

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0143453 (43) 공개일자 2013년12월31일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G06F 19/00 (2011.01) G06F 17/10 (2006.01)	(71) 출원인 한밭대학교 산학협력단 대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)	
(21) 출원번호 10-2012-0067025	(72) 발명자 이종석 대전광역시 유성구 동서대로 125 한밭대학교	
(22) 출원일자 2012년06월21일 심사청구일자 2012년06월21일	(74) 대리인 김정수	

전체 청구항 수 : 총 19 항

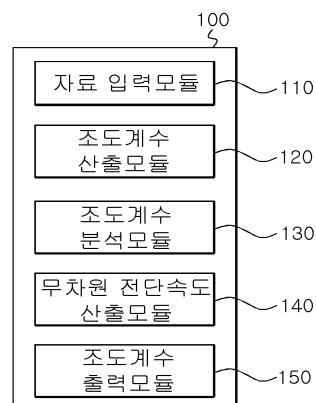
(54) 발명의 명칭 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 자연하천의 하상자료와 식생하천의 식생재료로 구성된 현장 실측자료를 이용하여 조도계수를 산정하여 분석하는 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치에 관한 것이다.

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

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계;

조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천과 식생하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계;

조도계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천과 식생하천의 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및

조도계수 출력모듈이 분석된 각각의 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 자연하천의 현장 실측자료는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료인 것으로 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 식생하천의 현장 실측자료는 초목, 관목 및 교목에 대한 식생자료인 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 하상자료는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 식생자료는 상기 초목, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

$$n_{nat} = \alpha_{nat} Q^{\beta_{nat}},$$

$$n_{nat} = \alpha_{nat} S_f^{\beta_{nat}}$$

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

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 3 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제 3 단계는, 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수와 이 조도계수에 대한 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 단계에서 상기 식생하천의 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

$$n_{veg} = \alpha_{veg} Q^{\beta_{veg}}$$

$$n_{veg} = \alpha_{veg} S_f^{\beta_{veg}}$$

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

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 3 단계에서 상기 식생하천의 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

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

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 4 단계 후에, 회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 전단속도를 산출하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법.

청구항 13

자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치에 있어서,

자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료와, 식생하천의 초목, 관목 및 교목에 대한 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 자료 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 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 하상자료는 상기 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 식생자료는 상기 초목, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

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

$$n_{nat} = \alpha_{nat} Q^{\beta_{nat}},$$

$$n_{nat} = \alpha_{nat} S_f^{\beta_{nat}}$$

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

청구항 17

제 13 항에 있어서,

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

$$n_{veg} = \alpha_{veg} Q^{\beta_{veg}}$$

$$n_{veg} = \alpha_{veg} S_f^{\beta_{veg}}$$

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

청구항 18

제 13 항에 있어서,

상기 조도계수 분석모듈은 상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

청구항 19

제 13 항에 있어서,

회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 전단속도를 산출하는 무차원 전단속도 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 조도계수 산정방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 자연하천의 하상자료와 식생하천의 식생자료로 구성된 현장 실측자료를 이용하여 조도계수를 산정하여 분석하는 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 하상이나 제방의 재료가 주로 모래와 자갈 등을 구성된 자연하천이나 홍수터와 제방에 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree) 등의 식생이 산재하고 있는 식생하천에서 흐름에 대한 저항은 제방과 윤변에 식생과 하상자료에 따라 유속의 변화를 초래한다. 이들 현상은 수공학 기술에서 주요 과제로서 연구되고 있다. 흐름 저항은 표면의 먼 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 우치, 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 흐름과 하상 사이의 상호작용에 의해 발생하는 전단응력은 흐름해석과 수리적 안정성 분석에 기초가 된다. 하천에서 조도계수는 크게 식생과 수로의 하상형상 및 하상자료로 분류된다. 하상자료에 의한 조도계수는 현장측정과 모형실험 등을 통해 얻어진 경험적 공식을 이용해 주로 결정하고 있다.

[0006] 또한, 하천제방과 홍수터의 식생은 침식을 억제시킴으로써 수로와 제방의 안정성을 확보하고, 수생동물의 서식처 역할을 하는 반면에, 이는 흐름의 저항으로 인해 통수능에 지장을 초래하므로 이를 수리학적으로 예측할 필요가 있다.

[0007] 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.

[0008] 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

[0009] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 현장 실측자료를 통하여 하천 흐름의 조도계수를 도출함으로써 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 하상자료와 식생자료에 대한 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시하고, 유량과 마찰경사를 함수로 하는 조도계수 관계식을 유도할 수 있는 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 자연하천과 식생하천에서 상대 잠수비를 함수로 하는 무차원 전단속도 식을 유도함으로써 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치의 제공을 목적으로 한다.

[0012] 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

[0013] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정 방법은, 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계; 조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천과 식생하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계; 조도계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천과 식생하천의 조도계수를 분석하는 제 3 단계; 및 조도계수 출력모듈이 분석된 각각의 조도계수를 출력하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 자연하천의 현장 실측자료는 모래, 자갈,

조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료이고, 상기 식생하천의 현장 실측자료는 초목, 관목 및 교목에 대한 식생자료인 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 하상자료가 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 식생자료가 상기 초목, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 2 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 한다.

$$n_{nat} = \alpha_{nat} Q^{\beta_{nat}},$$

$$n_{nat} = \alpha_{nat} S_f^{\beta_{nat}}$$

[0020] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{nat}는 상수, β_{nat}는 지수를 나타냄)

[0021] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계는, 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수와 이 조도계수에 대한 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 2 단계에서 상기 식생하천의 조도계수는 아래의 관계식을 사용하여 산출되는 것을 특징으로 한다.

$$n_{veg} = \alpha_{veg} Q^{\beta_{veg}}$$

$$n_{veg} = \alpha_{veg} S_f^{\beta_{veg}}$$

[0026] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{veg}는 상수, β_{veg}는 지수를 나타냄)

[0027] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법은, 상기 제 4 단계 후에, 회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 전단속도를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치는, 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치에 있어서, 자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상

자료와, 식생하천의 초목, 관목 및 교목에 대한 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 자료 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.

[0029] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치는, 회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 전단속도를 산출하는 무차원 전단속도 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법 및 장치에 따르면, 현장 실측자료를 통하여 하천 흐름의 조도계수를 도출하고, 하상자료와 식생자료에 대한 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시하고, 유량과 마찰경사를 함수로 하는 조도계수 관계식을 유도함으로써 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 이점이 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 자연하천과 식생하천에서 상대 잠수비를 함수로 하는 무차원 전단속도 식을 유도함으로써 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치를 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 회귀 분석법에 의해 유도된 자연하천의 유량-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 회귀 분석법에 의해 유도된 자연하천의 마찰경사-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 자연하천의 하상자료에 대한 조도계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 6은 본 발명의 자연하천의 하상자료에 대한 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 회귀 분석법에 의해 유도된 식생하천의 유량-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 회귀 분석법에 의해 유도된 식생하천의 마찰경사-조도계수의 관계분석의 실험예를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 식생하천의 식생자료에 대한 조도계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 11은 본 발명의 식생하천의 식생자료에 대한 매개변수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 11은 본 발명의 자연하천의 하상자료에서 상대 잠수비에 대한 전단 속도비의 관계를 나타내는 예시도이다.

