



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월04일
 (11) 등록번호 10-1369814
 (24) 등록일자 2014년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06F 19/00 (2011.01) G06F 17/10 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0067019
 (22) 출원일자 2012년06월21일
 심사청구일자 2012년06월21일
 (65) 공개번호 10-2013-0143449
 (43) 공개일자 2013년12월31일
 (56) 선행기술조사문헌
 이찬주 외 2인, “국내의 조도계수 산정 현황과 국
 내 하천에서 실측에 의한 조도계수 산정 사례”,
 제57권 제12호, 2009년 12월

(73) 특허권자
 한밭대학교 산학협력단
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 (72) 발명자
 이종석
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 피에르 와이 줄리엔
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 (74) 대리인
 김정수

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김세영

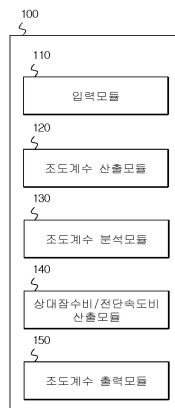
(54) 발명의 명칭 **식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree)으로 이루어지는 현장 실측자료를 이용하여 식생하천의 조도계수를 산정하여 분석하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 식생하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계; 조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계; 조도계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및 조도계수 출력모듈이 분석된 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0001

부처명 상지엔지니어링(주)

연구사업명 국제공동연구

연구과제명 충적하천에서 식생복원모델링에 따른 수리학적 안정성 검토

기여율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2011.02.15 ~ 2012.02.14

특허청구의 범위

청구항 1

식생하천의 현장자료를 이용한 식생하천의 조도계수 산정방법에 있어서,

입력모듈이 초본, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 식생자료를 포함하는 식생하천의 현장 실측자료를 입력하는 제 1 단계;

조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계;

조도계수 분석모듈이 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 산출된 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및

조도계수 출력모듈이 분석된 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하고,

상기 제 2 단계에서 상기 조도계수 산출모듈은 아래의 관계식을 사용하여 조도계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} Q^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} S_f^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

(여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{f·LJ_{veg}}는 상수, β_{f·LJ_{veg}}는 지수를 나타냄)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 3 단계에서 상기 조도계수는 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수와 상기 조도계수에 대한 매개변수 (fQ^{1/4}/S_f^{1/3})를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 7

식생하천의 현장자료를 이용한 식생하천의 조도계수 산정방법에 있어서,

입력모듈이 초본, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 식생자료를 포함하는 식생하천의 현장 실측자료를 입력하는 제 1 단계;

조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계;

조도계수 분석모듈이 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 산출된 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및

조도계수 출력모듈이 분석된 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하고,

상기 제 2 단계에서 상기 조도계수 산출모듈은 아래의 관계식을 사용하여 조도계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} Q^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} S_f^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

(여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{n·LJveg}는 상수, β_{n·LJveg}는 지수를 나타냄)

청구항 8

삭제

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제 3 단계에서 상기 조도계수는 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수와 상기 조도계수에 대한 매개변수 (nQ^{1/8}/S_f^{1/6})를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 10

제 1 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 제 3 단계 이후, 곡선 적합법을 이용하여 상기 현장 실측자료로부터 상대 잠수비에 대한 전단 속도비를 산출하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 11

식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치에 있어서,

식생하천의 초본, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 입력모듈;

상기 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 조도계수 산출모듈;

상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석하는 조도계수 분석모듈; 및

상기 조도계수 분석모듈에서 분석된 조도계수를 출력하는 조도계수 출력모듈;을 포함하고,

상기 조도계수 산출모듈은 아래의 관계식을 사용하여 조도계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장 자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} Q^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} S_f^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

(여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{f·LJveg}는 상수, β_{f·LJveg}는 지수를 나타냄)

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치에 있어서,

식생하천의 초본, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 입력모듈;

상기 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 조도계수 산출모듈;

상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석하는 조도계수 분석모듈; 및

상기 조도계수 분석모듈에서 분석된 조도계수를 출력하는 조도계수 출력모듈;을 포함하고,

상기 조도계수 산출모듈은 아래의 관계식을 사용하여 조도계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장 자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} Q^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} S_f^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

(여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{n·LJveg}는 상수, β_{n·LJveg}는 지수를 나타냄)

청구항 15

삭제

청구항 16

제 11 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 현장 실측자료로부터 상대 잠수비에 대한 전단 속도비를 곡선 적합법을 이용하여 산출하는 상대 잠수비/전단 속도비 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 식생하천의 조도계수 산정방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree)으로 이루어지는 현장실측 자료를 이용하여 식생하천의 조도계수를 산정하여 분석하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 개수로에서 흐름에 대한 저항은 제방과 윤변에 식생과 하상재료에 의해 유속의 변화를 초래하는데, 이들 현상은 수공학 기술에서 주요 과제로서 연구되고 있다. 흐름 저항은 표면의 면 마찰, 형상에 의한 저항인 항력, 표면의 일그러짐에 의한 파 저항 및 국지적 가속에 따른 흐름의 비정상 상태로 분류할 수 있다.

[0003] 하천에서의 식생의 저항 특성은 흐름 상태, 식생구조와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 이는 하천의 지형적 특성과 수로구간의 위치, 식생의 수종별 분포정도 및 범위 등에 따라 다양한 분포를 갖게 된다.

[0004] 하천에서 마찰 경사와 유량이 갖는 관계식은 흐름에 대한 식생과 하상 재료의 저항에 의해 지배되고, 하천 흐름에 대한 저항은 마찰, 하상의 불규칙성, 식생 하상형상, 수로 선형 등과 같은 원초적인 변화성에서 발생하게 된다.

[0005] 하천에서 수로조도의 근원은 수로 경계를 따르는 전단 응력의 발생과 관련되는 마찰저항이다. 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree)으로 구성되는 식생은 침식을 저감시킴으로써 수로와 제방의 안정성, 수생동물을 위해 다양한 서식처를 제공하는 하천생태계의 중요한 요소로 작용한다.

[0006] 하천의 흐름 분석에 대한 기술과 관련하여, 공개특허 제 10-2010-0044371호는 자연하천의 하상 변동 수치해석 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 직선 수로 및 만곡 수로 형태가 혼재하는 자연하천에서 발생하는 다양한 조건에서 발생할 수 있는 하상변동을 정확하게 모의할 수 있는 기술이 개시되고 있다.

