

성 과 점 검 기 준 표

**GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이
가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발**

2016. 07

주관기관 : (주)유일기연

목 차

1. 최종 성과점검 기준표
2. 성과점검 기준 증빙자료

1. 성과점검기준표

최 종 성 과 점 검 기 준 표

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준					달성치 (증빙자료)	양적 성과 목표	양적 성과 목표 달성	비고 (증빙구분)						
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법					가중치					
총괄	A	GFRP 및 스틸소재를 이용한 가동보용 클램핑 플레이트 및 하이브리드 패널 개발	A-1	GFRP 소재 클램핑 플레이트	①	파괴 하중	60 KN	ASTM D 4476	공인시험 성적서	6.25	60KN 이상 (공인시험성적서)	특허출원 1건 논문게제 3건 시 제 품 2건	특허등록 1건 논문게제 6건	A-1					
					②	장기내구성 (수분흡수)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)			A-2					
					③	장기내구성 (동결)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)				A-3				
					④	장기내구성 (고온)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)					A-4			
					⑤	논 문	2 건	게재	논문집	5.00	논문 4건 게재 (논문집)						A-5		
		A-2	하이브리드 패널	①	휨 강도	50 MPa	ASTM D 4476	공인시험 성적서	6.25	50MPa 이상	시 제 품 2건		시 제 품 2건	시 제 품 2건 (클램핑 플레 이트 300미터) (하이브리드패널 1.0mH×1.5mL 3개)	A-3				
				②	장기내구성 (수분흡수)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)						A-4			
				③	장기내구성 (동결)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)							A-5		
				④	장기내구성 (고온)	60 % 이상	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	60% 이상 (공인시험성적서)								A-6	
				⑤	특 허	1 건	출원	출원서	5.00	1건 등록 (특허증 첨부)									A-7
				⑥	논 문	1 건	게재	논문집	5.00	2건 게재 (논문집)									
	B	가동보의 선택적 방류가 가능한 경간별 개별 작동 및 편류방지 시스템 개발	B-1	개별작동 시스템	①	개별 작동	개별 기립 / 도복	현장시험	동영상 증빙	2.50	개별 기립/도복 (동영상 증빙)	특허출원 1건 논문게제 1건 시 제 품 1건	특허등록 1건 특허출원 1건 시 제 품 1건	CD					
					②	특 허	1 건	출원	출원서	5.00	1건 등록, 1건 출원 (특허증 및 출원서)			B-1					
			B-2	편류방지 시스템	①	패널 높이오차	± 5 cm	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	1.4cm (수자원기술사 확인서)			B-2					
					②	논 문	1 건	게재	논문집	5.00	-			-					
	C	다목적 활용성 제고를 위하여 가동보와 연계한 실기간 자동 유량측정 시스템 개발	C-1	유량계측 시스템	①	유량 계측	± 10 %	Mock-up Test	공인시험 성적서	6.25	6% (수자원기술사 확인서)	특허출원 1건 논문게제 1건 시 제 품 1건	특허출원 1건 시 제 품 1건	C-1					
					②	특 허	1 건	출원	출원서	5.00	1건 출원 (출원서)			C-2					
					③	논 문	1 건	게재	논문집	5.00	-			-					
계										100	특허출원 3건 논문게제 5건 시 제 품 4건	특허등록 2건 특허출원 2건 논문게제 6건 시 제 품 4건	특허 2건 등록 논문게제 1건 초과달성						

2. 성과점검 기준 증빙자료



품질검사전문기관

한국건설산업품질연구원
KOREA QUALITY INSTITUTE OF CONSTRUCTION INDUSTRY

품질시험·검사성적서

발 급 번 호 : 15D0407001-1
시 료 명 : GFRP 소재 클램핑 플레이트
업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과
의뢰인 : 박찬기
주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

시 료 채 취 일 : 2015년 02월 10일
시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실
시 료 채 취 자 : 공주대학교 유상호
성과이용목적 : 품질시험용

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연 번	시험·검사종목	단 위	시험·검사결과						시험·검사방법	책임기술자		
			S1	S2	S3	S4	S5	평균		자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명
1	기준 공시체	KN	112.75	120.23	138.93	124.58	125.14	124.33	ASTM D 4476 - 2014	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길	
	휨	KN	110.41	100.10	105.24	102.32	99.28	103.47				
	조건1	KN	115.98	103.21	105.93	99.24	104.65	105.80				
	조건2	KN	102.31	101.24	101.78	100.23	99.87	101.09				
	조건3	KN	108.89	97.39	105.40	87.00	88.61	97.46				
	조건4	KN	91.49	90.89	125.60	103.29	90.70	100.39				
	조건5	KN	73.89	90.40	94.20	86.52	85.18	86.04				

- 뒷면계속 -

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24h동안 60℃ 물에 침지, 24h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험



- 비 고 1. 이 시험·검사 결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.
2. 책임기술자 및 시험·검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

시험·검사자 : 배 형 민
T.(031)322-0326~8

2015년 04월 14일

page 1 of 2

재단법인 **한국건설산업품질연구원**

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 TEL:(031)322-0325~8 FAX:(031)322-0098



건설기술 진흥법 제26조에 의한 건설기술용역업[품질검사, 일반분야] 등록 기관임.

품질시험·검사성적서

발 급 번 호 : 15D0407001-1

시 료 명 : GFRP 소재 클램핑 플레이트

업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과

의 회 인 : 박 찬 기

주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

시 료 채 취 일 : 2015년 02월 10일

시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실

시 료 채 취 자 : 공주대학교 유 상 호

성과이용목적 : 품질시험용

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연 번	시험·검사종목	단 위	시험·검사결과	시험·검사방법	책임기술자		
					자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명
2	잔 류 힘 파 괴 하 중	기준 공시체	%	100.00	ASTM D 4476 - 2014	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길 <i>Shin Yu Gil</i>
		조건1	%	83.22			
		조건2	%	85.10			
		조건3	%	81.31			
		조건4	%	78.39			
		조건5	%	80.75			
		조건6	%	69.20			

끝.

※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)

※ 조건2 : 건조습윤(24 h동안 60℃ 물에 침지, 24 h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)

※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)

※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)

※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험



- 비 고 1. 이 시험·검사 결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.
2. 책임기술자 및 시험·검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

시험·검사자 : 배 형 민
T.031)322-0326~8

BH

2015년 04월 14일

page 2 of 2

재단법인 한국건설산업품질연구원장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 TEL:(031)322-0325~8 FAX:(031)322-0098

건설기술 진흥법 제26조에 의한 건설기술용역업[품질검사, 일반분야] 등록 기관임.



품질검사성적서

발 급 번 호 : 16D0219024-1
 시 료 명 : GFRP 소재 클램핑 플레이트
 업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과
 의뢰인 : 박 찬 기
 주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

시 료 채 취 일 : 2016년 01월 14일
 시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실
 시 료 채 취 자 : 공주대학교 전 종 찬
 성과이용목적 : 품질시험용

귀하가 품질시험·검사를 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험 방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

- 결 과 -

연번	시험검사항목		단 위	시험검사방법	시험·검사결과						책임기술자			시험·검사자	
					S1	S2	S3	S4	S5	평균	자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	시험 과 하 중	기 준	KN	ASTMD 4476 - 2014	236.80	242.30	259.30	208.60	240.80	237.56	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길		배형민	
		조 건1	KN		214.56	224.65	229.54	227.32	216.98	222.61					
		조 건2	KN		204.56	236.21	227.84	234.21	214.21	223.41					
		조 건3	KN		217.21	216.35	220.98	219.21	214.74	217.70					
		조 건4	KN		198.75	195.24	200.58	201.34	198.69	198.92					
		조 건5	KN		209.65	191.67	205.64	190.28	194.36	198.32					
		조 건6	KN		191.67	189.21	194.59	180.39	197.45	190.66					

- 뒷면계속 -

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24 h동안 60℃ 물에 침지, 24 h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

이 시험·검사 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2016년 03월 07일

지 법 인 **한국건설산업품질연구원** 장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 Tel: (031)322-0325~7 Fax: (031)322-0098



Page 1 of 2

유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.



품질검사성적서

발 급 번 호 : 16D0219024-1
 시 료 명 : GFRP 소재 클램핑 플레이트
 업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과
 의 회 인 : 박 찬 기
 주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

시 료 채 취 일 : 2016년 01월 14일
 시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실
 시 료 채 취 자 : 공주대학교 전 중 찬
 성과이용목적 : 품질시험용

귀하가 품질시험·검사를 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험 방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행 규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

- 결 과 -

연 번	시험·검사종목		단 위	시험·검사방법	시험·검사결과	책임기술자			시험·검사자	
						자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명	성 명	서 명
2	잔 류 휨 파 괴 하 중	기 준	KN	ASTM D 4476 - 2014	100.00	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길		배형민	
		조 건1	KN		93.71					
		조 건2	KN		94.04					
		조 건3	KN		91.64					
		조 건4	KN		83.73					
		조 건5	KN		83.48					
		조 건6	KN		80.26					

끝.

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24h동안 60℃ 물에 침지, 24h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

이 시험·검사 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2016년 03월 07일

직 단 인 한국건설산업품질연구원장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 Tel:(031)322-0325~7 Fax:(031)322-0098

Page 2 of 2

유의사항 : 책임기술자 및 시험·검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.



개량형 가동보에 적용하기 위한 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 강판게이트 표면형상에 따른 휨 및 계면 부착 특성 평가

Flexural and Interfacial Bond Properties of Hybrid Steel/Glass Fiber Reinforced Polymer Composites Panel Gate with Steel Gate Surface Deformation for Improved Movable Weir

김기원* · 권형중** · 김필식** · 박찬기*,†

Kim, Ki, Won · Kwon, Hyung Joong · Kim, Phil Sik · Park, Chan Gi

Abstract

The purpose of this study was to improved the durability of a improved movable weir by replacing the improved movable weir's metal gate with a hybrid steel/glass fiber reinforced polymer composites panel gate. Because the metal gate of a improved movable weir is always in contact with water, its service life is shortened by corrosion. This study made four type of hybrid steel/glass fiber reinforced polymer composites panel gate with different steel gate surface deformation (control, sand blast, scratch and hole), flexural. Fracture properties tests were performed depending on the steel gate surface deformation. According to the test results, the flexural behavior, flexural strength and fracture properties of hybrid steel/glass fiber reinforced polymer composites panel gate was affected by the steel panel gate surface deformation. Also, the sand blast type hybrid steel/glass fiber reinforced polymer composites panel gate shows vastly superior flexural and fracture performance compared to other types.

Keywords: Flexural strength, Fracture properties, Hybrid steel/glass fiber reinforced composite panel gate, Improved movable weir, Steel gate surface deformation

1. 서 론

개량형 가동보는 에어백과 강판게이트를 혼용한 가동보로 분류되며, 1980년대에 일본과 미국에서 비슷한 시기에 개발되어 현재까지 하천사업에 활발히 적용되고 있다(Park, 2010; Yeo. et. al., 2009). 1980년대까지 국내에서는 콘크리트 고정보를 설치해 왔으나, 고정보 상류측 유속감소로 인하여 토사가 퇴적되어 홍수시 통수능력 저하뿐만 아니라 수질 오염 등의 문제점이 발생하였다(Choi, 2011). 기존의 콘크리트 고정보는 대부분 그 기능을 상실하여 철거되거나 가동보 형식으로 재설치 되는 추세이며 1980년대 말 동북댐 여수로에 가동보 설치를 시작으로 가동보 설치 기술이 활발히 적용되고 있다(Park, 2010). 가동보 설치기술로 대표적인 형식으로는 고무보, 유압식 전도 게이트, 개폐식 수문, 힌지식 자동 수문,

S&R 가동보 등이 있으며 국내에서는 고무보와 개량형 가동보 설치기술의 수요가 증가하고 있다(Kim et. al., 2010; Kim, 2006). 국내에 설치된 가동보 형식은 고무보가 약 50 %, 개량형 가동보가 약 30 %이며 기타 형식이 나머지를 차지하고 있다(Kim, 2007; Choi et. al., 2013; Park, 2010; Lee et. al., 2014). 고무보는 공기 급/배기 방식의 공압식 가동보로서 하천 오염 원인물질의 배출이 없는 친환경적인 형식인 반면 강판 게이트보다 비교적 강도가 약하며, 유압식 강판 전도게이트는 내구성이 우수하지만 유압 작동유로 인하여 하천 오염이 우려되는 문제점을 내포하고 있다(Choi, 2011; Park, 2010).

개량형 가동보는 고무보와 전도게이트의 장단점을 보완하여, 공기를 주입하는 에어백과 강판을 혼용하여 사용하는 형식으로서 1980년대부터 국외에서 개발·적용되고 있다(Fig. 1(a)) 개량형 가동보는 2007년 국내에 도입되어 그 수요가 증가하고 있는 추세이며, 국외의 경우에는 개량형 가동보가 대부분을 차지하고 있다(Choi et. al., 2008; Lee et al., 2014; Kim, 2006; Kim, 2007; Seo et. al., 2013). 현재까지 국내에 적용된 개량형 가동보는 하천 유심부 쪽으로의 편류현상이 발생하여 가동보 상부로 월류되지 않는 부분에서는 이물질이 퇴적되어 수변공간의 경관성을 저하시키는 원인이 되고 있다. 또한, 에어백을 제외한 모든 부품을 강재로 사용하여 하천환경에서 부식의 우려가 있다(Fig. 1(b)). 강재료의 부

* Department of rural construction engineering, Kongju national university

** Reserch institute of technology, Yooileng Co. Ltd.

† Corresponding author

Tel.: +82-41-330-1266 Fax: +82-41-330-1269

E-mail: cgpark@kongju.ac.kr

Received: January 5, 2015

Revised: February 23, 2015

Accepted: February 25, 2015



(a) Improved movable weir



(b) Corrosion of steel materials

Fig. 1 Photo of improved movable weir and corrosion of steel materials

식은 장기적으로 개량형 가동보의 장기적인 내구성 감소시키는 등 다양한 문제점을 야기하고 있다 (Lee et. al., 2011). 따라서 강재료를 대체할 수 있는 새로운 재료의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 기존 개량형 가동보에 사용되는 강판 게이트를 유리섬유복합재료 (Glass fiber reinforced polymer composites materials: GFRP)와 강판 재료를 혼용한 하이브리드 패널 게이트로 적용하여 개량형 가동보의 장기 내구성을 향상시키고자 한다. GFRP는 유리섬유와 수지로 만들어진 재료로서 부식에 우려가 없는 재료이다 (Lee et. al., 2011). 유리섬유 복합재료를 이용한 패널, 슈트 및 바 등은 건설재료로서 널리 적용되어 부식에 대한 우려가 있는 구조물에 철근 등 강재료를 대체하여 널리 적용되고 있다 (Lee et. al., 2011). 본 연구에서는 강판재료를 중앙에 놓고 양쪽에 GFRP를 적용하여 구성함으로써 강판재료는 외부에 노출되지 않고 GFRP만 노출하여 물로부터 보호함으로써 부식에 대한 우려를 최소화하고자 한다. 그러나 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 성능을 최대화하기 위해서는 강판과 GFRP와의 부착이 중요한 요소이다. 부착력을 증가시키기 위한 방법으로는 여러 가지 방법이 있다. 이와 같은 방법으로는 강판재료의 표면을 처리하여 부착력을 증가시키는 방법, 고강도의 부착력을 가지는 수지를 사용하는 방법 등이다. 본 연구에서는 강판재료의 표면을 처리하여 강판재료와 GFRP와의 부착력을 향상시키고자 한다. 본 연구에서는 강판재료의 표면을 4가지 방법으로 처리한 후 휨시험을 통하여 하이브리드 강판/GFRP 패널의 휨강도 뿐만 아니라 강판재료와 GFRP 패널 부착계면의 계면 분리 및 탈락 여부를 평가하였다. 이를 통하여 비부식성의 하이브리드 강판/GFRP 게이트의 부착력을 향상시킬 수 있는 강판재료의 표면처리방법을 결정하였다.

Table 1 Properties of materials

Properties	E-Glass fiber	Vinyl ester resin
Yield stress (MPa)	1,890	90
Elastic modulus (GPa)	71	3.4
Strain (%)	2.64	5.2
Density (g/cm ³)	2.62	—

II. 재료 및 방법

1. 재 료

본 연구에서는 개량형 가동보의 부식에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 기존 강판게이트를 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트로 대체하여 적용하고자 한다. 본 연구에서는 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트를 제작하기 위하여 일반 강판과 E-Glass 섬유와 비닐에스터수지를 사용하였다. 일반적으로 폴리머수지는 에폭시수지, 비닐에스터수지, 폴리에스터수지가 널리 사용되나 특별히 비닐에스터수지를 적용한 이유는 폴리에스터수지는 OH⁻ 이온에 쉽게 파괴되어 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 재료로는 적합하지 않기 때문이다. 비닐에스터수지도 OH⁻ 이온에 영향을 받지만 에스터 free 제품들은 이와 같은 단점을 크게 감소시킬 수 있다 (Lee et. al., 2011). Table 1은 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트에 사용된 강, E-Glass 섬유와 비닐에스터수지의 특성을 각각 나타낸다. 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트를 제작하기 위한 유리섬유와 비닐에스터 수지의 혼합비는 체적비로 E-glass 섬유는 40 %, 비닐에스터수지는 60 %를 적용하였다. 또한 강판의 두께는 3.2 mm, GFRP 패널 게이트의 두께는 6 mm 이다.

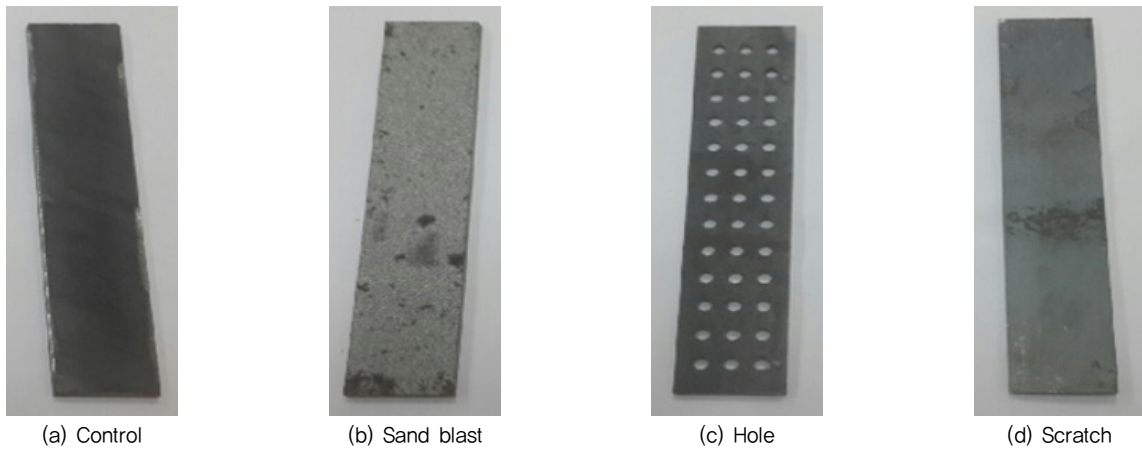


Fig. 2 Surface deformation of steel gate

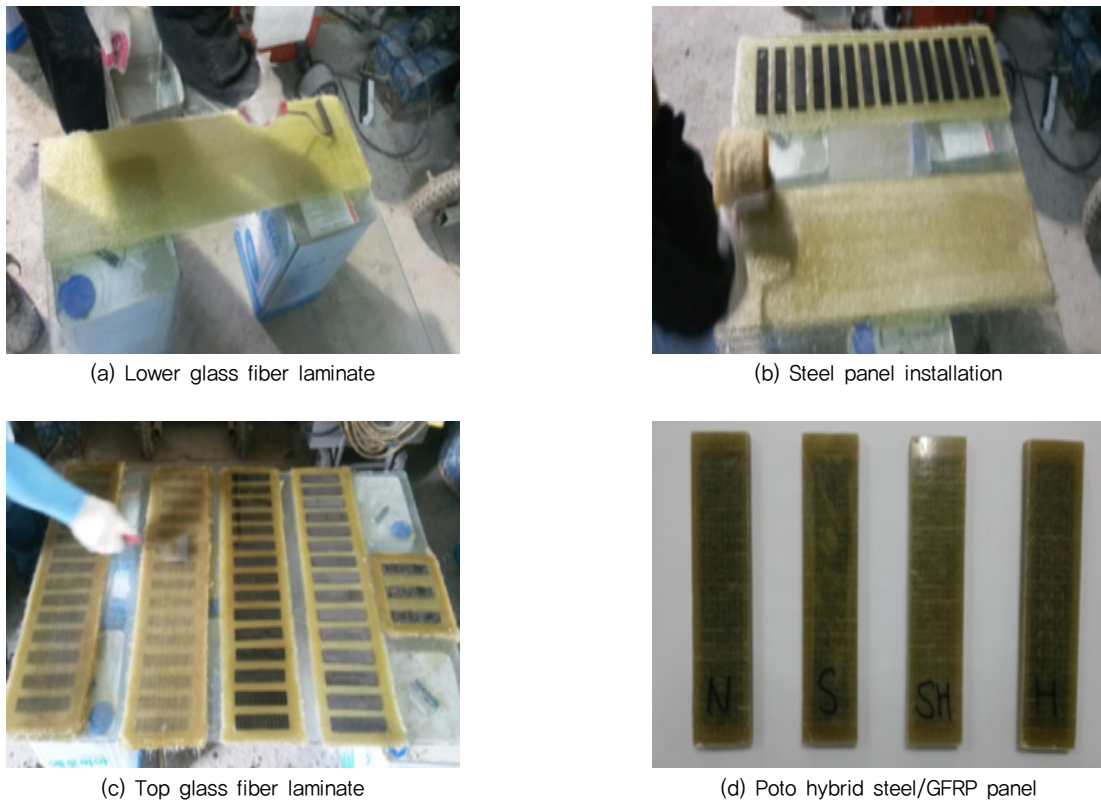


Fig. 3 Manufacturing process of hybrid steel/GFRP panel gate

하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트는 강판과 GFRP 패널과 부착력에 따라 성능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 강판과 GFRP 패널의 부착을 향상시킬 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 강판과 GFRP 패널의 부착력을 향상시키기 위하여 강판의 표면을 4가지로 변화시켰다. Fig. 2는 강판의 표면 형상을 나타낸다. Fig. 2(a)는 부착력을 향상시키기 위하여 표면에 어떠한 처리도 하지 않은 상태를 나타내며, Fig. 2(b)는

규사를 분사시켜 표면에 접착시킨 상태를 나타낸다. Fig. 2(c)는 강판의 표면을 천공하여 GFRP 패널과 부착시 부착강도를 증가시키기 위한 것이며, Fig. 2(d)는 표면을 사포 등으로 스크래치를 주어 표면을 거칠게 하였다. Fig. 2와 같은 강판을 가운데 위치시키고 GFRP를 적층시켜 강판/GFRP 패널 게이트 시험체를 제작하였다. Fig. 3은 제작방법을 보여준다. 하부에 유리섬유를 적층시키는 과정으로 유리섬유는 한쪽방향으



Fig. 4 Photo of hybrid steel/GFRP panel gate

로 배열하면 쪼개짐에 의한 파괴가 발생할 수 있어 그물망 형태의 유리섬유 쉬트를 적층하는 방법을 적용하였다. 유리섬유 쉬트를 넣고 하나하나 적층할 때 마다 비닐에스터 수지를 도포하였다. 그리고 하부 유리섬유 패널 게이트의 적층이 끝나면 가운데에 강판 게이트 패널을 설치하고 상부에 다시 그물망 형태의 유리섬유 쉬트를 적층하는 방법을 적용하여 최종적으로 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트 시험체를 완성하였다. Fig. 4는 시험용 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 시작품을 보여준다.

2. 실험방법

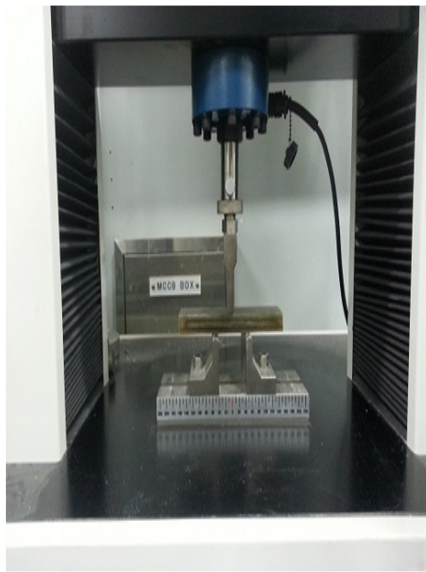
본 연구에서는 강판게이트의 표면처리 형상에 따른 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 휨성능을 평가하기 위하여 ASTM D :7264/D 7264M-07 (Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials)의 A 과정 (Procedure A—A three-point loading system utilizing center loading on a simply supported beam)에 따라 실시하였다. 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트 시험체의 크기는 각주형으로 하여 $40 \times 40 \times 160$ mm로 제작하였다. 휨 시험의 계산은 식 1로 계산하였다.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

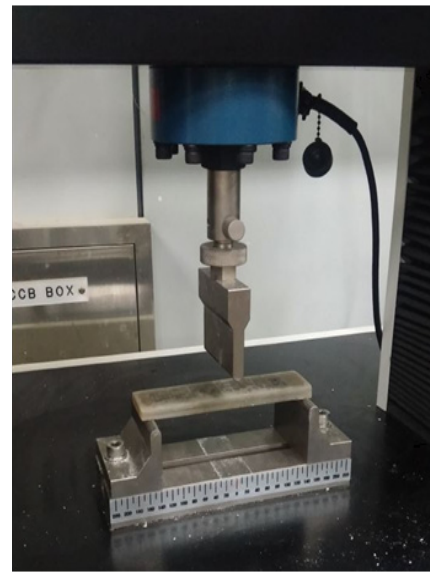
여기서, σ_b = flexural strength (MPa), P = applied force (N), L = support span (mm), b = width of beam (mm), h = thickness of beam (mm) 이다.

휨시험은 지간거리를 다르게 하여 두 가지 방법으로 실시

하였다. 첫 번째 방법은 지간거리를 140 mm를 적용하였고, 두 번째 방법은 지간거리를 50 mm로 적용하였다. 지간거리를 140 mm로 적용하는 방법은 일반적인 휨시험 측정방법으로 휨하중을 받을 때 강판 패널과 GFRP 패널의 접착면에서 계면박리의 효과를 평가하기 위하여 실시하였으며, 일반적인 ASTM D :7264/D 7264M-07의 A과정에 따라 실시하였다. 지간 50 mm는 강판 패널과 GFRP 패널의 계면박리가 아닌 GFRP 패널에서 유리섬유와 수지의 접착면에서 계면분리에 의한 파괴현상을 평가하고자 실시하였다. 이와 같은 시험 방법은 ASTM D 4475 (Standard Test Method for Apparent Horizontal Shear Strength of Pultruded Reinforced Plastic Rods By the Short-Beam Method)를 응용하여 실시하였다. 일반적으로 GFRP 패널과 강판재료와의 차이점은 강판재료는 종방향과 횡방향의 특성이 모두 동일하고, GFRP 패널 제품은 종방향 특성과 횡방향 특성의 차이점이 발생한다는 것이다. GFRP 패널은 유리섬유를 한쪽 방향으로 배열하고 비닐에스터 수지로 유리섬유를 접착시키기 때문에 종방향 (길이 방향)의 강도는 크지만 횡방향 강도는 유리섬유와 비닐에스터 수지와 접착면에서 쪼개짐 (계면분리)에 의한 파괴가 발생하기 때문에 상대적으로 약한 단점을 가지고 있다. 이와 같은 특성을 평가하기 위하여 도입된 방법이 ASTM D 4475 시험 방법으로 지간의 길이를 짧게 하여 휨시험을 실시하여 유리섬유와 비닐에스터 수지의 접착면에서의 쪼개짐 파괴를 평가하는 방법이다. ASTM D 4475는 FRP 보강근(rod)의 종방향 특성인 interlaminar shear stress를 측정하는 방법이다. 따라서 본 연구에서 직접적으로 적용하기는 힘들다. 그러나 본 연구에서도 GFRP 패널이 사용되기 때문에 강판과 GFRP 패널의 접착면에서 파괴되기 전에 GFRP 패널에서 유리섬유와 비닐에스터 수지의 접착면에서 쪼개짐 파괴의 발생 가능



(a) L= 50mm



(b) L= 150mm

Fig. 5 Photo of flexural test set-up

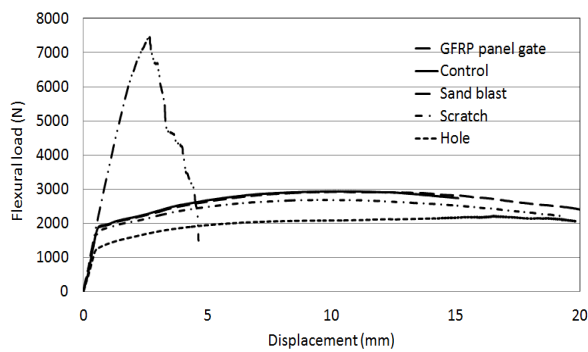
성을 평가하기 위하여 ASTM D 4475의 방법이 지간을 짧게 하여 휨시험을 실시하는 방법을 적용하여 휨시험을 실시하였다. 휨강도의 계산은 식 1로 하였다. Fig. 5는 지간거리 변화에 따른 휨시험 모습을 보여준다.