도 12는 본 발명의 식생하천의 식생자료에서 상대 잠수비에 대한 전단 속도비의 관계를 나타내는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에서 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치를 나타내는 블록도이고, 도 2는 본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.

[0037] 도면을 참조하면, 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 조도계수의 산정장치(100)는, 자료 입력모듈(110), 조도계수 산출모듈(120), 조도계수 분석모듈(130), 상대 잠수비 미 전단 속도비 산출모듈(140)과 조도계수 출력모듈(150)을 포함할 수 있다.

[0038] 자료 입력모듈(110)은 자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 이루어지는 하상자료와, 식생하천의 초목, 관목 및 교목으로 이루어지는 식생자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력받는다(S101). 하상자료는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속 및 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어지고, 식생자료는 초목, 관목 및 교목에 대한 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속 및 수심에 대한 최소값과 최대값의 범위로 이루어질 수 있다.

[0039] 조도계수 산출모듈(120)은 자료 입력모듈(110)에 입력된 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출할 수 있다(S102). 조도계수 산출모듈(120)에서는 자연하천의 현장 실측자료에 대해 다음의 조도계수 관계식(식 1)을 통해 조도계수를 유도할 수 있다.

[0040] [식 1]

$$n_{nat} = \alpha_{nat} Q^{\beta_{nat}},$$

$$n_{nat} = \alpha_{nat} S_f^{\beta_{nat}}$$

[0043] (여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{nat}는 상수, β_{nat}는 지수를 나타낸다)

[0044] 또한, 조도계수 산출모듈(120)에서는 식생하천의 현장 실측자료로부터 다음의 조도계수 관계식(식 2)을 통해 조도계수를 유도할 수 있다.

[0045] [식 2]

[0046]

[0047]

[0048]

$$n_{veg} = \alpha_{veg} Q^{\beta_{veg}}$$

$$n_{veg} = \alpha_{veg} S_f^{\beta_{veg}}$$

(여기서, Q는 유량(m³/s), S_f는 마찰경사, α_{veg}는 상수, β_{veg}는 지수를 나타낸다)

[0049]

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, 회귀 분석법(regression analysis) 및 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 통해 자연하천과 식생하천에 대한 조도계수와 이 조도계수에서의 매개변수(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).

[0050]

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.

[0051]

또한, 본 발명의 조도계수 산정장치(100)의 무차원 전단속도 산출모듈(140)에서는 회귀 분석법을 이용하여 하상자료와 식생자료 대한 상대 잠수비와 전단 속도비의 관계를 산출할 수 있다.

[0052]

본 발명에 따른 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료는 하상자료 1,875개와 식생자료 739개로 총 2,614개의 데이터로 구성하였다. 이들 데이터는 유량과 마찰경사에 대한 매닝(Manning) 조도계수의 분포분석 및 관계식 유도, 상대 잠수비와 전단 속도비 관계식 도출을 위해 사용하였다.

[0053]

하상자료는 모래(sand), 자갈(gravel), 조약돌(cobble) 및 호박돌(boulder)로 분류하고, 식생자료는 초본(grass), 관목(shrub) 및 교목(tree)으로 구분하여 분류하였다. 표 1에 나타낸 바와 같이, 이들 하상자료와 식생자료는 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심의 최소값과 최대값의 범위로 나타낸다.

[0054]

[표 1]

수리량 하천	종류	자료수	유량 Q(m ³ /s)	마찰경사 S _f (-)	중앙입경 d ₅₀ (mm)	평균유속 (m/s)	수심 h(m)
자연 하천	모래	179	0.06~26,560.4	0.0001~0.0320	0.01~1.64	0.02~7.09	0.04~15.67
	자갈	992	0.01~14,998.0	0.00009~0.081	2~63.6	0.04~4.70	0.04~11.15
	조약돌	651	0.02~3,820.0	0.00001~0.0508	64~253	0.07~4.29	0.10~6.94
	호박돌	53	2.0~1,700.0	0.0206~0.0373	263~945	0.32~5.11	0.28~4.09
	소계	1,875	0.01~26,560.4	0.00001~0.0810	0.01~945	0.02~7.09	0.04~15.67
식생 하천	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	0.1~3.64	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
	소계	739	0.01~3,220.00	0.00001~0.0405	0.17~893	0.06~5.11	0.10~3.96
합계		2,614	0.01~26,560.4	0.00001~0.0810	0.01~945	0.02~7.09	0.01~15.67

[0055]

[0056] 본 발명의 실험예에서는 표 1에 나타난 현장 실측자료들을 이용하여, 매닝 조도계수(n)에 대한 마찰경사(S_f)와 유량(Q) 뿐만 아니라, 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$) 및 상대 잠수비와 전단 속도비와의 관계식(매닝-스트리클러(manning-Strickler) 관계식)($h/d_s \sim V/u_*$)에 대한 분석을 각각 수행한다.

[0057] 특히, 조도계수(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.

[0058] 또한, 무차원 전단속도는 조도계수(n)를 유도하기 위해 다음의 관계식(식 3)을 사용한다.

[0059] [식 3]

$$\frac{V}{u_*} \equiv \frac{C}{\sqrt{g}} \equiv \sqrt{\frac{8}{f}} \equiv \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{R_h^{1/6}}{n}$$

[0060]

[0061] (여기서, $u_* = \sqrt{\tau_0/\rho}$ 인 전단속도이고, ρ 는 물의 밀도이다.)

[0062] 무차원 전단속도는 하상변형이 없는 수리학적으로 거친 경계에서, 모래보다 거친 하상자료를 갖는 하천의 흐름 저항은 다음의 관계식(식 4)을 통해 대략화 할 수 있다.

[0063] [식 4]

$$\frac{V}{u_*} = \sqrt{\frac{8}{f}} = 5.75 \log\left(\frac{12.2 R_h}{k'_s}\right)$$

[0064]

[0065] 여기에서, $k'_s \approx 3d_{90}$ 또는 $k'_s \approx 6d_{50}$ 으로 대략화 할 수 있는데, k'_s 는 입자조도이고, d_{50} 및 d_{90} 은 입자의 중량통과 백분율로 50% 및 90%에 해당하는 입경이며, R_h 는 동수반경을 나타낸다.

[0066] 무차원 전단속도는 실용 목적상 상대 수심비(h/d_{50})의 광범위한 자료에 대해 적용할 수 있으며, 이는 대략화를 통해 다음의 관계식(식 5)으로 사용할 수 있다.