[0007] 그러나, 이러한 종래의 기술은 하천에서 발생할 수 있는 하상변동을 모의하기 위한 기술로 식생특성을 고려하여 조도계수를 산정할 수 있는 방법은 기대할 수 없다. 또한, 식생하천에서 흐름에 대한 모든 저항의 근원적인 변화성을 이해하는데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 현장 실측자료를 통하여 식생하천 흐름의 조도계수를 도출할 수 있는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 식생자료의 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시하고, 유량과 마찰경사를 함수로 하는 조도계수 관계식을 유도할 수 있는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을

목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 상대 잠수비와 전단 속도비 관계식을 유도함으로써 수공실무에 활용할 수 있는 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을 목적으로 한다.

[0011] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은 식생하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계; 조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계; 조도계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및 조도계수 출력모듈이 분석된 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 현장 실측자료가 초분, 관목 및 교목에 대한 식생자료인 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 식생자료가 상기 초분, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 2 단계에서 상기 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 한다.

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} Q^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} S_f^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

[0018] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{f·LJ_{veg}}는 상수, β_{f·LJ_{veg}}는 지수를 나타냄)

[0019] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계에서 상기 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계에서 상기 조도계수는 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수와 상기 조도계수에 대한 매개변수(fQ^{1/4}/S_f^{1/3})를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 2 단계에서 상기 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0022]
$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} Q^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

[0023]
$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} S_f^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

[0024] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{n·LJveg}는 상수, β_{n·LJveg}는 지수를 나타냄)

[0025] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계에서 상기 조도계수는 상기 제 2 단계에서 산출된 조도계수와 상기 조도계수에 대한 매개변수(nQ^{1/8}/S_f^{1/6})를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계 이후, 곡선 적합법을 이용하여 상기 현장 실측자료로부터 상대 잠수비에 대한 전단 속도비를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치는, 식생하천의 초본, 관목 및 교목에 대한 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 입력모듈; 상기 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 조도계수 산출모듈; 상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 분석하는 조도계수 분석모듈; 및 상기 조도계수 분석모듈에서 분석된 조도계수를 출력하는 조도계수 출력모듈;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치는, 상기 현장 실측자료로부터 상대 잠수비에 대한 전단 속도비를 곡선 적합법을 이용하여 산출하는 상대 잠수비/전단 속도비 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명의 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치에 따르면, 현장 실측자료를 통하여 식생하천 흐름의 조도계수를 도출할 수 있고, 또한, 식생자료의 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시함으로써 유량과 마찰경사를 함수로 하는 조도계수 관계식을 유도할 수 있는 이점이 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 따르면, 상대 잠수비와 전단 속도비 관계식을 유도함으로써 수공실무에 활용할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치를 나타내는 블럭도이다.
 도 2는 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.
 도 3은 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 식생하천의 유량-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는

도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 식생하천의 마찰경사-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 조도계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 6은 본 발명에 따른 매개변수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 7은 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 식생하천의 유량-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 식생하천의 마찰경사-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 조도계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 10은 본 발명에 따른 매개변수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 11은 본 발명의 식생하천의 현장자료에서 상대 잠수비에 대한 전단 속도비의 관계를 나타내는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0033] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0035] 도 1은 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치를 나타내는 블록도이고, 도 2는 본 발명에 따른 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.

[0036] 도면을 참조하면, 식생하천의 현장자료를 이용한 조도계수의 산정장치(100)는, 입력모듈(110), 조도계수 산출모듈(120), 조도계수 분석모듈(130), 상대 잠수비/전단 속도비 산출모듈(140)과 조도계수 출력모듈(150)을 포함할 수 있다.

[0037] 입력모듈(110)은 식생하천의 초본, 관목 및 교목으로 이루어지는 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력받는다(S101). 현장 실측자료는 초본, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어질 수 있다.

[0038] 조도계수 산출모듈(120)은 입력모듈(110)에 입력된 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출할 수 있다(S102). 조도계수 산출모듈(120)에서는 현장 실측자료에 대해 다음의 다르시-바이스바하(Darcy-Whisker) 조도계수 관계식(식 1) 또는 매닝(manning) 조도계수 관계식(식 2)을 통해 조도계수를 유도할 수 있다.

[0039] [식 1]

[0040]
$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} Q^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

[0041]
$$f_{LJ_{veg}} = \alpha_{f \cdot LJ_{veg}} S_f^{\beta_{f \cdot LJ_{veg}}}$$

[0042] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{f·LJveg}는 상수, β_{f·LJveg}는 지수를 나타낸다.)

[0043] [식 2]

[0044]
$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} Q^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

[0045]
$$n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} S_f^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$$

[0046] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{n·LJveg}는 상수, β_{n·LJveg}는 지수를 나타낸다.)

[0047] 조도계수 분석모듈(130)은 각각의 조도계수 관계식을 통해 조도계수 산출모듈(120)에서 산출된 조도계수를 분석한다(S103). 조도계수 분석모듈(130)에서는, 자료의 변동성 파악을 용이하게 하기 위하여, 곡선 적합법 및 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 통해 조도계수와 이 조도계수에 대한 매개변수(예를 들어, 다르시-바이스바하 조도계수 관계식에서는 $fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$, 매닝 조도계수 관계식에서는 $nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)의 분포특성을 분석할 수 있다. 이러한, 조도계수 분석모듈(130)을 통해 분석된 데이터들은 조도계수 출력모듈(150)을 통해 출력된다(S104).

[0048] 박스-휘스커 분석법은, 통계적으로 분석된 자료를 표시하기 위해 상자(박스)를 사용하는 것으로, 이 상자의 아래와 윗부분은 항상 1/4분위와 3/4분위를 위치시키며, 상자의 중앙에는 2/4분위인 중앙값(median)을 위치시킨다. 그리고, 최대값과 최소값은 맨 아래와 맨 위에 위치시키고 있다. 이러한 분석법을 통해 많은 자료의 통계적 분석이 용이함은 물론 자료의 변동성(variability) 파악을 용이하게 할 수 있다.

