(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0005643
(43) 공개일자 2014년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2012-0073553
(22) 출원일자 2012년07월05일
심사청구일자 2012년07월05일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이종석
대전광역시 유성구 동서대로 125 한밭대학교
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 16 항

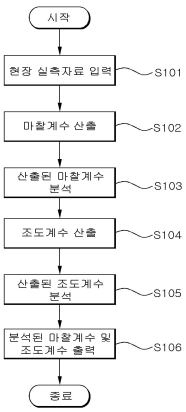
(54) 발명의 명칭 **자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 자연하천의 하상자료로 구성된 현장 실측자료를 이용하여 마찰계수, 조도계수 및 무차원 유속의 관계를 산정하여 분석할 수 있는 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법 및 장치에 관한 것이다.

본 발명에 따른 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은 자연하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계; 마찰계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계; 마찰계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 마찰계수를 분석하는 제 3 단계; 조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 4 단계; 조도계수 분석모듈이 상기 제 4 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수를 분석하는 제 5 단계; 저항계수 출력모듈이 분석된 각각의 마찰계수 및 조도계수를 출력하는 제 6 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

자연하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계;

마찰계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계;

마찰계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 마찰계수를 분석하는 제 3 단계;

조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 4 단계;

조도계수 분석모듈이 상기 제 4 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수를 분석하는 제 5 단계;

저항계수 출력모듈이 분석된 각각의 마찰계수 및 조도계수를 출력하는 제 6 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

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

청구항 3

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 저항계수의 산정방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 단계에서 상기 자연하천의 마찰계수는 상기 하상자료에 대해 각각 회구분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

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

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 제 3 단계는, 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 마찰계수와 이 마찰계수에 대한 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

(여기서, f는 마찰계수, Q는 유량(m^3/s), S_f는 마찰경사를 나타냄)

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 제 4 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 상기 하상자료에 대해 각각 회구분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 제 5 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

상기 제 5 단계는, 상기 제 4 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수와 이 조도계수에 대한 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

(여기서, n은 조도계수, Q는 유량(m^3/s), S_f는 마찰경사를 나타냄)

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 5 단계 후에, 곡선적합을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 유속을 산출하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법.

청구항 11

자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치에 있어서,

자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 실측자료 입력모듈;

상기 실측자료 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 마찰계수를 산출하는 마찰계수 산출모듈;

상기 마찰계수 산출모듈을 통해 산출된 마찰계수를 분석하는 마찰계수 분석모듈;

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

상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 분석하는 조도계수 분석모듈; 및

상기 마찰계수 분석모듈 및 조도계수 분석모듈에서 분석된 마찰계수와 조도계수를 출력하는 저항계수 출력모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치.

청구항 12

제 11 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 저항계수의 산정장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 마찰계수 산출모듈은 상기 하상자료에 대해 각각 회귀분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 자연하천의 마찰계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 조도계수 산출모듈은 상기 하상자료에 대해 각각 회귀분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 자연하천의 조도계수를 산출하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 마찰계수 분석모듈 및 조도계수 분석모듈은 상기 마찰계수 산출모듈 및 조도계수 산출모듈을 통해 각각 산출된 마찰계수와 조도계수를 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 유속를 산출하는 무차원 유속 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 저항계수 산정방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 하천의 흐름 저항에 대한 분석을 위해 자연하천의 하상자료로 구성된 현장 실측자료를 이용하여 마찰계수, 조도계수 및 무차원 유속의 관계를 산정하여 분석할 수 있는 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[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. 흐

름 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 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 발생되는 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 하상재료의 특성을 고려하여 저항계수를 산정할 수 있는 방법은 기대할 수 없다. 또한, 자연하천에서 흐름에 대한 모든 저항의 근원적인 변화성을 이해하는데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

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

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

[0011] 또한, 본 발명은 자연하천에서 상대 잠수비를 함수로 하는 무차원 유속 식을 유도함으로써 수공 실무에 유용하게 활용할 수 있는 자연하천의 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 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은 자연하천의 현장 실측자료를 입력모듈에 입력하는 제 1 단계; 마찰계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 2 단계; 마찰계수 분석모듈이 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 마찰계수를 분석하는 제 3 단계; 조도계수 산출모듈이 상기 입력모듈을 통해 입력된 상기 현장 실측자료로부터 자연하천에 대한 조도계수를 산출하는 제 4 단계; 조도계수 분석모듈이 상기 제 4 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수를 분석하는 제 5 단계; 저항계수 출력모듈이 분석된 각각의 마찰계수 및 조도계수를 출력하는 제 6 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 자연하천의 현장 실측자료가 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료인 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 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 저항계수의 산정방법은, 상기 제 2 단계에서 상기 자연하천의 마찰계수는 상기 하상자료에 대해 각각 회구분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계에서 상기 자연하천의 마찰계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 3 단계는 상기 제 2 단계에서 산출된 자연하천의 마찰계수와 이 마찰계수에 대한 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0019] (여기서, f는 마찰계수, Q는 유량(m^3/s), S_f는 마찰경사를 나타냄)

[0020] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 4 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 상기 하상자료에 대해 각각 회구분석을 통해 유량 및 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선접합법에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 5 단계에서 상기 자연하천의 조도계수는 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 사용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 5 단계는, 상기 제 4 단계에서 산출된 자연하천의 조도계수와 이 조도계수에 대한 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)를 이용하여 분석되는 것을 특징으로 한다.

[0023] (여기서, n은 조도계수, Q는 유량(m^3/s), S_f는 마찰경사를 나타냄)

[0024] 또한, 본 발명에 따른 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정방법은, 상기 제 5 단계 후에, 곡선적합을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 유속을 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명에 따른 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치는, 자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대한 하상자료를 포함하는 현장 실측자료를 입력하는 실측자료 입력모듈; 상기 실측자료 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 마찰계수를 산출하는 마찰계수 산출모듈; 상기 마찰계수 산출모듈을 통해 산출된 마찰계수를 분석하는 마찰계수 분석모듈; 상기 실측자료 입력모듈에 입력된 상기 현장 실측자료에 대한 조도계수를 산출하는 조도계수 산출모듈; 상기 조도계수 산출모듈을 통해 산출된 조도계수를 분석하는 조도계수 분석모듈; 및 상기 마찰계수 분석모듈 및 조도계수 분석모듈에서 분석된 마찰계수와 조도계수를 출력하는 저항계수 출력모듈;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 자연하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치는, 회귀 분석법을 이용하여 상기 현장 실측자료의 상대 잠수비에 대한 무차원 유속를 산출하는 무차원 유속 산출모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 자연하천의 현장자료를 이용한 저항계수의 산정방법 및 장치에 따르면, 현장 실측자료를 통하여 자연하천 흐름의 마찰계수 및 조도계수를 도출할 수 있고, 또한, 하상자료의 마찰계수 및 조도계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시함으로써 유량과 마찰경사를 함수로 하는 저항계수에 대한 관계식을 유도할 수 있는 이점이 있다.

[0028] 또한, 본 발명에 따르면, 상대 잠수비에 대한 무차원 유속 관계식을 유도함으로써 수공실무에 활용할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명에 따른 자연하천의 현장자료를 이용한 저항계수의 산정장치를 나타내는 블럭도이다.