[0067] [식 5]

$$\sqrt{\frac{8}{f}} = 5.75 \log\left(\frac{2h}{d_{50}}\right)$$

[0068]

[0069] 또한, 매닝-스트리클러(Manning-Strickler)의 역함수 방정식은 조도계수가 중앙입경 d_{50} 에 대해 $n=0.064d_{50}^{1/6}$ 인 경우에 다음의 관계식(식 6)으로 사용할 수 있다.

[0070] [식 6]

$$V = 5\left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{1/6} \sqrt{gh S_f}$$

[0071]

[0072] 따라서, 수리학적으로 거친 경계에서 관계식(식 4)은 상대 잠수비(h/d_{50})와 무차원 전단속도(V/v_*)의 관계는 다음의 관계식(식 7)으로 사용할 수 있다.

[0073] [식 7]

$$\sqrt{\frac{8}{f}} \left(= \frac{V}{u_*} \right) = 5.75 \log \left(\frac{12.2h}{d_{50}} \right)$$

[0074]

[0075] [실험예 1] 자연하천의 조도계수(n)

[0076] 자연하천의 1,875개의 하상자료는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 구성된다. 이들 자료를 사용하여 매닝의 조도계수 관계식은 도 3 및 도 4에 나타난 바와 같이 유량(Q)과 마찰경사(S_f)를 함수로 하는 회귀 분석법에 의해 유도될 수 있다.

[0077] 자연하천에서 매닝의 조도계수 관계식은, 표 2에 나타난 바와 같이, 유량 $Q(m^3/s)$ 과 마찰경사 S_f 를 함수로 하는

$n_{nat} = \alpha_{nat} Q^{\beta_{nat}}$ 와 $n_{nat} = \alpha_{nat} S_f^{\beta_{nat}}$ 인 멱함수 형태로 유도된다. 여기서, α_{nat} , β_{nat} 는 자연하천의 매닝 조도계수 관계식에 대한 상수와 지수를 나타낸다.

[0078] [표 2]

범위		자료 분포범위	관계식
자료명			
자연하천	호박돌	$Q=2.0 \sim 1,700 m^3/s$ $S_f=0.00001 \sim 0.0810$	$n_{bou} = 0.14 Q^{-0.20} (R^2=0.40)$
			$n_{bou} = 0.59 S_f^{0.45} (R^2=0.39)$
	조약돌	$Q=0.02 \sim 3,820 m^3/s$ $S_f=0.00001 \sim 0.0508$	$n_{cob} = 0.07 Q^{-0.14} (R^2=0.27)$
			$n_{cob} = 0.17 S_f^{0.23} (R^2=0.36)$
	자갈	$Q=0.01 \sim 14,998 m^3/s$ $S_f=0.00009 \sim 0.081$	$n_{gra} = 0.05 Q^{-0.08} (R^2=0.15)$
			$n_{gra} = 0.09 S_f^{0.13} (R^2=0.11)$
	모래	$Q=0.06 \sim 26,560 m^3/s$ $S_f=0.0001 \sim 0.0320$	$n_{san} = 0.04 Q^{-0.04} (R^2=0.04)$
			$n_{san} = 0.04 S_f^{0.04} (R^2=0.01)$

[0079]

[0080] 표 2에 나타난 바와 같이, 4개의 하상자료로 유도된 조도계수 관계식은 입자의 크기가 작을수록 결정계수 값이 작게 나타난다. 이는 수리량의 분포 범위가 상당히 크기 때문에 통계적인 측면에서는 유효성이 낮을 수 있으나, 모래를 제외한 호박돌, 조약돌의 관계식은 수공 실무에서 강수-유출에 의한 계획 홍수량이 주어지거나, 수로경사 또는 마찰경사를 결정한 상태에서는 조도계수 산정에 유용하게 사용할 수 있다.

[0081] 도 5 및 도 6은 각각 자연하천의 1,875개의 자료에 대한 매닝 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)의 박스-휘스커 분석결과를 나타내고, 이러한 분석결과를 표 3에 보다 상세하게 나타낸다.

[0082] [표 3]

내용 분석	구분	수	A 최소값	B 최대값	C 중앙값	D 평균값	4분위값(%)		B/A	D/C	F/E
							E 상위1/4	F 상위3/4			
조도계수	모래	179	0.004	0.151	0.031	0.036	0.025	0.042	37.75	1.16	1.68
	자갈	992	0.008	0.250	0.036	0.045	0.029	0.051	31.25	1.25	1.76
	조약돌	651	0.015	0.327	0.040	0.052	0.032	0.057	21.80	1.30	1.78
	호박돌	53	0.023	0.444	0.062	0.080	0.044	0.101	19.30	1.29	2.30
	소 계	1,875	0.004	0.444	0.037	0.047	0.030	0.053	111.00	1.27	1.77
	평균		0.01	0.32	0.04	0.05	0.03	0.06	44.22	1.25	1.86
매개변수	모래	179	0.046	9.328	1.259	1.771	0.339	2.330	202.78	1.41	6.87
	자갈	992	0.050	8.026	0.402	0.700	0.184	0.884	160.52	1.74	4.80
	조약돌	651	0.063	4.168	0.293	0.529	0.175	0.731	66.16	1.81	4.18
	호박돌	53	0.177	3.219	0.254	0.483	0.206	0.578	18.19	1.90	2.81
	소 계	1,875	0.046	9.328	0.392	0.483	0.206	0.578	202.78	1.23	2.81
	평균		0.08	6.81	0.52	0.79	0.22	1.02	130.09	1.62	4.29

[0083]

[0084] 도 5의 조도계수(n)에 대한 자연하천 자료에서 박스-휘스커 분석결과는 표 3에서와 같이, 178개 모래 자료는 0.0041 ~ 0.151, 992개 자갈 자료는 0.008 ~ 0.250, 651개 조약돌 자료는 0.015 ~ 0.327, 53개 호박돌 자료는 0.023 ~ 0.444, 그리고 1,875개 전체 자료에서는 0.004 ~ 0.444로 각각 나타났다.

[0085] 또한, 도 6의 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)에 대한 분석결과를 비교할 때, 평균값/중앙값의 비와 상위 (3/4)값/상위(1/4)값의 비에서 이들 평균값은 1.3, 1.9 및 1.6, 4.3으로 나타났다.

[0086] [실험예 2] 식생하천의 조도계수(n)

[0087] 식생하천의 739개의 식생자료는 초본, 관목 및 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 회귀 분석법에 의해 유도될 수 있다.

[0088] 식생하천에서 매닝의 조도계수 관계식은, 표 4에 나타낸 바와 같이, 유량 $Q(m^3/s)$ 과 마찰경사 S_f 를 함수로 하는 $n_{veg} = \alpha_{veg} Q^{\beta_{veg}}$ 와 $n_{veg} = \alpha_{veg} S_f^{\beta_{veg}}$ 인 멱함수 형태로 유도된다. 여기서, α_{veg} , β_{veg} 는 식생하천에 대한 매닝 조도계수 관계식의 상수와 지수를 각각 나타낸다.