III. 결과 및 고찰

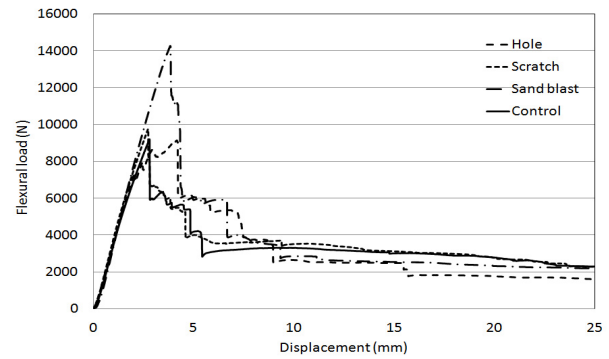
1. 휨하중-변위 관계

지간 50 mm의 강판게이트와 GFRP 패널 게이트의 휨하중 변위 관계 곡선은 Fig. 6(a)와 같다. Fig. 6(a) 및 7(a)의 경우 강판 공시체는 3.2 mm, GFRP 패널의 두께는 6 mm로 차이가 있기 때문에 휨 하중은 차이가 발생하며, 전체적인 하이브리드 강판/GFRP 패널의 거동에 미치는 영향을 평가하기 위하여 제시하였다. 그러나 하이브리드 GFRP 패널의 거동은 동일한 두께의 강판과 GFRP 패널을 적용하였기 때문에 비교분석이 가능하다. GFRP 패널 게이트는 휨하중이 가장 크지만 급속하게 파괴되는 취성적 특성을 가지고 있으며, 강판게이트는 항복이 발생한 후 지속적으로 변위와 하중이 증가하면서 발생하는 소성변형을 갖는 거동을 하는 것을 알 수 있다. 그러나 초기 강판 게이트 패널이 항복할 때까지의 탄성구간에서는 거의 동일한 하중-변위곡선을 나타내고 있다. Fig. 6(b)는 지간 50 mm의 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 하중 변위곡선을 나타낸다. 하중변위곡선을 보면 초기 항복은 GFRP 패널 게이트의 거동과 같이 취성적 거동을 나타내고

있으나 항복 후 일정한 하중으로 감소 후 변위가 유지되는 경향을 보여주었다. 소성변형구간에서는 강판 게이트와 유사한 거동을 하고 있음을 알 수 있다. 또한 최고하중까지 거의 모두 선형적인 거동을 하고 있음을 알 수 있다. 계면분리가 서서히 발생하지 않고 최고하중에 도달할 때 순간적으로 계면박리가 발생하여 파괴됨을 알 수 있다. 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 휨하중-변위곡선을 살펴보면 표면 규사분사 코팅 (sand blast)된 경우가 가장 우수한 결과를 보여주고 있다. 최고하중의 크기도 크고 최고하중 후 강도감소가 발생하는 거동도 우수하게 나타났다. 이와 같은 결과는 규사분사 코팅된 경우가 강판과 GFRP 패널 게이트 사이의 부착강도가 우수하여 지속적으로 하중에 저항하기 때문에 나타난 것이다. 최고하중에 도달했을 때 강판게이트와 GFRP 패널 게이트의 계면에서 분리가 발생하며, 이때 부착방법에 따라 GFRP 패널 게이트의 쪼개짐도 발생함을 알 수 있다. Fig. 7(a)는 지간 140 mm의 강판 패널과 GFRP 패널 게이트의 휨하중 변위 곡선을 나타낸다. 지간 50 mm 때와 마찬가지로 GFRP 패널 게이트가 가장 큰 휨하중을 보여주며 취성적 거동을 하고 있으며 강판게이트는 연성거동을 보여주었다. Fig. 7(b)는 지간 140 mm의 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 휨하중-변위 곡선을 보여준다. 휨하중-변위결과는 지간 50 mm와 유사한 결과를 보이나 약간의 차이점이 나타나고 있다. 휨하중-변위 곡선의 거동은 초기에는 GFRP 패널 게이트의 거동을 따르고 최고하중 후에는 강판게이트의 거동을 따르는 것은 거의 동일하다. 그러나 초기 탄성구간에서 지간 50 mm의

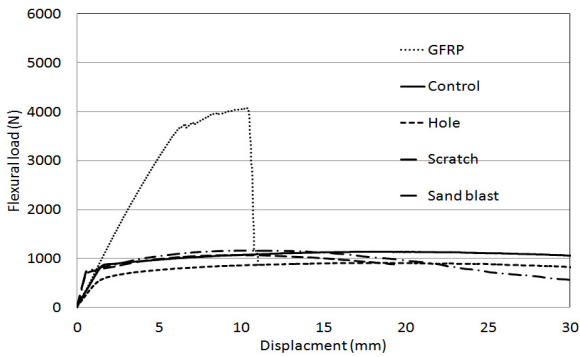


(a) Steel and GFRP panel gate

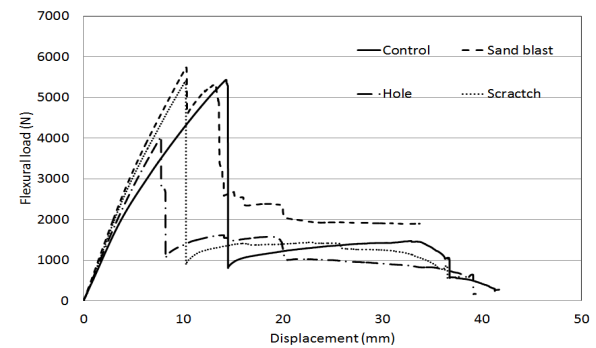


(b) Hybrid steel/GFRP panel gate

Fig. 6 Flexural load vs displacement behavior of hybrid steel/GFRP gate panel (L=50 mm)



(a) Steel and GFRP panel gate



(b) Hybrid steel/GFRP panel gate

Fig. 7 Flexural load vs displacement behavior of hybrid steel/GFRP gate panel (L=140 mm)

일 경우에는 거의 선탄성 거동을 보이거나 지간 140 mm에서는 일정 하중에 도달하면은 선탄성에서 벗어나는 기울기가 곡선으로 나타나면서 최고하중에 도달하는 경향을 보여주고 있다. 이와 같은 거동은 강판과 GFRP 패널 게이트의 부착면에서 부착면의 박리가 발생하면서 나타는 현상으로 하중이 증가하면서 점차적으로 강판과 GFRP 패널 게이트의 부착면에서 계면 박리가 발생하는 것을 알 수 있다. 지간 50 mm 보다는 지간 140 mm가 부착면에서의 계면박리의 효과가 보다 크게 나타났다고 할 수 있다. 지간 50 mm에서는 부착면에서의 계면박리와 하중점에서의 GFRP 패널 게이트의 유리섬유와 유리섬유사이의 매트릭스 수지로 접착되어 있는 부분이 파괴되는 GFRP 패널 게이트의 조개짐에 의한 파괴가 동시에 발생하였다. 그러나 지간 50 mm, 지간 140 mm 모두 최종적인 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 거동은 부착력에 영향을 받는 것을 알 수 있다. 두 지간 모두에서 규사분사 코팅을 한 경우가 가장 우수한 거동을 나타내었다. 특히 지간 140 mm의 거동에서는 최고하중 후 강판이 가지고 있는 소성변형 구간에서의 하중 보다 높은 하중을 유지함으로써 강판과 GFRP

패널 게이트가 부착면에서 계면박리가 발생하지 않고 지속적으로 하중에 저항하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과로 볼 때 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 거동은 강판게이트의 표면처리에 영향을 받으며, 표면 규사분사 코팅을 한 경우가 가장 우수한 거동을 나타냄을 확인할 수 있다.

2. 휨하중 및 휨강도

지간 50 mm와 지간 140 mm의 휨하중 시험결과는 Fig. 8과 같다. 휨하중 시험결과를 보면 GFRP 게이트 패널의 휨강도가 가장 큰 강도를 나타내었으며, 표면처리를 하지 않은 (control) 공시체, 규사분사코팅을 (sand blast) 공시체, 표면에 긁힘 (scratch) 공시체는 거의 동일한 휨하중을 보여주었으며, 표면에 구멍 (hole) 천공을 한 공시체의 경우가 가장 낮은 휨하중 값을 보여주었다. 이와 같은 결과는 지간 50 mm 및 140 mm 공시체에서 모두 동일하게 나타났다. 이와 같은 결과는 강판 게이트의 표면처리시 표면에 구멍을 천공한 공시체의 경우 단면의 손실이 발생하기 때문에 강판 게이트 자체의 강도는 감소하지만 다른 표면처리 공시체의 경우 강판 자체

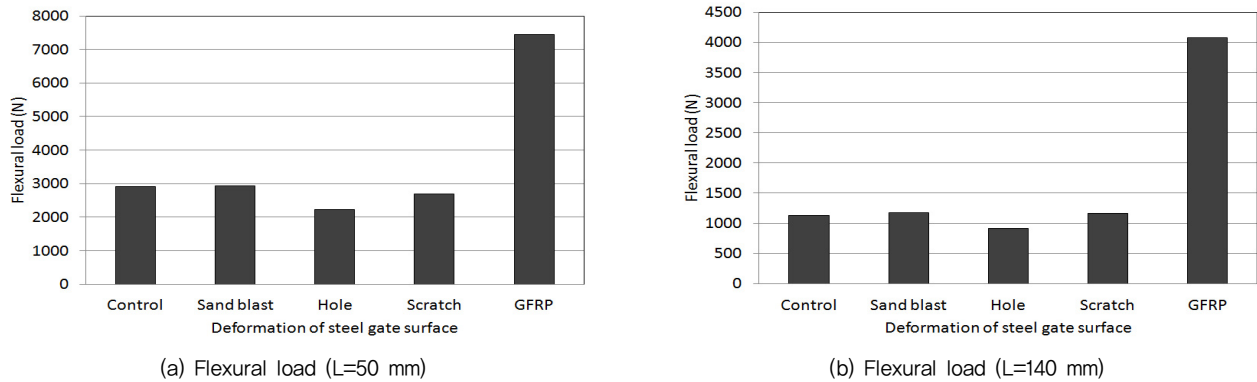


Fig. 8 Flexural load of steel/GFRP panel gate

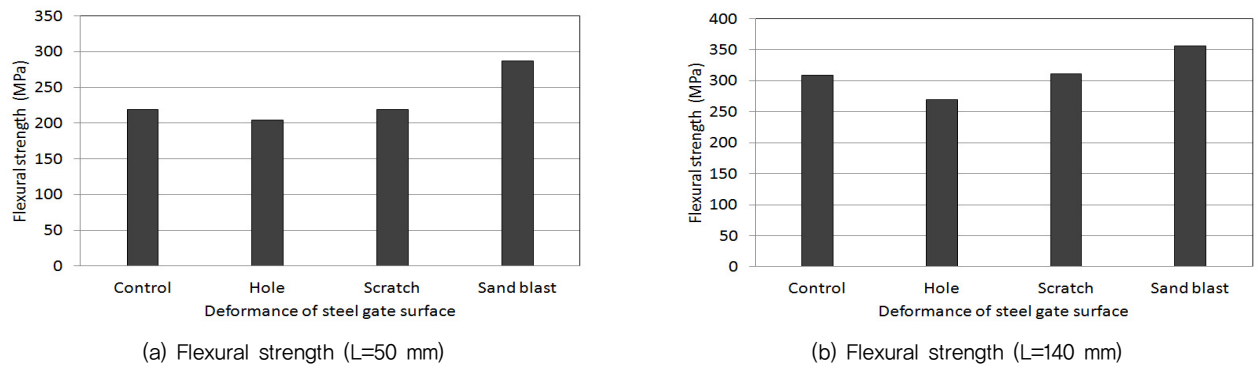


Fig. 9 Flexural strength of steel/GFRP panel gate

의 결함은 거의 발생하지 않은 방법이기 때문에 강도의 감소는 거의 발생하지 않았다. 또한 GFRP 패널에서 유리섬유와 유리섬유의 접착면에서의 쪼개짐 파괴보다는 강판과 GFRP 패널에서의 부착파괴가 먼저 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 지간 50 mm에서의 휨강도가 지간 140 mm 보다 작은 이유는 지간 50 mm는 유리섬유와 유리섬유의 계면에서의 쪼개짐과 강판과 GFRP 패널의 계면에서의 부착파괴가 동시에 발생하며, 지간 140 mm는 강판과 GFRP 패널의 계면에서 부착파괴가 지배하기 때문이다.

Fig. 9는 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 휨강도 값을 보여준다. 휨강도는 규사분사 코팅, 표면 굽힘, 표면처리를 하지 않은 공시체, 표면에 구멍을 뚫은 공시체 순으로 나타났다. 표면규사분사를 한 시험체의 휨강도는 지간 50 mm에서는 약 290 MPa, 지간 140 mm에서는 약 350 MPa의 강도를 보여주었다. 또한 강판게이트 표면에 구멍을 뚫은 경우가 휨강도가 가장 낮게 나타났는데 표면에 구멍을 뚫으면서 강판 게이트 자체의 휨강도가 낮아서 전체적으로 휨강도 감소에 영향을 미쳤다. 또한 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 경우 강판과 GFRP 패널 게이트의 계면에서 부착성능이 가장

큰 영향을 미치기 때문에 지간 50 mm, 140 mm 모두 규사분사 코팅을 한 시험체가 가장 큰 휨강도 값을 나타내는 것으로 보아 부착력이 가장 크다는 것을 나타낸다. 또한 모든 공시체에서 유리섬유의 패널의 파괴보다는 강판과 GFRP 패널의 부착면 파괴가 휨성능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

3. 휨시험 후 파괴형상

지간 50mm의 휨시험 후 패널의 휨파괴 형상은 Fig. 10과 같다. 지간 50 mm 휨시험은 강판 패널과 GFRP 패널의 계면 분리에 의한 파괴보다는 유리섬유와 수지와의 계면에서 쪼개지는 파괴에 대한 영향을 평가하기 위해서 실시한 시험이다. 시험결과 Fig. 10(a)는 GFRP 패널 게이트의 파괴 후 거동으로 쪼개짐에 의한 파괴가 크게 발생하지는 않았다. 이와 같은 결과는 그물망 형상의 유리섬유 수지를 적층하여 제조하였기 때문에 일방향으로 압축성형한 제품에서 발생할 수 있는 쪼개짐에 의한 파괴를 어느 정도 방지할 수 있었기 때문이다. Fig. 10(b)는 강판게이트에 표면처리를 하지 않은 공시체의 경우로 GFRP 패널의 쪼개짐에 의한 파괴가 발생하기 전에 강판게이트와 GFRP 패널 게이트의 분리가 먼저 발생하여 파

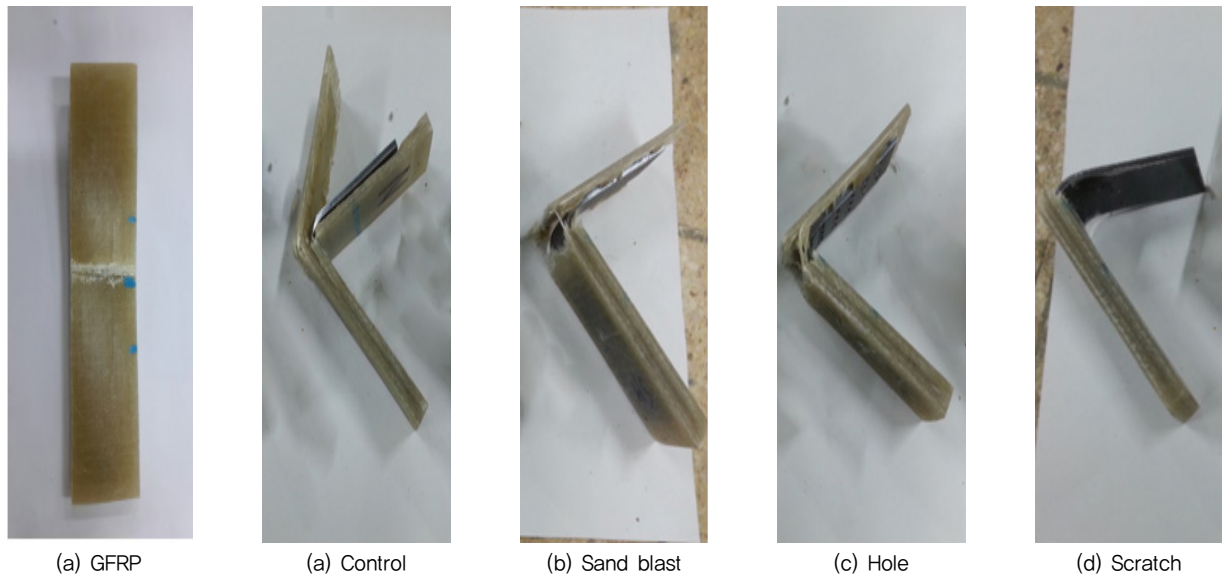


Fig. 10 Photo of fracture deformation (L=50 mm)

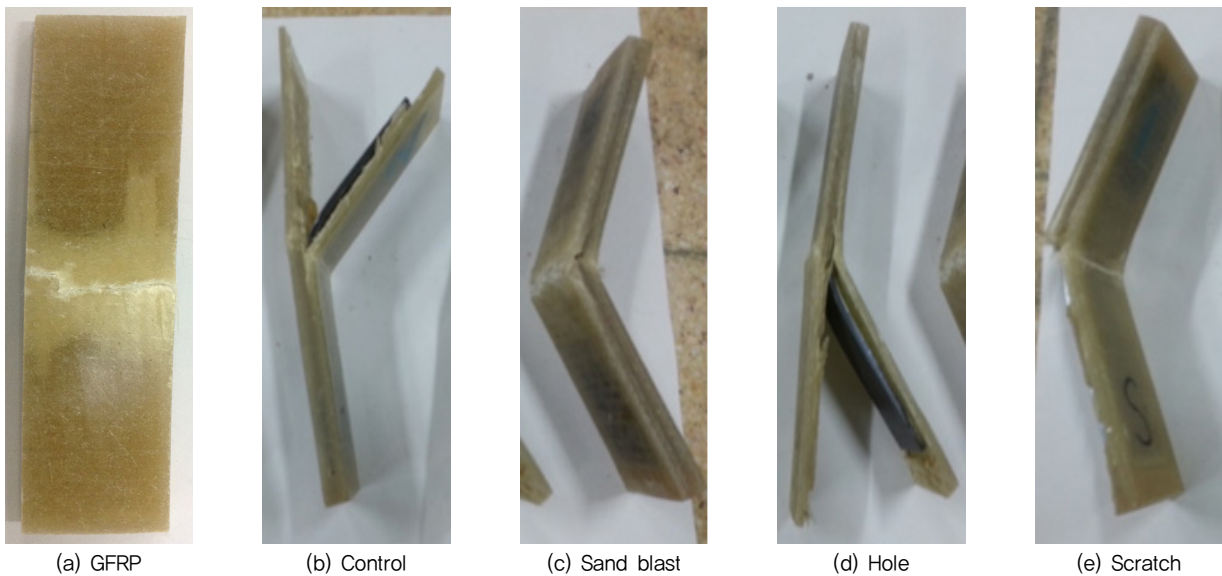


Fig. 11 Photo of fracture deformation (L=140 mm)

파괴가 발생하였다. Fig. 10(c), (d) 및 (e)는 는 쪼개짐 및 계면분리에 의한 파괴가 동시에 발생하고 있다는 것을 알 수 있다. 즉 표면규사분사처리, 표면구멍설치, 표면 긁힘 처리 모두 GFRP 패널의 쪼개짐과 계면분리가 모두 관찰되었다. 이와 같은 결과로 볼 때 강판게이트의 표면처리는 GFRP 패널과의 부착력에 영향을 미치며, 지간 50 mm 휨시험 결과 표면규사분사처리, 표면구멍설치, 표면 긁힘 처리를 함으로써 계면분리에 의한 파괴와 GFRP의 쪼개짐 파괴가 동시에 발생함을 알 수 있다. 그러나 표면에 처리하지 않은 경우에는 계면분리가 GFRP

패널의 쪼개짐 이전에 발생한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 11`은 지간 140 mm를 사용한 휨시험 후 파괴형상을 나타낸다. 강판 게이트에 표면처리를 하지 않은 경우 GFRP 패널과의 부착계면에서 계면분리가 발생하는 현상을 보였다. 이와 같은 현상은 강판 게이트의 표면에 구멍을 만든 경우, 표면을 스크래치하여 만든 경우 에서도 나타났다. 다만 표면을 규사 분사하여 만든 경우에는 계면분리가 발생하지 않고 하중을 가한 지점에서 강판게이트가 굽어지면서 이 부분의 GFRP 패널의 파괴가 발생하였다.

상기와 같은 시간 50mm와 140 mm의 휨시험 후 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 파괴형상 결과를 보면 강판게이트의 표면처리를 하지 않은 경우는 하중재하지점에서 GFRP 패널의 쪼개짐 균열이 발생하기 전에 강판게이트와 GFRP 패널의 계면분리에 의한 파괴가 발생하였다. 또한 표면에 구멍을 설치한 경우와 표면에 굽힘 처리를 한 경우는 강판게이트와 유리섬유 복합재료 패널의 부착계면에서의 계면분리와 하중재하점에서 균열에 의한 쪼개짐이 동시에 발생하였다. 그러나 표면에 구사분사를 하여 처리한 경우 강판게이트와 GFRP 패널 게이트의 부착계면에서의 계면분리에 의한 파괴는 발생하지 않고, 하중재하점에서의 균열에 의한 쪼개짐 파괴만이 관찰되었다. 따라서 파괴형상결과 강판게이트의 표면에 구사분사처리 한 경우가 가장 우수한 성능을 가지는 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 개량형 가동보의 강판게이트의 부식에 대한 문제를 해결하기 위하여 강판과 GFRP 패널을 부착한 하이브리드 패널의 성능을 평가하였다. 특히 하이브리드 강판/GFRP 패널의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 계면 부착성능을 향상시키기 위하여 강판 게이트의 표면형상을 4가지로 처리하여 표면처리 형상에 따른 휨성능을 평가하였고, 휨성능 후 계면 박리 현상을 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. GFRP 패널 게이트의 휨하중 변위 관계는 시간 50 mm, 140 mm 모두 취성적 거동을 나타내었으며, 강판게이트는 연성 거동을 나타내었다. 또한 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 거동은 초기 거동은 GFRP 패널과 같은 취성거동을 나타내었으나 최고 하중 후 강판게이트와 같은 소성거동을 보여주었다.
2. 휨하중 변위 곡선은 시간 50 mm의 경우 표면처리를 하지 않은 경우 최고하중에 도달할 때 까지 선탄성 거동을 보여 주어 최고하중에 도달했을 때 순간적인 계면분리와 쪼개짐에 의한 파괴가 발생한다는 것을 나타냈다. 특히 구사분사 코팅의 경우가 가장 우수한 거동을 나타냈다.
3. 휨하중 변위 곡선 시간 140 mm의 경우 강판게이트와 GFRP 패널 게이트의 계면분리가 발생하여 최고하중에 도달하기 전에 일정 하중 후 비선형거동을 하는 경향을 나타냈다. 따라서 하이브리드 강판/GFRP 패널 게이트의 경우 계면 부착이 전체적인 성능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.
4. 강판 패널의 표면처리 방법에 따른 휨강도 시험결과와 구사

분사 코팅한 강판을 적용한 경우가 가장 큰 휨강도를 나타냈다. 따라서 구사분사 코팅 방법이 가장 효과적인 방법임을 알 수 있다.

5. 휨시험 후 파괴형상을 관찰 한 결과 시간 50 mm의 경우 표면처리를 하지 않은 경우 GFRP 패널 게이트의 쪼개짐 보다는 계면박리에 의한 파괴가 발생하였으며, 구사분사코팅, 표면 굽힘, 표면구멍 천공 등의 경우 쪼개짐과 계면박리가 동시에 발생하며 파괴되었다.
6. 시간 140 mm의 휨시험 후 파괴형상을 보면 구사 분사코팅을 한 경우는 GFRP 패널의 쪼개짐에 의한 파괴가 발생하였으며 나머지 표면처리에서는 모두 계면박리에 의한 파괴가 발생하였다. 따라서 구사분사 코팅으로 표면처리를 하는 경우가 가장 우수한 휨성능을 발휘할 수 있다.

사 사

본 연구는 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비 지원(14TBIP-C073993-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Choi J.W., H.J. Joo, J.M. Kim, K.S. Lee and S.J. Yoon, 2013. An Analytical Study on the Structural Performance Evaluation of the Multistage Overturing Movable Gate. Journal of Korean Society of Steel Construction, 25(6): 613-622 (in Korean).
2. Choi G.W., S.J. Byeon, Y.K. Kim and S.U. Cho, 2008. The Flow Characteristic Variation by Installing a Movable Weir having Water Drainage, Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, 8(3): 117-122 (in Korean).
3. Choi B.J., 2011. A Study on the Effect of Weir on Stream Flow and Ground Water. MS thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea.
4. Kim P.S., S.J. Kim, J.H. Shim and H.J. Park, 2010. The study of Flood Hazard Mitigation Effect for Movable Weir. Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference, KWRA, 808-812 (in Korean).
5. Kim J.K., 2006. The Variation of Flow Characteristics by Installing Improved Movable Weir in a River, MS thesis. Incheon University, Incheon, Korea.
6. Kim M.J., 2007. The Analysis of Flow Characteristics on Movable Rubber-stepped Weir Having Downstream Outlet Facilities. MS thesis. Incheon University, Incheon, Korea.
7. Lee J.O., P.S. Kim, H.J. Park and B.J. Choi, 2014. A Study on

- the New Paradigm of Rubber Dam. Conference of Korean Society of Hazard Mitigation, 446-446 (in Korean).
8. Lee, K.S., C.L. Jang, N.J. Lee and S.J. An, 2014. Analysis of Flow Characteristics of the Improved-Pneumatic-Movable Weir through the Laboratory Experiments. Journal of Korea Water Resources Association, 47 (11): 1007-1015 (in Korean).
 9. Lee J.W., C.G. Park, J.O. Kim, S.K. Lee and P.S. Kim, 2011. Durability Characteristics of Glass Fiber Reinforced Polymer Composite Clapping Plates for Application of Rubber Dam. Journal of KSAE, 53(5): 17-23 (in Korean).
 10. Park H.J., 2010. Study on the Effect of Weir on Stream Flow, MS thesis. Konkuk University, Seoul, Korea.
 11. Seo I.W., S.W. Park and T.W. Kim, 2013. Analysis of Flow Patters at the Gate Mouth of Movable Weir with Gate Operation. Conference of Korean Society of Hazard Mitigation, 275-280 (in Korean).
 12. Yeo C.G., Y.H. Kim, G.S. Seo and J.W. Song, 2009. The study for Hydraulic Influence by installing Movable Weir. Conference of the Korean Society of Civil Engineers in 2009, 1452-1455 (in Korean).

Effect of rapid set binder on early strength and permeability of HES latex modified road repair pre-packed concrete

This content has been downloaded from IOPscience. Please scroll down to see the full text.

2015 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 103 012007

(<http://iopscience.iop.org/1757-899X/103/1/012007>)

Download details:

This content was downloaded on 10/12/2015 at 01:59

Please note that [terms and conditions apply](#).