도 2는 본 발명에 따른 자연하천의 현장자료를 이용한 저항계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 자연하천의 유량-마찰계수의 관계분석의 예를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 곡선 적합법에 의해 유도된 자연하천의 마찰경사-마찰계수의 관계분석의 예를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 마찰계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 6은 본 발명에 따른 매개변수의 분석을 나타내는 예시도이다.

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

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

도 9는 본 발명에 따른 조도계수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 10은 본 발명에 따른 매개변수의 분석을 나타내는 예시도이다.

도 11은 본 발명의 자연하천의 현장자료에서 상대 잠수비에 대한 무차원 유속의 관계를 나타내는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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 설시된 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.

[0033] 도 1은 본 발명에 따른 자연하천의 현장자료를 이용한 저항계수의 산정장치를 나타내는 블럭도이고, 도 2는 본 발명에 따른 자연하천의 현장자료를 이용한 저항계수의 산정방법을 나타내는 흐름도이다.

[0034] 도면을 참조하면, 자연하천과 식생하천의 현장 실측자료를 이용한 저항계수의 산정장치(10)는, 실측자료 입력모듈(110), 마찰계수 산출모듈(120), 마찰계수 분석모듈(130), 조도계수 산출모듈(140), 조도계수 분석모듈(150), 무차원 유속 산출모듈(160)과 저항계수 출력모듈(150)을 포함할 수 있다.

[0035] 실측자료 입력모듈(110)은 자연하천의 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 이루어지는 하상자료를 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.

[0036] 마찰계수 산출모듈(120)은 실측자료 입력모듈(110)에 입력된 자연하천의 현장 실측자료에 대한 마찰계수(f)를 산출할 수 있다(S102). 마찰계수의 관계식은 하상자료를 구성하는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대해 각각 회귀분석법을 통해 유량과 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선적합법을 통해 유도될 수 있다.

[0037] 마찰계수 분석모듈(130)에서는 마찰계수 산출모듈(120)을 통해 산출된 마찰계수에서 자연하천의 자료에 대해 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 통해 자연하천에 대한 마찰계수와 이 마찰계수에서의 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)의 분포특성을 분석할 수 있다(S103).

[0038] 또한, 조도계수 산출모듈(140)는 실측자료 입력모듈(110)에 입력된 자연하천의 현장 실측자료에 대한 조도계수(n)를 산출할 수 있다(S104). 조도계수의 관계식은 하상자료를 구성하는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌에 대해 각각 회귀분석법을 통해 유량과 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선적합법을 통해 유도될 수 있다.

[0039] 조도계수 분석모듈(150)에서는 조도계수 산출모듈(140)을 통해 산출된 조도계수에서 자연하천의 자료에 대해 박스-휘스커(Box-Whisker) 4분위 분석법을 통해 자연하천에 대한 조도계수와 이 조도계수에서의 매개변수

($fQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)의 분포특성을 분석할 수 있다(S105).

[0040] 이러한, 마찰계수 분석모듈(130) 및 조도계수 분석모듈(150)을 통해 분석된 데이터들은 저항계수 출력모듈(170)을 통해 출력된다(S106).

[0041] 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.

[0042] 또한, 본 발명의 조도계수 산정장치(10)의 무차원 유속 산출모듈(160)에서는 곡선적합법을 이용하여 자연하천 하상자료의 상대 잠수비에 따른 무차원 유속의 관계를 산출할 수 있다.

[0043] 본 발명에 따른 자연하천의 현장 실측자료는 하상자료 1,875개의 데이터로 구성하였다. 이들 데이터는 유량과 마찰경사에 대한 마찰계수(f), 조도계수(n)의 분포분석 및 관계식 유도, 상대 잠수비에 대한 무차원 유속의 관계식 도출을 위해 사용하였다.

[0044] 하상자료는 모래(sand), 자갈(gravel), 조약돌(cobble) 및 호박돌(boulder)로 구분하여 분류하였다. 표 1에 나타낸 바와 같이, 이들 하상자료와 식생자료는 유량, 마찰경사, 중앙입경, 평균유속, 수심의 최소값과 최대값의 범위로 나타낸다.

[0045] [표 1]

[0046]

내용 / 종류	자료수	유량 Q(m^3/s)	마찰경사 S_f(-)	중앙입경d_{50}(mm)	평균유속(m/s)	수심h(m)
모래	179	0.06~26,560	0.0001~0.0320	0.01~1.64	0.02~7.09	0.04~15.67
자갈	992	0.01~14,998	0.00009~0.081	2~63.6	0.04~4.70	0.04~11.15
조약돌	651	0.02~3,820	0.00001~0.0508	64~253	0.07~4.29	0.1~6.94
호박돌	53	2.0~1,700	0.0206~0.0373	263~945	0.32~5.11	0.28~4.09
계	1,875	0.01~26,560	0.00001~0.0810	0.01~945	0.02~7.09	0.04~15.67

[0047] 본 발명에서는 표 1에 나타낸 현장 실측자료들을 이용하여, 마찰계수(f) 및 조도계수(n)에 대한 마찰경사(S_f)와 유량(Q) 뿐만 아니라, 각 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$ 및 $nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$) 및 상대 잠수비에 대한 무차원 유속의 관계식($h/d_s \sim V/u_*$)에 대한 분석을 각각 수행한다.

[0048] 특히, 마찰계수(f), 조도계수(n), 매개변수는 박스-휘스커 4분위 분석에 의해 수행되고, 4분위(%) 분석은 대상자료의 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.

[0049] 또한, 마찰계수 및 조도계수 등의 저항계수에 대한 관계식을 유도하기 위해 다음의 관계식(식 1)을 사용한다.

[0050] [식 1]

[0051] $$\frac{V}{u_*} \equiv \frac{C}{\sqrt{g}} \equiv \sqrt{\frac{8}{f}} \equiv \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{R_h^{1/6}}{n}$$

[0052] (여기서, $u_* = \sqrt{\tau_0/\rho}$ 인 전단속도, V는 평균유속, R_h는 동수반경, g는 중력가속도, ρ는 물의 밀도이다)

[0053] 무차원 유속은 하상변형이 없는 수리학적으로 거친 경계에서, 모래보다 거친 하상자료를 갖는 하천의 흐름 저항은 다음의 관계식(식 2)을 통해 대략화 할 수 있다.

[0054] [식 2]

[0055] $$\frac{V}{u_*} = \sqrt{\frac{8}{f}} = 5.75\log\left(\frac{12.2 R_h}{k_s'}\right)$$

[0056] 여기에서, $k_s' \fallingdotseq 3d_{90}$ 또는 $k_s' \fallingdotseq 6d_{50}$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_h는 동수반경을 나타낸다.

[0057] 무차원 유속은 실용 목적상 상대 수심비(h/d_{50})의 광범위한 자료에 대해 적용할 수 있으며, 이는 대략화를 통해 다음의 관계식(식 3)으로 사용할 수 있다.