[0089] [표 4]

범위		자료 분포범위	관계식
자료명			
식생하천	교목	$Q=0.02\sim3,220m^3/s$ $S_f=0.0001\sim0.0405$	$n_{tr} = 0.07 Q^{-0.13}(R^2=0.33)$
			$n_{tr} = 0.13 S_f^{0.18}(R^2=0.31)$
	관목	$Q=0.38\sim542m^3/s$ $S_f=0.00001\sim0.034$	$n_{sh} = 0.09 Q^{-0.24}(R^2=0.35)$
			$n_{sh} = 0.18 S_f^{0.23}(R^2=0.30)$
	초본	$Q=0.01\sim750.48m^3/s$ $S_f=0.00007\sim0.0179$	$n_{gr} = 0.05 Q^{-0.10}(R^2=0.17)$
			$n_{gr} = 0.13 S_f^{0.19}(R^2=0.23)$

[0090]

[0091] 표 4에 나타낸 바와 같이, 3개의 식생자료로 유도된 조도계수 관계식은 수종의 크기가 작을수록 결정계수 값이 작게 나타난다. 이는 수리량의 분포 범위가 상당히 크기 때문에 통계적인 측면에서는 유효성이 낮을 수 있으나, 이들 관계식은 수공 실무에서 강수-유출에 의한 계획 홍수량이 주어지거나, 수로경사 또는 마찰경사를 결정 한 상태에서는 조도계수 산정에 유용하게 사용할 수 있다.

[0092] 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 5에 보다 상세하게 나타낸다.

[0093] [표 5]

내용 분석	구분	수	A 최소값	B 최대값	C 중앙값	D 평균값	4분위값(%)		B/A	D/C	F/E
							E 상위1/4	F 상위3/4			
조도계수	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
	소계	739	0.015	0.310	0.037	0.049	0.031	0.055	20.67	1.32	1.77
	평균		0.02	0.28	0.04	0.05	0.03	0.05	17.55	1.33	1.73
매개변수	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
	소계	739	0.05	1.67	0.173	0.189	0.13	0.212	33.40	1.09	1.63
	평균		0.06	1.16	0.17	0.19	0.13	0.21	21.30	1.10	1.61

[0094]

[0095] 도 9의 조도계수(n)에 대한 식생하천 자료에서 박스-휘스커 분석결과는 표 5에서와 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.

[0096] 도 10의 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)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.

[0097] [상대 잠수비에 대한 무차원 전단속도의 관계]

[0098] 도 11 및 도 12는 자연하천과 식생하천의 각 자료의 상대 잠수비(h/d_{50})에 다른 무차원 전단속도(V/v_*)의 관계식을 회귀 분석법을 통해 유도된 예시도이다.

[0099] 도시한 바와 같이, 도 11에 나타낸 바와 같이, 자연하천에서 매닝-스트리클러 관계식은 절편이 5보다 약간 큰 5.4, 기울기는 1/6보다 약간 작은 1/10을 갖는 $V=5.4(h/d_{50})^{1/10}\sqrt{ghS_f}$ 로 유도되었고, 도 12에 나타낸 바와 같이, 식생하천에서의 매닝-스트리클러 관계식은 절편이 5보다 약간 큰 5.3, 기울기는 1/6보다 약간 작은 1/8.3을 갖는 $V=5.3(h/d_{50})^{1/8.3}\sqrt{ghS_f}$ 로 각각 유도되었다. 또한, 자연하천과 식생하천에서 상대 잠수비(h/d_{50})에 대한 무차원 전단속도(V/v_*)와의 관계식은 실용 목적 및 수리학적 거친 경계인 식보다 우수한 값을 갖는 $\sqrt{8/f} (= V/u_*)=5.75\log(5h/d_{50})$ 로 유도되었다.

[0100] [실험 결과]

[0101] 본 발명에 사용된 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 구성된 자연하천의 자료와 초본, 관목 및 교목으로 구성된 식생하천의 자료는 표 6에 나타낸 바와 같이 매닝 조도계수(n)의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

[0102] [표 6]

자료구성 하천구분	자료명	자료수	Manning 조도계수		
			최소값	평균값	최대값
자연하천	모래	179	0.004	0.036	0.151
	자갈	992	0.008	0.045	0.250
	조약돌	651	0.015	0.052	0.327
	호박돌	53	0.023	0.080	0.444
	소계	1,875	0.004	0.047	0.444
식생하천	초본	281	0.015	0.046	0.250
	관목	150	0.016	0.058	0.250
	교목	308	0.018	0.047	0.310
	소계	739	0.015	0.049	0.310
합계		2,614	0.004	0.050	0.444

[0103]

[0104]

이들 자료에서 매닝 조도계수(f)는, 자연하천의 179개 모래 자료에서 0.004 ~ 0.151, 992개 자갈 자료에서 0.008 ~ 0.250, 651개 조약돌 자료에서 0.015 ~ 0.327, 53개 호박돌 자료에서 0.023 ~ 0.444, 그리고 1,875개 전체 자료에서는 0.004 ~ 0.444로 나타났다.

[0105]

또한, 식생하천에서는 281개 초본 자료에서 0.015 ~ 0.250, 150개 관목 자료에서 0.016 ~ 0.250, 308개 교목 자료에서 0.018 ~ 0.310, 그리고 739개 전체 자료에서는 0.015 ~ 0.310으로 나타났다.

[0106]

표 7은 자연하천과 식생하천에 대한 박스-휘스커 분석 결과를 나타냈다.

[0107]

[표 7]

분석내용 하천구분		Manning			
		조도계수 n		매개변수 $nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$	
		평균값/중앙값	상위(3/4)/상위(1/4)	평균값/중앙값	상위(3/4)/상위(1/4)
자연하천 (1,875자료)	모래	1.16	1.68	1.41	6.87
	자갈	1.25	1.76	1.74	4.80
	조약돌	1.30	1.78	1.81	4.18
	호박돌	1.20	2.30	1.90	2.81
	평균	1.3	1.9	1.6	4.3
식생하천 (739자료)	초본	1.35	1.90	1.13	1.59
	관목	1.38	2.06	1.13	1.71
	교목	1.27	1.19	1.06	1.51
	평균	1.3	1.7	1.1	1.6

[0108]

[0109]

표 7에 나타난 바와 같이, 매닝 조도계수와 매개변수의 평균값/중앙값, 상위(3/4)분위/상위(1/4)분위 평균값은 자연하천에서 1.3, 1.9 및 1.6, 4.3으로 약간 차이를 갖는 것으로 나타났고, 식생하천에서는 1.3, 1.7 및 1.1, 1.6으로 그 값의 차이가 크지 않은 것을 알 수 있다.

[0110]

상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 통하여 하천 흐름의 조도계수를 도출할 수 있고, 또한, 하상자료와 식생자료의 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시함으로써 유량과 마찰경사를 함수로 하는 조도계수 관계식을 유도하여 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 특징이 있다.