Effect of rapid set binder on early strength and permeability of HES latex modified road repair pre-packed concrete

J W Han¹, S K Lee¹, C Yu² and C G Park^{3,4}

¹ Department of Bio-Industry Mechanical Engineering, Kongju National University, Yesan, Republic of Korea

² Major of Agricultural Engineering (Inst. of Agri. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Republic of Korea

³ Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University, Yesan, Republic of Korea

E-mail: cgpark@kongju.ac.kr

Abstract. The early strength development characteristics and permeability resistance of high early strength (HES) pre-packed road repair concrete incorporating a rapid-set binder material were evaluated for emergency repairs to road pavement. The rapid-set binder is a mixture of rapid-set cement and silica sands whose fluidity improves with the addition of styrene butadiene latex (latex). The resulting mixture has a compressive strength of 21 MPa or higher and a flexural strength of greater than 3.5 MPa after 4 hours, the maximum curing age allowed for emergency repair materials. This study examines the strength development properties and permeability resistance of HES latex-modified pre-packed road repair concrete using a rapid-set binder as a function of the latex-to-binder mixing ratio at values of 0.40, 0.33, 0.29 and 0.25. Both early strength development properties and permeability resistance increased as the ratio of latex to rapid-set binder decreased. The mixture showed a compressive strength of 21 MPa or higher after 4 hours, which is the design standard of emergency repair concrete, only when this ratio was 0.29 or lower. A flexural strength of 3.5 MPa or greater was observed after 4 hours only when this ratio was 0.33 or lower. The standard for permeability resistance, less than 2,000 C of chloride after 7 days of curing, was satisfied by all ratios. The ratio of latex to rapid-set binder satisfying all of the conditions for an emergency road repair material was 0.29 or less.

1. Introduction

Reparations to old paved roads are in continuous demand. As traffic considerations require that roads be reopened as soon as possible following a repair, many diverse studies have led to design standards for materials used in emergency road repairs [1-7]. Various methods have been explored to ensure minimal closure; for example, a precast concrete pavement as a replacement for the damaged concrete pavement can be used [8-12]. With precast concrete pavement structures, immediate re-opening to traffic is possible once the precast sections are in place [8-12]. However, with precast concrete pavement structures, rough handling during transportation and installation can lead to cracking, which can increase the water permeability [11, 12]. Another method is to use ASTM Type I cement with a

⁴ Address for correspondence: C G Park, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University, Yesan, Republic of Korea. E-mail: cgpark@kongju.ac.kr.



hardening accelerator [13, 14]. Pavement repair materials specify a minimum curing time of 72 hours (3 days) as the standard curing period for ASTM Type I cement before re-opening to traffic and requires the compressive strength to exceed 22 MPa and the flexural strength to exceed 4.5 MPa [8, 11, 12]. However, ASTM Type I cement alone does not meet these requirements; a hardening accelerator is needed [11, 12]. The third approach is to use rapid-set cement concrete [11, 12, 15, 16]. Rapid-set cement concrete is the primary material used in such repairs, but rapid-set cement generates a high heat hydration to attain its early strength, which heats the surrounding road structure and increases the migration of vapours [5, 6]. Under actual field conditions, this migration is often restricted to the repair structure itself, resulting in tensile stress and the formation of micro cracks [5, 6]. These cracks increase the water permeability of the repair structure, which leads to a diverse range of destruction mechanisms [5, 6]. Thus, the repair loses function and raises the necessity of another repair within a short time. To solve this problem, this study evaluates the performance of a HES road repair material consisting of pre-packed concrete incorporating styrene butadiene latex (latex) and rapid-set binder materials. In a typical road repair using this material, the old road pavement to be repaired is removed and the void is filled with coarse aggregates. The rapid-set binder material is then mixed with latex, the mixture is poured into the aggregate-filled void and the repair is infused via vibration compaction. At this point, the mixture of latex and rapid-set binder should have sufficient fluidity to be self-levelling. After infusion, the surface is finished to end the road repair. Mixing latex into the rapid-set binder secures the early strength and sufficient workability while maintaining or improving durability [17-20]. The addition of latex increases the workability of unhardened concrete and reduces the ratio of water to cement [17-20]. It can also prevent the separation of materials due to the viscosity of latex itself and can increase the flexural strength, tensile strength and deformation capacity after the concrete hardens, thereby improving adhesion, water-tightness, resistance to freezing/melting, anti-abrasion properties and chemical resistance [17-20]. In this study, the early strength development properties and permeability resistance of HES latex-modified pre-packed concrete for emergency road repair were evaluated.

2. Materials and methods

2.1. Materials

The rapid-set binder material used in this study was a mixture of rapid-set cement and silica sands manufactured by Jung-Ang Polytec in Korea. The mixing ratio of rapid-set cement to silica sands was 1:1. The chemical compositions of the rapid-set cement are shown in table 1. Coarse aggregates were crushed stone with a maximum dimension of 25 mm and a density of 2.62 g/mm³. The physical properties of the latex, made by Korean Jung-Ang Polytec, are listed in table 2.

Table 1. Chemical compositions of rapid set cement.

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)
13±3	17.5±3	3>	50±3	2.5>	0.21	14±3

Table 2. Properties of styrene butadiene latex.

Solids (%)	Content Styrene Content (%)	Butadiene Content (%)	Surface Tension (dyne/cm)	Particle Size (Å)	Viscosity (cps)
8	34±1.5	66±1.5	30.57	1700	42

2.2. Mix proportions and manufacturing of test specimens

For road pavement repairs made with rapid-set cement, AASHTO and the road traffic offices of each American state, as well as the Korean Highway Corporation, have defined 4 hours as the minimum curing period prior to reopening traffic over the repair [8, 21]. The standards for traffic reopening are a compressive strength of 21 MPa or higher and a flexural strength of 3.5 MPa or more [8, 21]. This

study focuses on road repairs using rapid-set cement, the goals were to obtain a material that meets these standards. Permeability has the greatest effect on the life span and durability of road pavement. The Korean Highway Corporation has suggested a limit of 2000 C or lower after 7 days of curing, based on tests of chloride ion permeation in accordance with ASTM C1202 [21]. The mixing ratios of latex to binder used in this study are presented in table 3.

Table 3. Mix Proportions of HES latex modified road repair pre-packed concrete.

Type of mix	Rapid set binder materials (kg/m ³)	Latex (kg/m ³)	Coarse aggregate (kg/m ³)
0.40	575	218	1450
0.33	627	210	1450
0.29	690	198	1450
0.25	732	184	1450

Specimens for compressive strength tests was made by packing coarse aggregates into a cylindrical frame with a diameter of 100 mm and a height of 200 mm. Rapid-set cement and silica sands were mixed together. The latex was then poured into this rapid-set binder material and mixed for 1 minute and 30 seconds. After mixing, the cylindrical form packed with coarse aggregates was put on the vibration table, and the rapid-set binder materials were poured into it while the table was vibrating. Flexural strength specimens were produced in the same way except in a 100 × 100 × 400-mm rectangular frame.

2.3. Test methods

2.3.1. Strength tests. Compressive strength tests were performed in accordance with ASTM C 39, flexural tests were conducted in accordance with ASTM C 78/C78M were conducted in accordance with ASTM C 496/C496M-11. Tests were performed after 4 hours of curing.

2.3.2. Chloride ion penetration tests. Chloride ion penetration tests were conducted in accordance with ASTM C 1202-94. Specimens measuring 150 × 50 mm were tested after 4 hours and 7 days of curing. The test apparatus for chloride ion penetration tests is shown in figure 1.

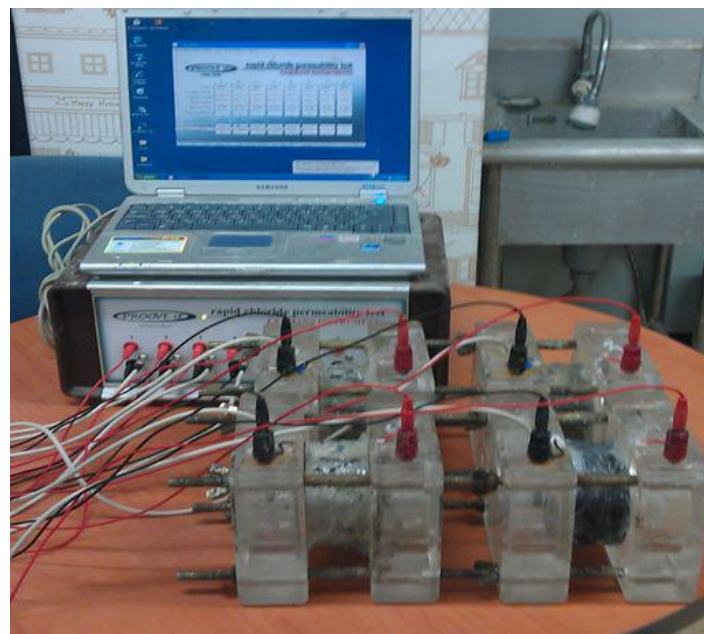


Figure 1. Chloride ion penetration test set-up.

3. Test results and discussion

3.1. Compressive strength

The compressive strength characteristics of HES latex-modified pre-packed road repair concrete for emergency road repair are shown in figure 2. As the mixing ratio of latex to rapid set binder material got smaller, the compressive strength tended to increase. When this ratio was below 0.29, the resulting material satisfied the compressive strength requirement for an emergency road repair material (21 MPa) after 4 hours, which suggests that the addition of latex retarded the manifestation of early strength. Furthermore, the lower proportion of rapid-set binder material likely did not allow sufficient early strength to develop. To satisfy both of these goals, the proportion of rapid-set binder must be higher. Thus, a latex-to-binder ratio of 0.29 or lower was deemed sufficient to satisfy the standards of an emergency road repair material.

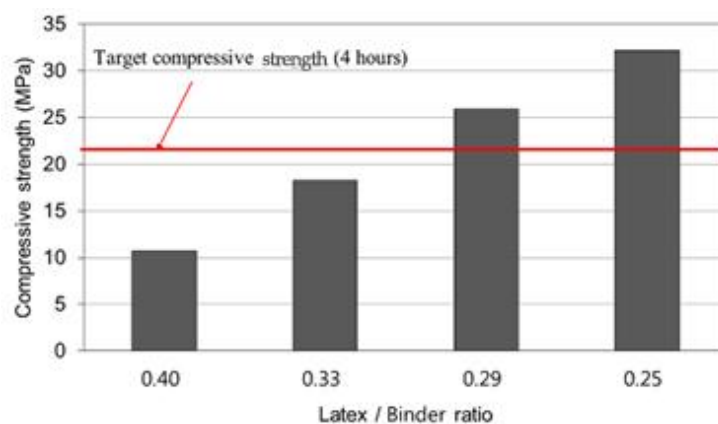


Figure 2. Compressive strength of HES latex modified road repair pre-packed concrete.

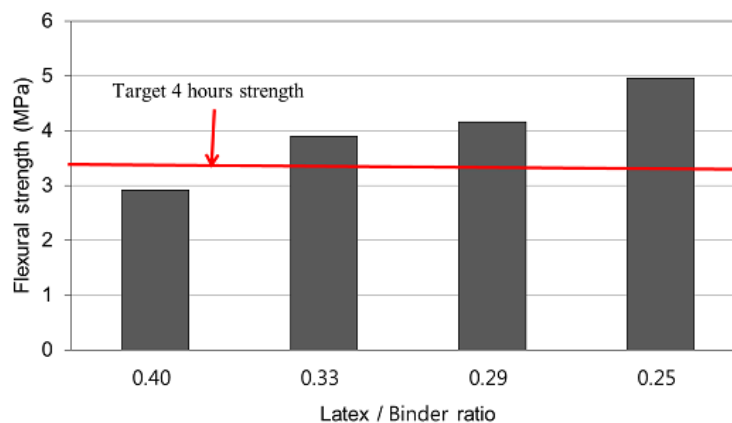


Figure 3. Flexural strength of HES latex modified road repair pre-packed concrete.

3.2. Flexural strength

The flexural strength test results are given in figure 3. The standard for flexural strength is 3.5 MPa after 4 hours. These standards were met at a latex-to-binder ratio of 0.33 or lower. These data show that the addition of latex to concrete has a greater influence on tensile and flexural strength than on compressive strength. As latex increases the binding forces between materials when the concrete receives flexural or tensile stresses, unlike compressive strength, the flexural strength requirements were satisfied even at a latex-to-binder ratio of 0.33. Flexural strength tended to increase as this binder ratio decreased.

3.3. Chloride ion penetration

The chloride ion permeability resistance of the evaluated road repair concrete is shown in figure 4, and the permeability standard according to ASTM C 1202 is presented in table 4. Chloride ion permeability tended to decrease as the latex-to-binder ratio decreased. Relative to the standard set in ASTM C 1202, the chloride ion permeability after 4 hours for the 0.40 and 0.33 mixtures was ‘high’, showing up to 4000 C. Conversely, the chloride permeability for the 0.29 and 0.25 mixtures was deemed ‘moderate’, measuring between 2000 and 4000 C. After 7 days of curing, the permeability of the 0.40 mixture was ‘low’, measuring 1000–2000 C, while the permeability of the 0.33, 0.29 and 0.25 mixtures was ‘very low’, measuring 1000 C or less. Furthermore, after 7 days, the standard of 2000 C was met by all of the evaluated mixtures. Thus, in general, the addition of latex reduced the permeability of the concrete blend by filling gaps and forming a thick latex film within the concrete. Therefore, all of the specimens exhibited excellent permeability resistance.

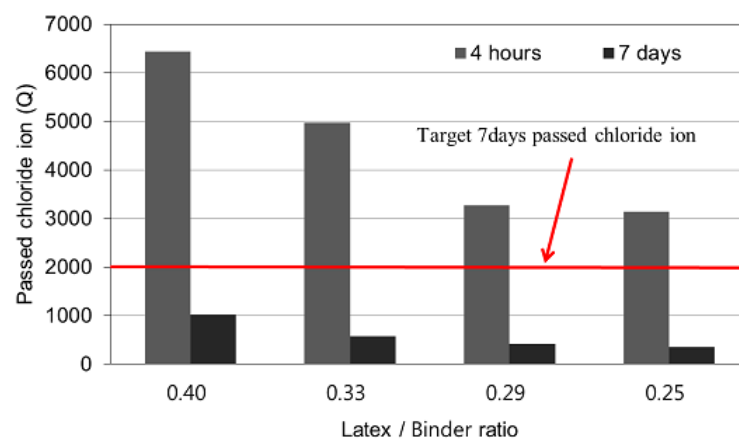


Figure 4. Chloride ion penetration of HES latex modified road repair pre-packed concrete.

Table 4. Chloride permeability based on charge passed.

Charge passed (Coulombs)	Chloride permeability
4000>	High
2000-4000	Moderate
1000-2000	Low
100-1000	Very low
<100	Negligible

4. Conclusions

This study evaluated the early strength development and permeability resistance characteristics of HES latex-modified pre-packed road repair concrete as a function of the ratio of latex to rapid-set binder. The test results can be summarized as follows:

- The HES latex-modified pre-packed road repair concrete formulations evaluated herein met the design standards for an emergency repair concrete only when the ratio of latex to rapid-set binder was 0.29 or lower.
- In the flexural strength tests, the mixing ratio of latex to rapid-set binder needs to be 0.33 or less to satisfy the conditions of 3.5 MPa after 4 hours.
- All of the HES latex-modified road repair concrete formulations met the chloride ion permeability standard of 2000 C set by ASTM C 1202. Chloride permeability decreased as the ratio of latex to rapid-set binder decreased.

Acknowledgment

This research was supported by a grant (code-14TBIP-C073993-01-000000) from Technology Business Innovation Program (TBIP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

References

- [1] Sprinkel M 2005 *Latex-Modified Concrete Overlay Containing Type K Cement* (Virginia Transportation Research Council, VA, FHWA/VTRC 05-R26)
- [2] Sprinkel M 1998 *High Early Strength Latex Modified Concrete Overlay* (Virginia Transportation Research Council: VA, Report VTRC 88-R12)
- [3] Sprinkel M 1998 *Very-Early-Strength Latex-Modified Concrete Over-Lays* (Virginia Transportation Research Council, VA, TAT99-TAR3)
- [4] N Buch, T J V Dam, K Peterson and L Sutter 2008 Evaluation of high-early strength PCC mixtures used in full depth repairs *Constr. Build. Mater* **22** 162-74
- [5] Won J P, Kim J M, Lee S J, Lee S W and Park S K 2011 Mix proportion of high-strength, roller-compacted, latex-modified rapid-set concrete for rapid road repair *Constr. Build. Mater.* **25** 1796-800
- [6] Won J P, Kim J H, Park C G and Kang J W 2009 Shrinkage cracking of styrene butadiene polymeric emulsion-modified concrete using rapid-hardening cement *J. Applied Polymer Sci.* **112** 2229-34
- [7] Ricardo Z J 2013 Development of rapid, cement-based repair materials for transportation Structures (The University of Texas at Austin May: MS thesis)
- [8] AASHTO 1998 *Standard Specification of Rigid Pavement* (Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials)
- [9] Bull J W and Woodford C H 1997 Design of precast concrete pavement units for rapid maintenance of runways *Computer. Structu.* **64** 857-64
- [10] Ackroyd R F and Bull J W 1985 The design of precast concrete pavements on low bearing capacity subgrades *Computer. Geotech.* **1** 279-91
- [11] Kim D H and Park C G 2013 Permeability, abrasion, and impact resistance of latex-modified fibre reinforced concrete for precast concrete pavement application *Progress. Rubb. Plast. Recycl. Techno.* **29** 239-54
- [12] Oh R O, Kim D H, Park C G, Chan Gi 2014 Durability performance of latex modified nylon fiber reinforced concrete for precast concrete pavement applications *Indian J. Eng. Mater. Sci.* **21** 49-56
- [13] Buch N, Dam T J V, Peterson K and Sutter L 2008 Evaluation of high-early strength PCC mixtures used in full depth repairs *Constru. Build. Mater.* **22** 162-74
- [14] Ghafoori N, Diawara H and Beasley S 2008 Resistance to external sodium sulfate attack for early-opening-to-traffic Portland cement concrete *Cem. Concre. Compos.* **30** 444-54
- [15] Won J P, Kim J H, Lee S W and Park C G 2009 Durability of low-heat, ultra rapid-hardening, latex modified polymer concrete *Progress. Rubb. Plast. Recycl. Techno.* **25** 91-102
- [16] Yun K K and Choi P 2014 Causes and controls of cracking at bridge deck overlay with very-early strength latex –modified concrete *Constr. Build. Mater.* **56** 53-62
- [17] Kim D H and Park C G 2013 Strength, permeability and durability of hybrid fiber-reinforced concrete containing styrene butadiene latex *J. Applied Polymer Sci.* **129** 1499-505
- [18] Park C G and Lee J H 2013 Effect of styrene butadiene latex polymer contents on the bond properties of macro polypropylene fiber in polymer-modified cement-based composites *J. Applied Polymer Sci.* **126** E330-7
- [19] Oh R O and Park C G 2014 Interface pullout properties of macrosynthetic fibres in latex modified cement based nanosilica and silica fume composites *Mater. Res. Innova.* **15** 220-4
- [20] Kim D H, Lee S K and Park C G 2014 Bonding characteristics of macro polypropylene (PP) fibre-reinforced styrene butadiene latex-modified cement-based composites *Progress in Rubb. Plast. Recycli Techno.* **30** 1-17

- [21] Korea Expressway Corporation 2005 *Construction Material Quality and Standard for Highway Construction* (Seongnam, Republic of Korea: Korea Expressway Corporation)

Effect of Latex and Accelerator on the Strength Development and Chloride Ion Penetration Properties of Latex-Modified Repair Concrete

Ji-Hong Jeon¹, Sang-Sun Cha², and Chan-Gi Park^{2,*}

¹Environmental Engineering, Andong National University, Andong, Republic of Korea

²Rural Construction Engineering, Kongju National University, Yesan, Republic of Korea

Received: 28 October 2013, Accepted: 28 May 2014

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of the amount of added latex and accelerator on the strength development and chloride ion penetration properties of concrete used for the repair of concrete pavement. Such pavement must be re-opened to traffic 3 days after repairing. The target values of the latex-modified repair concrete were as follows: a compressive strength of 22 MPa and a flexural strength of 4.5 MPa after 3 days, and a compressive strength of 27 MPa and chloride ion penetration value of < 2,000 coulombs after 28 days. In this study, latex was added at 0, 5, 10, and 15% of the cement weight, and the accelerator was added at 0 and 1% of the cement weight. The test results indicated that the mixes with accelerator and latex contents of 10 and 15% satisfied the target strength and chloride ion penetration values for the 3-day traffic opening requirement.

Keywords: Accelerator, Concrete pavement, Repair, Latex, Permeability, Strength, Durability

INTRODUCTION

Roads are getting older and traffic volumes are increasing [1–5]. Any repairs must be made in the shortest time possible to enable rapid re-opening of a road to traffic [5–10]. Various methods have been explored to ensure minimal closure; for example, an ultra-rapid-hardening cement concrete can be used [2–5]. For this type of concrete, the target time for re-opening to traffic is 3 h [11]. At this time, a compressive strength of 21 MPa must be reached; a

Correspondence to: Chan-Gi Park (cgpark@kongju.ac.kr)

©Smithers Information Ltd., 2015

compressive strength of 30 MPa is required after 28 days of aging [11]. Before traffic can recirculate on road pavement repaired with ultra-rapid-hardening cement, the pavement materials must have a flexural strength of 2.8 MPa after 4 h [4, 11, 12]. Although this kind of cement has the advantage of minimizing the traffic re-opening time, it increases the movement of water and heat inside the concrete pavement because of the high heat of hydration during early strength development [4, 5, 7, 8]. For fixed concrete structures, this movement of heat and water creates internal and external tensile stresses, which generate fine cracks. Such fine cracks increase the water permeability, which leads to deterioration of the concrete and the need to repair the structure again within a short period of time [4, 5, 7, 8]. To solve this problem with rapid-hardening cement, ultra-rapid-hardening latex-modified concrete has been used to repair concrete pavement. However, the latex additive delays the initial strength development of the cement, making it difficult to reach the desired strength requirements in short timeframes [2–9]. Given this drawback, one would expect that ultra-rapid-hardening cement would be used more often; however, ultra-rapid-hardening cement is expensive. Another method is to use precast concrete pavement as a replacement for the damaged concrete pavement [10, 11]. With precast concrete pavement structures, immediate re-opening to traffic is possible once the precast sections are in place [12–17]. This approach solves the issue of reduced durability resulting from the rapid generation of the heat of hydration with ultra-rapid-hardening cement [12–19]. However, with precast concrete pavement structures, rough handling during transportation and installation can lead to cracking, which can increase the water permeability [13]. Although precast concrete sections of excellent quality can be made, it is not economical to use them for the construction of highways. The third approach is to use ASTM Type I cement with a hardening accelerator [12–19]. Pavement repair materials specify a minimum curing time of 72 hours (3 days) as the standard curing period for ASTM Type I cement before re-opening to traffic and requires the compressive strength to exceed 22 MPa and the flexural strength to exceed 4.5 MPa [12]. However, ASTM Type I cement alone does not meet these requirements; a hardening accelerator is needed. In this study, the performance of a repair material consisting of an ASTM Type I cement and a hardening accelerator was evaluated. The use of ASTM Type 1 cement with an accelerator additive was more economical compared with rapid-hardening cement and precast pavement. Additionally, ASTM Type I cement with a hardening accelerator is capable of achieving early high-strength properties due to a reduced water/cement ratio; however, this can also lead to several issues related to the workability of the repair material. The use of a hardening accelerator causes cracking due to the heat of hydration. In this study, latex was used to resolve this issue. Using latex is part of the solution: it helps to limit crack formation and propagation resulting

from the heat of hydration with ultra-rapid-hardening cement [1, 3–7]. Latex improves the workability of unhardened concrete and is effective in reducing the water/cement (W/C) ratio [1, 3–7]. It prevents material separation, increases the flexural strength, tensile strength, and deformation capacity of hardened concrete, and improves the adhesiveness, water-tightness, water repellency, freeze–thaw resistance, wear resistance, and chemical resistance [1, 3–7]. The best approach is to ensure durability, i.e., increase the period between repairs. This study was to evaluate the characteristics of ASTM Type I cement mixed with latex and a hardening accelerator for repairing concrete so that pavement can be re-opened to traffic after 3 days (72 hours).

EXPERIMENTAL

Materials

The properties of the ASTM Type I cement used in this study are given in **Table 1**. For the coarse aggregate, crushed aggregate with a maximum dimension of 25 mm was used. The fine aggregate consisted of river sand with a specific gravity of 2.58. The physical properties of the aggregates are given in **Table 2**. The properties of the latex used in this study (Dow Chemical Company, USA) are listed in **Table 3**. CONTOPP Accelerator 20 (Knopp GmbH Chemische Produkte, Germany) was used as the accelerator. It enables re-opening of pavement to traffic within 2–4 days. The properties of the accelerator are given in **Table 4**.

Table 1. Properties of cement

Fineness (cm ² /g)	Density (g/mm ³)	Stability (%)	Setting time	
			Initial (min)	Final (min)
3,200	3.15	0.02	220	400

Table 2. Properties of aggregate

Type of aggregate	Density (g/cm ³)	Absorption (%)	Fineness modulus
Fine aggregate	2.62	0.67	2.99
Coarse aggregate	2.65	0.35	6.92

Table 3. Properties of latex

Solids content (%)	Water content (%)	Styrene content (%)	Butadiene content (%)	pH	Density (g/mm ³)	Surface tension (dyne/cm)	Particle size (Å)	Viscosity (cps)
49	51	34±1.5	66±1.5	11.0	1.02	30.57	1700	42

Table 4. Properties of accelerator

Colour	Form	Density (20°C)	Processing temperature
White	Liquid	1.27±0.01g/m ³	As of + 5°C

Table 5. Mix proportions of latex modified repair concrete

No. of mix	W/C* (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)									
			Cement	Total water**	Water	Fine aggregate	Coarse aggregate	Accelerator	Total	Solid	Water	Latex
1	21	58	400	84	84	740.80	1015.28	0	0	0	0	
2					84			4	0	0		
3					63.18			0	40.82	20	20.82	
4					63.28			4	40.82	20	20.82	
5					42.37			0	81.63	40	41.63	
6					42.37			4	81.63	40	41.63	
7					21.55			0	122.45	60	62.45	
8					21.55			4	122.45	60	62.45	
*: Total water/cement. **: water + water in latex												

Mix Proportions

A minimum curing time of 72 h is specified before re-opening pavement for traffic when repairing with ASTM Type 1 cement concrete pavement or repairing concrete pavement using ASTM Type 1 cement [12]. It specifies a minimum curing time of 4 h when repairing concrete pavement using ultra-rapid-hardening cement. Additionally, it specifies that traffic re-opening be allowed for portland cement concrete pavement once the pavement has cured for 14 days, or when the compressive strength exceeds 22 MPa and the flexural strength exceeds 4.5 MPa. Because this study focused on using ASTM type I cement to repair concrete pavement, the target minimum compressive and flexural strengths of the experimental mixes after curing for 3 days (72 hours) were set at 22 and 4.5 MPa, respectively. The 28-day compressive and flexural strength targets were set at 27 MPa and 4.5 MPa, respectively. The target water permeability, which causes most of the decline in the durability, was set at 2000 coulombs after a 28-day cure, as measured by the chloride penetration test prescribed by the ASTM C1202 standard. To achieve such targets, the W/C ratio of the mix was fixed at 0.21 and latex was added at 0, 5, 10, and 15% of the cement weight. Accelerator was added at 1% of the cement weight. The various mix proportions are detailed in Table 5.

Compressive Strength Test

Compressive strengths were measured according to the ASTM C39 standard [20]. The test was conducted at material ages of 1, 2, 3, 7, and 28 days.

Flexural Strength Test

Flexural strengths were measured according to the ASTM C78 standard [21]. The effect of different accelerators and latex contents on the flexural strength of the latex-modified repair concrete (LMRC) was evaluated. Testing was done after the specimens had aged for 1, 2, 3, 7, and 28 days.

Chloride Ion Penetration Test

The permeability of concrete pavement is a very important characteristic. Increased permeability reduces strength through crack expansion and lowers durability. In this study, the water permeability of LMRC mixes was measured according to the ASTM C1202 standard [22]. **Figure 1** shows the experimental test set-up.