[0058] [식 3]

[0059] $$\sqrt{\frac{8}{f}} = 5.75\log\left(\frac{2h}{d_{50}}\right)$$

[0060] 또한, 매닝-스트리클러(Manning-Strickler)의 멱함수 방정식은 조도계수가 중앙입경 d_{50}에 대해 $n=0.064d_{50}^{1/6}$인 경우에 다음의 관계식(식 4)으로 사용할 수 있다.

[0061] [식 4]

[0062] $$V = 5\left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{1/6}\sqrt{g\,h\,S_f}$$

[0063] 따라서, 수리학적으로 거친 경계에서 관계식(식 2)은 상대 잠수비(h/d_{50})와 무차원 유속(V/v_*)의 관계는 다음의 관계식(식 5)으로 사용할 수 있다.

[0064] [식 5]

[0065] $$\sqrt{\frac{8}{f}}\left(=\frac{V}{u_*}\right) = 5.75\log\left(\frac{12.2h}{d_{50}}\right)$$

[0066] [실험예 1] 자연하천의 마찰계수(f)

[0067] 마찰계수(f)의 관계식은 도 3 및 도 4와 같이 하상재료를 구성하는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌 자료에 대해

각각 회귀분석을 통해 유량(Q)과 마찰경사(S_f)를 함수로 하는 멱함수 형의 곡선적합에 의해 유도되었다.

[0068] 또한, 도 5 및 도 6과 아래의 표 2는 박스-휘스커 분석에 의해 자연하천 실측자료에 대한 마찰계수(f)와 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)의 변동성을 분석한 결과이다.

[0069] [표 2]

[0070]

분석 \ 내용	구분	수	ⓐ 최소값	ⓑ 최대값	ⓒ 중앙값	ⓓ 평균값	4분위값(%) ⓔ 상위1/4	4분위값(%) ⓕ 상위3/4	ⓑ/ⓐ	ⓓ/ⓒ	ⓕ/ⓔ
마찰계수	모래	179	0.001	2.188	0.063	0.113	0.061	0.209	2,188.00	1.79	3.43
	자갈	992	0.006	6.121	0.103	0.251	0.061	0.209	1,020.17	2.44	3.43
	조약돌	651	0.015	21.462	0.129	0.466	0.071	0.299	1,430.80	3.61	4.21
	호박돌	53	0.034	14.592	0.244	0.795	0.128	0.632	429.18	3.26	4.94
	소 계	1,875	0.001	21.462	0.109	0.324	0.063	0.233	21,462.00	2.97	3.70
	평 균		0.01	13.16	0.13	0.39	0.08	0.32	5,306.03	2.81	3.94
매개변수	모래	179	0.070	41.330	3.708	4.284	1.888	5.268	590.43	1.16	2.79
	자갈	992	0.156	83.590	1.981	3.227	1.280	3.368	535.83	1.63	2.63
	조약돌	651	0.415	98.227	2.465	3.862	1.712	3.626	236.69	1.57	2.12
	호박돌	53	0.775	105.820	3.478	6.355	2.672	5.197	136.54	1.83	1.94
	소 계	1,875	0.070	105.820	2.326	3.624	1.450	3.713	1,511.71	1.56	2.56
	평 균		0.30	86.96	2.79	4.27	1.80	4.23	602.24	1.55	2.41

[0071] 도 4의 마찰계수(f)에 대한 자연하천 자료에서 박스-휘스커 분석에 의한 결과는 표 2와 같이, 179개 모래자료는 0.001 ~ 2.188, 992개 자갈 자료는 0.006 ~ 6.121, 651개 조약돌 자료는 0.015 ~ 21.462, 53개 호박돌 자료는 0.034 ~ 14.592, 1,875개 전체 자료에서는 0.001 ~ 21.462로 각각 나타났고, 도 5의 마찰계수(f)와 매개변수($fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$)에 대한 분석결과를 비교할 때 평균값/중앙값과 상위(3/4)/상위(1/4)의 평균값에서 각각 2.8, 3.9 및 1.6, 2.4로 나타났다.

[0072] 자연하천에서 마찰계수 관계식은 도 3 및 도 4에 나타낸 바와 같이, 유량과 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형으로 유도되었으며, 그 결과는 표 3에 보다 상세하게 나타난다.

[0073] [표 3]

[0074]

자료명	자료 분포범위	관계식
호박돌	Q=2.0~1,700m^3/s	$f_{bou} = 2.56\,Q^{-0.56}$ (R^2=0.66)
	S_f=0.00001~0.0810	$f_{bou} = 51.60\,S_f^{1.06}$ (R^2=0.46)
조약돌	Q=0.02~3,820m^3/s	$f_{cob} = 0.68\,Q^{-0.41}$ (R^2=0.42)
	S_f=0.00001~0.0508	$f_{cob} = 4.48\,S_f^{0.58}$ (R^2=0.41)
자갈	Q=0.01~14,998m^3/s	$f_{gra} = 0.31\,Q^{-0.28}$ (R^2=0.36)
	S_f=0.00009~0.081	$f_{gra} = 1.33\,S_f^{0.39}$ (R^2=0.20)
모래	Q=0.06~26,560m^3/s	$f_{san} = 0.16\,Q^{-0.19}$ (R^2=0.25)
	S_f=0.0001~0.0320	$f_{san} = 0.31\,S_f^{0.20}$ (R^2=0.09)
비고	유도된 관계식은 다음 조건에서 참고 또는 활용하는 것을 권함 ① R^2<0.10; 현장·참고자료 활용 곤란 ② 0.10≤R^2<0.25; 참고자료로만 활용 ③ R^2≥0.25; 주어진 계획홍수량, 마찰경사를 이용한 개략적 계산에 활용	

[0075] 표 3에 나타낸 바와 같이, 4개의 하상재료 별로 유도된 저항계수 관계식은 입자가 작을수록 결정계수 값이 작게 나오고, 이는 수리량의 분포 범위가 상당히 크기 때문에 통계적인 측면에서는 유효성이 낮으나, 호박돌과 조약돌은 결정계수가 비교적 양호해 수공실무에서 강수-유출에 의한 계획 홍수량이 주어졌거나 수로경사 또는 마찰

경사를 결정한 상태에서 예비조사 등을 위한 마찰계수 산정에는 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 이들 중 유량자료를 이용한 마찰계수 산정이 마찰경사에 의한 경우보다 유익할 것으로 판단된다.

[0076] [실험예 2] 자연하천의 조도계수(n)

[0077] 자연하천의 1,875개의 하상자료는 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 구성된다. 이들 자료를 사용하여 조도계수 관계식은 도 7 및 도 8에 나타낸 바와 같이, 회귀분석을 통해 유량(Q)과 마찰경사(S_f)를 함수로 하는 멱함수형의 곡선적합법에 의해 유도될 수 있다.

[0078] 또한, 도 9 및 도 10과 다음의 표 4는 박스-휘스커 분석에 의해 자연하천 자료에 대한 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)의 변동성을 분석한 결과이다.