[0049] 또한, 본 발명의 조도계수 산정장치(100)의 상대 잠수비/전단 속도비 산출모듈(140)에서는 곡선 적합법을 이용하여 식생자료로부터 상대 잠수비와 전단 속도비의 관계를 산출할 수 있다.

[0050] 본 발명에 따른 식생하천의 현장 실측자료는 739개의 데이터로 구성하였다. 이들 데이터는 유량과 마찰경사에 대한 다르시-바이스바하, 매닝 조도계수의 분포분석 및 관계식 유도, 상대 잠수비와 전단 속도비 관계식 도출을 위해 사용하였다.

[0051] 현장 실측자료는 식생의 분류기준을 근거로 하여 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree)으로 구분하여 초본 281개, 관목 150개, 교목 308개로 분류하였다. 표 1에 나타난 바와 같이, 이들 식생자료는 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심의 최소값과 최대값의 범위로 나타낸다.

[0052] [표 1]

종류	데이터 no.	유량 Q (m ³ /s)	마찰경사 S _f (-)	중간입경 d ₅₀ (mm)	평균유속 V (m/s)	수심 h (m)
초본	281	0.01~750.48	0.00007~0.0179	0.33~304.8	0.06~3.66	0.16~3.96
관목	150	0.38~542	0.00001~0.034	16~893	0.10~3.64	0.16~3.96
교목	308	0.02~3,220.00	0.0001~0.0405	0.17~397	0.07~5.11	0.10~9.17
총	739	0.01~3,220.00	0.00001~0.0405	0.17~893	0.06~5.11	0.10~3.96

[0053]

[0054] 또한, 유량과 마찰경사에 대해서는 표 2에 나타낸 바와 같이, 그 분포범위를 세분하여 나타낼 수 있다.

[0055] [표 2]

유동 특성	세분화된 범위	초본		관목		교목	
		데이터 no.	분포	데이터 no.	분포	데이터 no.	분포
유량 Q(m ³ /s)	Q ≤ 50	213	0.01~49.56	123	0.38~42.3	157	0.02~49.87
	50 < Q ≤ 500	62	50.41~447.46	25	50.6~413	127	50.98~448
	500 < Q ≤ 1,000	6	563~750.48	2	527~542	12	511~962
	1,000 < Q	-	-	-	-	12	1,059~3,220
	총	281	0.01~750.48	150	0.38~542	308	0.02~3,220
마찰경사 S _f (-)	S _f ≤ 0.0001	42	0.00007~0.00048	19	0.0001~0.00039	24	0.0001~0.00035
	0.0001 < S _f ≤ 0.001	76	0.0005~0.00099	6	0.00043~0.00091	80	0.00041~0.00099
	0.001 < S _f ≤ 0.005	91	0.001~0.00488	31	0.00102~0.003	80	0.01~0.00298
	0.005 < S _f	72	0.00511~0.0179	94	0.00391~0.0340	124	0.003~0.0405
	총	281	0.00007~0.0179	150	0.0001~0.034	308	0.0001~0.0405

[0056]

[0057] 본 발명의 실험예에서는 표 1 및 표 2에 나타낸 식생자료들을 이용하여, 다르시-바이스바하 조도계수(f) 및 매닝 조도계수(n)에 대한 마찰경사(S_f)와 유량(Q) 뿐만 아니라, 매개변수(fQ^{1/4}/S_f^{1/3}, nQ^{1/8}/S_f^{1/6}) 및 상대 잠수비와 전단 속도비와의 관계식(매닝-스트리클러(manning-Strickler) 관계식)(h/d_s ~ V/v*)에 대한 분석을 각각 수행한다.

[0058] 특히, 조도계수 f와 n, 매개변수는 박스-휘스커 4분위 분석에 의해 수행되고, 4분위(%) 분석은 대상 자료의 상위 1%인 최소값이 맨 아래 수평선으로 표시되고, 가운데 상자의 중심에는 중앙값 및 그 위와 아래에는 상위 25%, 75% 값이 표시되며, 맨 위쪽 수평선이 100%인 최대값을 나타낸다.

[0059] [실험예 1] 다르시-바이스바하(Darcy-Weisbach) 조도계수(f)

[0060] 식생하천의 739개의 식생자료는 초본, 관목, 교목으로 구성된다. 이들 자료를 사용하여 다르시-바이스바하의 조도계수 관계식은 표 1 및 표 2에 나타낸 바와 같이 유량(Q)과 마찰경사(S_f)를 함수로 하는 곡선 적합법에 의해 유도될 수 있다.

[0061] 식생하천에서 다르시-바이스바하의 조도계수 관계식은 $f_{LJveg} = \alpha_{f \cdot LJveg} Q^{\beta_{f \cdot LJveg}}$ 와

$f_{LJveg} = \alpha_{f \cdot LJveg} S_f^{\beta_{f \cdot LJveg}}$ 인 멱함수 형태로 유도된다. 여기서, Q = 유량(m³/s)이고, S_f = 마찰경사이며, α_{f · LJveg}, β_{f · LJveg}는 식생하천의 다르시-바이스바하 조도계수 관계식에 대한 상수와 지수를 나타낸다.

[0062] 각 수리량에 대한 조도계수의 관계식은 $f_{LJveg} = 0.436 Q^{-0.363} (R^2=0.41)$ 와 $f_{LJveg} = 3.305 S_f^{0.508} (R^2=0.36)$ 로 유도된다. 실제 하천에서 식생은 초본, 관목, 교목 등이 혼합돼 있는 점을 고려한다면 이들 관계식은 실용적 측면에서 유용하게 활용될 수 있다.

[0063] 도 3 및 도 4는 각각 식생하천의 739개의 자료에 대한 다르시-바이스바하 조도계수(f)와 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)의 박스-휘스커 분석결과를 나타내고, 이러한 분석결과를 표 3에 보다 상세히 나타낸다.