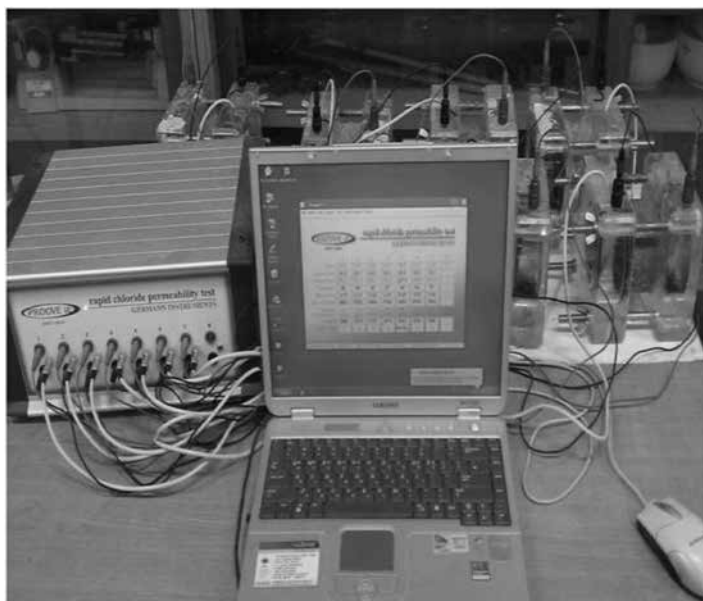


Figure 1. Chloride ion penetration test set-up

RESULTS AND DISCUSSION

Compressive Strength

The compressive strength test results are shown in **Figures 2** and **3**. Regardless of the latex content, the LMRCs in which accelerator was used had better early

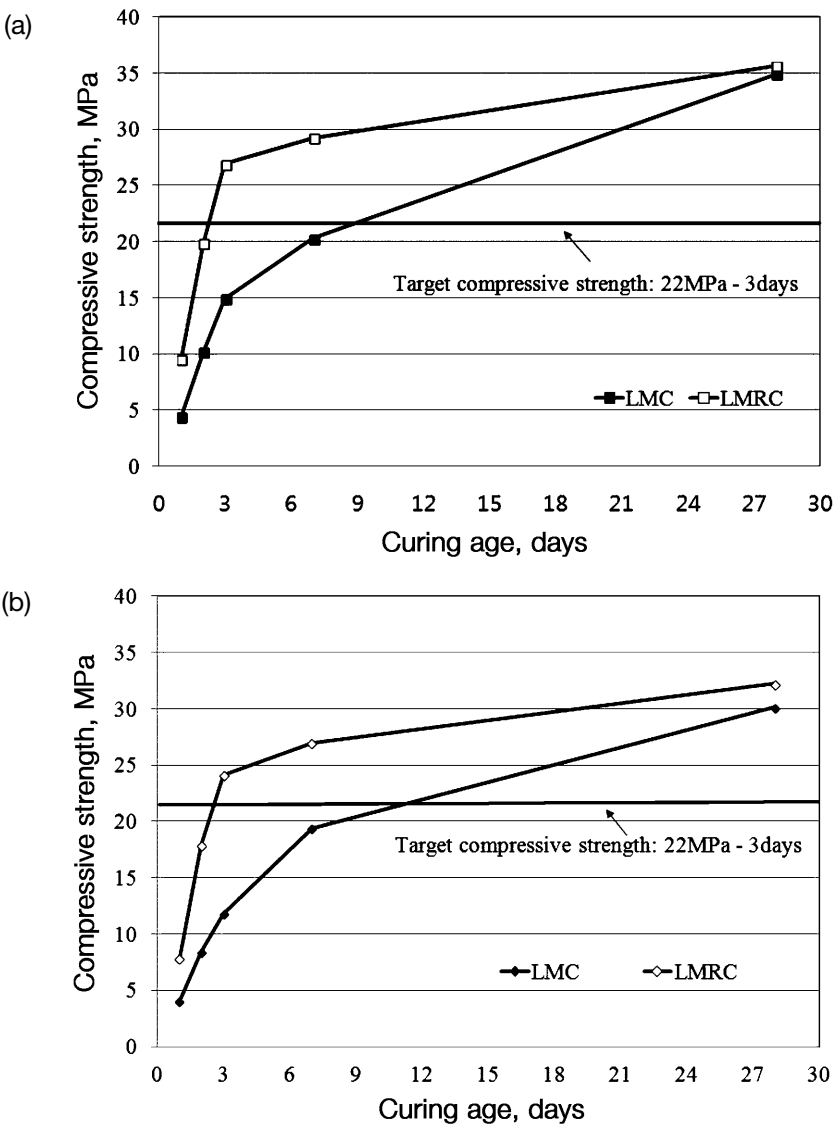


Figure 2. Compressive strength test results with accelerator content. (a) Latex content: 0% (b) Latex content: 5%

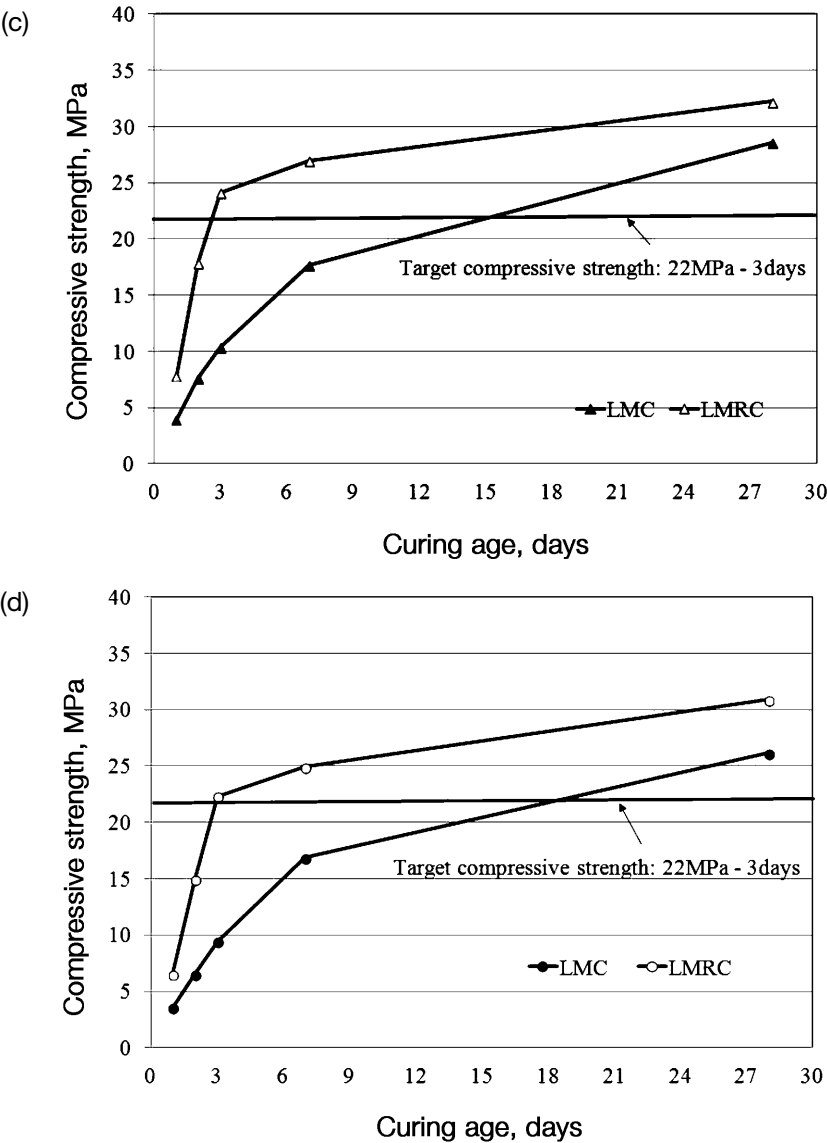


Figure 2. Cont'd... Compressive strength test results with accelerator content.
(c) Latex content: 10% (d) Latex content: 15%

strength than latex-reinforced concretes (LMC) that did not use accelerator. However, the 28-day strength was almost the same as for those mixes without accelerator. The LMRC mixes satisfied the target 3-day compressive strength. LMC mixes lacking accelerator needed 7 days to meet the 3-day requirement for compressive strength but achieved the target 28-day compressive strength

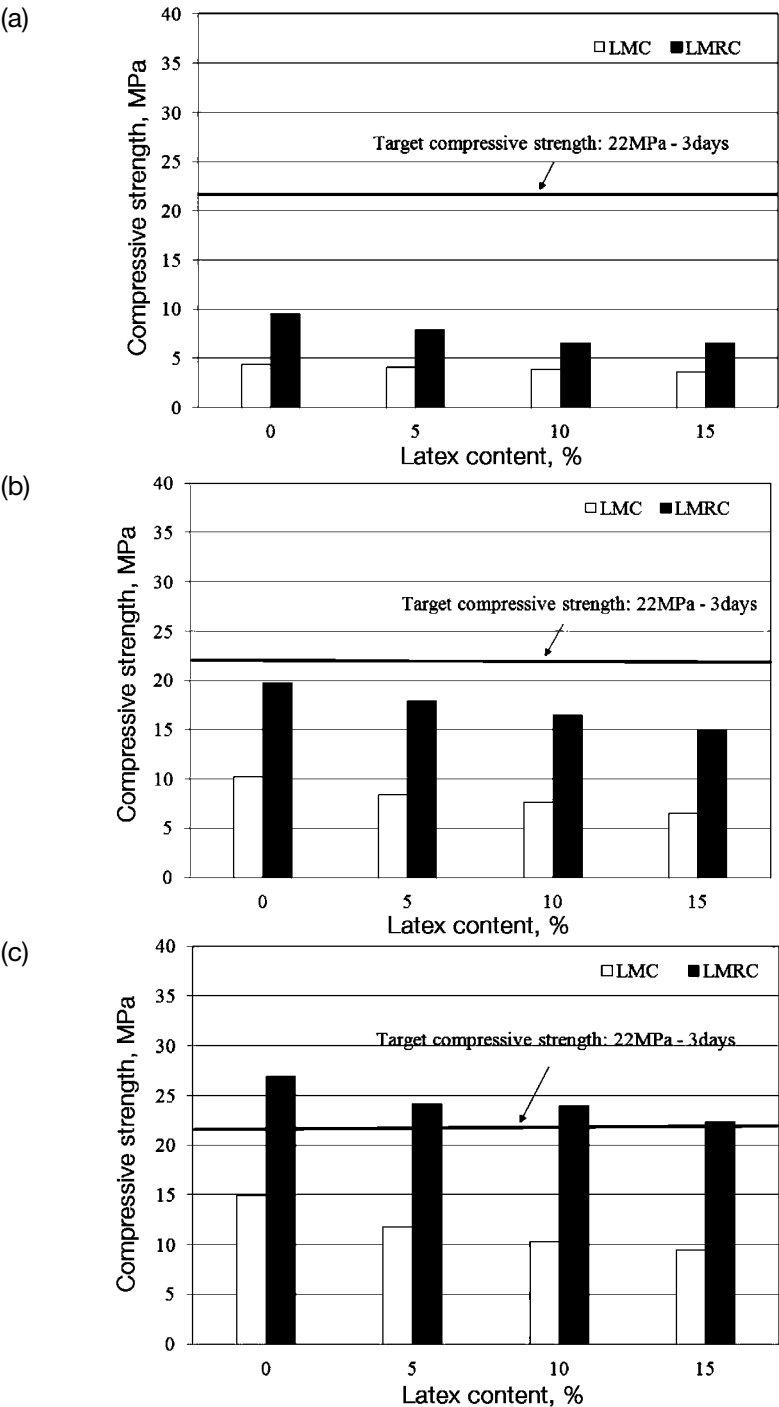


Figure 3. Compressive strength test results with various latex contents. (a) Curing age-1 day, (b) Curing age-2 days, (c) Curing age-3 days

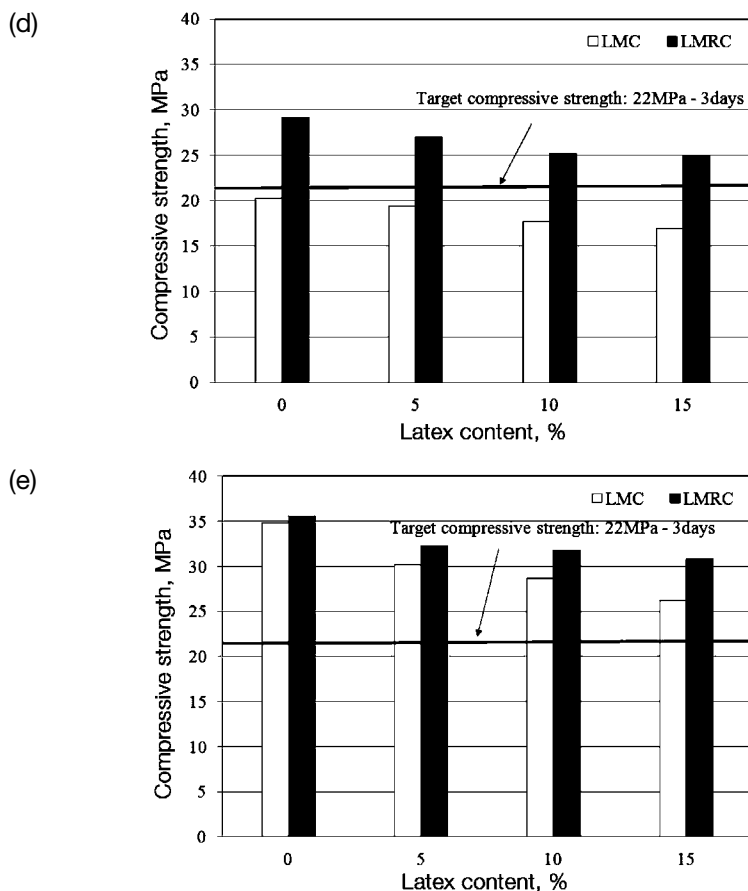


Figure 3. Cont'd... Compressive strength test results with various latex contents. (d) Curing age-7 days, (e) Curing age-28 days

of 22 MPa. The 28-day target compressive strength of 27 MPa was satisfied by all of the LMC mixes except for the one with the 15% latex content (it had a compressive strength of 26.2 MPa).

Figure 3 shows the evolution with time of the compressive strength of various LMC and LMRC mixes for different latex contents. The compressive strengths decreased with increasing latex level for any aging time. In particular, the 1- and 2-day compressive strengths were lower than the required compressive strengths. After 3 days, however, the LMRC mixes satisfied the required compressive strengths over the entire range of latex contents. Additionally, the compressive strengths of the LMC mixes in which the accelerator was not used were greater than those LMRC mixes made with the accelerator.

However, the decrease in compressive strength was less when the accelerator was used than when the accelerator was absent. Latex addition suppresses the hydration reaction because of the formation of a latex film that coats the cement particles; this leads to lower compressive strength. However, the accelerator accelerates the hydration reaction and offsets this behavior, so that the reduction in the compressive strength caused by the delay of the hydration reaction was less for the mixes containing accelerator. Those mixes that satisfied the 3-day target compressive strength of 22 MPa were LMRC mixes in which the accelerator was used; they satisfied the required compressive strength over the entire range of latex content. All of the LMC mixes lacking the accelerator satisfied the 3-day target compressive strength of 27 MPa except for the mix with a latex content of 15%.

Flexural Strength

The flexural strength results are shown in **Figures 4** and **5**. Regardless of the latex content, those LMRC mixes that used the accelerator demonstrated better early strength development than the LMC mixes that lacked accelerator. Only the LMRC mixes containing 10 and 15% latex met the target 3-day flexural strength of 4.5 MPa. At 28 days, all of the LMRC mixes met the 4.5 MPa requirement. The flexural strength of the LMC mixes that did not contain accelerator only reached 4.5 MPa after 7 days, but at 28 days, they were all stronger than 4.5 MPa. For a given age, the flexural strength increased with increasing latex content. This is because the latex film improved adhesion and filled pores, which suppressed the generation and growth of cracks under load. The mixes that satisfied the target flexural strength after 3 and 28 days were the LMRC mixes that contained accelerator and 10 and 15% latex.

Chloride Ion Penetration

The chloride ion penetration results are shown in **Figure 6**. For the LMC mixes lacking accelerator, as the latex content increased from 0 to 5, 10, and 15%, the chloride ion penetration decreased from 2616 to 1470, 1318, and 1142 coulombs. For the LMRC mixes in which the accelerator was used, as the latex content increased from 0 to 5, 10, and 15%, the chloride ion penetration steadily decreased from 2739 to 2063, 1831, and 1231 coulombs. The test results also indicate that the charge pass rate decreased as the latex content increased. This is because the added latex compacted the internal structure of the concrete by increasing the adhesion between materials through formation of a latex film and filled the internal pores of the concrete with latex. LMC mixes that did not use the accelerator had smaller

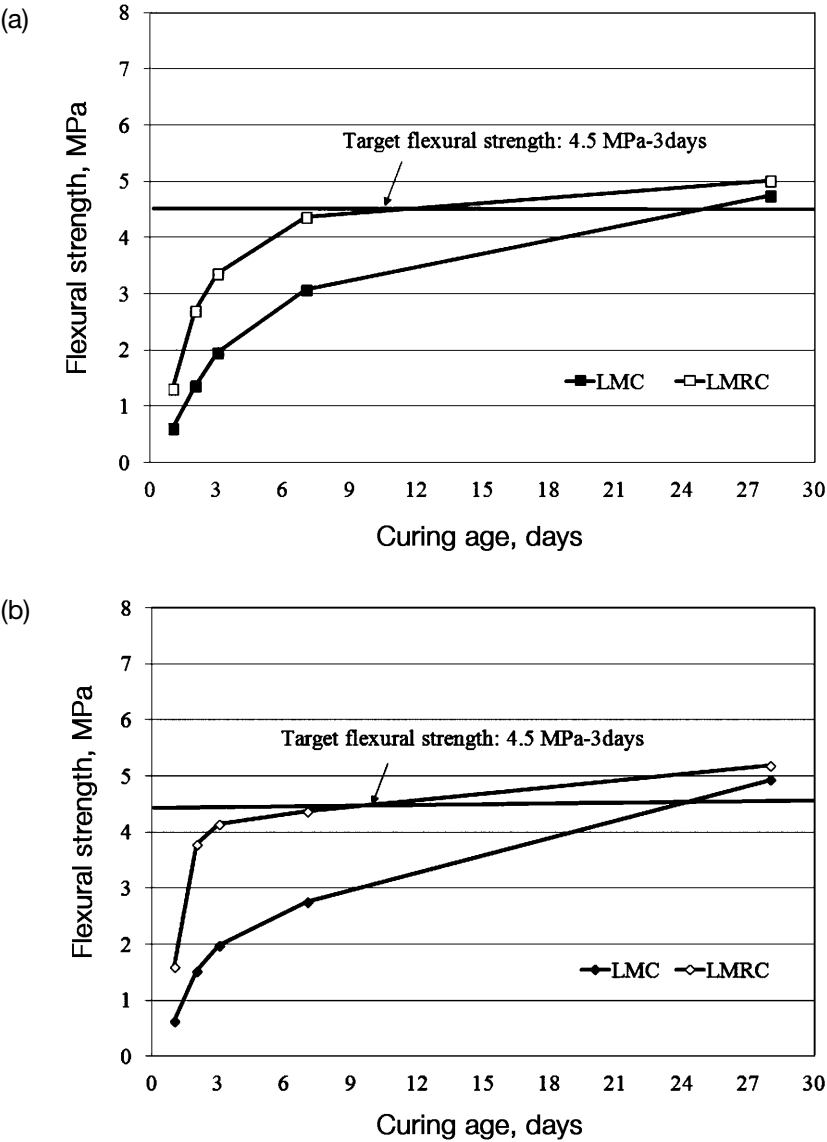


Figure 4. Flexural strength test results with accelerator contents. (a) Latex content: 0%, (b) Latex content: 5%

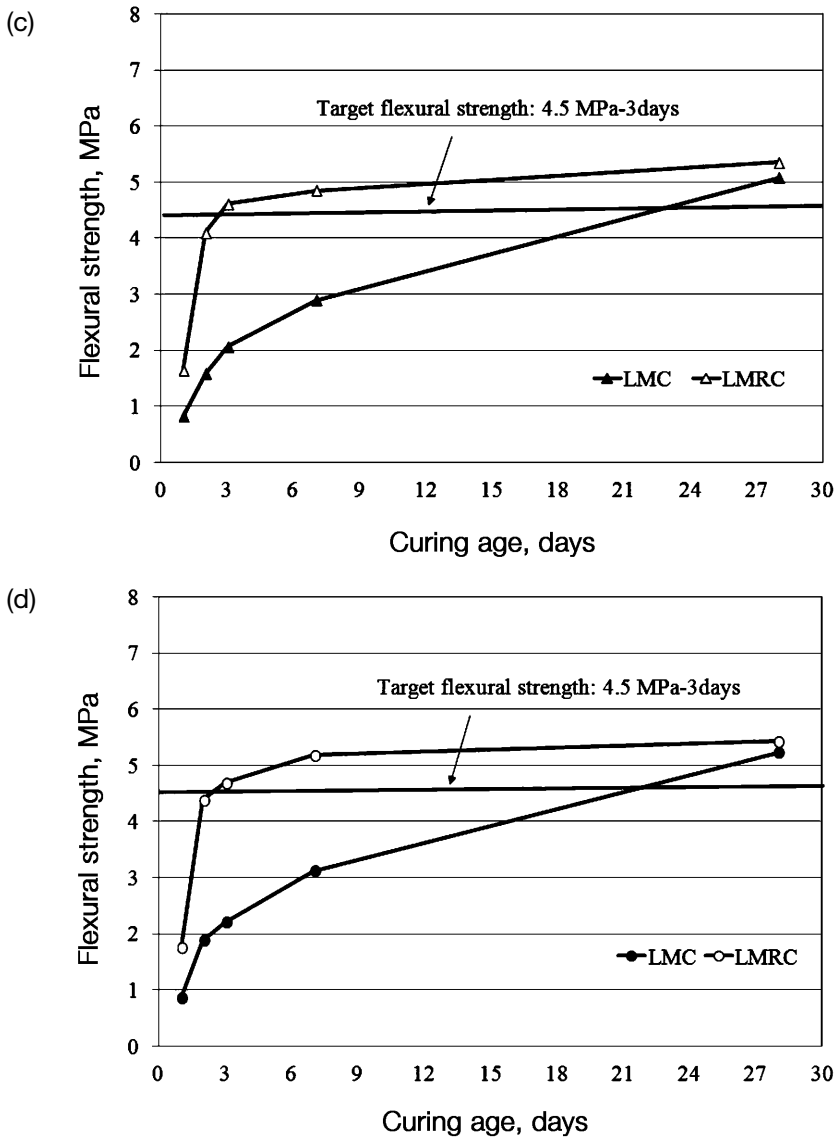


Figure 4. Cont'd... Flexural strength test results with accelerator contents. (c) Latex content: 10%, (d) Latex content: 15%

chloride ion penetration values than LMRC mixes containing accelerator. This is because the accelerator accelerated the initial hydration reaction, and the rapid temperature increase created fine cracks inside the concrete. The target chloride ion penetration value of 2,000 coulombs was satisfied by LMC mixes that did not use accelerator and had latex contents of 5, 10,

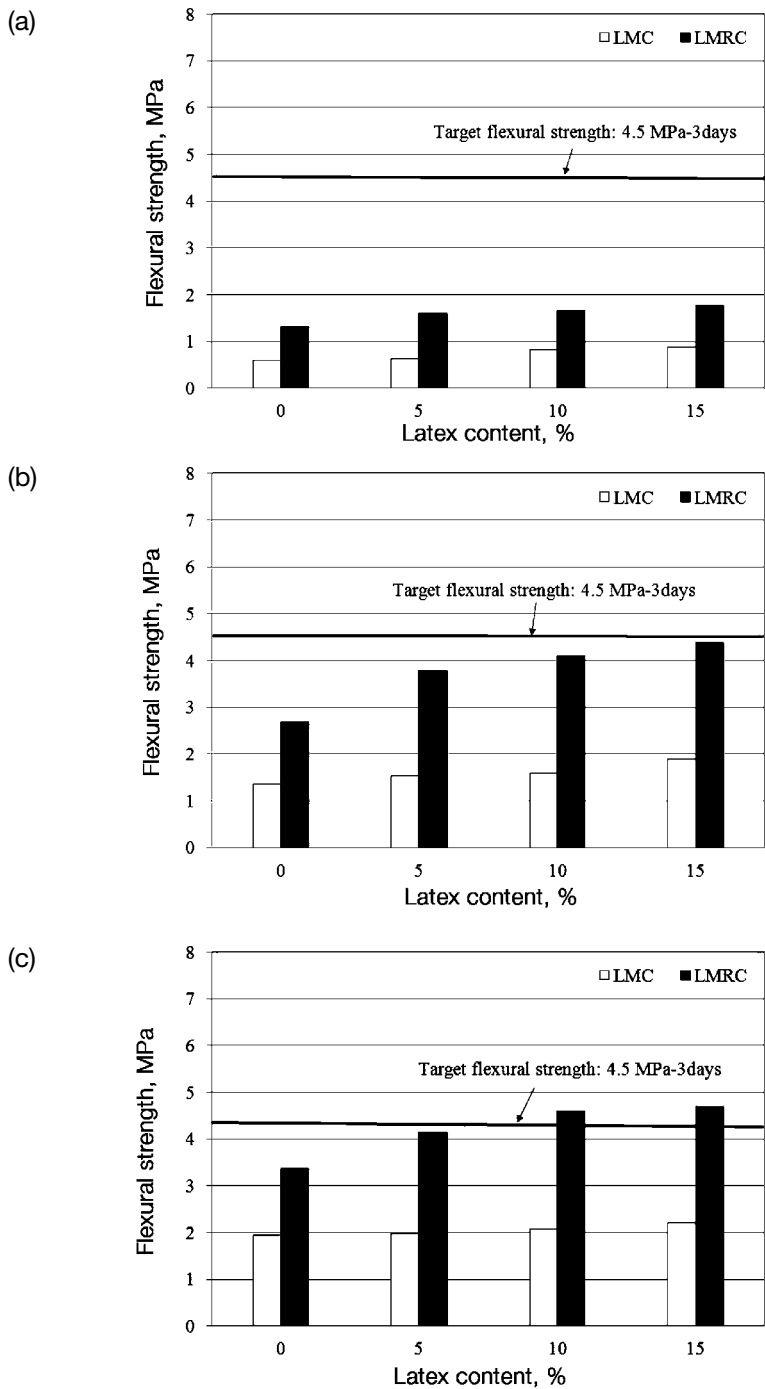


Figure 5. Flexural strength test results with various latex contents. (a) Curing age- 1 day, (b) Curing age- 2 days, (c) Curing age- 3 days

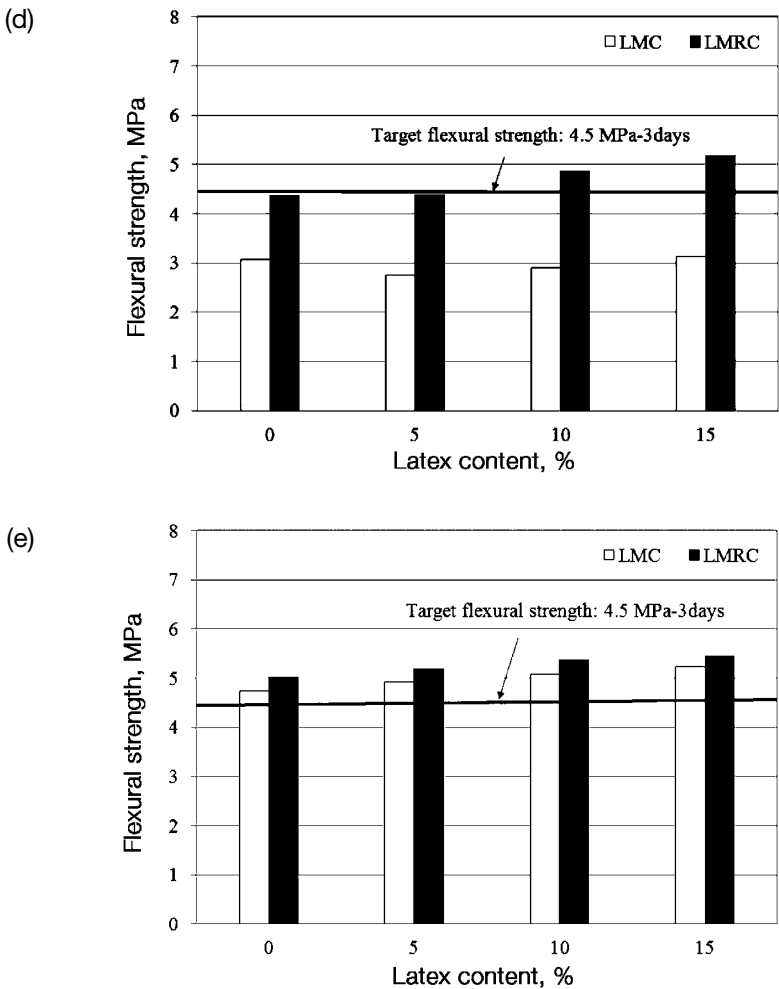


Figure 5. Cont'd... Flexural strength test results with various latex contents. (d) Curing age- 7 days, (e) Curing age- 28 days

and 15% as well as LMRC mixes that contained accelerator and had latex contents of 10 and 15%.