[0079] [표 4]

[0080]

분석 \ 내용		구분	수	ⓐ 최소값	ⓑ 최대값	ⓒ 중앙값	ⓓ 평균값	4분위값(%) ⓔ 상위1/4	4분위값(%) ⓕ 상위3/4	ⓑ/ⓐ	ⓓ/ⓒ	ⓕ/ⓔ
조도계수	하상자료	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
	평 균			0.01	0.32	0.04	0.05	0.03	0.06	44.22	1.25	1.86
매개변수	하상자료	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
	평 균			0.08	6.81	0.52	0.79	0.22	1.02	130.09	1.62	4.29

[0081] 도 9의 조도계수(n)에 대한 자연하천 자료에서 박스-휘스커 분석결과는 표 4에 나타낸 바와 같이, 179개 모래자료는 0.004 ~ 0.151, 992개 자갈 자료는 0.008 ~ 0.250, 651개 조약돌 자료는 0.015 ~ 0.327, 53개 호박돌 자료는 0.023 ~ 0.444, 1,875개 전체 자료에서는 0.004 ~ 0.444로 각각 나타났다.

[0082] 도 10의 조도계수(n)와 매개변수($nQ^{1/8}/S_f^{1/6}$)에 대한 분석결과를 비교할 때, 평균값/중앙값과 상위(3/4)/상위(1/4)의 평균값에서 각각 1.3, 1.9 및 1.6, 4.3으로 나타났다.

[0083] 자연하천에서 조도계수 관계식은 도 7 및 도 8에 나타낸 바와 같이, 유량과 마찰경사를 함수로 하는 멱함수 형으로 유도되었으며, 그 결과는 다음의 표 5에 상세하게 나타낸다.

[0084] [표 5]

[0085]

자료명	자료 분포범위	관계식
호박돌	Q=2.0~1,700m^3/s	$n_{bou} = 0.14Q^{-0.20}$ (R^2=0.40)
	S_f=0.00001~0.0810	$n_{bou} = 0.59S_f^{0.45}$ (R^2=0.39)
조약돌	Q=0.02~3,820m^3/s	$n_{cob} = 0.07Q^{-0.14}$ (R^2=0.27)
	S_f=0.00001~0.0508	$n_{cob} = 0.17S_f^{0.23}$ (R^2=0.36)
자갈	Q=0.01~14,998m^3/s	$n_{gra} = 0.05Q^{-0.08}$ (R^2=0.15)
	S_f=0.00009~0.081	$n_{gra} = 0.09S_f^{0.13}$ (R^2=0.11)
모래	Q=0.06~26,560m^3/s	$n_{san} = 0.04Q^{-0.04}$ (R^2=0.04)
	S_f=0.0001~0.0320	$n_{san} = 0.04S_f^{0.04}$ (R^2=0.01)
비고	유도된 관계식은 다음 조건에서 참고 또는 활용하는 것을 권함 ① R^2<0.10; 현장·참고자료 활용 곤란 ② 0.10≤R^2<0.25; 참고자료로만 활용 ③ R^2≥0.25; 주어진 계획홍수량, 마찰경사를 이용한 개략적 계산에 활용	

[0086] 표 5에서와 같이 4개의 하상재료별로 유도된 조도계수의 관계식은 마찰계수의 경우와 비슷하게 입자가 작을수록 결정계수 값이 작게 나왔다. 이는 수리량의 분포 범위가 상당히 크고, 실측치 조도계수 값의 분포범위가 마찰계수의 경우보다 작기 때문에 결정계수 값은 조금 낮게 나와 통계적인 측면에서는 유효성이 낮으나, 강수-유출에 의한 계획 홍수량이 주어졌거나 수로경사 또는 마찰경사를 결정한 상태에서 예비조사 등을 위한 조도계수 산정에는 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

[0087] 또한, 조도계수의 관계식에 의한 조도계수의 산정은 유량자료나 마찰경사 자료 어느 것을 이용해도 비슷한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[0088] [상대 잠수비에 따른 무차원 유속의 관계]

[0089] 도 11은 자연하천의 각 하상자료의 상대 잠수비(h/d_{50})에 따른 무차원 유속(V/v_*)의 관계식을 곡선적합법을 통해 유도된 예시도이다.

[0090] 도시한 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, 또한, 자연하천에서 상대 잠수비(h/d_{50})에 대한 무차원 유속(V/v_*)과의 관계식은 실용 목적 및 수리학적 거친 경계인 식보다 우수한 값을 갖는 $\sqrt{8/f}\ (=V/u_*)=5.75\log(5h/d_{50})$ 로 유도되었다.

[0091] [실험 결과]

[0092] 본 발명에 사용된 모래, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 구성된 자연하천의 자료는 표 6에 나타낸 바와 같이 저항계수의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

[0093] [표 6]

[0094]

내용 / 자료	자료수	저항계수					
		조도계수 n			마찰계수 f		
		최소값	평균값	최대값	최소값	평균값	최대값
모래	179	0.004	0.036	0.151	0.001	0.113	2.188
자갈	992	0.008	0.045	0.250	0.006	0.251	6.121
조약돌	651	0.015	0.052	0.327	0.015	0.466	21.462
호박돌	53	0.023	0.080	0.444	0.034	0.795	14.592
소계	1,875	0.004	0.047	0.444	0.001	0.325	21.462

[0095] 표 6에 나타낸 바와 같이, 자연하천 자료의 마찰계수는 179개 모래 자료에서 0.001 ~ 2.188, 992개 자갈 자료에서 0.006 ~ 6.121, 651개 조약돌 자료에서 0.015 ~ 21.462, 53개 호박돌 자료에서 0.034 ~ 14.592, 전체 1,875개 자료에서는 0.001 ~ 21.462로 나타났고, 조도계수는 179개 모래자료는 0.004 ~ 0.151, 992개 자갈 자료는 0.008 ~ 0.250, 651개 조약돌 자료는 0.015 ~ 0.327, 53개 호박돌 자료는 0.023 ~ 0.444, 1,875개 전체 자료에서는 0.004 ~ 0.444로 나타나는 것을 알 수 있다.

[0096] 박스-휘스커에 의한 분석 결과에서, 마찰계수는 상위 25%와 75%의 모래 자료에서 0.061 ~ 0.209, 자갈 자료에서 0.061 ~ 0.209, 조약돌 자료에서 0.071 ~ 0.299, 호박돌 자료에서 0.128 ~ 0.632, 자연하천 자료 전체의 평균은 0.08 ~ 0.32로 나타났다. 또한, 조도계수는 모래 자료에서 0.025 ~ 0.042, 자갈 자료에서 0.029 ~ 0.051, 조약돌 자료에서 0.032 ~ 0.057, 호박돌 자료에서 0.044 ~ 0.101, 전체 자료의 평균은 0.03 ~ 0.06으로 나타났다.

[0097] 마찰계수 및 조도계수와 매개변수의 평균값/중앙값과 상위(3/4)/상위(1/4)의 분석 결과는 다음의 표 7와 같이 나타났다.

