물을 관리할 경우 평면도와 종단도를 연계하여 관리하지 않았다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 GIS와 위치 및 속성정보를 연계하여 시설물을 관리할 수 있도록 시스템을 구축하였다.

6. 결론 및 향후과제

지리정보시스템을 이용하여 하천관리를 위하여 시스템을 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 강우-유출모형과 수리학적 모형을 통합시켜 수리·수문해석을 하였으며, 그 결과를 GIS와 연계하여 화면

社의 DViewer.ocx를 이용하여 지형자료와 단면자료에 대한 수위의 변화 및 정보를 보여준다. 특히 평면도, 단면도, 종단도를 동시에 나타냄으로써 하천관리를 하는데 편리함을 제공하고 있다. 또한 하천 시설물에 대한 정보는 시설물관리시스템을 구축하여 별도로 관리가 가능하도록 하였다. 시설물관리시스템에서는 교량 및 웨어 부근에 수위의 변화를 확인할 수 있으며 지리정보를 통하여 하천시설물 주위의 피해를 예상할 수 있다.

하천관리시스템의 특징은 지리정보에 의해서 단면의 자료를 불러올 수 있다는 것이다. 다시 말해서 하천을 따라서 마우스를 움직이면 화면상의 마우스 위치와 공간자료가 접하게 됨으로써 공간정보가 가지고 있는 단면번호에 대한 정보를 DViewer에 의해서 나타낸다. 따라서 단면 축점을 찾아서 이동할 필요가 전혀 없이 지도를 따라 마우스를 움직이기만 하면 된다는 장점이 있다. 이에 따라 수위에 대한 정보를 보다 더 빨리 획득할 수 있었으며 무엇보다도 사용자가 원하는 위치의 정보를 얻을 수 있어서 효율성이 높은 시스템이라 할 수 있다.

에 출력함으로써 하천관리시 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

2. GIS를 이용하여 하천 및 시설물관리시스템을 구축함으로써 하천단면도, 평면도, 종단도를 연계시켜 HEC-RAS의 결과를 효율적으로 분석할 수 있었다.
3. 하천관리시스템의 평면도를 위성자료 및 지리정보를 이용함으로써 정확한 위치정보를 습득할 수 있으므로 하천관리에 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

향후 Virtual GIS를 이용하여 3차원적인 공간을 표현함으로써 실제 지형에 미치는 홍수의 영향과 데이터 베이스의 연계를 통하여 실시간 홍수침수피해를 예측하고 피해를 미리 막을 수 있는 전 자동 시스템을 구축하여 인간생활에 큰 도움을 주고자 하는 것을 과제로 두고 있다.

참고문헌

1. 김남원, 김창완, 우효섭, “태풍 (Rusa)의 강우 특성과 홍수피해 특성”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2002, pp. 15-22.
2. 최영재, “지형공간정보체계에 의한 수문분석용 지형자료 관리 인터페이스 개발” 강원대학교 대학원 토목공학과, 공학박사학위논문, 1999, pp. 1-16.
3. 이범희, “지리정보체계 및 전문가시스템을 이용한 도시 유출 및 수질모형의 개발” 서울대학교 대학원, 공학박사학위논문, 1998, pp. 14-40.
4. U.S Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center “HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual” pp. 1-1~2-21.
5. RALPH A. WURBS, “WATER MANAGEMENT MODELS.” PRENTICE HALL PTR, 1995, pp. 203-217.
6. U.S Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center “HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual” pp.1-1~2-21.

(접수일 2003. 6. 3, 심사 완료일 2003. 7. 21)