[표 3]

항목	종류	수	최소 A	최대 B	중간 C	평균 D	4분 위수(percentile)		B/A	D/C	F/E
							상위 1/4 E	상위 3/4 F			
f	초본	281	0.016	6.121	0.097	0.271	0.065	0.245	382.56	2.79	3.77
	관목	150	0.015	12.910	0.155	0.581	0.078	0.39	860.67	3.75	5.00
	교목	308	0.030	21.462	0.102	0.434	0.066	0.204	715.40	4.25	3.09
	총	739	0.015	21.462	0.109	0.402	0.066	0.244	1,430.80	3.69	3.70
	평균값		0.02	15.49	0.12	0.42	0.07	0.27	847.36	3.62	3.89
$\frac{fQ^{1/4}}{S_f^{1/3}}$	초본	281	0.261	38.245	2.024	2.816	1.367	2.987	146.53	1.39	2.19
	관목	150	0.580	98.223	2.457	5.073	1.294	3.981	169.35	2.06	3.08
	교목	308	0.520	39.358	2.462	3.246	1.815	3.628	75.69	1.32	2.00
	총	739	0.261	98.228	2.354	3.453	1.471	3.418	376.35	1.47	2.32
	평균값		0.41	68.51	2.32	3.65	1.49	3.50	191.98	1.56	2.40

[0065] 도 3의 조도계수(f)에 대한 식생하천 자료에서 박스-휘스커 분석결과는 표 3에서와 같이, 281개 초본 자료는 0.016 ~ 6.121, 150개 관목 자료는 0.015 ~ 12.910, 308개 교목 자료는 0.030 ~ 21.462, 739개 전체 자료에서는 0.015 ~ 12.462로 각각 나타났다.

[0067] 도 4의 조도계수(f)와 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)에 대한 분석결과를 비교할 때, 평균값/중앙값의 비와 상위(3/4)값/상위(1/4)값의 비에서 이들 평균값은 3.6, 3.9 및 1.6, 2.4로 나타났다.

[0068] [실험예 2] 매닝(Manning) 조도계수(n)

[0069] 식생하천의 739개의 식생자료는 초본, 관목, 교목으로 구성된다. 이들 자료를 사용하여 매닝의 조도계수 관계식은 도 7 및 도 8에 나타낸 바와 같이 유량(Q)과 마찰경사(S_f)를 함수로 하는 곡선 적합법에 의해 유도될 수 있다.

[0070] 이들 자료에 대한 매닝의 조도계수 관계식은 $n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} Q^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$, $n_{LJ_{nat}} = \alpha_{n \cdot LJ_{nat}} S_f^{\beta_{n \cdot LJ_{nat}}}$ 인 멱함수 형태로 유도된다. 여기서, Q = 유량(m³/s)이고, S_f = 마찰경사이며, $\alpha_{n \cdot LJ_{veg}}$, $\beta_{n \cdot LJ_{veg}}$ 는 하천에 대한 매닝 조도계수 관계식의 상수와 지수를 각각 나타낸다. 각 수리량에 대한 조도계수 관계식은 $n_{LJ_{nat}} = 0.061 Q^{-0.124}$ ($R^2=0.24$), $n_{LJ_{nat}} = 0.144 S_f^{0.199}$ ($R^2=0.28$) 로 각각 유도된다. 실제 하천에서 식생은 초본, 관목, 교목들이 혼합돼 있는 점을 고려한다면 이들 관계식은 실용적 측면에서 유용하게 활용될 수 있다.

[0071] 도 9 및 도 10은 각각 식생하천의 739개의 자료에 대한 매닝 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)의 박스-휘스커 분석결과를 나타내고, 이러한 분석결과를 표 4에 보다 상세하게 나타낸다.

[0072] [표 4]

항목	종류	수	최소 A	최대 B	중간 C	평균 D	4분 위수(percentile)		B/A	D/C	F/E
							상위 1/4 E	상위 3/4 F			
n	초본	281	0.015	0.250	0.034	0.046	0.029	0.055	16.67	1.35	1.90
	관목	150	0.016	0.250	0.042	0.058	0.031	0.064	15.63	1.38	2.06
	교목	308	0.018	0.310	0.037	0.047	0.031	0.037	17.22	1.27	1.19
	총	739	0.015	0.310	0.037	0.049	0.031	0.055	20.67	1.32	1.77
	평균값		0.02	0.28	0.04	0.05	0.03	0.05	17.55	1.33	1.73
$\frac{nQ^{1/3}}{S_f^{1/6}}$	초본	281	0.05	1.67	0.157	0.178	0.126	0.200	33.40	1.13	1.59
	관목	150	0.077	0.69	0.172	0.195	0.125	0.214	8.96	1.13	1.71
	교목	308	0.066	0.622	0.185	0.196	0.148	0.223	9.42	1.06	1.51
	총	739	0.05	1.67	0.173	0.189	0.13	0.212	33.40	1.09	1.63
	평균값		0.06	1.16	0.17	0.19	0.13	0.21	21.30	1.10	1.61

[0073]

[0074] 도 9의 조도계수(n)에 대한 식생하천 자료에서 박스-휘스커 분석결과는 표 4에서와 같이, 281개 초본 자료는 0.015 ~ 0.250, 150개 관목 자료는 0.016 ~ 0.250, 308개 교목 자료는 0.018 ~ 0.310, 739개 전체 자료에서는 0.015 ~ 0.310으로 각각 나타났다.

[0075] 도 10의 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/3}/S_f^{1/6}$)에 대한 분석결과를 비교할 때, 평균값/중앙값의 비와 상위(3/4)값/상위(1/4)값의 비에서 이들 평균값은 1.1, 1.6 및 1.1, 1.6으로 같은 비율을 갖는 것으로 나타났다.

[0076] [상대 잠수비와 전단 속도비의 관계]

[0077] 도 11은 739개 자료의 상대 잠수비(h/d_{50})와 전단 속도비(V/v_*)에 대한 관계식을 곡선 적합법을 통해 반경험적 방법으로 유도하였다. 도 11에 나타낸 바와 같이, 매닝-스트리클러 관계식은 h/d_{50} 항의 계수는 5보다 약간 큰

5.3, 지수는 1/6보다 약간 작은 1/8.3을 갖는 $V = 5.3(h/d_{50})^{1/8.3} \sqrt{ghS_f}$ 로 각각 유도되었고, 상대 잠수비 (h/d_{50})와 전단 속도비(V/v_*)에 대한 관계식은 실용 목적 및 수리학적 거친 경계인 식보다 우수한 값을 갖는 $\sqrt{8/f} (= V/u_*) = 5.75 \log(5h/d_{50})$ 로 유도되었다.