[0098] [표 7]

[0099]

내용 / 자료	마찰계수 f		매개변수 $fQ^{1/4}/S_f^{1/3}$		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)	평균값 /중앙값	상위(3/4) /상위(1/4)	평균값 /중앙값	상위(3/4) /상위(1/4)
모래	1.79	3.43	1.16	2.79	1.16	1.68	1.41	6.87
자갈	2.44	3.43	1.63	2.63	1.25	1.76	1.74	4.80
조약돌	3.61	4.21	1.57	2.12	1.30	1.78	1.81	4.18
호박돌	3.26	4.94	1.83	1.94	1.20	2.30	1.90	2.81
평균	2.8	3.9	1.6	2.4	1.3	1.9	1.6	4.3

[0100] 표 7에 나타낸 바와 같이, 마찰계수와 매개변수의 평균값/중앙값과 상위(3/4)/상위(1/4) 평균값은 2.8, 3.9 및 1.6 2.4로 나타났고, 조도계수와 매개변수의 평균값/중앙값과 상위(3/4)/상위(1/4) 평균값은 1.3, 1.9 및 1.6, 4.3으로 나타났다.

[0101] 유량과 마찰경사를 함수로 하는 마찰계수의 관계식 및 조도계수의 관계식을 통하여 계획 홍수량이나 마찰경사가 결정된 예비조사 등의 개략적인 저항계수 산정에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

[0102] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면 자연하천의 현장 실측자료를 통하여 하천 흐름의 저항계수를 도출할 수 있고, 또한, 하상자료와 저항계수를 분석하여 그 종류별 분포 범위를 제시함으로써 유량과 마찰경사를 함수로 하는 마찰계수의 관계식 및 조도계수의 관계식을 통하여 계획 홍수량이나 마찰경사가 결정된 예비조사 등의 개략적인 저항계수 산정에 활용할 수 있는 특징이 있다.

[0103] 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

[0104]

10 : 조도계수 산출장치

110 : 실측자료 입력모듈

120 : 마찰계수 산출모듈

130 : 마찰계수 분석모듈

140 : 조도계수 산출모듈

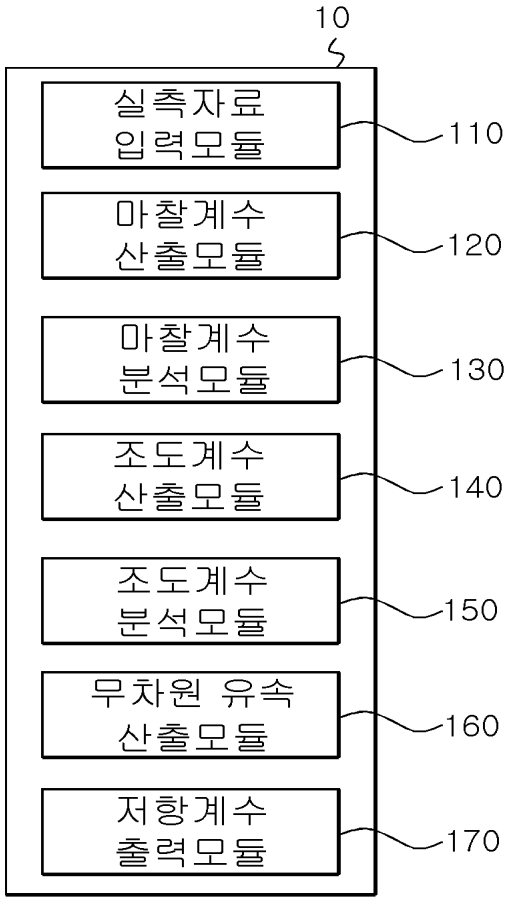
150 : 조도계수 분석모듈

160 : 무차원 유속 산출모듈

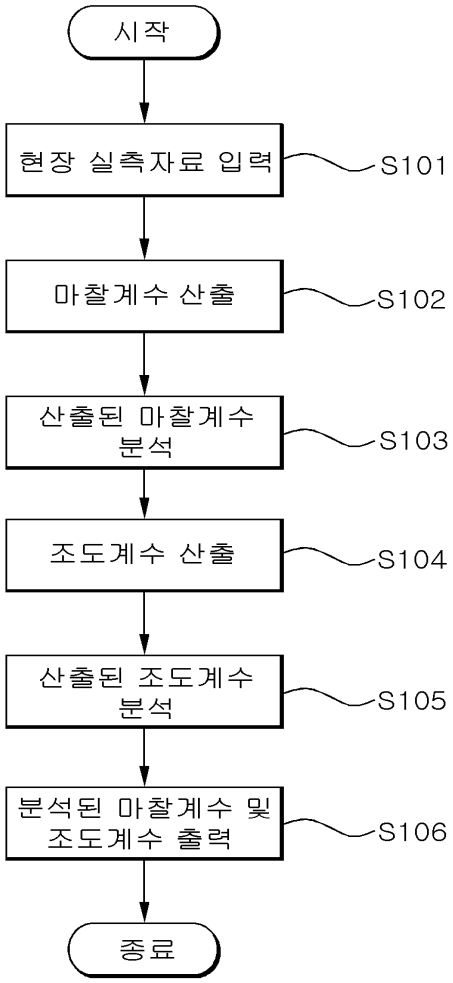
170 : 조도계수 출력모듈

도면

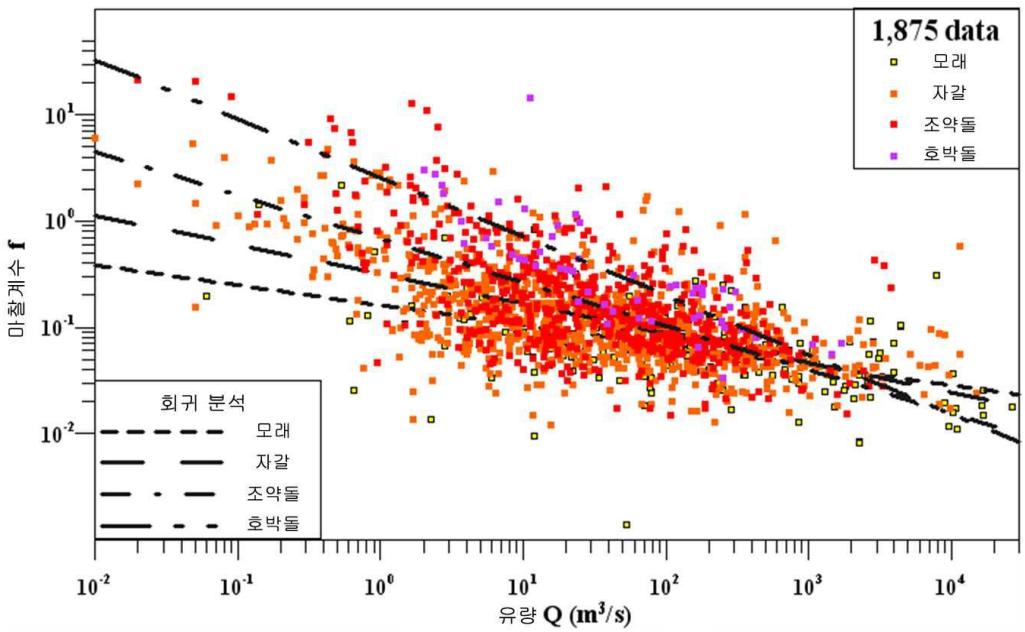
도면1


10
실측자료
입력모듈
110
마찰계수
산출모듈
120
마찰계수
분석모듈
130
조도계수
산출모듈
140
조도계수
분석모듈
150
무차원 유속
산출모듈
160
저항계수
출력모듈
170