[0111]

상기 본 발명의 내용은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0112]

100 : 조도계수 산출장치

110 : 자료 입력모듈

120 : 조도계수 산출모듈

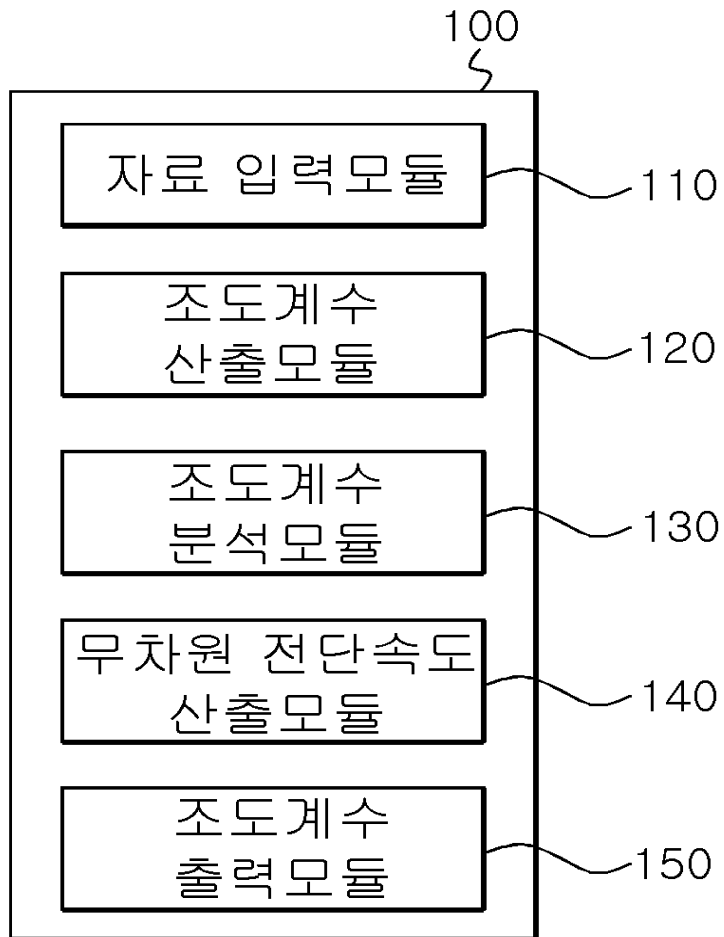
130 : 조도계수 분석모듈