Recommended Mix Proportions

The objective of this study was to identify mixes that met the specified performance characteristics after 3 days of curing, which would ensure that pavement could be re-opened to traffic at this time. The target properties and their values were as follows: compressive strength (22 MPa) and flexural

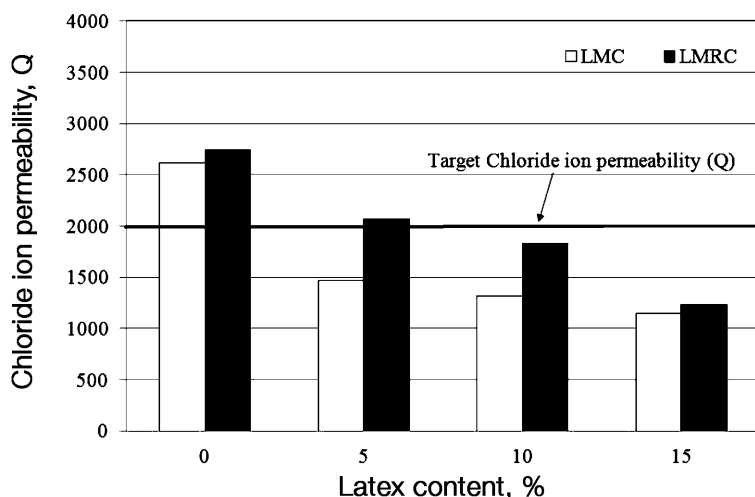


Figure 6. Chloride ion penetration test results

strength (4.5 MPa) at 3 days, and compressive strength (>27 MPa), flexural strength (>4.5 MPa), and chloride ion penetration (<2000 coulombs) at 28 days. The mixes that met all of these requirements were LMRC mixes made with accelerator and having latex contents of 10 and 15%. The LMRC mix with a latex content of 10% is considered to be the optimum mix because it met the performance requirements and was lower cost than that containing 15% latex.

CONCLUSIONS

The objective of this study was to evaluate the performance of LMRC made with an accelerator as a potential material for repairing concrete pavement. The target values for the LMRC were a compressive strength of 22 MPa and a flexural strength 4.5 MPa after 3 days, and a compressive strength of 27 MPa and chloride ion penetration value of <2,000 coulombs after 28 days. Meeting these requirements would ensure that the repaired pavement could be re-opened 3 days after the concrete was repaired. The results of the study are summarized below:

- LMRC mixes in which accelerator was used satisfied the compressive strength requirement of 22 MPa at 3 days for the entire range of latex contents. All of the LMRC mixes that contained accelerator met the target 28-day compressive strength (27 MPa).

- Those LMRC mixes that used the accelerator and contained 10 or 15% latex satisfied the target 3-day flexural strength of 4.5 MPa. At 28 days, both LMRC mixes that used the accelerator satisfied the target strength of 4.5 MPa.
- Chloride ion penetration testing indicated that the charge pass rate decreased with increasing latex content. The target chloride ion penetration value was < 2000 coulombs. The LMRC mixes that met this target value had latex contents of 10 and 15%.
- Mixes that satisfied all of the compressive strength, flexural strength, and chloride ion penetration requirements were identified. These were LMRC mixes that used accelerator and had latex contents of 10 and 15%. The mix with the lower latex content would be the more economical of the two. From our test results, we determined that LMRC, based on an accelerator additive and ASTM Type I cement, can be formulated to meet the performance requirements for the repair of concrete pavement, with a re-opening time to traffic of 3 days.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by a grant(code-14TBIP-C073993-01-000000) from Technology Business Innovation Program (TBIP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

REFERENCES

1. Kim D.H and Park C.G., Strength, permeability and durability of hybrid fiber-reinforced concrete containing styrene butadiene latex, *Journal of Applied Polymer Science*, **129**(3) (2013) 1499–1505.
2. Sprinkel M., *Latex-modified concrete overlay containing Type K cement*, Virginia Transportation Research Council, VA, FHWA/VTTC 05-R26, 2005.
3. Sprinkel M., *High Early Strength Latex Modified Concrete Overlay*, Virginia Transportation Research Council: VA, Report VTTC 88-R12, 1998.
4. Yun K.K. and Choi P., Causes and controls of cracking at bridge deck overlay with very-early strength latex –modified concrete, *Construction and Building Materials*, **56**, (2014) 53–62.

5. Won J.P., Kim J.M., Lee S.J., Lee S.W. and Park S.K., Mix proportion of high-strength, roller-compacted, latex-modified rapid-set concrete for rapid road repair, *Construction and Building Materials*, **25**(4), (2011) 1796-1800.
6. Langlois M., Pigeon M., Bissonnette B and Allard D., *Concrete International*, **16**, (1994), 39.
7. Won J.P., Kim J.H., Park C.G. and Kang J.W., Shrinkage cracking of styrene butadiene polymeric emulsion-modified concrete using rapid-hardening cement, *Journal of Applied Polymer Science*, **112**(4) (2009) 2229–2234.
8. Won J.P., Kim J.H., Lee S.W. and Park C.G., Durability of Low-Heat, Ultra Rapid-Hardening, Latex Modified Polymer Concrete, *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, **25**(2) (2009) 91-102.
9. Sprinkel M., *Very-early-strength latex-modified concrete over-lays*, Virginia Transportation Research Council, VA, TAT99-TAR3, 1998.
10. Balaguru P.N and Bhatt D., *Rapid hardening concrete*, Final Report, FHWA, Washington DC, Report No. FHWA 2001–03, 2000.
11. Korea Expressway Corporation, *Construction Material Quality and Standard for Highway Construction*, Korea Expressway Corporation, Seongnam, Republic of Korea, 2005.
12. AASHTO, *Standard Specification of Rigid Pavement*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1998.
13. Kim D.H. and Park C.G., Permeability, Abrasion, and Impact Resistance of Latex-Modified Fibre Reinforced Concrete for Precast Concrete Pavement Application, *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, **29**(4), (2013) 239-254.
14. Bull J.W. and Woodford C.H., Design of precast concrete pavement units for rapid maintenance of runways, *Computers & Structures*, **64**(1–4) (1997) 857-864.
15. Ackroyd R.F. and Bull J.W., The design of precast concrete pavements on low bearing capacity subgrades, *Computers and Geotechnics*, **1**(4) (1985) 279-291.
16. Buch N., *Precast Concrete Panel Systems for Full-Depth Pavement Repairs: Field Trials*. Final Report, FHWA, Washington DC, Report No. FHWA-HIF-07-019), 2007.
17. Lane R. and Kazmierowski T., Use of Innovative Pre-Cast Concrete Slab Repair Technology in Canada. *Proceedings of the 8th International Conference on Concrete Pavements*, (2005) 771–789.
18. Neeraj Buch, Thomas J. Van Dam, Karl Peterson and Larry Sutter, Evaluation of high-early strength PCC mixtures used in full depth repairs, *Construction and Building Materials*, **22**(3) (2008) 162-174.

19. Nader Ghafoori, Hamidou Diawara, Shane Beasley, Resistance to external sodium sulfate attack for early-opening-to-traffic Portland cement concrete, ***Cement and Concrete Composites***, **30**(5) (2008) 444-454.
20. ASTM. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM C39; American Society for Testing and Materials: Philadelphia, 2005.
21. ASTM, Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), ASTM C496, American Society for Testing and Materials: Philadelphia , 2005.
22. ASTM. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, ASTM C1202; American Society for Testing and Materials: Philadelphia, 2010.

Article

Effects on the Physical and Mechanical Properties of Porous Concrete for Plant Growth of Blast Furnace Slag, Natural Jute Fiber, and Styrene Butadiene Latex Using a Dry Mixing Manufacturing Process

Hwang-Hee Kim ¹, Chun-Soo Kim ¹, Ji-Hong Jeon ² and Chan-Gi Park ^{3,*}

¹ Research institute of technology, Nature and Environment Co. Ltd., 116-28 Boheung 1-Gil, Kongju 325-33, Korea; hwanghekim@hanmail.net (H.-H.K.); nkimcs@chol.com (C.-S.K.)

² Department of Environmental Engineering, Andong National University, 1375 Gyeongdong Street, Andong 760-749, Korea; jhjeon@anu.ac.kr

³ Department of Rural Construction Engineering, Kounghu National University, 54 Daehak Street, Yesan 340-702, Korea

* Correspondence: cgpark@kongju.ac.kr; Tel.: +83-41-330-1266; Fax: +82-41-330-1269

Academic Editor: Prabir K. Sarker

Received: 10 October 2015; Accepted: 21 January 2016; Published: 29 January 2016

Abstract: To evaluate the effects of industrial by-products materials on the performance of porous concrete for plant growth, this study investigated the physical, strength, and freeze/thaw resistances of porous concrete for plant growth, prepared by replacing cement with blast furnace slag powder at 60% by weight, and replacing natural stone aggregates with coarse blast furnace slag aggregates at rates of 0%, 20%, 40%, 60% and 100% by weight. In addition, the effects of adding natural jute fiber and styrene butadiene (SB) latex to these concrete mixtures were evaluated. The void ratio, compressive strength, and freeze/thaw resistance of the samples were measured. With increasing replacement rate of blast furnace aggregates, addition of latex, and mixing of natural jute fiber the void ratio of the concrete was increased. Compressive strength decreased as the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased. The compressive strength decreased after 100 freeze/thaw cycles, regardless of the replacement rate of blast furnace slag aggregates or of the addition of natural jute fiber and latex. The addition of natural jute fiber and latex decreased the compressive strength after 100 freeze/thaw cycles. The test results indicate that the control mixture satisfied the target compressive strength of 10 MPa and the target void ratio of 25% at replacement rates of 0% and 20% for blast furnace aggregates, and that the mixtures containing latex satisfied the criteria up to an aggregate replacement rate of 60%. However, the mixtures containing natural jute fiber did not satisfy these criteria. The relationship between void ratio and residual compressive strength after 100 freeze/thaw cycles indicates that the control mixture and the mixtures containing jute fiber at aggregate replacement rates of 20% and 40% satisfied the target void ratio of 25% and the target residual compressive strength of over 80% after 100 freeze/thaw cycles. The mixtures containing latex and aggregate replacement rates up to 60% satisfied the target void ratio and compressive strength.

Keywords: by product materials; blast furnace slag aggregates; blast furnace slag powder; mechanical properties; latex polymer; void ratio; porous concrete for plant growth

1. Introduction

As interest in ecological restoration has increased in Korea and other countries, diverse research has been conducted into appropriate concrete design. In particular, studies on porous concrete for plant growth have demonstrated a number of practical achievements in terms of research results and

ecological restoration data [1–4]. A 40%–60% by weight replacement of cement with a fine powder of blast furnace slag, an industrial by-product, is effective in reducing both the use of cement and the alkalinity of concrete [5,6]. In addition, the long-term addition of fine blast furnace slag powder promotes plant growth by aiding the neutralization of concrete. The replacement of cement with fine slag can also contribute to mitigation of global warming [7,8]. Worldwide, CO₂ emissions generated by cement production account for about 3% of total global carbon emissions [8,9], and production of one ton of cement generates about 870 kg of CO₂. Hence, a reduction in the use of cement will decrease CO₂ emission, which is a major cause of global warming [7,8]. Rock-crushed stone has been widely used as an aggregate in concrete production; however, the use of crushed stone has environmental and conservation impacts, and there is an increasing need for research into other aggregates [9]. Blast furnace slag aggregates may be one such replacement. As with fine powder slag, blast furnace slag aggregates are waste by-products of the steel industry [10]. Thus, replacing rock-crushed stone with blast furnace slag aggregates is considered to be of use both in environmental protection and resource recycling. Thus far, blast furnace slag aggregates have been used extensively as substrates or as auxiliary base floor materials; a great deal of research has been conducted in recent years into their use as concrete aggregates. In particular, recent results indicate significant potential for using blast furnace slag aggregates in concrete due to their material properties [11]. Porous concrete for plant growth is manufactured using a dry process, which enables form removal immediately after fabrication of the concrete specimen and may demonstrate increased productivity compared with wet processes that require removal of concrete forms after a period of time has elapsed. In the dry process, however, because the form is removed immediately, problems such as changing shape or dripping of concrete may occur if the concrete has some fluidity. Additionally, if the amount of mixing water is too small, the hydration reaction may not proceed sufficiently and problems such as difficult rod tamping may occur during specimen fabrication. It is thus important to determine an appropriate amount of mixing water. In this study, blast furnace slag powder was used to replace up to 60% of the cement weight in concrete fabrication, and the effects of adding styrene butadiene (SB) latex and natural jute fiber were evaluated. Additionally, the effect of the replacement rate of crushed stone aggregates with coarse aggregates of blast furnace slag on the physical and strength performance of porous concrete was investigated.

2. Materials

2.1. Materials

ASTM Type 1 cement, fine blast furnace slag powders, and coarse blast furnace slag aggregates were used in this study. The properties of each material are given in Tables 1–3 respectively. In general, concrete prepared using blast furnace slag aggregates has a similar compressive strength to concrete based on natural crushed stone or gravels, but a higher absorbance [10]. Thus, it is necessary to conduct initial mixing while maintaining surface dry saturated conditions for the blast furnace slag aggregates. Natural jute fiber was also used, which contains surface hydroxyl radicals and has excellent adhesion to concrete. The shape and properties of the fiber are shown in Figure 1 and Table 4, respectively. SB latex was also used in this study. SB latex enhances the adhesion between materials due to the formation of a latex film, thus increasing the strength properties of porous concrete. The properties of latex are given in Table 5.

Table 1. Properties of cement.

Fineness (cm ² /g)	Specific Gravity	Stability (%)	Setting Time		Compressive Strength (MPa)		
			Initial (min)	Final (min)	3 days	7 days	28 days
3200	3.15	0.02	220	400	20	30	38

Table 2. Chemical composition of blast furnace slag.

Chemical Composition (%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO	S
33.1	13.9	0.29	42.4	6.1	0.4	0.96	0.66

Table 3. Physical properties of coarse aggregate.

Type of Aggregate	Maximum Size (mm)	Specific Gravity	Absorption (%)	Fineness Modulus
Natural aggregate	25	2.65	0.35	6.92
Blast furnace slag aggregate	25	2.36	5.0	6.80

**Figure 1.** Photo of jute fiber.**Table 4.** Properties of natural jute fiber.

Elastic Modulus (GPa)	Specific Gravity	Fiber Length (mm)	Fiber Diameter (mm)	Tensile Strength (MPa)	Surface
61	1.26	3	0.015	510	Hydrophilic

Table 5. Properties of latex.

Solids Content (%)	Styrene Content (%)	Butadiene Content (%)	pH	Specific Gravity	Surface Tension (dyne/cm)	Particle Size (Å)	Viscosity (cps)
46.5	34 ± 1.5	66 ± 1.5	11.0	1.02	30.57	1700	42

2.2. Mix Proportions

The effects of varying mixtures of porous concrete for plants growth produced using a dry process were investigated: natural coarse aggregates were replaced with coarse blast furnace slag aggregates, and fine blast furnace slag powder was used as a replacement for cement. The physical and mechanical properties upon addition of natural jute fiber and latex were also evaluated. Table 6 shows the mixing ratios of each component in samples used in this study. The use of cement was minimized by replacing 60% of cement by weight with fine blast furnace slag powder for all mixtures. In addition, 0.1% by volume of natural jute fiber and 5% by volume of latex were added to some sample mixtures, and natural coarse aggregates were replaced by blast furnace slag aggregates over a range of replacement rates.

In the dry process, low unit water in the mixing of materials is very difficult. The latex was added in order to ensure liquidity. In addition, the latex was added in order to improve the mixing of the material. In addition, the latex increases the attractive force to form a latex film between aggregate and aggregate.

Table 6. Mix proportions of porous concrete for plant growth. SB = Styrene butadiene.

Type of Mix	Unit Weight (kg/m ³)						
	Water	Cement	Blast Furnace Slag	Natural Coarse Aggregate	Blast Furnace Slag Aggregate	Natural Jute Fiber	SB Latex
No. 1	84	128	192	1200	-	-	-
No. 2	84	128	192	960	240	0	-
No. 3	84	128	192	720	480	0	-
No. 4	84	128	192	480	720	0	-
No. 5	84	128	192	240	960	0	-
No. 6	84	128	192	-	1200	0	-
No. 7	84	128	192	1200	-	1.2	-
No. 8	84	128	192	960	240	1.2	-
No. 9	84	128	192	720	480	1.2	-
No. 10	84	128	192	480	720	1.2	-
No. 11	84	128	192	240	960	1.2	-
No. 12	84	128	192	-	1200	1.2	-
No. 13	72	128	192	1200	-	-	16
No. 14	72	128	192	960	240	-	16
No. 15	72	128	192	720	480	-	16
No. 16	72	128	192	480	720	-	16
No. 17	72	128	192	240	960	-	16
No. 18	72	128	192	-	1200	-	16

The target performance criteria for porous concrete for plant growth are a void ratio $\geq 25\%$, a compressive strength ≥ 10 MPa, and a residual compressive strength of 80% after 100 freeze-thaw cycles. Performance goals of the study were determined by the performance standard of the Korea Ministry of Environment for Environmental Mark Certification [12]. To fabricate experimental specimens, cement and blast furnace slag aggregates and powder were added to a mixer. Dry mixing (cement + blast furnace slag + coarse aggregate) was conducted for 30 s. After dry mixing, water was added and further mixing was conducted for 90 s. Finally, natural jute fiber and latex were added, and the specimens were mixed for an additional 1 min. The total mixing time was 3 min. The dry process is formulated with no slump. Therefore, minimal water is added to the blended material. This study added water at 84 kg/m³. Additionally, latex was added. Addition of latex can increase the dispersion of the fiber by increasing the fluidity.

After mixing, the porous concrete for plant growth was poured into a mold for fabrication of experimental specimens, and rod tamping was conducted. Rod tamping was undertaken using a compactor exerting pressure. After rod tamping, the form of the specimens was removed, and accelerated curing was performed using a thermo-hygrostat. Currently in Korea, an accelerated curing of the porous concrete for plant growth has been conducted in production methods. This study was performed to accelerate curing. Figure 2 shows the curing process of porous concrete for plant growth—2 h exposure to air at 25 °C, and after that the temperature was raised to 65 °C for 1 h. Additionally it was then maintained at 65 °C for 6 h. Then the temperature was reduced to 25 °C for 1 h. After exposure to the thermo-hygrostat for 12 h, the sample was removed. Curing chamber conditions the total exposure time is one day.

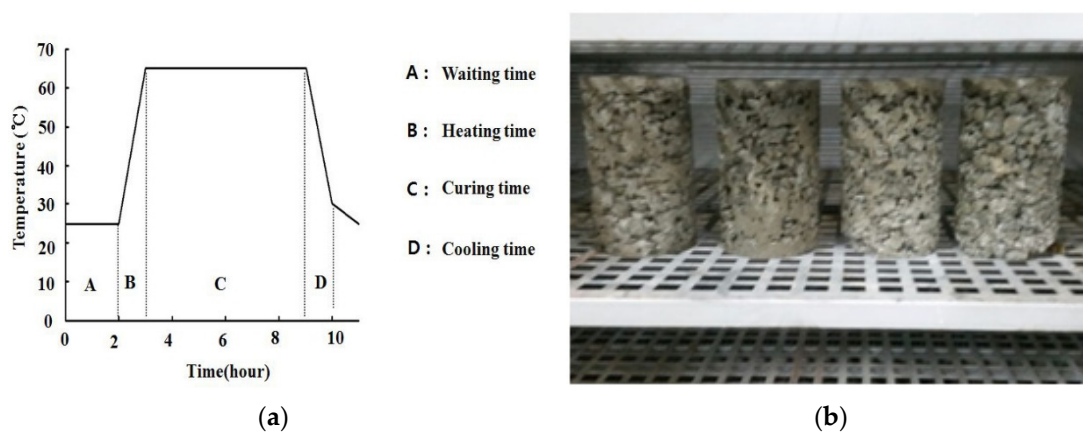


Figure 2. Curing of porous concrete for plant growth. (a) Accelerating curing process; (b) Curing chamber.

3. Test methods

3.1. Void Ratio

Void ratio was measured in cylindrical specimens (diameter: 100 mm; height: 200 mm) using the volumetric method from the Eco-Blocks Study Committee of the Japanese Blocks Industry Association. The percentage void ratio was calculated after 28 days after accelerated curing (10 h), curing in air (26 days), and curing in water (1 day), using the following equation:

$$P_a = 1 - \frac{W_2 - W_1}{V} \times 100 \quad (1)$$

where W_1 and W_2 are the underwater and air-dried weights of the specimen, respectively, and V is the volume of the specimen.

The specimens were prepared such that the pores were saturated with water as much as possible. After water curing for one day before the test, the specimens were measured based on their dry weight after measuring the weight of the water.

3.2. Compressive Strength

Compressive strength tests were carried out according to the ASTM C39 standard [13], to evaluate the effects of the jute fiber fraction, latex and blast furnace slag aggregate replacement rate. Cylindrical specimens (diameter: 100 mm; height: 200 mm) were fabricated and underwent accelerated curing (10 h) and curing in air (27 days) prior to the compressive strength test.

3.3. Repeated Freezing and Thawing Cycles Test

To evaluate the freeze/thaw resistance of the porous concrete for plant growth, a freezing-thawing repetition test of the material after accelerated curing (10 h) and curing in air (27 days) was conducted according to the ASTM C666 standard [14]. The freeze/thaw experiment was conducted by cooling the sample from 4 to -18 °C then raising the temperature to 4 °C, for 100 cycles. A compressive strength test was then conducted to measure the residual compressive strength.

4. Results

4.1. Void Ratio

The void ratio test results shown in Figure 3 indicate that the void ratio increased as the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased; this is because blast furnace slag aggregates are porous materials. The addition of natural jute fiber also increased the void ratio. However, the "fiber

ball" phenomenon, arising from the presence of multiple fibers, was observed, because the fluidity of the mixtures was sufficiently small so that it was impossible to accomplish sufficient dispersion of the fibers. The void ratio test results after addition of latex indicate that latex caused a relative increase in void ratio. The target void ratio (more than 25%) [12] was satisfied for 80% and 100% of coarse blast furnace slag aggregate content in the "Control" mix without the addition of natural jute fiber or latex. The target void ratio of 25% (more than 25%) was achieved for all mixtures that included natural jute fiber for coarse stone and blast furnace slag aggregates. For mixtures containing latex, the target void ratio (more than 25%) was achieved for mixtures with a replacement rate of over 40% (the contents of blast-furnace slag aggregates).

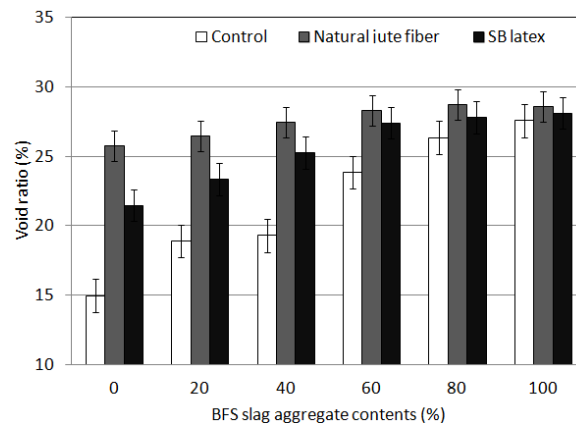


Figure 3. Void ratio results of porous concrete for plant growth.

4.2. Compressive Strength

Blast furnace slag aggregate porosity is larger compared with that of general aggregate. This property offers an advantage when applying the porous concrete for plant growth. It is also environmentally friendly via its use of industrial by-products. Therefore, this study applied a blast furnace slag aggregate.

The results of the compressive strength test are shown in Figure 4. The test results indicate that the compressive strength of the porous concrete for plant growth decreased as the replacement rate of blast-furnace slag aggregates (the contents of blast-furnace slag aggregates) increased. At a replacement rate of 20% (content of blast-furnace slag aggregates), however, the compressive strength increased. These results indicate that because the void ratio of blast-furnace slag aggregates is greater than that of natural coarse aggregates, the compressive strength decreased due to an increase in the number of pores. At 20% replacement (content of blast-furnace slag aggregates), however, the increase in void ratio was still small; thus, the long-term strength increased. Because the porous concrete for plant growth was cured through initial steam curing and then 28 days of water curing, a long-term curing effect was created resulting in a long-term strength increase for the blast furnace slag aggregates. At a replacement rate of 40% (content of blast-furnace slag aggregates), however, the strength decreased through an increase in void ratio. The addition of natural jute fiber decreased the strength. These results indicate that because the dry mixing process could not achieve sufficient fluidity to suppress the fiber ball phenomenon, a decrease in strength was observed. Thus, some method of increasing the initial fluidity must be used when fiber reinforcements are included in the concrete mix. The addition of latex increased the compressive strength of the porous concrete for plant growth blocks. Latex enables the smooth coating of binders around aggregates by increasing the initial fluidity and increasing the adhesion between aggregates through adhesive forces, and hence improves the compressive strength. In addition, the target design strength of over 10 MPa [12] was satisfied for all mixtures excluding those with natural jute fiber added; the target strength of 10 MPa was not achieved in mixtures with fiber added for all blast furnace slag aggregate replacement rates.

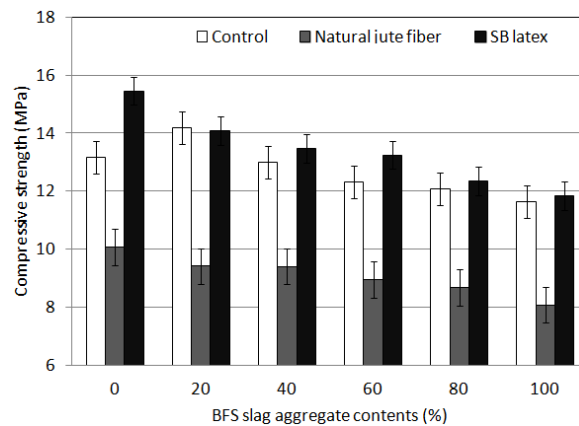


Figure 4. Compressive strength results of porous concrete for plant growth.

4.3. Repeated Freezing and Thawing Cycles

The results of the freeze/thaw resistance test are shown in Figure 5. The compressive strength after a material age of 28 days and 100 freeze/thaw cycles decreased, regardless of the replacement rate of blast-furnace slag aggregates or the addition of natural jute fiber or latex. In general, in the case of a porous concrete with high void ratio, the compressive strength decreases significantly. If natural jute fiber is added, however, the generation and growth of cracks at the interface between the coarse aggregates caused by freeze/thaw repetitions is suppressed. Because natural jute fiber is a hydrophilic material with excellent adhesion to binders due to strong hydrogen bonding, adhesion at interfaces is increased and the decrease in compressive strength after freeze/thaw cycles is small. In this study, however, the dry process could not achieve sufficient freeze/thaw resistance due to the fiber ball phenomenon. The freeze/thaw resistance results after the addition of latex indicate that latex alleviates the decrease in compressive strength after freeze/thaw cycles, due to reinforcement through coating of binders in the interface between coarse aggregates, due to the increase in initial fluidity and increased adhesion between materials. The results of the residual compressive strength test after freeze/thaw repetitions indicate that the target residual compressive strength of over 80% after 100 freeze/thaw cycles was achieved in all mixtures with latex added. In addition, mixtures with natural jute fiber added and the control mixture satisfied the target residual compressive strength of 80% at replacement rates of 20% and 40% (content of blast-furnace slag aggregates).

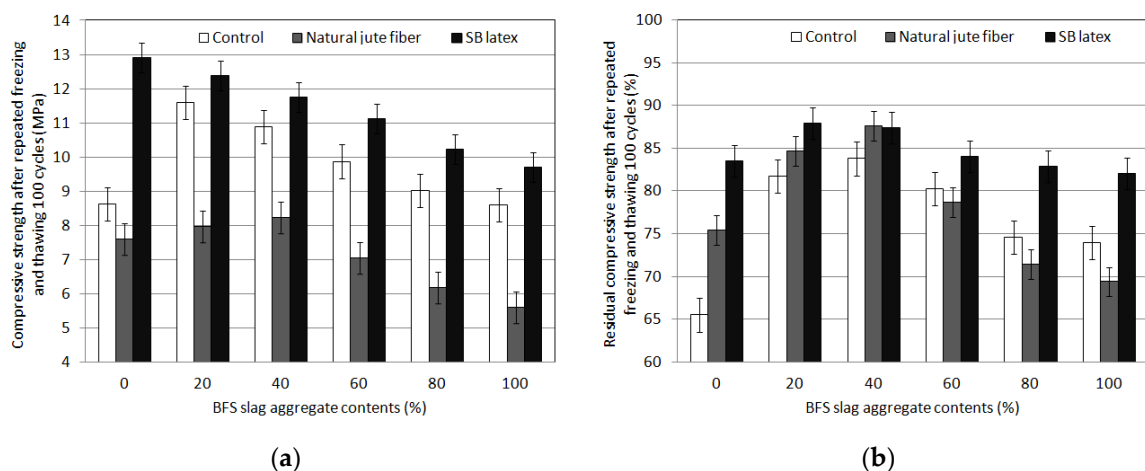


Figure 5. Repeated freezing and thawing cycles test results of porous concrete for plant growth. (a) Compressive strength; (b) Residual compressive strength.