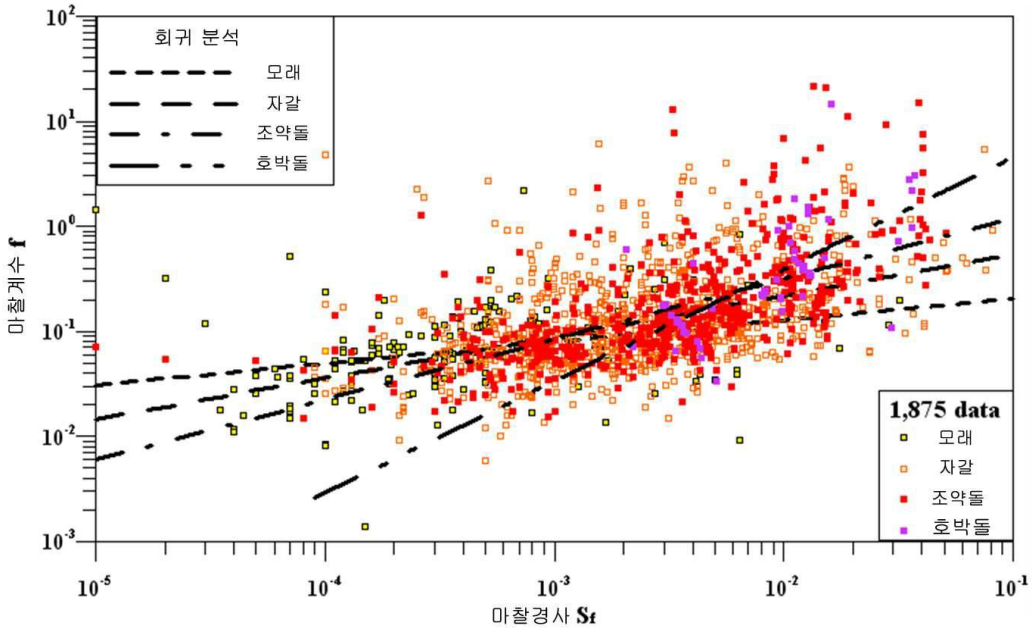
도면2


시작
현장 실측자료 입력
S101
마찰계수 산출
S102
산출된 마찰계수 분석
S103
조도계수 산출
S104
산출된 조도계수 분석
S105
분석된 마찰계수 및 조도계수 출력
S106
종료

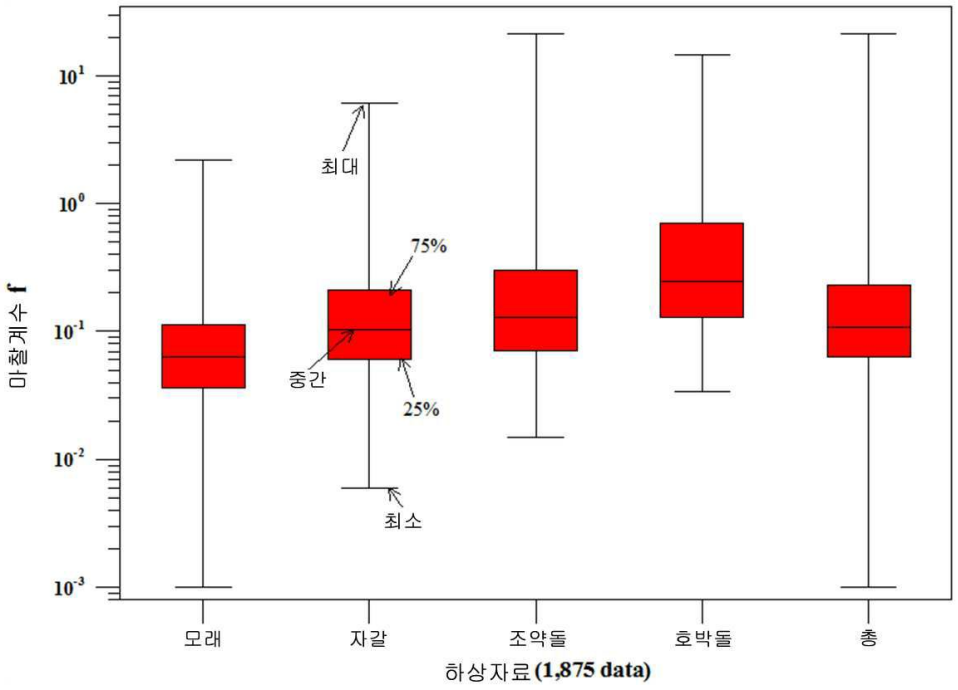
도면3


1,875 data
모래
자갈
조약돌
호박돌
회귀 분석
모래
자갈
조약돌
호박돌
마찰계수 f
유량 Q (m³/s)