140 : 무차원 전단속도 산출모듈

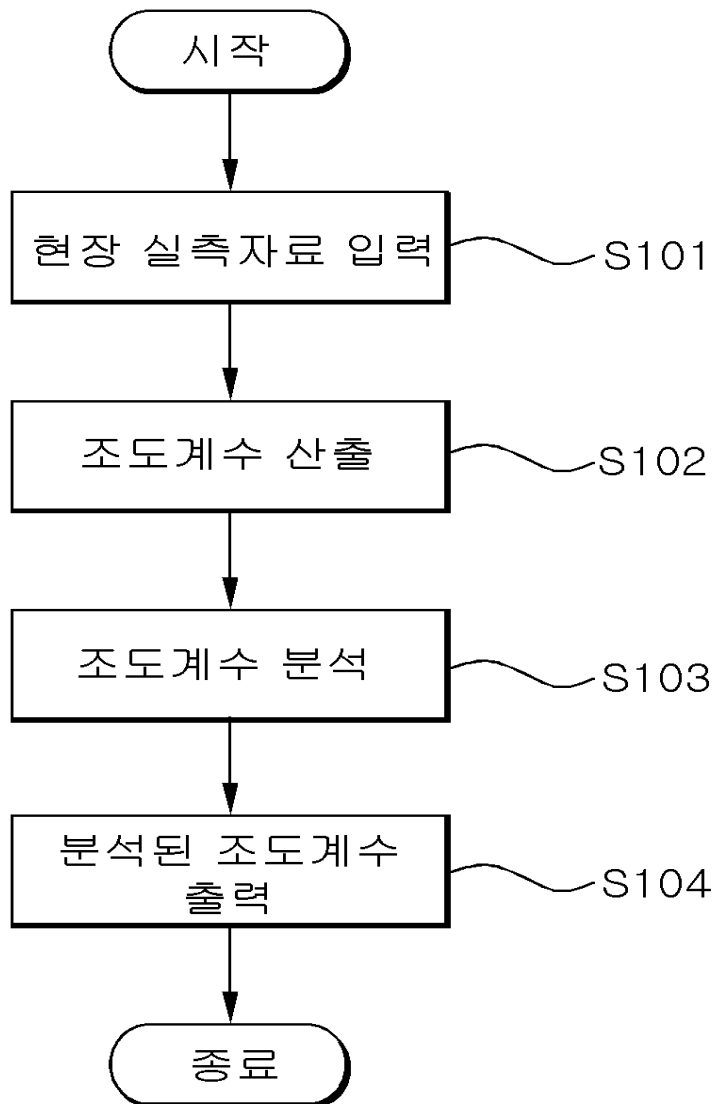
150 : 조도계수 출력모듈

도면

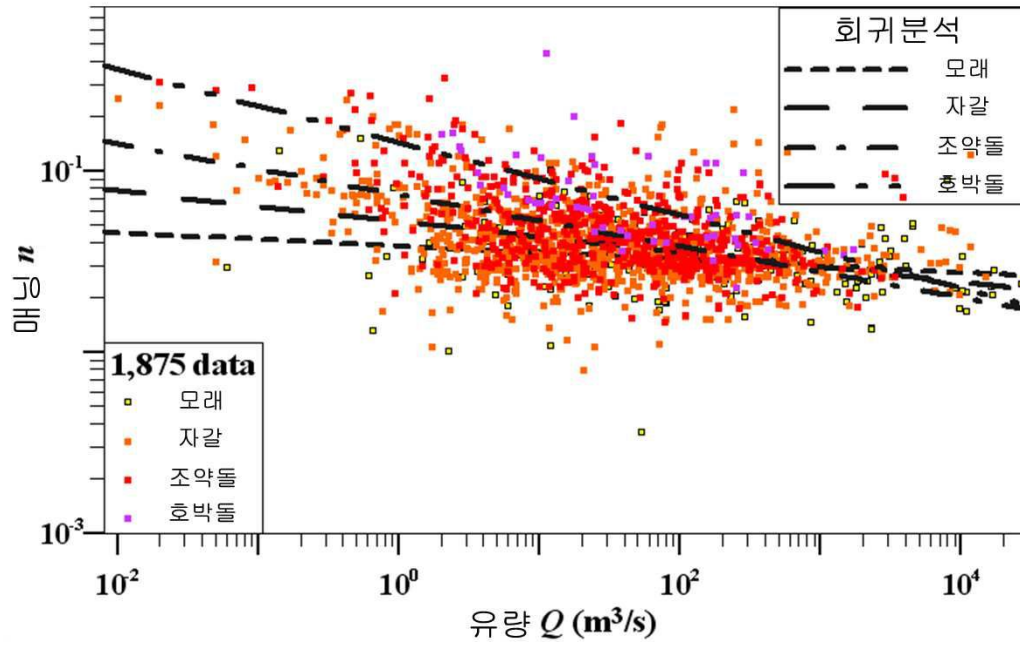
도면1



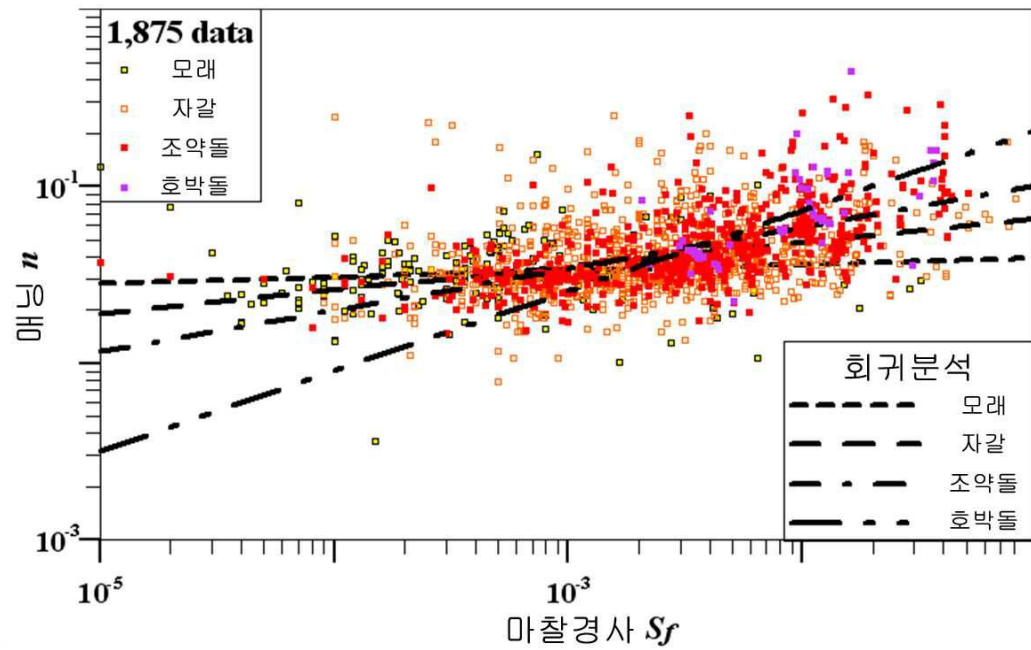