4.4. Relationship between Compressive Strength and Void Ratio

The relationship between compressive strength and void ratio is shown in Figure 6. As the compressive strength decreased, the void ratio increased. In general, when the void ratio increases, the compressive strength decreases [15–18] regardless of the replacement rate of blast-furnace slag aggregates or the presence of added natural jute fiber or latex.

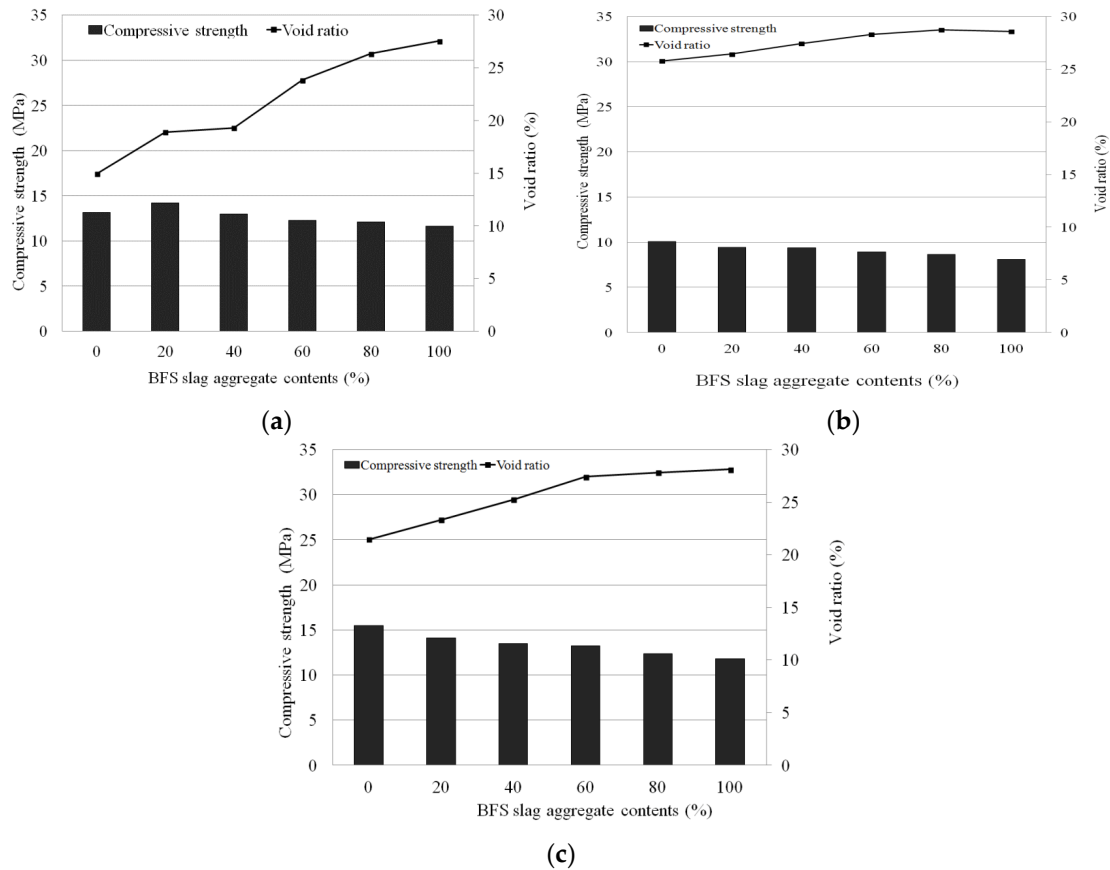


Figure 6. Relationship compressive strength and void ratio of porous concrete for plant growth. (a) Control; (b) Natural jute fiber; (c) SB latex.

Porous concrete for plant growth contains pores to activate plant growth. Thus, its compressive strength will be significantly smaller than that of non-porous concrete. In general, therefore, if promotion of vegetation is the main goal, the void ratio rather than the strength should be improved for ecological restoration. However, for concrete for plant growth applied to rivers and lakes, it is necessary to improve both the void ratio and the strength, as safety and plant growth should be satisfied simultaneously. Here, the effect of blast-furnace slag aggregates and natural jute fiber and latex on the compressive strength of porous concrete for plant growth has been investigated. Fiber reinforcements may increase the number of binders in the interface between aggregates and suppress the generation and growth of cracks in the interface through their cross-linking effect, enhancing compressive strength. In addition, latex can improve destruction resistance and strength by increasing the adhesive force and suppressing poor tamping and poor coating of binders on the surface of aggregates.

While the control mixture satisfied the target compressive strength of 10 MPa and the target void ratio of 25% at replacement rates of 80% and 100%, other mixtures could not meet these criteria. In the mixtures containing natural jute fiber, however, as the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased, the decrease in compressive strength and increase in void ratio was large, although the compressive strength was below the target strength of 10 MPa. The mixtures containing latex met

the target compressive strength and void ratio above a replacement rate of 40% (more than) for blast-furnace slag aggregates.

4.5. Relationship between Cyclic Freeze/Thaw Resistance and Void Ratio

The relationship between void ratio and compressive strength after 100 freeze/thaw cycles is shown in Figure 7. As the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased, the void ratio increased and the compressive strength after 100 freeze/thaw cycles also decreased. In addition, the mixtures containing natural jute fiber at replacement rates of 20% and 40% met the void ratio and compressive strength targets after 100 freeze/thaw cycles. In the mixtures containing latex, the void ratio and compressive strength targets were satisfied at replacement rates above 60% (more than 60%) for blast-furnace slag aggregates.

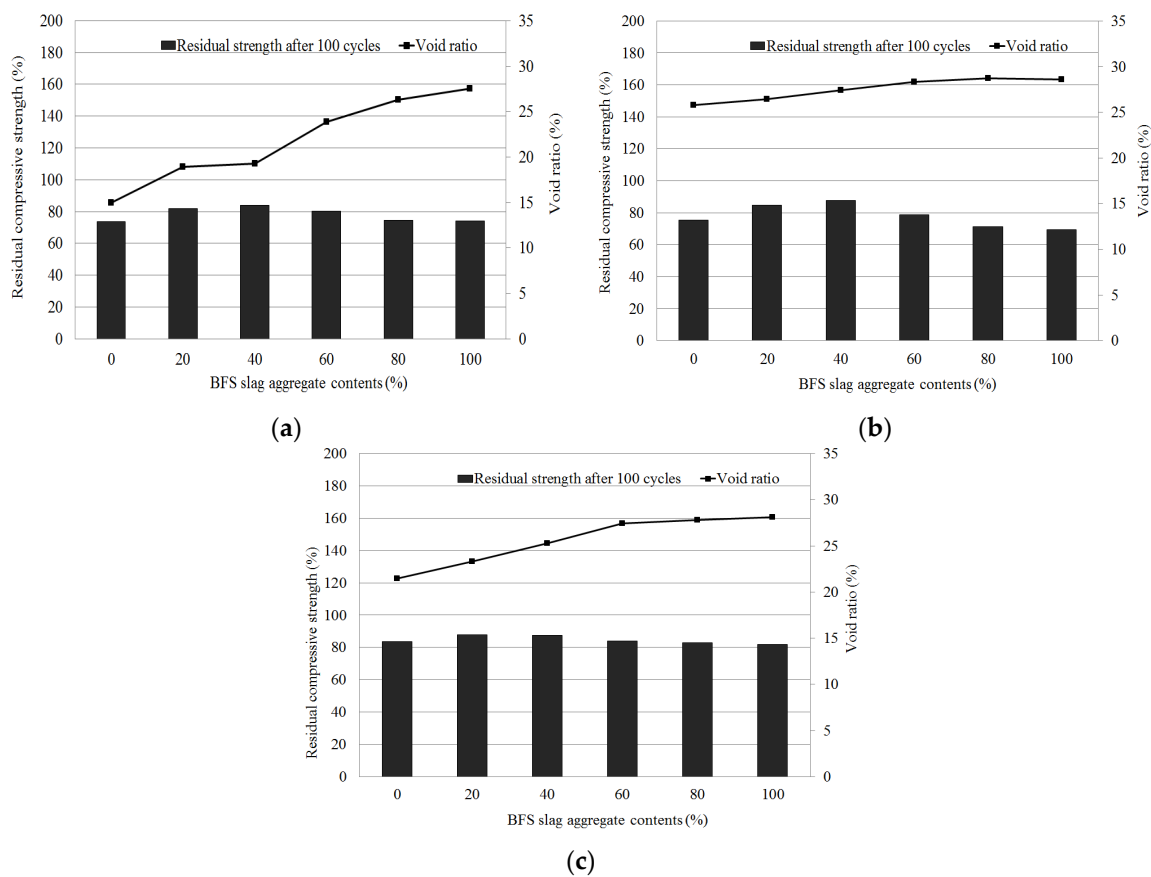


Figure 7. Relationship repeated freezing and thawing cycles test results and void ratio of porous concrete for plant growth. (a) Control; (b) Natural jute fiber; (c) SB latex.

5. Conclusions

In this study, the effects of replacing natural stone aggregates with blast-furnace slag aggregates and addition of natural jute fiber and latex on porous concrete for plant growth were investigated, by adding fine blast furnace slag powders and coarse blast-furnace slag aggregates.

As the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased, the void ratio increased. This phenomenon occurs because the void ratio of blast-furnace slag aggregates is greater than that of natural aggregates. The addition of natural jute fiber also increased the void ratio. The void ratio test results after the addition of latex indicate that the addition of latex increased the void ratio. In the mixtures which did not contain natural jute fiber or latex, the target void ratio of over 25% was achieved

at replacement rates of 80% and 100% for blast-furnace slag aggregates. All of the mixtures containing natural jute fiber met the design void ratio.

The compressive strength of the porous concrete for plant growth decreased as the replacement rate of blast-furnace slag aggregates increased. At a replacement rate of 20%, however, the compressive strength increased. The addition of latex increased the compressive strength of the porous concrete for plant growth. The compressive strength test results indicate that the targeted design strength of over 10 MPa was achieved by all mixtures, except for those containing natural jute fiber.

The compressive strength after 100 freeze/thaw cycles decreased regardless of the replacement rate of blast-furnace slag aggregates, and whether or not natural jute fiber or latex were added. The addition of natural jute fiber, a reinforcement, decreased the compressive strength after 100 freeze/thaw cycles. The addition of latex decreased the compressive strength after the freeze/thaw cycles.

The results of the compressive strength and void ratio tests indicate that the control mixture achieved the target compressive strength of 10 MPa and target void ratio of 25% at replacement rates of 80% and 100% for blast-furnace slag aggregates. In the mixtures containing latex, these criteria were satisfied at a replacement rate above 40% (more than) for blast-furnace slag aggregates.

The relationship between void ratio and residual compressive strength indicates that the mixtures which satisfied the target void ratio of 25% and the target residual compressive strength of over 80% after 100 freeze/thaw cycles were the control mixtures, the mixtures containing natural jute fiber—replacement rates of 20% and 40% for blast-furnace slag aggregates—and the mixtures containing latex at replacement rates more than 40%.

Acknowledgments: This research was supported by a grant (code-14TBIP-C073993-01-000000) from Technology Business Innovation Program (TBIP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

Author Contributions: Hwang-He Kim conceived and designed the experiments; Chun-Soo Kim performed the experiments; Ji-Hong Jeon reviewed the references and provided useful comments; Chan-Gi Park analyzed the data and wrote the paper. All authors have read and approved the final manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Sung, C.Y.; Kim, Y.I. Void Ratio and Strength of Porous Polymer Concrete and Initial Growth Properties within Planting Block with Binder Contents. *J. KSAE* **2010**, *52*, 101–110. [[CrossRef](#)]
2. Kim, D.H.; Kim, C.S.; Park, C.G. Physical and Mechanical Properties of Non-Cement Porous Concrete with Alkali-Activator Contents. *J. KSAE* **2010**, *55*, 59–64. [[CrossRef](#)]
3. Oh, R.O.; Kim, C.S.; Kim, H.H.; Jeon, J.H.; Kwon, W.S.; Park, C.G. Physical· Mechanical and Temperature Properties of Fiber Reinforced Porous Green Roof Hwang-toh Concrete. *J. KSAE* **2013**, *55*, 59–64. [[CrossRef](#)]
4. Kim, H.H.; Kim, S.M.; Park, J.S.; Park, S.W.; Jeon, J.H.; Lee, J.H.; Chan, S.S.; Park, C.G. Effect of Blast Furnace Slag, Hwang-toh and Reinforcing Fibers on The Physical and Mechanical Properties of Porous Concrete Using Blast Furnace Slag Coarse Aggregate. *J. KSAE* **2010**, *57*, 9–17.
5. Lee, J.H.; Park, J.S.; Park, C.G. Effect of Reinforcing Fiber on Mechanical Properties and Chemical Resistance of Porous Concrete with Hwang-toh. *J. KSCE* **2011**, *31*, 105–113.
6. Sung, C.Y. Freezing and Thawing Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Eco-concrete. *J. KSAE* **2006**, *48*, 59–66. [[CrossRef](#)]
7. Han, S.H.; Yong, M.J. The Future of Concrete Admixture Industry for Low Carbon, Green Growth. *Mag. Concr. Res.* **2009**, *21*, 41–43.
8. Yang, K.H.; Oh, S.J.; Song, J.K. Mechanical Properties of Alkali-Activated Slag-Based Concrete Using Lightweight Aggregates. *J. KCI* **2008**, *20*, 405–412.
9. Mun, H.Y.; Jung, S.J.; Lim, N.K. Blast-Furnace Slag Aggregate. *Mag. Concr. Res.* **1997**, *9*, 18–22.
10. Jeon, J.H.; Cha, S.S.; Park, C.G. Performance Evaluation of Porous Hwang-Toh Concrete Using Blast Furnace Slag Cement. *J. KSAE* **2010**, *52*, 9–17.

11. Park, S.B.; Lee, B.C.; Kim, J.H.; Yun, D.Y. Planting-Ability Valuation of Porous Concrete Using Industrial By-Products. *J. KCI* **2002**, *14*, 623–629.
12. Korea Ministry of Environment. *Performance Standard for Environment Mark Certification (Permeableconcrete-EL245-2003/4/2012-36)*; Korea Ministry of Environment: Seoul, Korea, 2015.
13. American Society for Testing and Materials. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*; ASTM C39/C39M-15a; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2015.
14. American Society for Testing and Materials. *Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing*; ASTM C666/C666M-15; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2015.
15. Song, W.J.; Fu, H.Y.; Wang, G.Y. Cement paste characteristics and porous concrete properties. *Constr. Build. Mater.* **2008**, *22*, 894–901.
16. Song, W.J.; Fu, H.Y.; Wang, G.Y. Study on a Kind of Eco-concrete Retaining Wall's Block with Water Purification Function. *Procedia Eng.* **2012**, *28*, 182–189.
17. Park, S.B.; Mang, T. An experimental study on the water-purification properties of porous concrete. *Cem. Concr. Res.* **2014**, *34*, 177–184. [[CrossRef](#)]
18. Lian, C.; Zhuge, Y.; Beecham, S. The relationship between void ratio and strength for porous concrete. *Constr. Build. Mater.* **2011**, *25*, 4294–4298. [[CrossRef](#)]



© 2016 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons by Attribution (CC-BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



품질검사전문기관

한국건설산업품질연구원
KOREA QUALITY INSTITUTE OF CONSTRUCTION INDUSTRY

품질시험·검사성적서

발 급 번 호 : 15D0407001-2 시 료 채 취 일 : 2015년 02월 10일

시 료 명 : 하이브리드 스틸/GFRP 패널 시험체 시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실
(강판 3.2 mm, FRP 6 mm)

업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과 시 료 채 취 자 : 공주대학교 유 상 호

의뢰인 : 박 찬 기 성과이용목적 : 품질시험용

주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연 번	시험·검사종목	단 위	시험·검사결과						시험·검사방법	책임기술자		
			S1	S2	S3	S4	S5	평균		자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명
1	기준 공시체	MPa	392.84	401.43	397.24	397.13	394.25	396.58	ASTM D 7264 / D 7264M - 2007	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길	
	조건1	MPa	359.45	379.35	378.15	364.98	372.68	370.92				
	조건2	MPa	329.26	334.78	319.58	331.45	324.47	327.91				
	조건3	MPa	317.35	310.69	324.12	330.14	308.45	318.15				
	조건4	MPa	403.62	365.62	260.00	343.08	338.47	342.16				
	조건5	MPa	288.19	308.51	335.99	310.90	307.42	310.20				
	조건6	MPa	368.25	283.65	289.15	313.68	310.24	313.00				
	조건7	MPa	282.94	299.67	369.92	317.51	312.24	316.45				
	조건8	MPa	389.45	387.24	377.56	385.36	380.24	383.97				

- 뒷면계속 -

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24h동안 60℃ 물에 침지, 24h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 동결융해반복(동결융해 반복 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건7 : 60℃ 10% MgSO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건8 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)

- 비 고 1. 이 시험·검사 결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.
2. 책임기술자 및 시험·검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

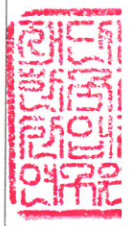
시험·검사자 : 배 형 민
T.031)322-0326~8

2015년 04월 14일

page 1 of 2

재단법인 한국건설산업품질연구원장
경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 TEL:(031)322-0325~8 FAX:(031)322-0995

건설기술 진흥법 제26조에 의한 건설기술용역업[품질검사, 일반분야] 등록 기관임.



품질시험·검사성적서

발 급 번 호 : 15D0407001-2

시 료 채 취 일 : 2015년 02월 10일

시 료 명 : 하이브리드 스틸/GFRP 패널 시험체
(강판 3.2 mm, FRP 6 mm)

시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실

업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과

시 료 채 취 자 : 공주대학교 유 상 호

의뢰인 : 박 찬 기

성과이용목적 : 품질시험용

주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연 번	시험·검사종목	단 위	시험·검사결과	시험·검사방법	책임기술자		
					자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명
2	기준 공시체	%	100.00	ASTM D 7264 / D 7264M - 2007	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길	
	조건1	%	93.53				
	조건2	%	82.68				
	조건3	%	80.22				
	조건4	%	86.28				
	조건5	%	78.22				
	조건6	%	78.92				
	조건7	%	79.80				
	조건8	%	96.82				

끝.

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24 h동안 60℃ 물에 침지, 24 h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 동결융해반복(동결융해 반복 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건6 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건7 : 60℃ 10% MgSO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건8 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)

- 비 고 1. 이 시험·검사 결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.
2. 책임기술자 및 시험·검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

시험·검사자 : 배 형 민
T.031)322-0326~8



2015년 04월 14일

page 2 of 2

재단법인 한국건설산업품질연구원장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 TEL:(031)322-0325~8 FAX:(031)322-0098

건설기술 진흥법 제26조에 의한 건설기술용역업[품질검사, 일반분야] 등록 기관임.



품질검사성적서

발 급 번 호 : 16D0219024-2
 시 료 명 : 하이브리드 강판/GFRP 패널게이트
 업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과
 의 회 인 : 박 찬 기
 주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

시 료 채 취 일 : 2016년 01월 14일
 시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실
 시 료 채 취 자 : 공주대학교 전 종 찬
 성과이용목적 : 품질시험용

귀하가 품질시험·검사를 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험 방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

- 결 과 -

연번	시험검사항목	단 위	시험검사방법	시험·검사결과						책임기술자			시험·검사자	
				S1	S2	S3	S4	S5	평균	자격종목및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	기 준	MPa	ASTM D 7264 / D 7264M - 2007	402.35	398.56	412.98	397.56	401.25	402.54	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길		배형민	
	조 건1	MPa		399.75	399.56	394.31	389.54	388.98	394.43					
	조 건2	MPa		388.56	367.51	364.36	379.68	371.36	374.29					
	조 건3	MPa		398.26	384.21	368.25	395.41	395.28	388.28					
	조 건4	MPa		359.64	361.29	348.97	360.48	359.12	357.90					
	조 건5	MPa		348.13	351.26	369.28	334.97	358.24	352.38					
	조 건6	MPa		335.21	339.35	329.65	342.64	349.67	339.30					
	조 건7	MPa		330.98	329.87	341.25	319.68	334.21	331.20					
	조 건8	MPa		344.59	334.12	315.76	319.81	339.47	330.75					

-뒷면계속-

- ※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)
- ※ 조건2 : 건조습윤(24h동안 60℃ 물에 침지, 24h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)
- ※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)
- ※ 조건4 : 동결융해반복(동결융해 반복 후 휨시험)
- ※ 조건5 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)
- ※ 조건6 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건7 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험
- ※ 조건8 : 60℃ 10% MgSO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

이 시험·검사 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2016년 03월 07일

지 단 법 인 **한국건설산업품질연구원** 장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 Tel:(031)322-0325~7 Fax:(031)322-0098



Page 1 of 2

유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.



품질검사성적서

발 급 번 호 : 16D0219024-2

시 료 채 취 일 : 2016년 01월 14일

시 료 명 : 하이브리드 강판/GFRP 패널게이트

시 료 채 취 지 : 공주대학교 산업과학대학 건설재료연구실

업 체 명 : 공주대학교 지역건설공학과

시 료 채 취 자 : 공주대학교 전 종 찬

의뢰인 : 박 찬 기

성과이용목적 : 품질시험용

주 소 : 충남 예산군 예산읍 대회리 1번지

귀하가 품질시험검사를 의뢰한 위 시료에 대하여 아래 시험 방법에 따라 시험검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

- 결 과 -

연 번	시험·검사종목	단 위	시험·검사방법	시험·검사결과	책임기술자			시험·검사자	
					자격종목 및 자격증 번호	성 명	서 명	성 명	서 명
2	잔류 황 강 도	기 준	ASTM D 7264 / D 7264M - 2007	100.00	토목품질시험 기술사 06179020020R	신유길		배형민	
		조 건1		97.98					
		조 건2		92.98					
		조 건3		96.46					
		조 건4		88.91					
		조 건5		87.54					
		조 건6		84.29					
		조 건7		82.28					
		조 건8		82.17					

끝.

※ 조건1 : 장기동결(50일간 영하10℃ 동결 후 휨시험)

※ 조건2 : 건조습윤(24h동안 60℃ 물에 침지, 24h동안 60℃ 오븐에 건조를 1회 반복으로 50회 반복 후 휨시험)

※ 조건3 : 장기고온노출(60℃ 오븐에 50일간 노출 후 휨시험)

※ 조건4 : 동결융해반복(동결융해 반복 후 휨시험)

※ 조건5 : 장기수분흡수(50일간 60℃ 물에 침지 후 휨시험)

※ 조건6 : 60℃ 10% Na₂SO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

※ 조건7 : 60℃ 4% CaCl₂ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

※ 조건8 : 60℃ 10% MgSO₄ 용액에 50일간 침지 후 휨시험

이 시험·검사 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2016년 03월 07일

지 단 법 인 한국건설산업품질연구원장

경기도 용인시 처인구 모현면 왕림로 68-3 Tel:(031)322-0325~7 Fax:(031)322-0098

Page 2 of 2

유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특 허

Patent Number

제 10-1614240 호

출원번호

Application Number

제 10-2015-0006884 호

출원일

Filing Date

2015년 01월 14일

등록일

Registration Date

2016년 04월 14일

발명의 명칭 Title of the Invention

수위조절패널 및 이를 포함하는 수위조절장치

특허권자 Patentee

주식회사 유일기연(110111-*****)

경기도 고양시 일산동구 일산로 142, 824호 (백석동, 유니테크빌)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2016년 04월 14일

특허청장

COMMISSIONER,

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

등 록 사 항

특 허

등록 제 10-1614240 호

Patent Number

발명자 Inventors

이재혁(760921-*****)

서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호

최범준(661101-*****)

경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호

김필식(730801-*****)

서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 205동811호



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월26일
(11) 등록번호 10-1614240
(24) 등록일자 2016년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E02B 7/20 (2006.01) E02B 7/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
E02B 7/20 (2013.01)
E02B 7/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0006884
(22) 출원일자 2015년01월14일
심사청구일자 2015년01월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR100647352 B1*
KR101260211 B1*
KR1020100119201 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 유일기연
경기도 고양시 일산동구 일산로 142, 824호 (백석동, 유니테크빌)
(72) 발명자
이재혁
서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호
최범준
경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호
김필식
서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 20 5동811호
(74) 대리인
특허법인 아이피에스

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 정규영

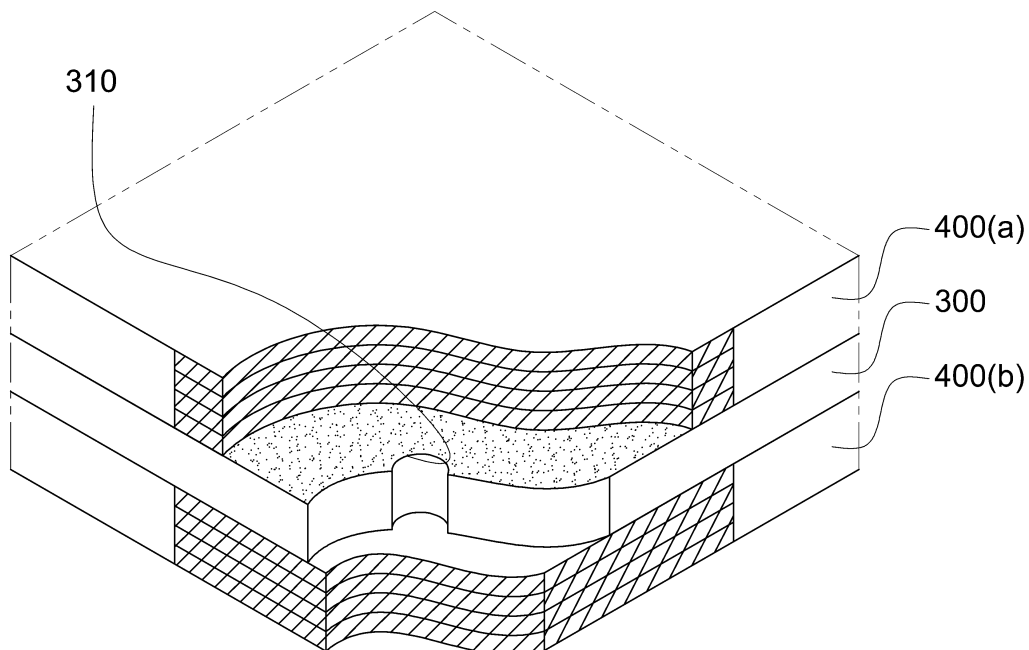
(54) 발명의 명칭 수위조절패널 및 이를 포함하는 수위조절장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널은, 수위를 조절하는 수위조절장치에 제공되며, 외력에 의해 기립 및 도복이 구현되는 수위조절패널에 있어서, 소정의 두께와 면적을 구비하는 강판부 및 상기 강판부를 포위하여 상기 강판부가 외부로 노출되지 않도록 상기 강판부에 적층되는 적층부를 포함하며, 상기 적층부는, 내부식성을 향

(뒷면에 계속)

대표도 - 도6



상시키는 섬유강화플라스틱층(Fiber reinforced plastic: FRP)을 포함하며, 상기 강판부는, 상기 섬유강화플라스틱층과의 접촉면적을 증가시켜 상기 섬유강화플라스틱층과의 접착력이 향상되도록 표면에 요철이 형성될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치는, 제1 수위조절패널, 상기 제1 수위조절패널과 이웃하게 배치되는 제2 수위조절패널, 상기 제2 수위조절패널의 일측과 연결되고 상류측을 향하여 돌출되는 돌출부 및 상기 제1 수위조절패널의 일측과 연결되며 상기 제1 수위조절패널이 상기 제2 수위조절패널과 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 돌출부의 일면과 접촉되어 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널 사이로의 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 포함할 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

소정의 두께와 면적을 구비하는 강판부 및 상기 강판부를 포위하여 상기 강판부가 외부로 노출되지 않도록 하는 적층부를 구비하는 제1 수위조절패널;

상기 제1 수위조절패널과 이웃하게 배치되는 제2 수위조절패널;

상기 제1 수위조절패널을 기립시키거나 도복시키기 위한 외력을 제공하는 제1 에어백;

상기 제2 수위조절패널을 기립시키거나 도복시키기 위한 외력을 제공하는 제2 에어백;

상기 제1 수위조절패널의 일측단과 이웃하는 상기 제2 수위조절패널의 일측단으로부터 상류측을 향하여 돌출되도록 상기 제2 수위조절패널의 일측단에 연결되는 돌출부; 및