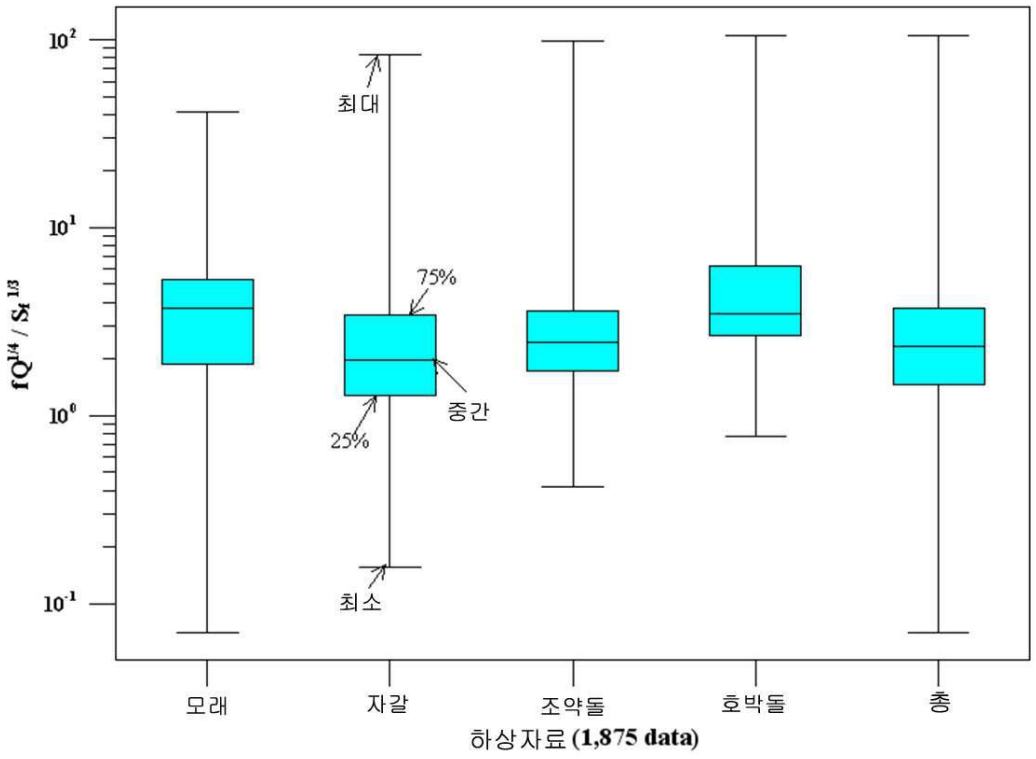
도면4


회귀 분석
모래
자갈
조약돌
호박돌
1,875 data
모래
자갈
조약돌
호박돌
마찰계수 f
마찰경사 St

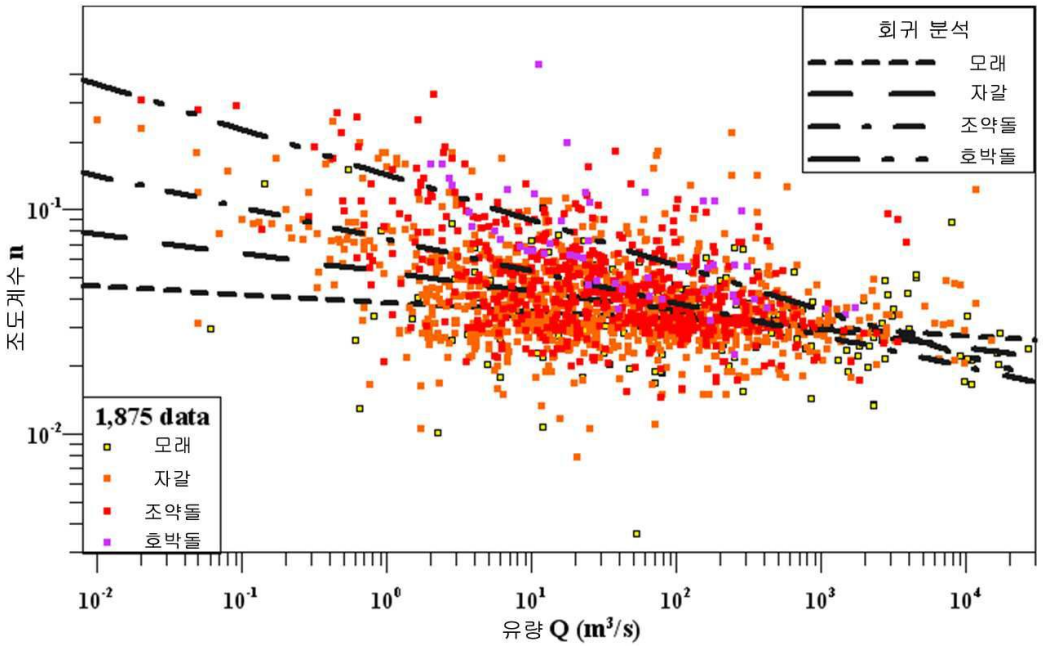
도면5


최대
75%
중간
25%
최소
마찰계수 f
모래
자갈
조약돌
호박돌
총
하상자료 (1,875 data)

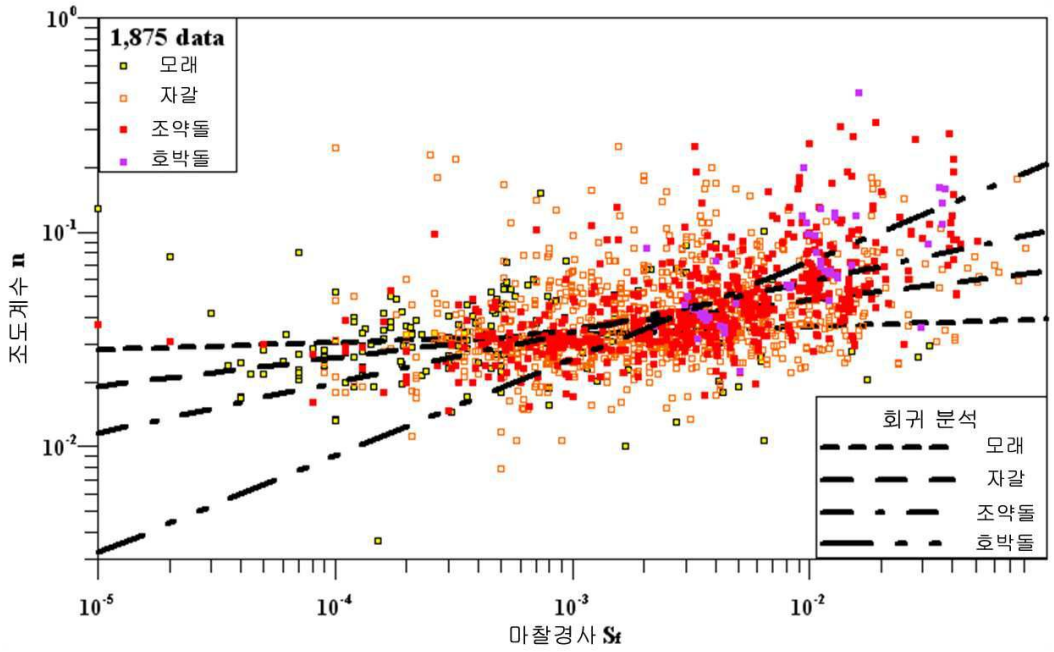
도면6


최대
75%
중간
25%
최소
모래
자갈
조약돌
호박돌
총
하상자료 (1,875 data)

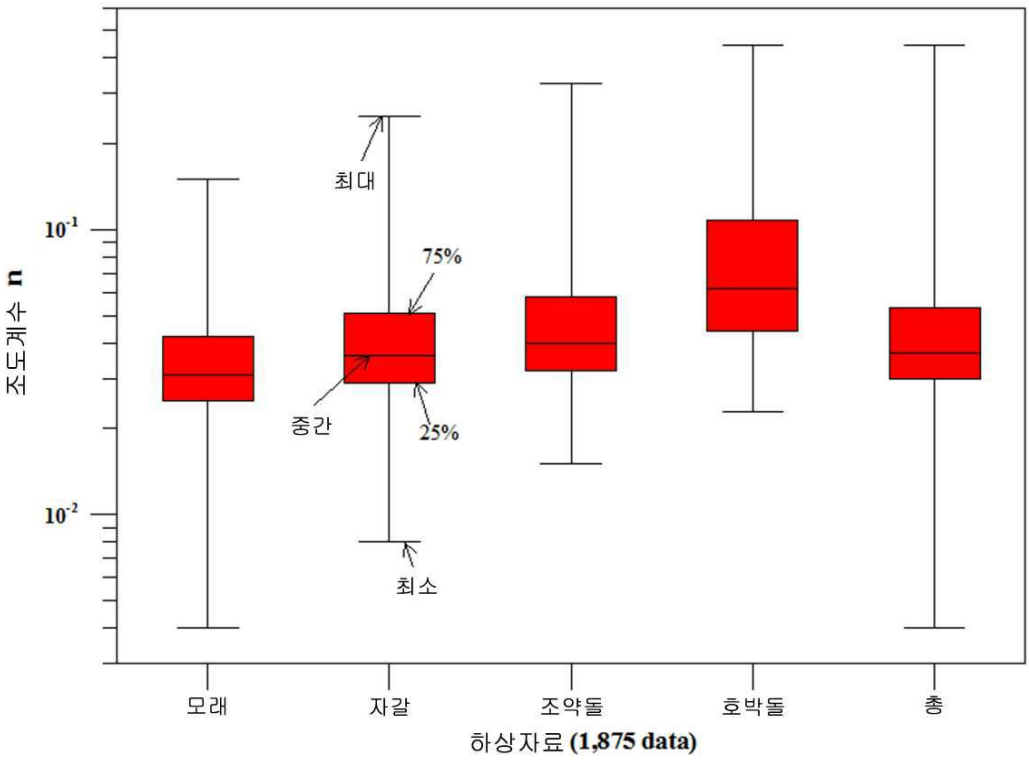
도면7


회귀 분석
모래
자갈
조약돌
호박돌
1,875 data
모래
자갈
조약돌
호박돌
조도계수 n
유량 Q (m³/s)