[0078] [실험 결과]

[0079] 본 발명에 사용된 초본, 관목, 교목으로 구성된 식생하천의 자료는 표 5에 나타낸 바와 같이 다르시-바이스바하 조도계수(f)와 매닝 조도계수(n)의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

[0080] [표 5]

종류	수	조도계수					
		Manning n			Darcy-Weisbach f		
		최소	평균	최대	최소	평균	최대
초본	281	0.015	0.046	0.250	0.016	0.097	6.121
관목	150	0.016	0.058	0.250	0.015	0.155	12.910
교목	308	0.018	0.047	0.310	0.030	0.102	21.462
총	739	0.015	0.049	0.310	0.015	0.109	21.462

[0081]

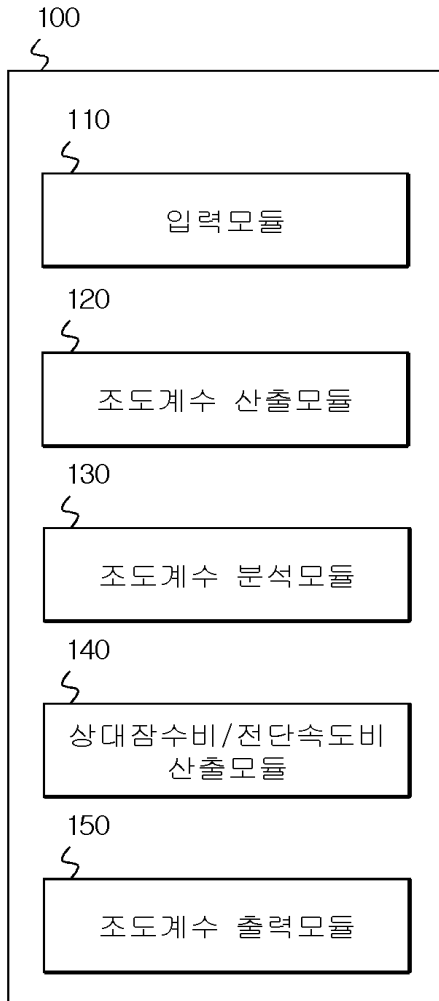
[0082] 이들 자료는 다르시-바이스바하 조도계수(f)에서 281개 초본 자료는 0.016 ~ 6.121, 150개 관목 자료는 0.015 ~ 12.910, 308개 교목 자료는 0.030 ~ 21.462, 739개 전체 자료에서는 0.015 ~ 21.462로 나타났고, 매닝 조도계수(n)에서 281개 초본 자료는 0.015 ~ 0.250, 150개 관목 자료는 0.016 ~ 0.250, 308개 교목 자료는 0.018 ~ 0.310, 739개 전체 자료에서는 0.015 ~ 0.310으로 나타났다.