도면2



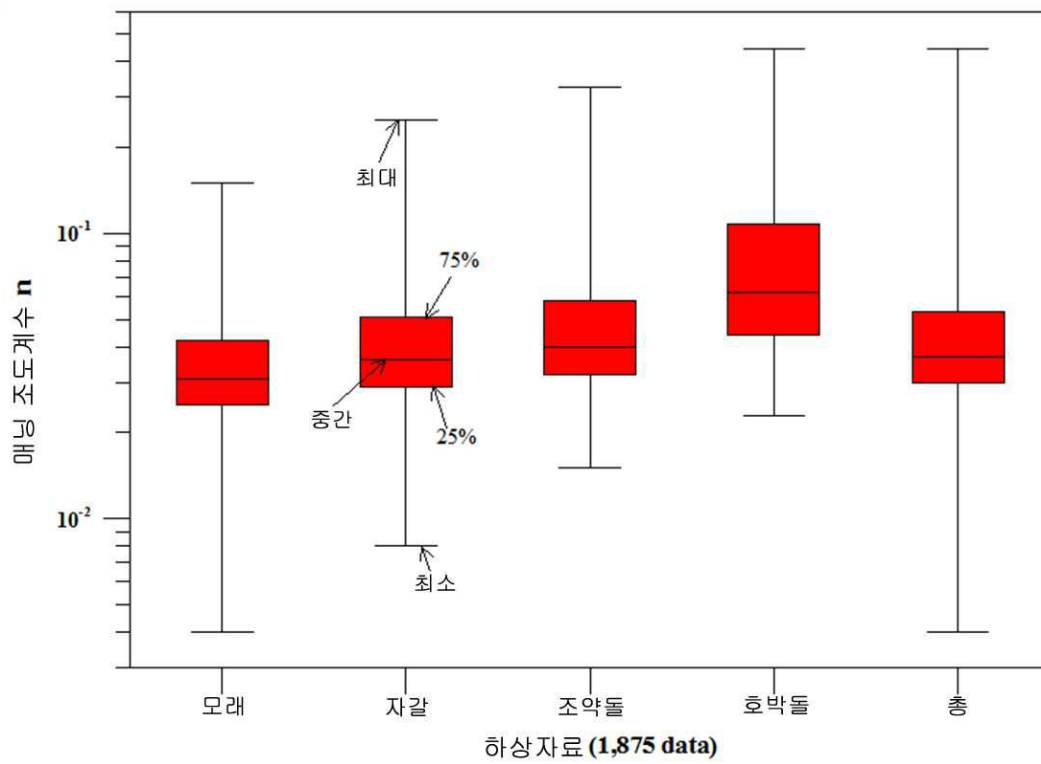
도면3



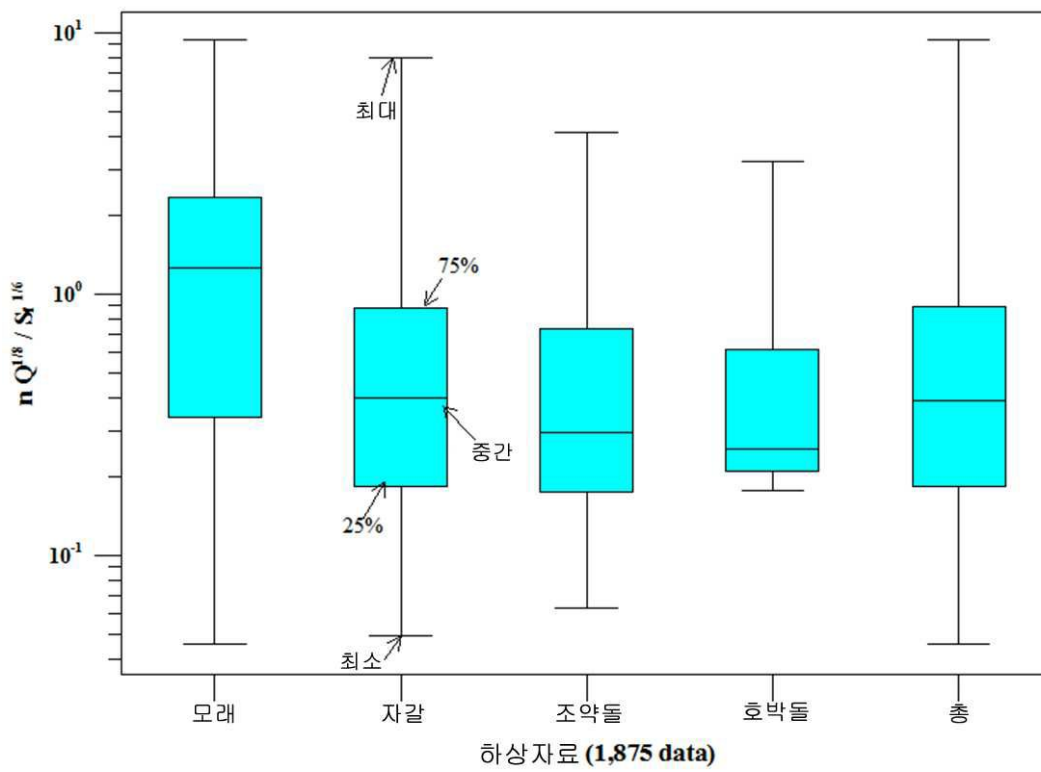
도면4



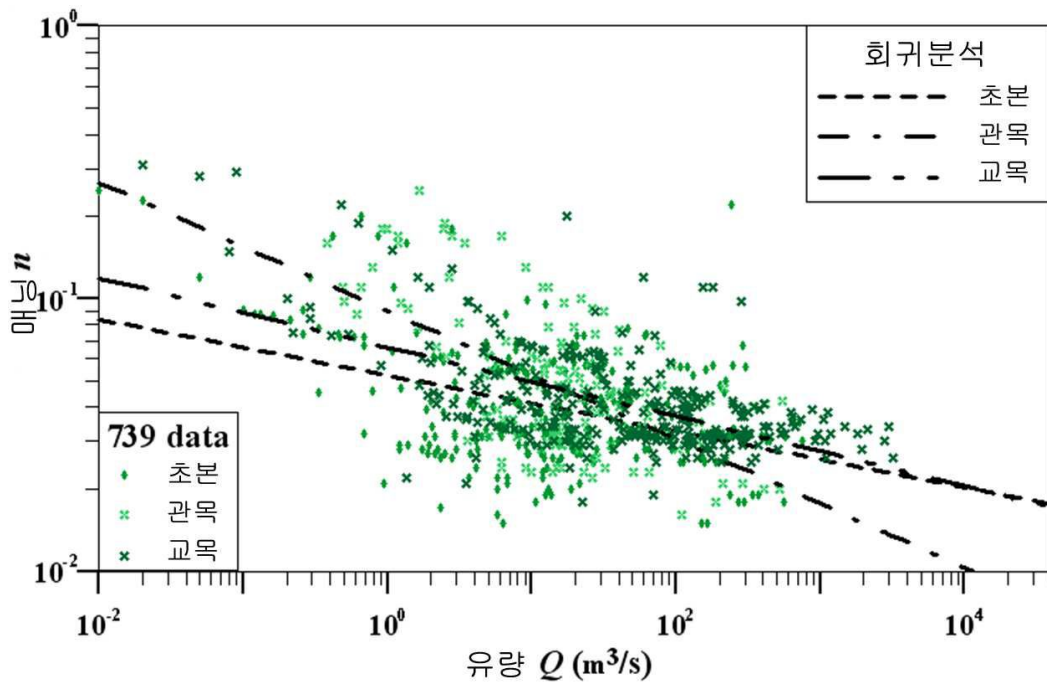
도면5



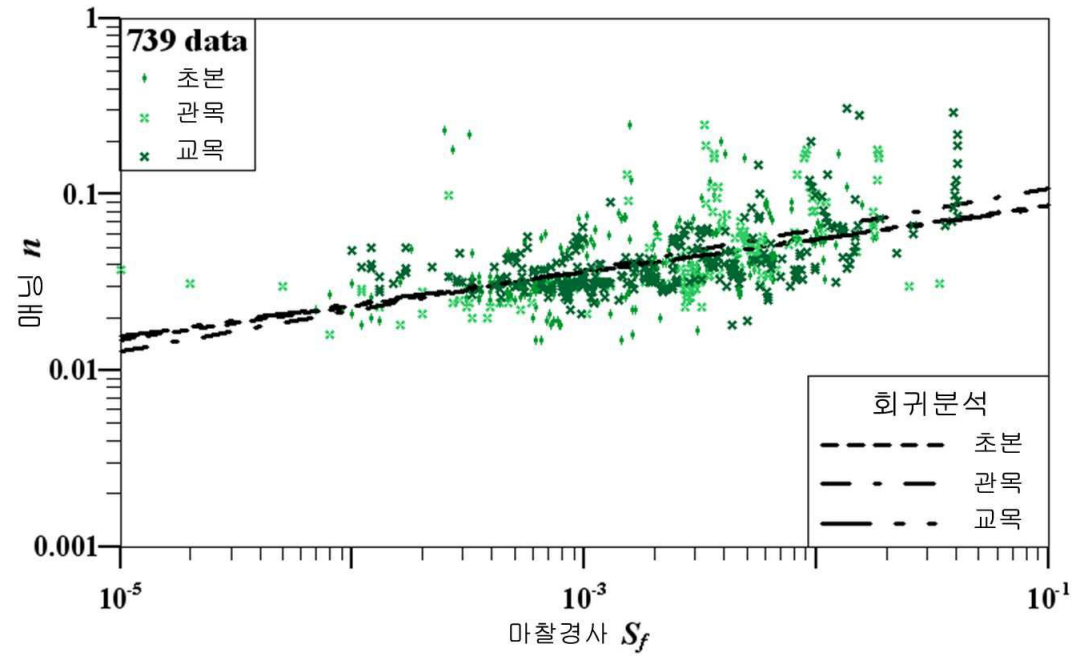