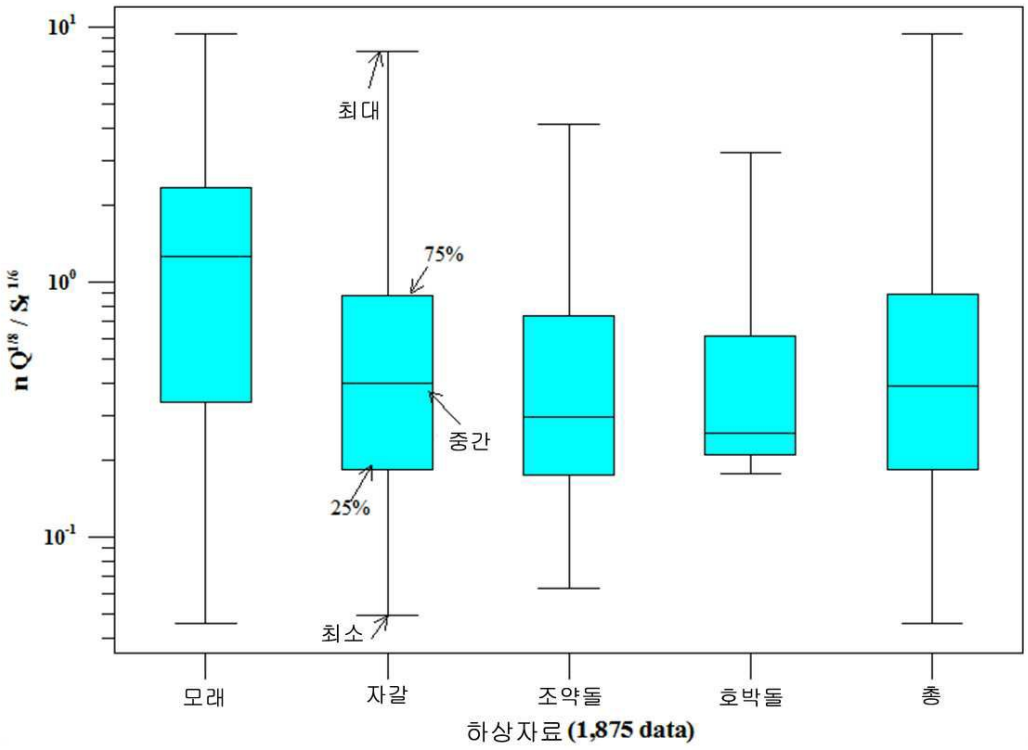
도면8


1,875 data
모래
자갈
조약돌
호박돌
조도계수 n
마찰경사 Sf
회귀 분석
모래
자갈
조약돌
호박돌

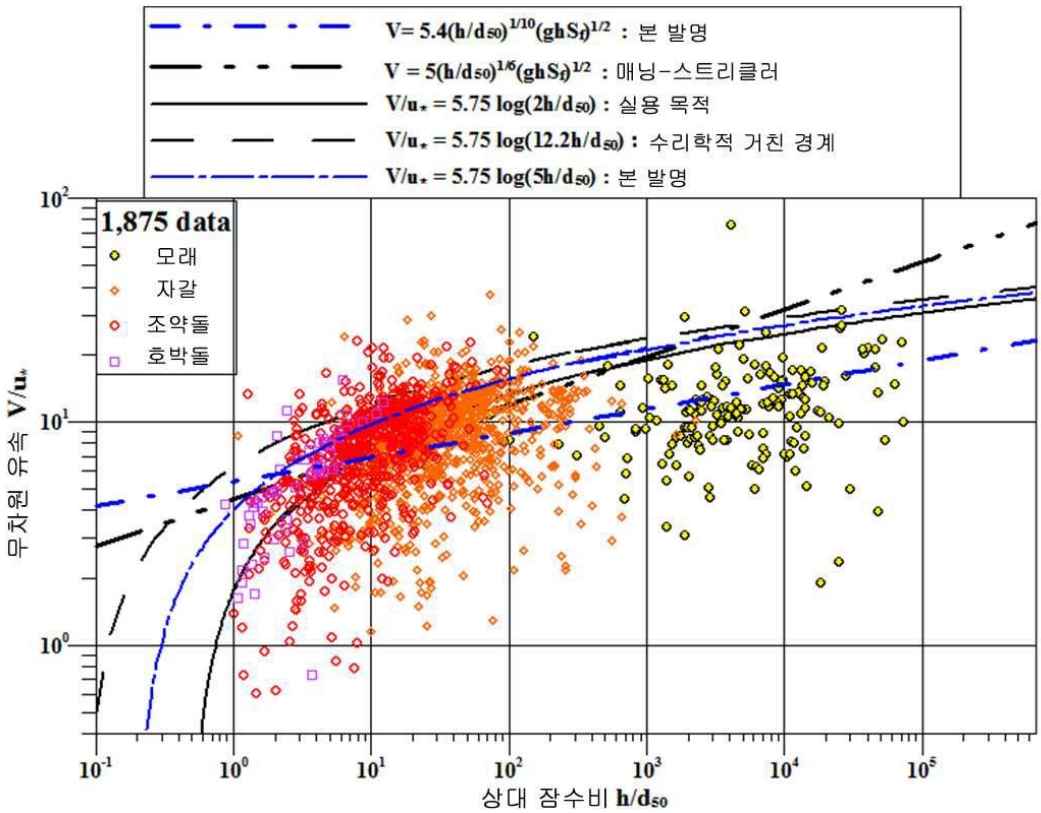
도면9


최대
75%
중간
25%
최소
조도계수 n
모래
자갈
조약돌
호박돌
총
하상자료 (1,875 data)

도면10


10^1
10^0
10^{-1}
n Q^1/8 / S^1/6
최대
75%
중간
25%
최소
모래
자갈
조약돌
호박돌
총
하상자료 (1,875 data)

도면11


V= 5.4(h/d50)^1/10(ghSf)^1/2 : 본 발명
V = 5(h/d50)^1/6(ghSf)^1/2 : 매닝-스트리클러
V/u* = 5.75 log(2h/d50) : 실용 목적
V/u* = 5.75 log(12.2h/d50) : 수리학적 거친 경계
V/u* = 5.75 log(5h/d50) : 본 발명
1,875 data
모래
자갈
조약돌
호박돌
무차원 유속 V/u*
10^2
10^1
10^0
10^{-1}
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
10^5
상대 잠수비 h/d50