[0083] 박스-휘스커 분석 결과에서, 다르시-바이스바하 조도계수의 상위 25%와 75%의 값에서 초본은 0.065 ~ 0.245,

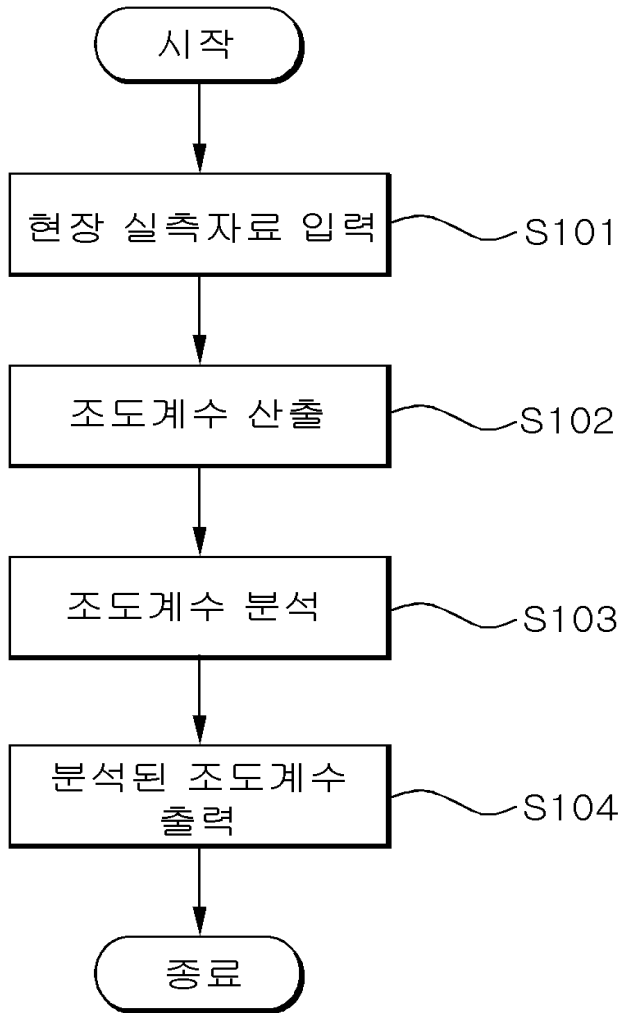
150 : 조도계수 출력모듈

도면

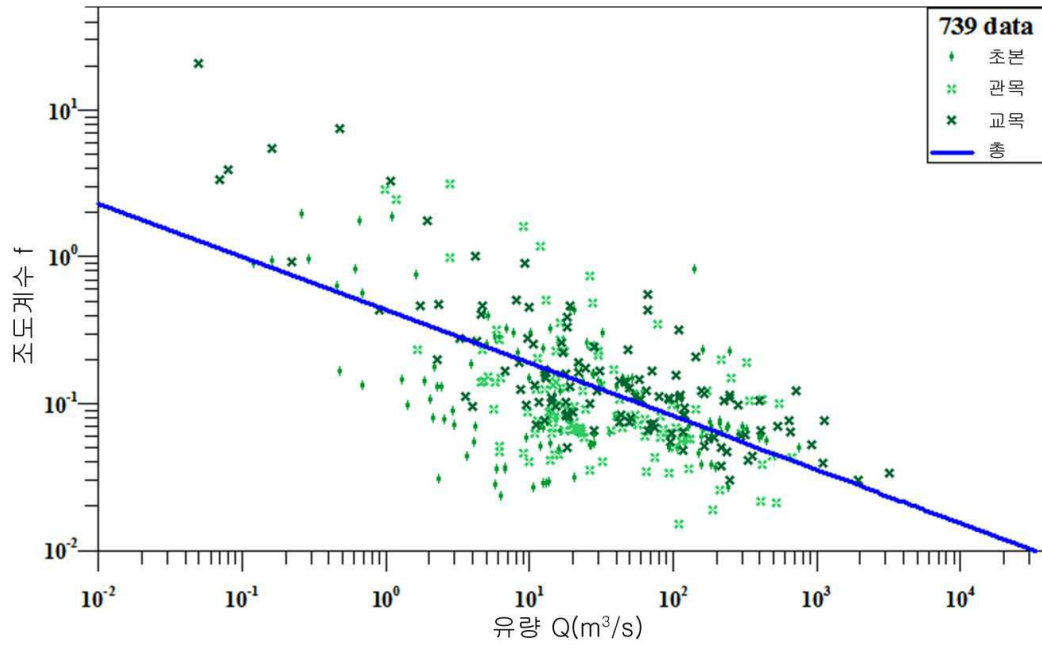