상기 제1 에어백에 의해 제공되는 외력과 상기 제2 에어백에 의해 제공되는 외력에 의해 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널이 동일한 특정 기립 상태로 배치되는 경우, 상기 돌출부의 일면과 접촉되어 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널 사이로의 유체의 유동이 차단되도록, 상기 제1 수위조절패널의 일측단과 연결되는 기밀부;를 포함하며,

상기 기밀부는,

상기 제1 수위조절패널의 일측단에 고정되는 고정부 및 상기 고정부로부터 상기 상류측을 향하여 소정 각도로 절곡되도록 연장되어 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널이 동일한 특정 기립 상태로 배치되는 경우 상기 돌출부의 일면과 접촉되는 실링부를 구비하고,

상기 실링부는,

상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널이 동일한 특정 기립의 상태로 배치되도록, 상기 제1 수위조절패널 및 상기 제2 수위조절패널 각각에 상기 제1 에어백에 의한 외력 및 상기 제2 에어백에 의한 외력이 제공되는 경우, 상기 돌출부와 접촉에 의해 상기 상류측을 향하여 절곡된 각도가 증가하면서 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널 사이로의 유체의 유동이 차단되도록 하되, 상기 제1 에어백에 의해 제공되는 외력 또는 상기 제2 에어백에 의해 제공되는 외력의 변화에 의해 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널의 기립의 정도가 변화되는 경우에도 상기 돌출부와 접촉이 유지되는 범위 내에서 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널 사이로의 유체의 유동이 차단되도록 하며,

상기 적층부는,

내부식성을 향상시키는 섬유강화플라스틱층(Fiber reinforced plastic: FRP)을 포함하고,

상기 강판부는,

상기 섬유강화플라스틱층과의 접촉면적을 증가시켜 상기 섬유강화플라스틱층과의 접착력이 향상되도록 표면에 요철이 형성되는 것을 특징으로 하는 수위조절장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 실링부는, 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널이 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우 상기 돌출부와 접촉되어 제1 위치에서 제2 위치로 위치 이동되는 수위조절장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 실링부는, 상기 제1 수위조절패널이 상기 특정 기립의 상태 초과와 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 도복되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동되는 수위조절장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 실링부는, 상기 제2 수위조절패널이 상기 특정 기립의 상태 미만의 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 기립되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동되는 수위조절장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 실링부는, 상기 제1 위치에서 상기 고정부와 형성하는 각보다 상기 제2 위치에서 상기 고정부와 형성하는 각이 더 작은 것을 특징으로 하는 수위조절장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 실링부가 상기 제2 위치에 위치하는 경우, 상기 실링부와 상기 고정부가 형성하는 각은 둔각인 것을 특징으로 하는 수위조절장치.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 실링부는, 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 탄성 변형되는 것을 특징으로 하는 수위조절장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 수위조절패널 및 이를 포함하는 수위조절장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 FRP를 포함하여 내부식성을 향상시키는 수위조절패널 및 상기 수위조절패널 기립 시 유체의 유동을 차단하여 수위 조절에 대한 효율

[0001]

을 극대화하도록 하는 수위조절장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 수위조절장치는 수위를 조절하여 특수 목적으로 사용토록 하는 일종의 담수를 위한 장치일 수 있으며, 농업용 취수보, 위락용 담수보 등의 목적으로 수위조절장치의 일종인 고무댐이 이용되고 있다.
- [0003] 수위조절장치 중 하나인 고무댐은 산간지역이나 지형조건이 좋지 않은 곳에서도 효과적으로 저수량을 확보할 수 있다.
- [0004] 이러한 고무댐은 조립 설치가 용이하고 목적하는 수위에 따라 고무댐의 높이를 공기압력으로 조절하여 관리되기 때문에 취수 및 담수용 보로서 큰 주목을 받고 있다.
- [0005] 기본적으로 상기 고무댐은 고무튜브(에어백)의 팽창, 수축을 위하여 내부에 공기가 채워지도록 되어있고, 또한 하상 콘크리트에 고무튜브를 고정하기 위한 고정장치와 공기를 공급 또는 배출하기 위한 배관설비 등의 부가장치를 구비한다.
- [0006] 상기와 같은 고무댐은 단지 고무튜브를 이용, 보(weir)를 설치함으로써, 도복상태일 때는 하천의 하상 콘크리트와 수평을 이루어 통수단면적에 지장을 주지 않으나, 수위 조절에 한계가 있어, 하천의 담수기능을 탄력적으로 실시하는데 문제가 발생되었다.
- [0007] 또한, 고무튜브가 상류에서 내려오는 유화물에 직접 노출되어 있는 관계로 인하여 산간지역 등에서의 낙석 또는 강한 수압에 의해 하상으로 구르는 날카로운 유석 또는 유목 등의 유화물로부터 충격을 받을 경우 고무튜브가 찢어지거나 구멍 등 유실부분이 발생되어 제방용 독으로서의 기능을 다하지 못하다는 문제가 있다.
- [0008] 이러한 문제점을 해소하기 위해 최근에는 고무튜브와 같은 에어백과 고강도의 패널을 이용하여 보를 형성한 다음 이를 공압으로 하여, 에어백의 팽창 또는 수축정도를 제어함으로써 상기 패널의 경사각을 조정하여 하천의 수위를 용이하게 조절할 수 있음은 물론 상류에서 내려오는 유화물에 따른 고무튜브의 소손을 패널이 미리 차단시켜 보호해주는 공압식 가동보가 사용되고 있다.
- [0009] 이러한 공압식 가동보는 다수의 에어백과 다수의 패널이 필요하게 되는데 이 때 상기 패널은 주로 내구성이 우수한 강재가 사용되고 있다. 이러한 강재로 형성된 패널은 하천의 물에 의해 부식이 가속화되어, 일부가 파손되어 수위 조절 기능을 저감시키거나 소음을 유발할 수 있다는 문제가 있었다.
- [0010] 또한, 패널과 패널 사이의 경계 부분은 통상 기밀성을 갖는 수밀구조로 이루어져야 한다. 여기서, 종래의 공압식 가동보의 패널과 패널 사이는 판재를 체결함으로써 수밀성을 보전하였으나, 패널과 패널 사이의 미세한 틈을 통한 유체의 유동을 완벽하게 차단시키지 못한다는 문제가 있다.
- [0011] 그러므로, 공압식 가동보와 같은 수위 조절 장치에 있어서, 누수를 방지하여 수밀성을 향상시킴으로써 수위 조절 장치 본연의 기능을 극대화하도록 하는 연구가 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은 하천의 물에 노출되는 수위 조절을 위한 패널의 내부식성을 향상시키고, 패널 기립 시 패널과 패널 사이를 통한 누수를 방지하여 수밀성을 향상시키는 동시에 시공성을 극대화하도록 하는 수위조절패널 및 이를 포함하는 수위조절장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널은, 수위를 조절하는 수위조절장치에 제공되며, 외력에 의해 기립 및 도복이 구현되는 수위조절패널에 있어서, 소정의 두께와 면적을 구비하는 강판부 및 상기 강판부를 포위하여 상기 강판부가 외부로 노출되지 않도록 상기 강판부에 적층되는 적층부를 포함하며, 상기 적층부는, 내부식성을

향상시키는 섬유강화플라스틱층(Fiber reinforced plastic: FRP)을 포함하며, 상기 강판부는, 상기 섬유강화플라스틱층과의 접촉면적을 증가시켜 상기 섬유강화플라스틱층과의 접착력이 향상되도록 표면에 요철이 형성될 수 있다.

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널의 상기 섬유강화플라스틱층은, 유리섬유강화플라스틱(Glass fiber reinforced plastic: GFRP)이며, 상기 요철은, 쇼트 및 샌딩 중 적어도 하나의 표면처리 방법에 의해 형성될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널의 상기 강판부는, 관통되어 형성되는 관통부를 구비하고, 상기 적층부는, 상기 강판부에 적층되는 경우 상기 관통부에 삽입되어 상기 강판부와 결합력이 향상될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널의 상기 강판부는, 적어도 하나의 측면이 단차지게 형성되어 상기 적층부와 접촉면적을 향상시킬 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치는 제1 수위조절패널, 상기 제1 수위조절패널과 이웃하게 배치되는 제2 수위조절패널, 상기 제2 수위조절패널의 일측과 연결되고 상류측을 향하여 돌출되는 돌출부 및 상기 제1 수위조절패널의 일측과 연결되며 상기 제1 수위조절패널이 상기 제2 수위조절패널과 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 돌출부의 일면과 접촉되어 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널 사이로의 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 기밀부는, 상기 제1 수위조절패널의 일측에 고정되는 고정부 및 상기 고정부로부터 상기 상류측 방향으로 소정 각도 절곡되어 연장되는 실링부를 구비할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 실링부는, 상기 제1 수위조절패널과 상기 제2 수위조절패널이 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우 상기 돌출부와 접촉되어 제1 위치에서 제2 위치로 위치 이동될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 실링부는, 상기 제1 수위조절패널이 상기 특정 기립의 상태 초과 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 도복되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 실링부는, 상기 제2 수위조절패널이 상기 특정 기립의 상태 미만의 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 기립되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 실링부는, 상기 제1 위치에서 상기 고정부와 형성하는 각보다 상기 제2 위치에서 상기 고정부와 형성하는 각이 더 작을 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치는 상기 실링부가 상기 제2 위치에 위치하는 경우, 상기 실링부와 상기 고정부가 형성하는 각이 둔각일 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 상기 실링부는, 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 탄성 변형될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 수위조절패널 및 이를 포함하는 수위조절장치에 의하면, 수위를 조절하는 패널의 내부식성 및 내구성이 향상되어 수위조절장치의 수명이 연장될 수 있다.
- [0026] 또한, 수위를 조절하는 패널의 기립 시 패널과 패널 사이를 통한 누수를 방지하여 수밀성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널을 도시한 개략 사시도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널을 나타내는 분해 사시도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널의 부분 절개사시도.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널을 도시한 개략 사시도.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널을 나타내는 분해 사시도.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널의 부분 절개사시도.

도 7는 도 4의 A에 따른 단면도.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치를 도시한 개략 사시도.

도 9는 도 8의 B에 따른 확대도.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 기밀부를 분해한 분해 사시도.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 작동을 설명하기 위한 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 제시되는 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 구성요소를 추가, 변경, 삭제 등을 통하여, 퇴보적인 다른 발명이나 본 발명 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본원 발명 사상 범위 내에 포함된다고 할 것이다.
- [0029] 또한, 각 실시예의 도면에 나타나는 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널을 도시한 개략 사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널을 나타내는 분해 사시도이다.
- [0031] 또한, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널의 부분 절개사시도이다.
- [0032] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널(10)은 하천의 수위를 조절하는 수위조절장치(1, 도 8 참조)에 제공될 수 있으며, 상기 수위조절장치(1)는 상기 하천을 가로질러 설치되어 상기 하천의 상류측의 수위를 조절할 수 있다.
- [0033] 여기서, 상기 수위조절패널(10)은 외력에 의해 기립 및 도복이 구현될 수 있으며, 상기 수위조절패널(10)이 기립되는 경우에는 상기 상류측의 수위가 높아질 수 있으며, 도복되는 경우에는 상기 상류측의 수위가 낮아질 수 있다.
- [0034] 상기 외력이란 급기와 배기를 통해 팽창 또는 수축 가능한 에어백에 의한 압력일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 유압실린더, 공압실린더, 리니어모터, 유압모터, 전기모터 등 다양한 구동수단에 의한 동력일 수 있다.
- [0035] 일례로, 상기 외력이 에어백(A1, A2, A3, 도 8 참조)에 의해 구현되는 경우, 상기 에어백(A1, A2, A3)은 상기 수위조절패널(10)의 하류측에 배치되어, 팽창을 통해 상기 수위조절패널(10)이 기립되도록 하고, 수축을 통해 상기 수위조절패널(10)이 도복되도록 할 수 있다.
- [0036] 한편, 상기 수위조절패널(10)은 소정의 두께와 면적을 구비하는 강판부(100) 및 상기 강판부(100)를 포위하여 상기 강판부(100)가 외부로 노출되지 않도록 상기 강판부(100)에 적층되는 적층부(200)를 포함할 수 있다.
- [0037] 상기 강판부(100)는 내구성이 우수한 스틸로 형성될 수 있으며, 설치되는 하천의 크기와 상기 하천을 흐르는 물의 유속에 따라 그 크기와 두께가 상이해질 수 있다.
- [0038] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이 일정 곡률을 갖도록 굴곡지게 형성될 수 있으나, 편평하게 형성될 수도 있으며, 일정부분에 곡률을 갖도록 형성되어도 무방하다.
- [0039] 상기 적층부(200)는, 내부식성을 향상시키는 섬유강화플라스틱층(Fiber reinforced plastic: FRP)을 포함하며, 상기 섬유강화플라스틱층은 폴리에스테르수지 또는 비닐에스테르수지가 혼합 및 함침된 유리섬유가 복층된 구조일 수 있다.

- [0040] 즉, 상기 적층부(200)는, 상기 섬유강화플라스틱층과 복수의 화학섬유가 교차 또는 중복되어 다수의 섬유층으로 형성될 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 섬유강화플라스틱층은, 유리섬유강화플라스틱(Glass fiber reinforced plastic: GFRP)일 수 있으며, 상기 섬유강화플라스틱 및 상기 유리섬유강화플라스틱은 공지된 기술에 해당되므로 더 이상의 설명은 생략한다.
- [0042] 상기 강판부(100)는, 상기 섬유강화플라스틱층과의 접촉면적을 증가시켜 상기 섬유강화플라스틱층과의 접착력이 향상되도록 표면에 요철이 형성될 수 있다.
- [0043] 여기서, 상기 강판부(100)의 표면에 요철을 형성하기 위해, 쇼트(shot) 또는 샌딩(sanding)에 의한 표면처리 방법이 사용될 수 있다.
- [0044] 상기 쇼트란, 금속제품의 표면에 미소강구(아주 작은 쇠구슬)를 고속으로 분사하거나 상기 미소강구 상에 굴러서 표면을 균일하게 하는 표면처리 작업의 일종이며, 상기 샌딩이란 일종의 모래인 금강사를 고압의 압축공기를 이용해서 금속재료의 표면에 분사하여 표면을 균일하게 하는 표면처리 작업이다.
- [0045] 이러한, 표면처리 작업에 의해 상기 강판부(100)의 표면에는 미세한 요철이 형성될 수 있으며, 상기 요철은 상기 적층부(200)와 접촉되는 면적을 향상시키고, 상기 적층부(200)가 상기 강판부(100)의 표면을 따라 미끄러지는 것을 방지하는 역할을 할 수 있다.
- [0046] 여기서, 상기 강판부(100)의 표면에 미세한 요철을 형성시킬 수 있는 공지된 표면처리 기술이 사용될 수 있음은 물론이다.
- [0047] 또한, 상기 강판부(100)와 상기 적층부(200) 사이에는 프라이머와 같은 접착제가 사용될 수 있으며, 상기 프라이머는 상기 섬유강화플라스틱과 이질의 재료를 결합시킬 때 사용되는 공지된 프라이머일 수 있다.
- [0048] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널을 도시한 개략 사시도이고, 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널을 나타내는 분해 사시도이며, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널의 부분 절개사시도이고, 도 7는 도 4의 A에 따른 단면도이다.
- [0049] 도 4 내지 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위조절패널(11)은 강판부를 제외하고는 도 1 내지 도 3을 참조로 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절패널(10)과 구성 및 효과가 동일하므로, 상기 강판부 이외의 설명은 생략하기로 한다.
- [0050] 본 발명의 다른 실시예에 따른 강판부(300)는, 관통되어 형성되는 관통부(310)를 구비할 수 있으며, 상기 관통부(310)의 형상은 원기둥, 각기둥 등이 될 수 있다. 다만, 원기둥 및 각기둥이 혼합되거나 변형된 모래 시계 같은 형상이 되어도 무방하다.
- [0051] 상기 관통부(310)에는 상기 강판부(300)에 적층되는 상기 적층부(400)의 일부분이 삽입되어 상기 적층부(400)와 상기 강판부(300)의 결합력이 향상되도록 할 수 있다.
- [0052] 즉, 상기 적층부(400)는 섬유소재의 일종으로, 적층되는 대상의 구조에 따라 유동적으로 변형되어 적층될 수 있으며, 상기 적층부(400)가 상기 강판부(300) 상에 적층되는 경우, 상기 관통부(310)에 삽입되도록 적층되어 상기 관통부(310)에 삽입된 상기 적층부(400)의 일부분이 췌기 역할을 할 수 있고, 그로 인해 상기 적층부(400)가 상기 강판부(300)를 따라 슬라이딩되는 것을 방지하여 상기 강판부(100)와의 결합력을 높일 수 있다.
- [0053] 구체적으로, 상기 강판부(300)의 일측에 적층되는 적층부(400a)의 일부분이 굴곡지게 변형되어 상기 관통부(310)에 삽입될 수 있으며, 반대편의 상기 강판부(300)의 타측에 적층되는 적층부(400b)의 일부분이 굴곡지게 변형되어 상기 관통부(310)에 삽입될 수 있다. 이로 인해, 상기 관통부(310)에 삽입된 상기 적층부(400)의 일부분은 상기 강판부(300)와 대략 평행하게 적층되는 상기 적층부(400)가 상기 강판부(300)를 따라 이동되는 것을 방지하는 역할을 수행할 수 있다.
- [0054] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치를 도시한 개략 사시도이고, 도 9는 도 8의 B에 따른 확대도이

며, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 기밀부를 분해한 분해 사시도이다.

- [0055] 도 8 내지 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치(1)는 제1 수위조절패널(12), 상기 제1 수위조절패널(12)과 이웃하게 배치되는 제2 수위조절패널(14), 돌출부(20) 및 기밀부(30)를 포함할 수 있다.
- [0056] 상기 제1 수위조절패널(12) 및 상기 제2 수위조절패널(14)은 상술한 도 1 내지 도 3을 참조로 한 수위조절패널 또는 도 4 내지 도 7을 참조로한 수위조절패널 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 수위조절패널과 그 구성 및 효과가 동일하므로 더 이상의 설명은 생략하기로 한다.
- [0057] 한편, 상기 돌출부(20)는 상기 제2 수위조절패널(14)의 일측과 연결되고 상류측을 향하여 돌출될 수 있으며, 바람직하게는 상기 제2 수위조절패널(14)의 두께와 동일할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0058] 상기 돌출부(20)는 상기 제2 수위조절패널(14)과 마찬가지로, 스틸 재질의 플레이트에 내부식성을 향상시키는 섬유강화플라스틱층을 포함한 다수의 섬유층으로 형성될 수 있다.
- [0059] 또한, 상기 돌출부(20)는 상기 제2 수위조절패널(14)로부터 상기 상류측 방향으로 대략 수직하게 돌출될 수 있으며, 상기 제2 수위조절패널(14)에 견고하게 고정되어 상기 기밀부(30)와의 접촉에 의해 흔들리거나 위치 이동되지 않도록 할 수 있다.
- [0060] 상기 기밀부(30)는, 상기 제1 수위조절패널(12)의 일측과 연결되며 상기 제1 수위조절패널(12)이 상기 제2 수위조절패널(14)과 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 돌출부(20)의 일면과 접촉되어 상기 제1 수위조절패널(12)과 상기 제2 수위조절패널(14) 사이로의 유체의 유동을 차단할 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 제1 수위조절패널(12)과 이웃하는 제3 수위조절패널(16)과 상기 제1 수위조절패널(12) 사이로의 유체의 유동을 차단하기 위하여, 상기 제2 수위조절패널(14)의 돌출부(20)와 동일한 구성요소가 상기 제1 수위조절패널(12)의 타측과 연결될 수 있으며, 상기 제1 수위조절패널(12)의 일측과 연결된 상기 기밀부(30)와 동일한 구성요소가 상기 제3 수위조절패널(16)의 일측과 연결되어 상기 제1 수위조절패널(12)과 상기 제3 수위조절패널(16) 사이로의 유체의 유동을 차단할 수 있다.
- [0062] 즉, 상기 제1 수위조절패널(12)의 일측에는 기밀부가 연결될 수 있으며, 타측에는 돌출부가 연결되어, 이웃하는 수위조절패널과의 기밀을 통해 수밀성을 극대화 시킬 수 있다.
- [0063] 한편, 일 실시예에 따른 수위조절장치는 상기 고정부(32)의 일측면에 장착되어 상기 고정부(32)가 상기 제1 수위조절패널(12)로부터 이탈되는 것을 방지하는 보강부(40)를 더 포함할 수 있다.
- [0064] 상기 보강부(40)는, 상기 고정부(32)의 일측면에 장착될 수 있으며, 나사못 또는 볼트 등에 의한 체결부재(T)에 의해 상기 보강부(40)와 상기 고정부(32)를 체결하도록 할 수 있다.
- [0065] 또한, 상기 체결부재(T)는 상기 보강부(40) 및 상기 고정부(32)뿐만 아니라, 상기 제1 수위조절패널(12)과도 체결되어 상기 보강부(40) 및 상기 고정부(32)가 상기 제1 수위조절패널(12)에 견고하게 고정되도록 할 수 있다.
- [0066] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위조절장치의 작동을 설명하기 위한 개략도이다.
- [0067] 도 11을 참조하면, 상기 기밀부(30)는 상기 제1 수위조절패널(12)의 일측에 고정되는 고정부(32) 및 상기 고정부(32)로부터 상기 상류측 방향으로 소정 각도 절곡되어 연장되는 실링부(34)를 구비할 수 있다.
- [0068] 즉, 상기 기밀부(30)는, 상기 돌출부(20)가 고정된 상기 제2 수위조절패널(14)과 인접한 상기 제1 수위조절패널(12)의 일측에 연결되어, 상기 제1 수위조절패널(12) 또는 상기 제2 수위조절패널(14)의 기립 또는 도복에 의해 상기 돌출부(20)와 접촉되거나 접촉되지 않을 수 있다.
- [0069] 상기 고정부(32)는 상기 제1 수위조절패널(12)의 상류측에 용접 또는 본딩 등에 의해 고정될 수 있으며, 상기 실링부(34)는 상기 고정부(32)로부터 인접한 상기 제2 수위조절패널(14) 측으로 절곡되어 연장될 수 있다.
- [0070] 즉, 상기 실링부(34)가 상기 제2 수위조절패널(14) 측으로 소정 각도 기울어지도록 연장되어 인접한 상기 제2 수위조절패널(14)이 상기 제1 수위조절패널(12)과 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 접촉될 수 있는 것이다.

- [0071] 이 때, 상기 실링부(34)는 상기 돌출부(20)와 접촉되어 제1 위치에서 제2 위치로 위치 이동될 수 있다. 상기 제1 위치란, 상기 실링부(34)가 상기 돌출부(20)와 접촉되지 않은 상태에서의 상기 실링부(34)의 위치일 수 있으며, 상기 제2 위치란, 상기 실링부(34)가 상기 돌출부(20)와 접촉된 채 상기 제1 수위조절패널(12)과 상기 제2 수위조절패널(14)이 동일한 특정 기립의 상태에서의 위치 이동된 상기 실링부(34)의 위치일 수 있다.
- [0072] 여기서, 상기 실링부(34)는 상기 제1 수위조절패널(12)이 상기 특정 기립의 상태 초과 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 도복되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동될 수 있으며, 또는 상기 제2 수위조절패널(14)이 상기 특정 기립의 상태 미만의 위치에서 상기 특정 기립의 상태로 기립되어 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 위치 이동될 수 있다.
- [0073] 상기 제1 위치에서의 상기 실링부(34)는 상기 고정부(32)와 형성하는 각이 둔각일 수 있으며, 상기 실링부(34)가 상기 제2 위치에 위치하는 경우의 상기 고정부(32)와 형성하는 각은 상기 제1 위치에서의 상기 실링부(34)와 상기 고정부(32)가 형성하는 각보다 클 수 있으며, 둔각일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0074] 또한, 상기 실링부(34)는 상기 돌출부(20)와의 접촉에 의해 상기 제1 위치에서 상기 제2 위치로 탄성 변형에 의해 위치 이동될 수 있다.
- [0075] 즉, 상기 실링부(34)는, 탄성 재질의 고무의 일종일 수 있으며, 상기 돌출부(20)와 접촉되는 경우 탄성 변형되어 상기 제2 위치로 이동된 후, 상기 제1 위치로 복원되려는 복원력에 의해 상기 돌출부(20)를 가압하여, 상기 실링부(34)와 상기 돌출부(20) 사이가 밀폐되도록 할 수 있다.
- [0076] 여기서, 상기 실링부(34)와 상기 돌출부(20) 사이가 밀폐됨에 따라, 상기 제1 수위조절패널(12)과 상기 제2 수위조절패널(14)이 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1 수위조절패널(12)과 상기 제2 수위조절패널(14) 사이의 틈으로 하천의 물이 유동되는 것을 방지할 수 있게 되는 것이다.
- [0077]
- [0078] 상기에서는 본 발명에 따른 기밀부가 제1 수위조절패널 및 제2 수위조절패널 사이를 통한 누수를 방지할 수 있다고 설명하였으나, 상기 기밀부는 수위조절장치가 설치되는 하천의 측벽과 수위조절패널 사이를 통한 누수를 방지할 수도 있다.
- [0079] 또한, 본 발명에 따른 수위조절패널은, 일측에는 기밀부가 연결되고, 타측에는 돌출부가 연결되어, 연속적으로 배치되는 복수의 수위조절패널의 사이로의 누수를 방지할 수도 있다.
- [0080] 상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

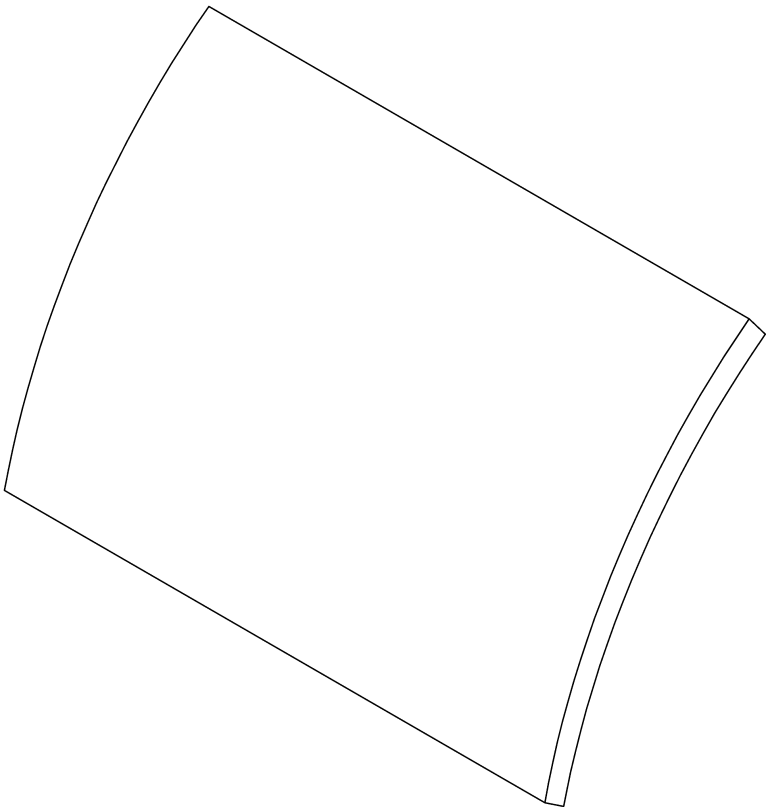
부호의 설명

- [0081] 1: 수위조절장치
- 10: 수위조절패널
- 100: 강판부
- 200: 적층부
- 12: 제1 수위조절패널
- 14: 제2 수위조절패널
- 20: 돌출부
- 30: 기밀부
- 40: 보강부