도면6



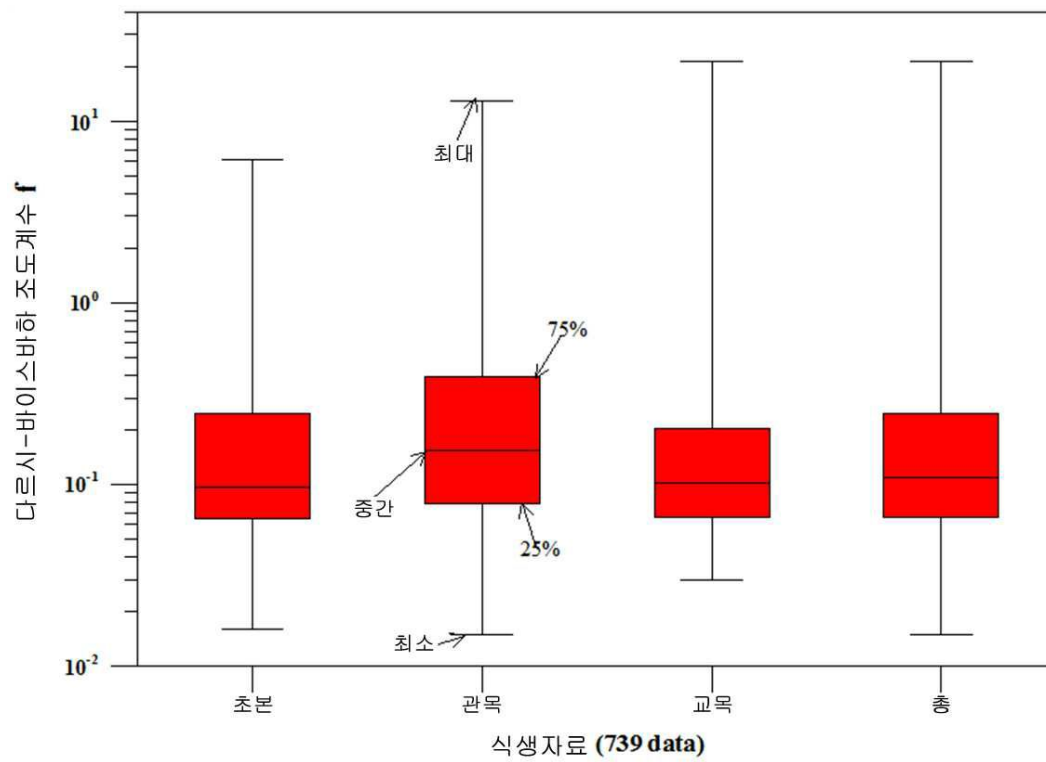
도면7



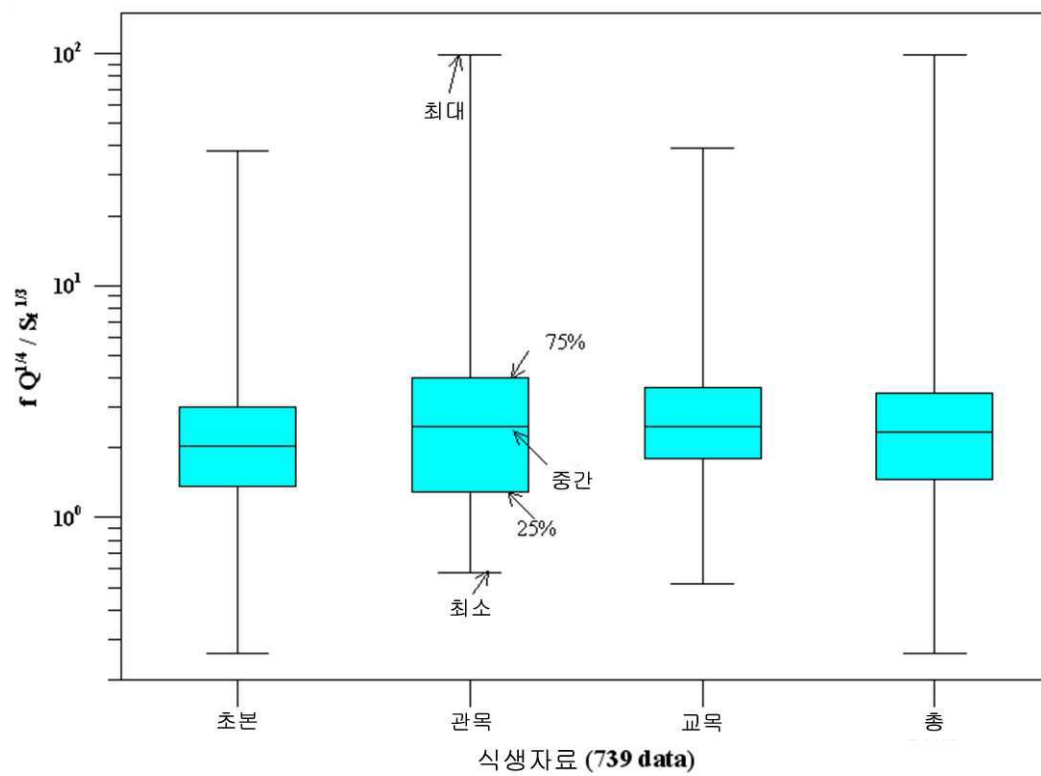
도면8



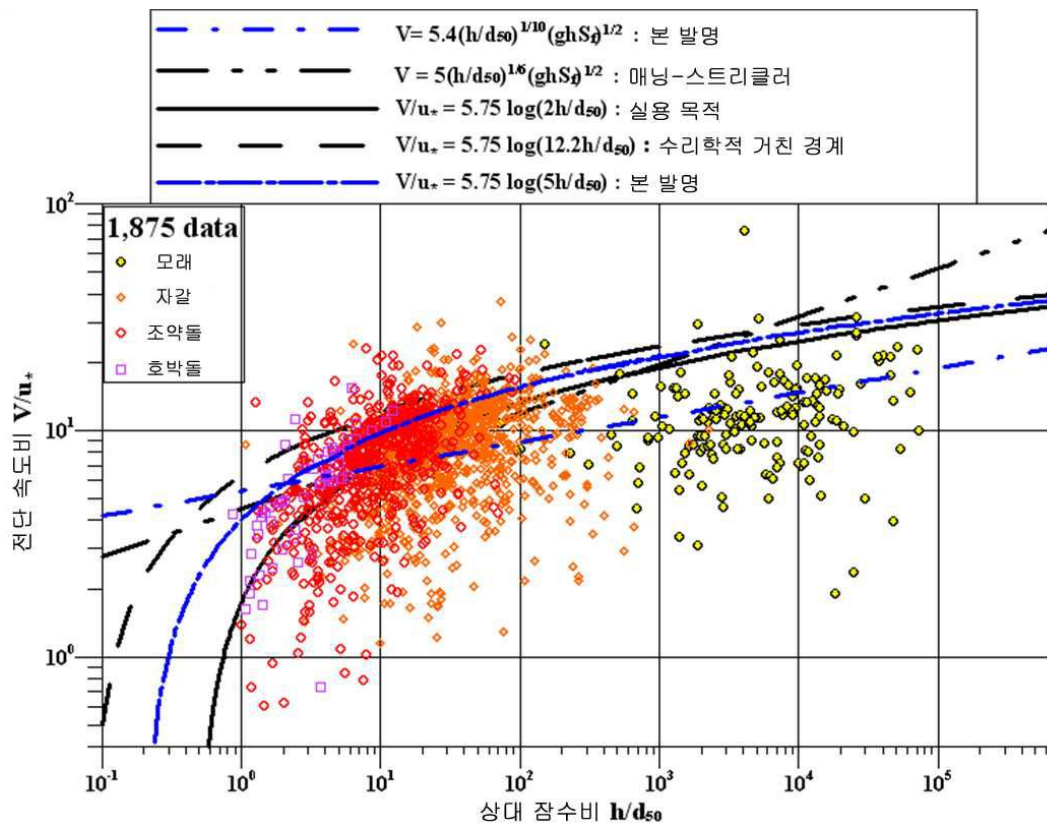
도면9



도면10



도면11



도면12