도면1



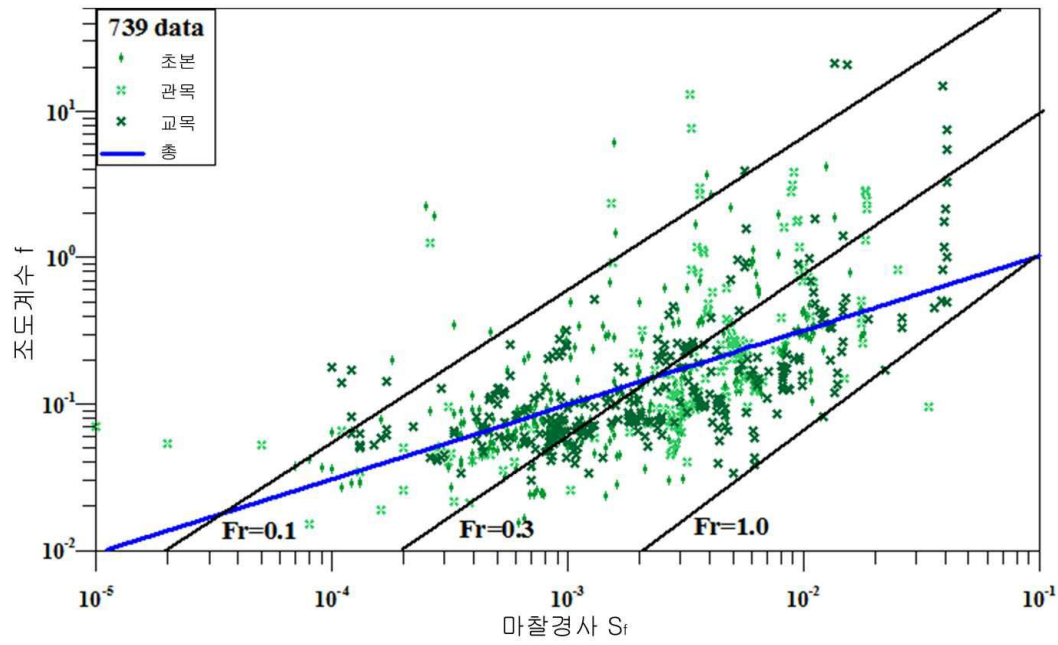
도면2



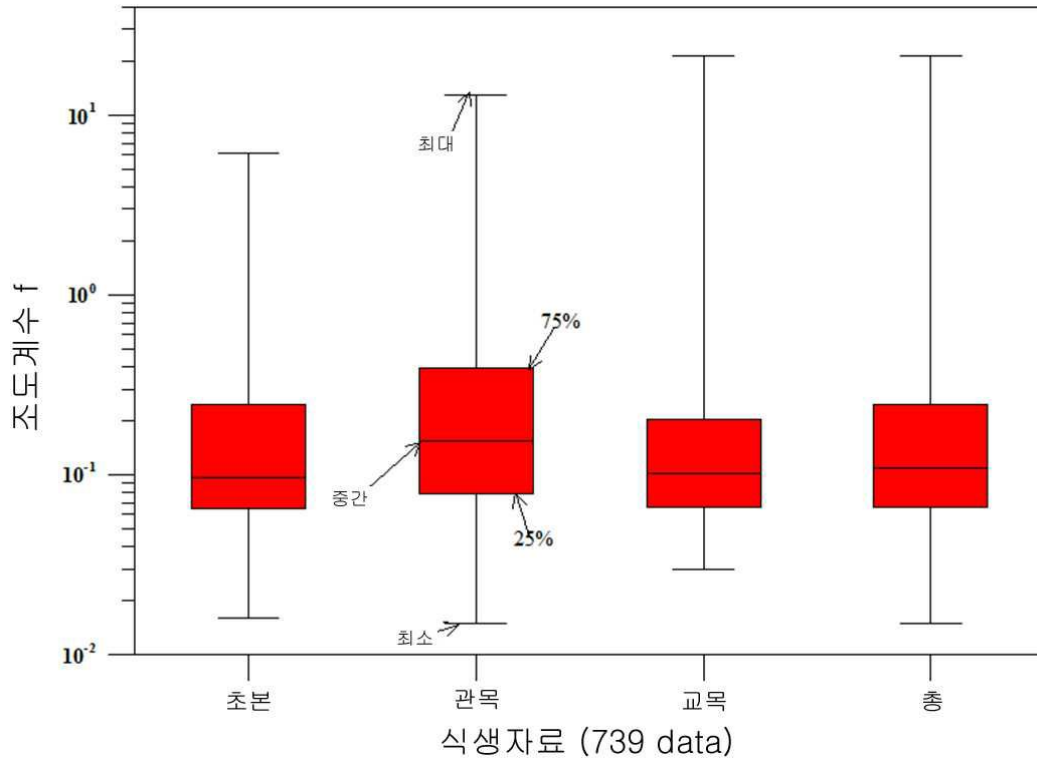
도면3



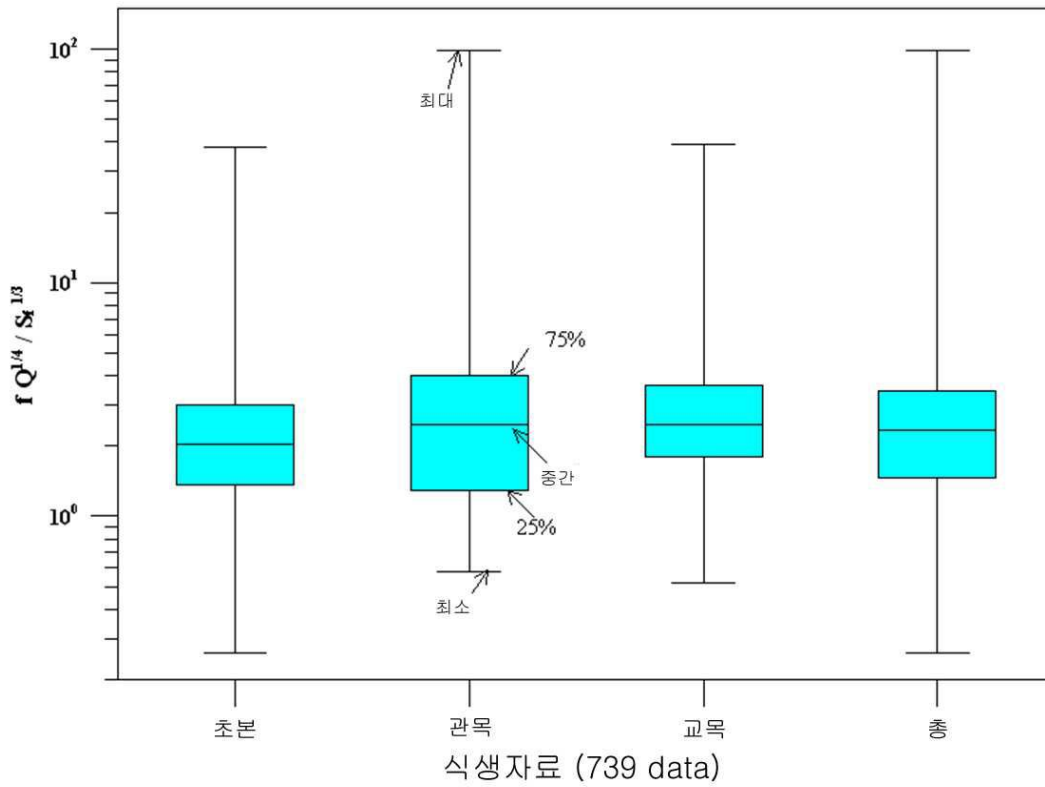
도면4



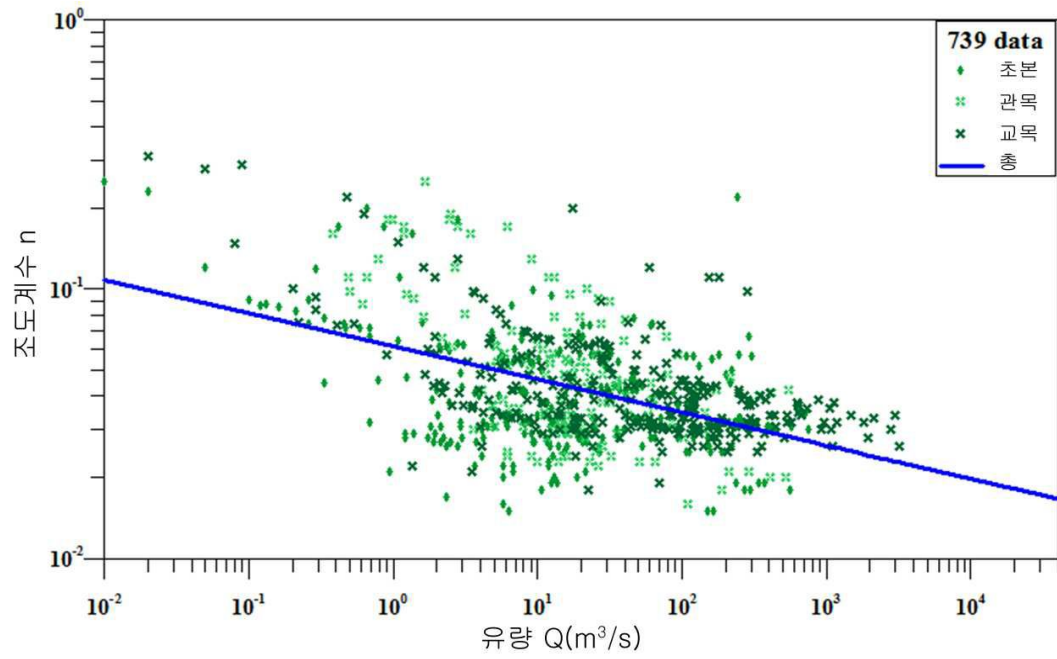
도면5



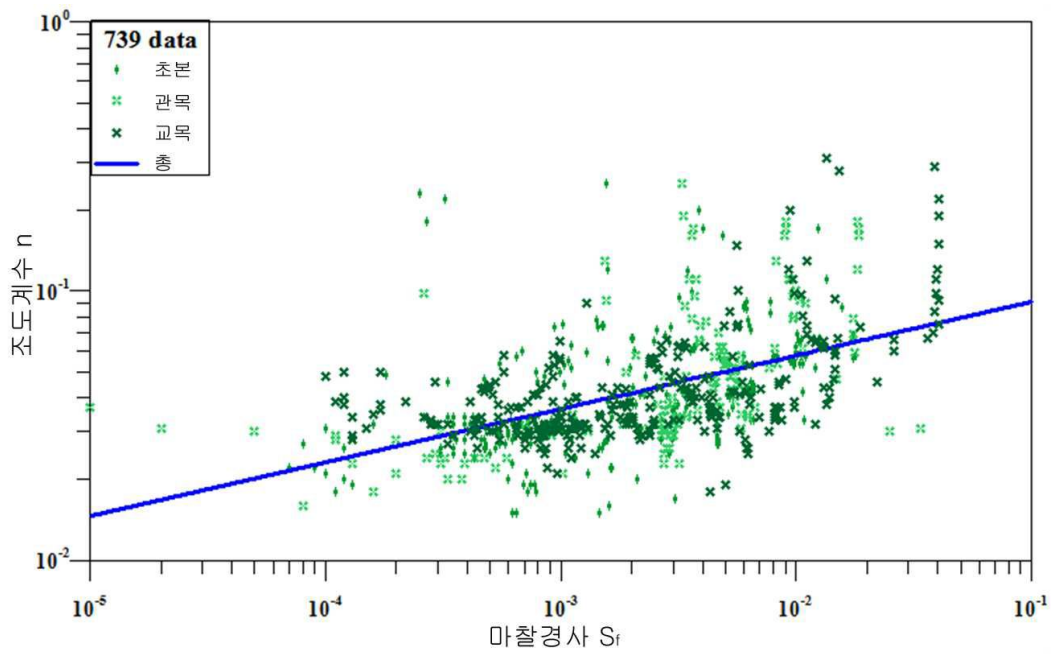
도면6



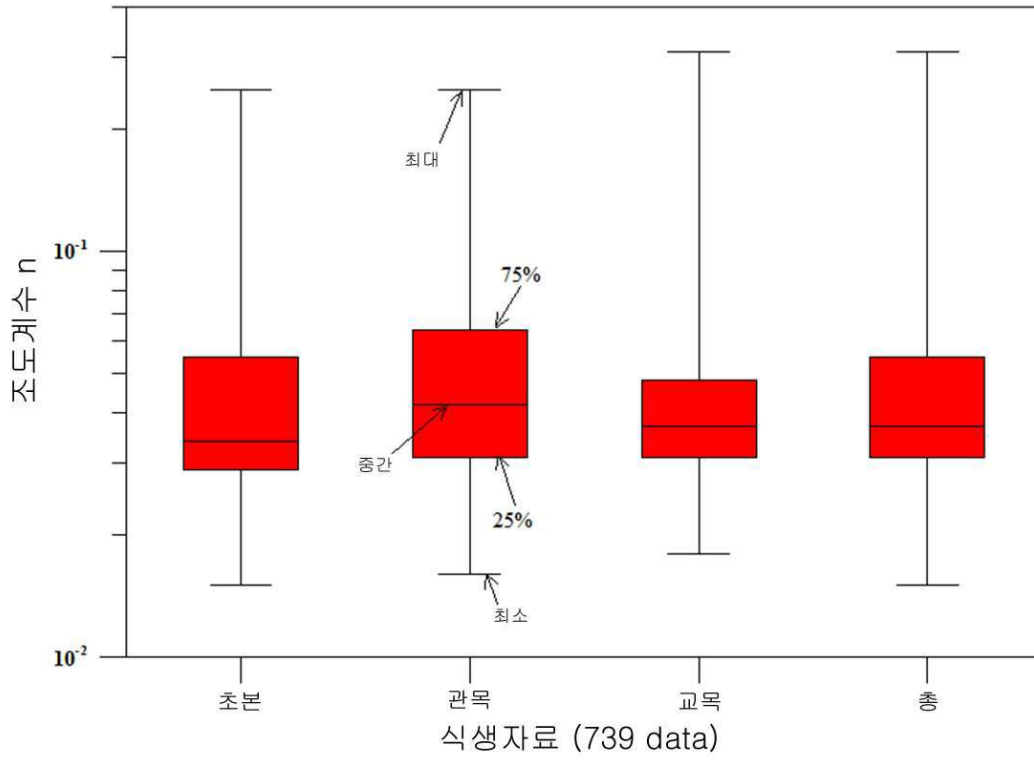
도면7



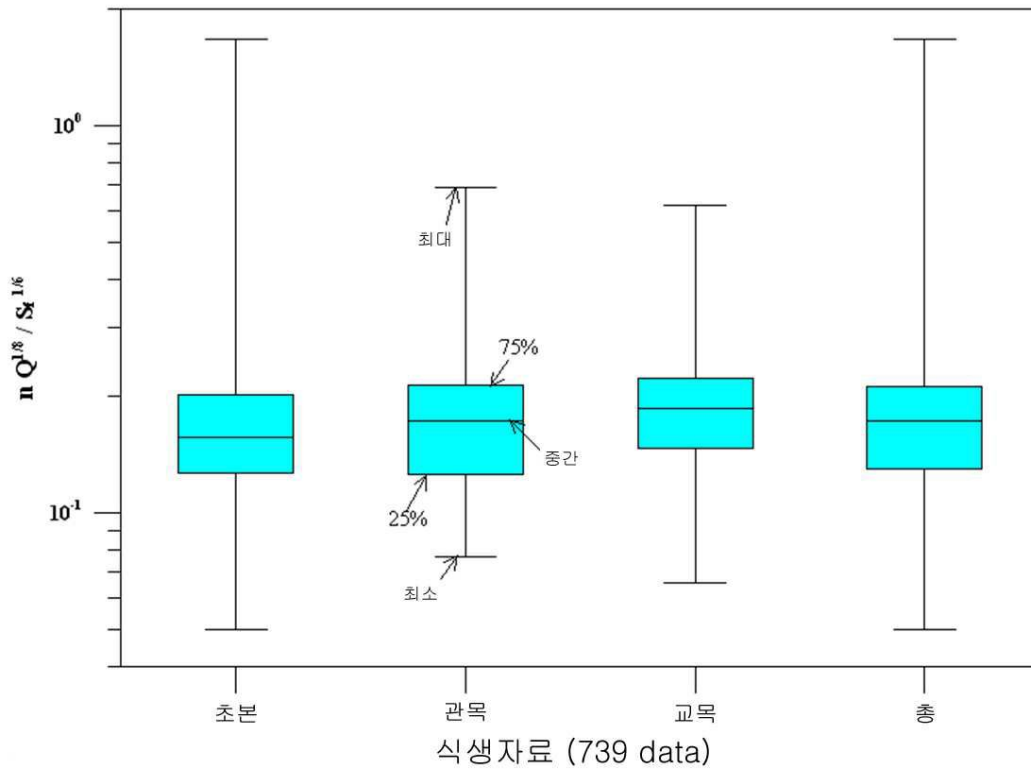
도면8



도면9



도면10



도면11