도면

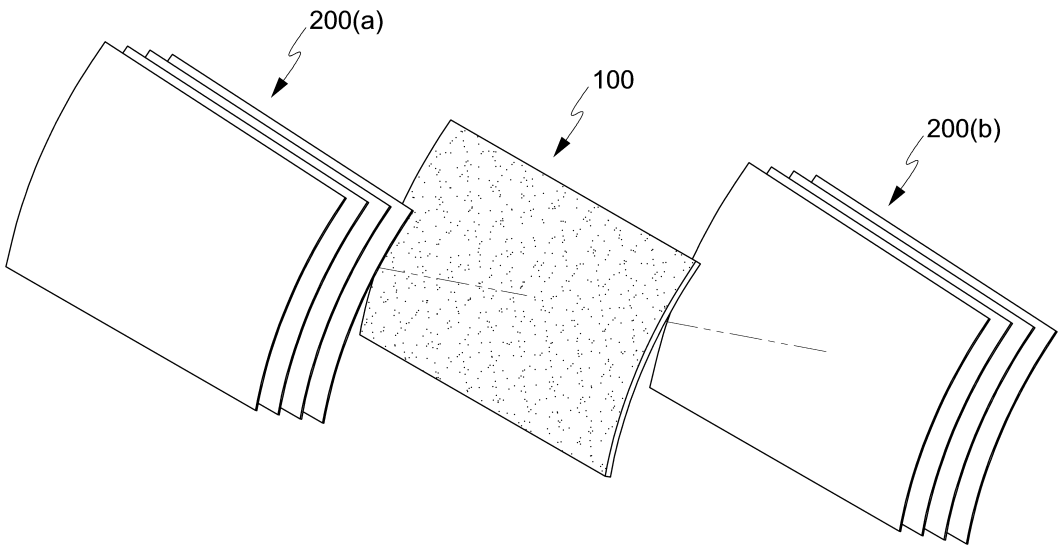
도면1

10

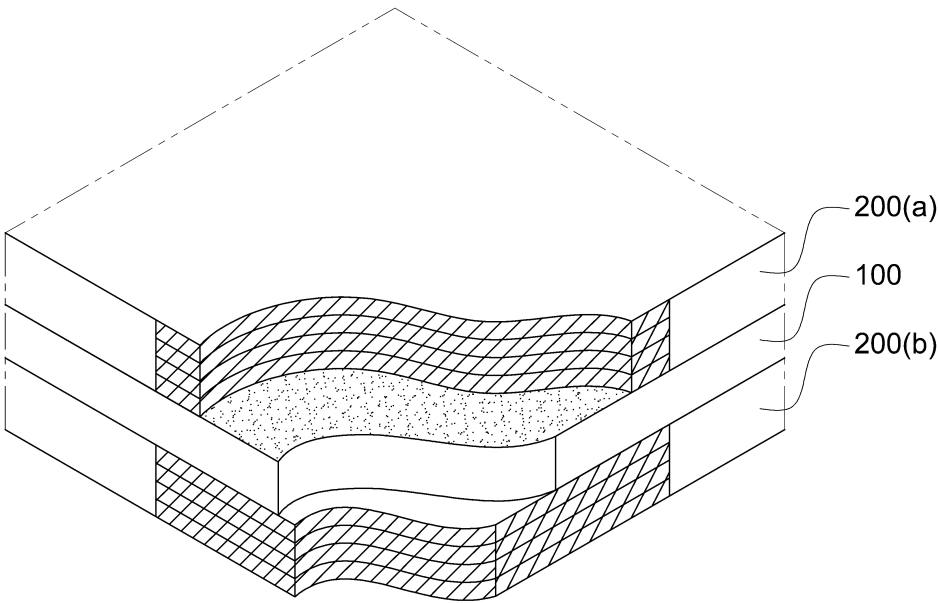


도면2

10

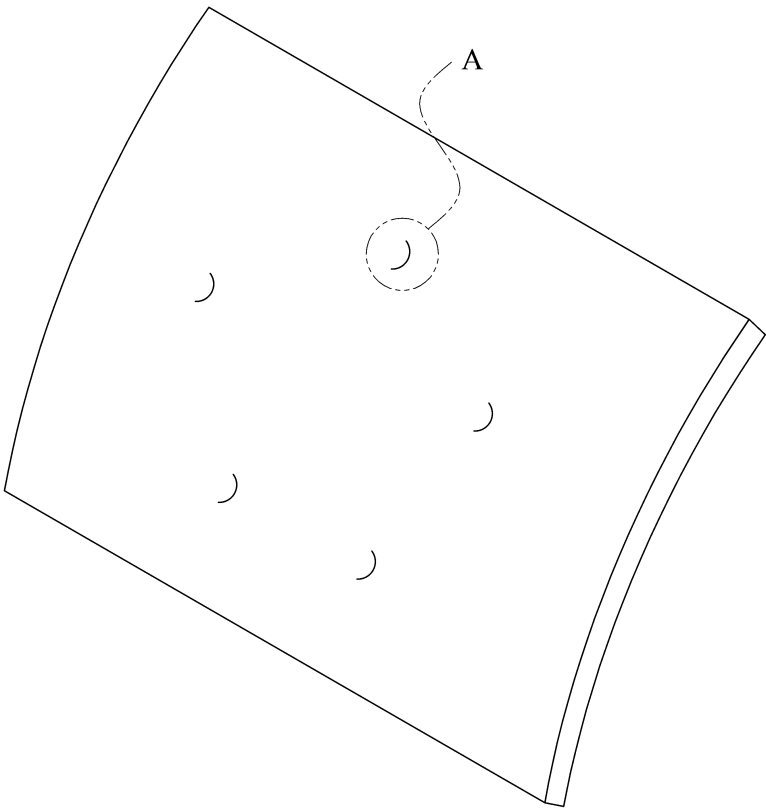


도면3



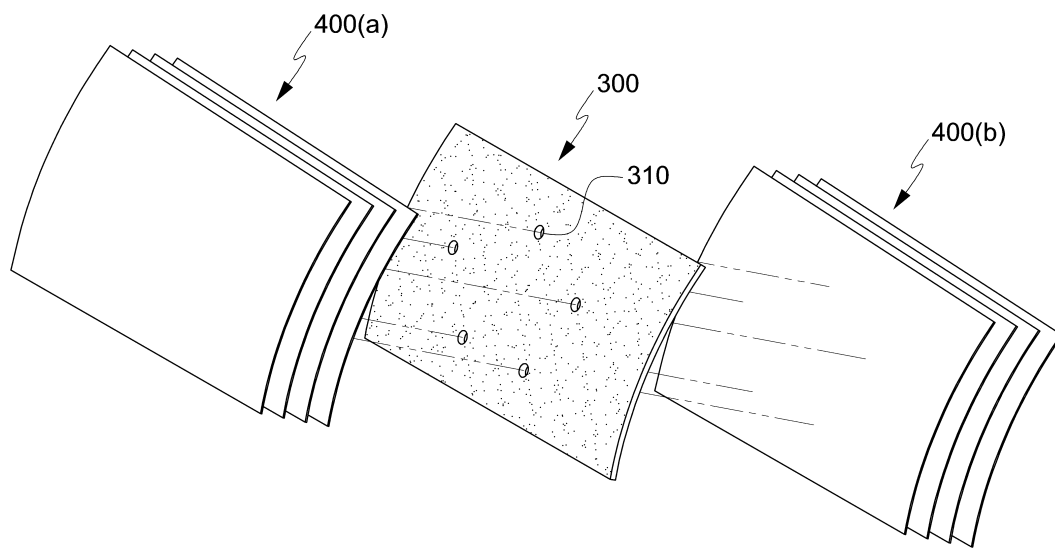
도면4

11

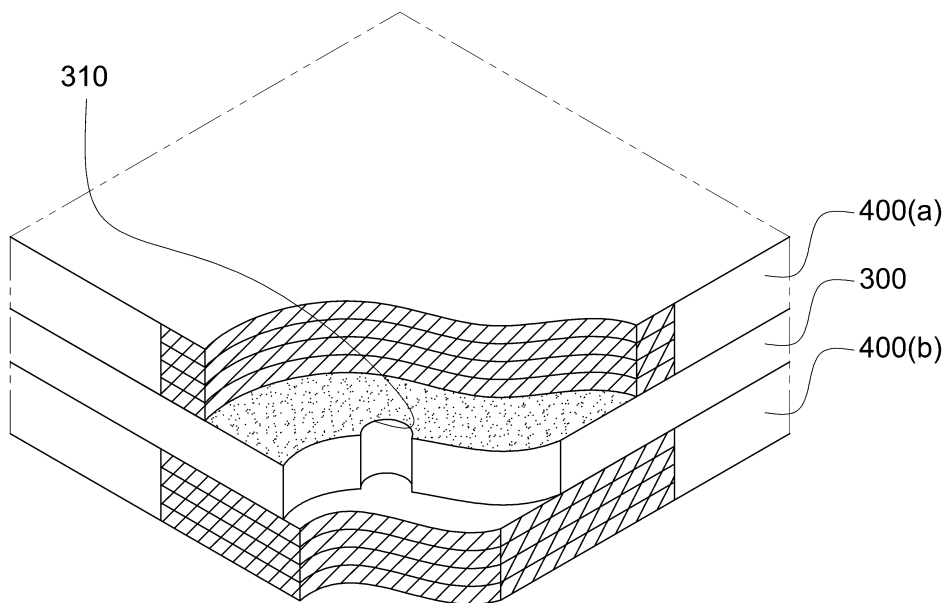


도면5

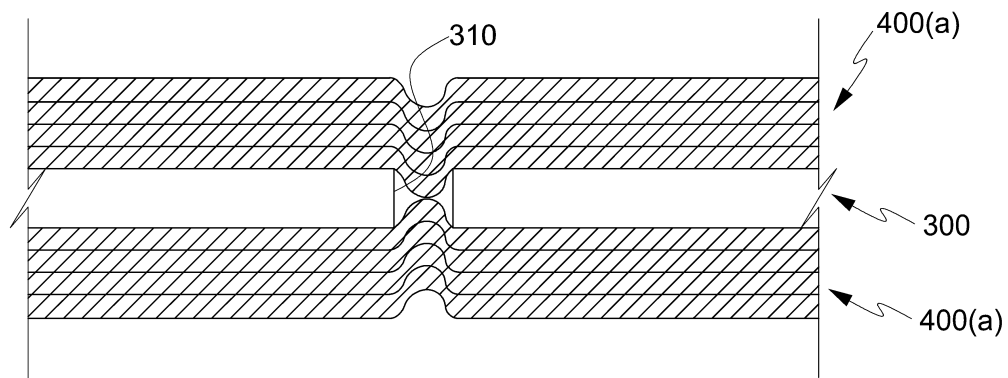
11



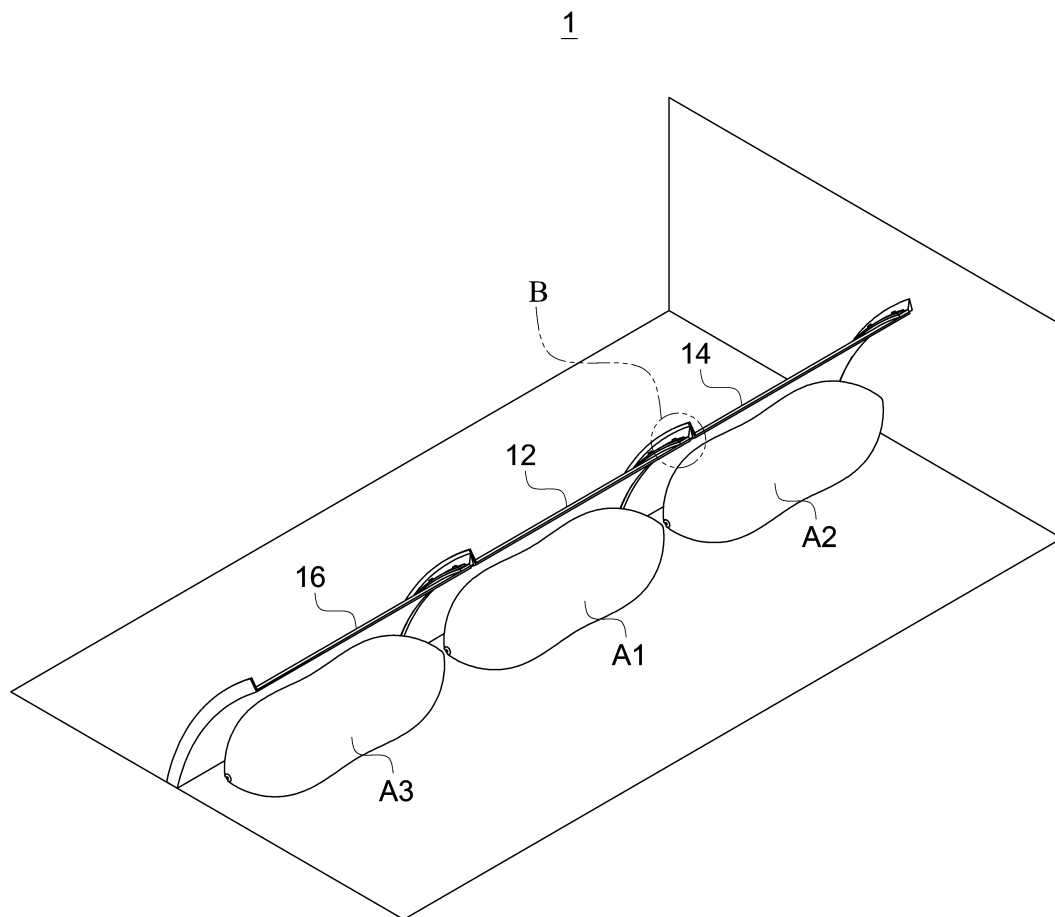
도면6



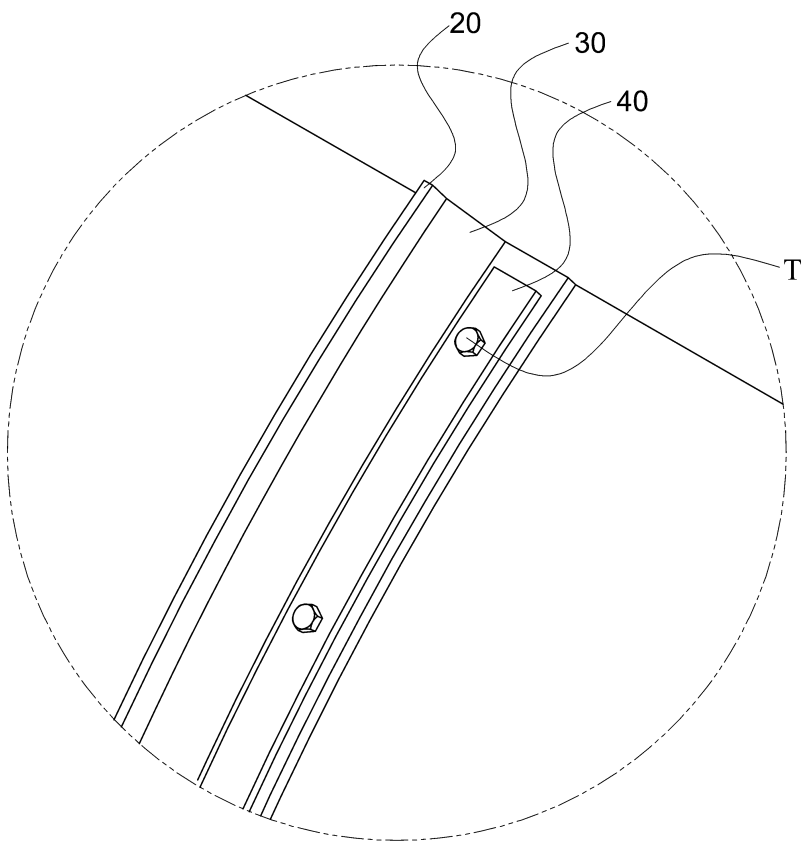
도면7



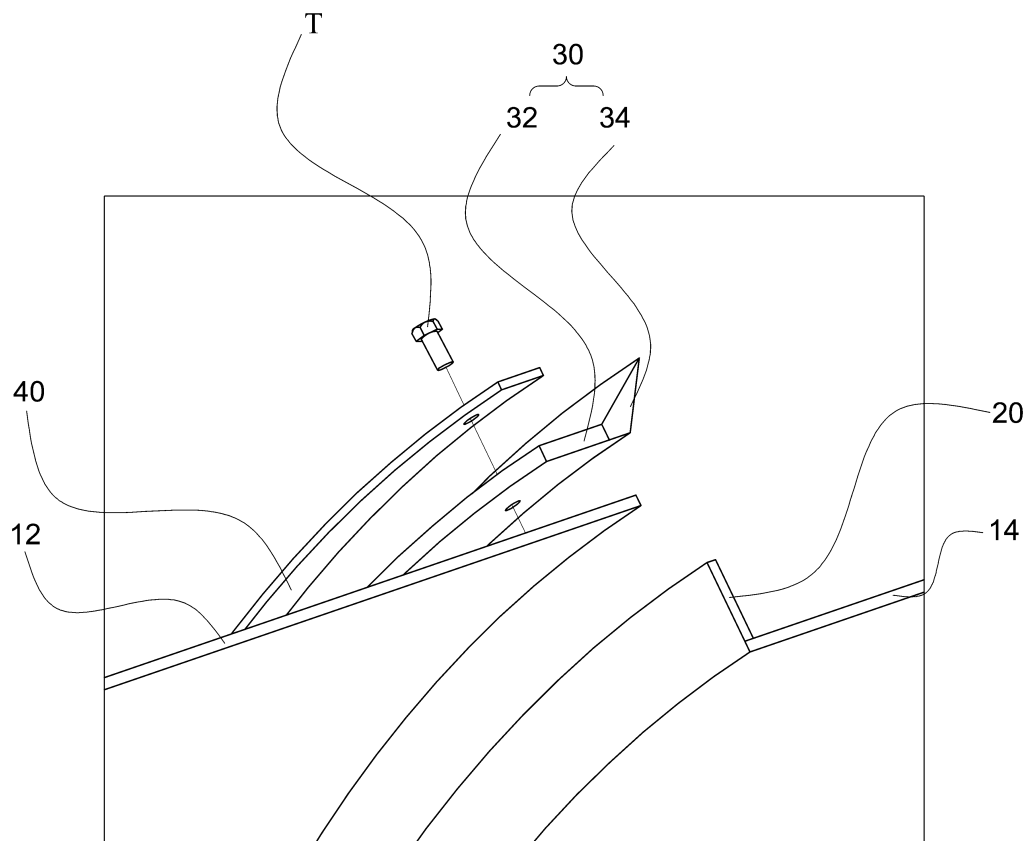
도면8



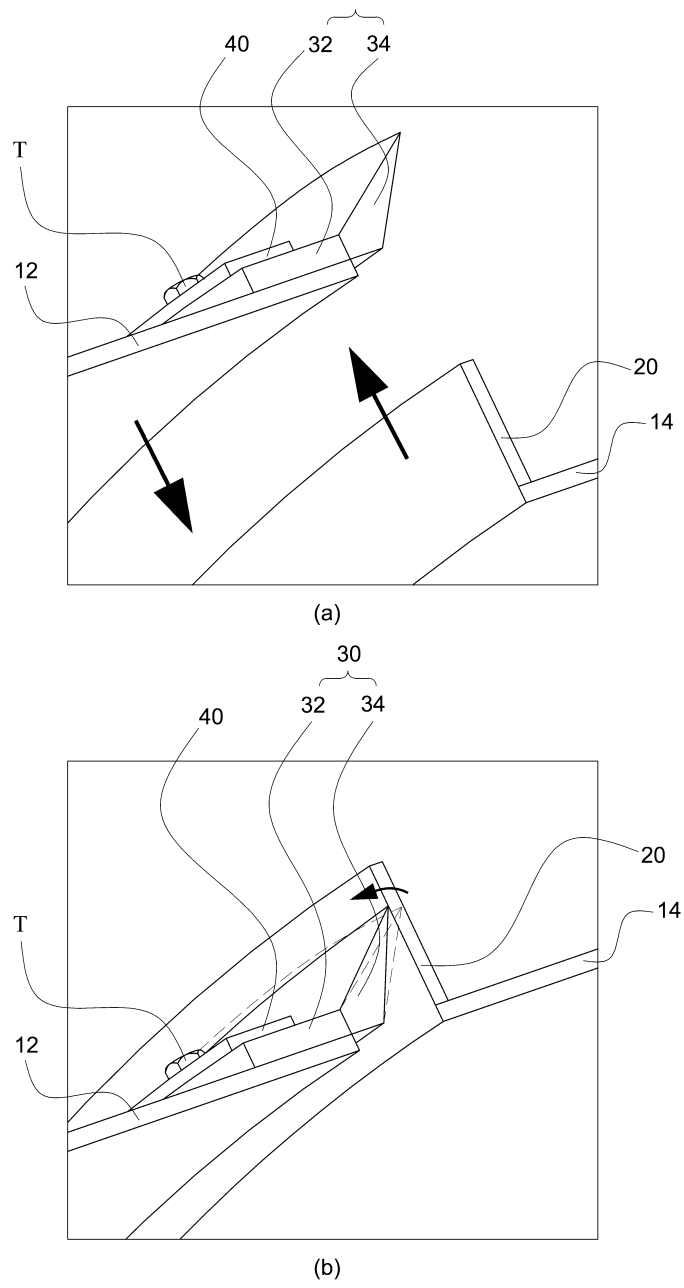
도면9



도면10



도면11





자연마섬유보강 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 공극률, 압축강도 및 동결융해저항성 평가

Void Ratio, Compressive Strength and Freezing and Thawing Resistance of Natural Jute Fiber Reinforced Non-Sintering Inorganic Binder Porous Concrete

김황희* · 김춘수* · 전지홍** · 박찬기***,†

Kim, Hwang Hee · Kim, Chun Soo · Jeon, Ji Hong · Park, Chan Gi

Abstract

This study evaluated the effects of fibers on the void ratio, compressive strength and repeated freezing and thawing resistance of porous vegetation concrete with binder type (non-sintering inorganic binder and blast furnace slag cement) and natural jute fiber volume fraction (0.0 %, 0.1 % and 0.2 %). The natural jute fiber volume fraction affected the void ratio, compressive strength and repeated freezing and thawing resistance. Added of natural jute fiber resulted in improved properties of the void ratio, compressive strength and freezing and thawing resistance. Also, the both compressive strength and freezing and thawing resistance increased with natural jute fiber volume fraction up to 0.1 % and then decreased with fiber volume fraction at 0.2 %.

Keywords: blast furnace slag cement, freezing and thawing, compressive strength, non-sintering inorganic binder, porous vegetation concrete, void ratio

1. 서 론

다공성 식생콘크리트는 생태복원 등에 다양하게 적용되었다. 다공성 식생콘크리트는 공극내부에 보수성과 영양분의 충전 기술을 도입하여 식물의 성장을 원활하게 유도한 콘크리트이다 (Sung and Kim, 2002, 2003; Park et. al., 2002; Kim et. al., 2013; Lee et. al., 2011). 현재 다공성 식생콘크리트는 시멘트의 일정량을 고로슬래그 미분말 등 산업부산물로 치환하고, 잔골재를 사용하지 않고 굵은골재를 사용하여 콘크리트의 공극을 형성시키고 있다 (Kim et al., 2010; Park and Lim, 2000; Oh et. al., 2013). 최근 들어서는 친환경을 고려하여 시멘트를 일정량 치환하는 대신에 알칼리 활성화재를 이용한 콘크리트 (Kim et. al., 2013; Oh et. al., 2014; Yang et. al., 2011), 비소성 무기결합재를 이용한 다공성 식생콘크리트 등 시멘트를 사용하지 않은 무시멘트 다공성 식생콘크리트

에 대한 연구도 진행되어 다양한 성과를 달성하고 있다 (Kim et. al., 2014). 일반적으로 비소성 무기결합재는 순환자원의 소량 단순 물리적 치환에 의한 원가절감 및 중량재 개념으로 사용되어왔다 (Kim and Song, 2013). 그러나 최근 들어서는 자극제의 활성화 메커니즘을 이용한 화학적 결합 (geopolymerization, 포졸란 반응유도)을 유도하여 제조한 비소성 무기결합재 제품이 개발되어 단순 치환재가 아닌 시멘트 대체 재료로의 사용이 적극 검토되고 있다 (Kim and Song, 2013; Kim et. al., 2014). 또한 환경적 측면과 자원재활용 측면에서 산업부산물의 재활용 연구가 진행되고 있다 (Cho et. al., 2012a, b; Choi et. al., 2001; Kim et. al., 2013; Mun et. al., 1997; Youn et. al, 2009). 콘크리트 산업에서도 시멘트 생산 시 발생하는 이산화탄소의 배출량을 줄이고 친환경 제품을 개발하려는 연구가 진행되어 많은 성과를 내고 있다 (Han and Yong, 2009; Kim et. al., 2013). 비소성 무기결합재의 적용은 자원재활용 및 이산화탄소 배출량을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 비소성 무기결합재를 적용한 다공성 식생콘크리트에 대한 연구를 실시하고자 한다. 또한 일반적으로 다공성 식생콘크리트는 콘크리트에서 차지하는 공극률이 많기 때문에 역학적 성능 및 내구성이 감소한다 (Kim et. al., 2013). 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 폴리머 및 보강섬유의 첨가 등을 통하여 식생 능력과 함께 물리·역학적 특성 및 내구성능을 향상시키는 방향으로 진행되었다 (Youn et al., 2009; Kim, et. al., 2010; Kim et. al., 2013). 보강섬유는 콘크

* Research institute of technology, Nature and Environment Co. Ltd

** Department of environmental engineering Andong national university

*** Department of rural construction engineering, Kongju national university

† Corresponding author

Tel.: +82-41-330-1266 Fax: +82-41-330-1269

E-mail: cgpark@kongju.ac.kr

Received: January 12, 2015

Revised: March 3, 2015

Accepted: March 3, 2015

리트의 파괴가 진행되는 과정에서 인발 (pull out), 가교 (bridging) 및 섬유파괴 (fiber fracture) 작용을 통하여 균열의 발생 및 성장을 조절함으로써 역학적 성능 및 내구성능을 향상시킨다 (Lee and Park, 2014a; Lee and Park, 2014b). 따라서 다공성 식생콘크리트의 물리·역학적 성능 향상과 더불어 동결-융해 저항성을 확보할 가능성이 높다. 본 연구에서는 시멘트를 대체하여 비소성 무기결합재를 적용한 다공성 식생콘크리트의 물리, 역학적 특성 및 내구성에 미치는 자연마섬유의 효과를 평가하였다. 자연마섬유는 체적비 (fiber volume fraction; %)로 각각 0.0 %, 0.1 % 및 0.2 %를 혼입하였다.

II. 사용재료 및 방법

1. 사용재료

가. 고로슬래그시멘트 및 굵은골재

본 연구에서는 국내 S사에서 생산되는 고로슬래그시멘트를 사용하였다. 시멘트의 밀도는 3.05 g/mm^3 이며, 굵은골재는 밀도 2.65 g/mm^3 , 최대치수 25 mm의 쇄석을 사용하였다. 굵은골재의 물리적 특성은 Table 1과 같다.

나. 비소성 무기결합재

비소성 무기결합재는 이산화탄소 무배출형 재료로 열병합 발전소의 석탄연소 보일러에서 발생하는 소각잔재인 고칼슘 플라이애시를 알칼리 자극재로 혼합함으로써 Free CaO의 성분에 의한 흡수, 발열 및 팽창성능을 가지고 있다. 또한 고칼슘 플라이애시 이외에 고로슬래그 및 기타 순환자원을 원료로 하여 분쇄, 분급, 혼합공정으로 제조된 것이다. 비소성 무기

Table 1 Physical properties of coarse aggregate

Maximum size (mm)	Density (g/mm^3)	Absorption (%)	F.M
25	2.65	0.35	6.92

Table 2 Properties of non-sintering inorganic binder

Properties	Value
Cement content	0 %
Compressive strength	40~80 MPa
Resistance of chemical environment	Above 200% of ASTM Type 1 cement
pH	9~11
Resistance of sulfate environment	Above 150% of ASTM Type 1 cement

결합재는 고온의 소성과정이 필요 없기 때문에 CO_2 의 배출이 없는 친환경 제품이다. Table 2는 비소성 무기결합재의 특성을 나타낸다. Table 2에서 ASTM Type 1 시멘트는 1종 보통 포틀랜드시멘트를 나타낸다.

다. 섬유보강재

본 연구에서는 비소성 무기결합재 다공성 식생콘크리트의 성능을 향상시키기 위하여 보강섬유를 적용하였으며, 보강 섬유로는 자연섬유인 마섬유를 적용하였다. 마섬유의 물리·역학적 특성 및 형상은 Table 3 및 Fig. 1과 같다.

2. 배합설계

섬유보강 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 성능을 평가하기 위하여 Table 4와 같은 배합을 실시하였다. 비소성 무기결합재는 시멘트를 대체하여 100 % 적용하였고, 기존 다공성 식생콘크리트에 많이 적용하는 고로슬래그시멘트를 결합재로 사용하였다. 물-시멘트비는 0.288을 적용하였고 목표 성능은 환경표지 기준인 압축강도 10 MPa 이상, 공극률 25 % 이상을 기준으로 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 성능에 미치는 보강섬유의 효과를 평가하였다.

3. 실험방법

가. 공극률

섬유보강 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 공극률을

Table 3 Properties of natural jute fibers

Elastic modulus (GPa)	Density (g/mm^3)	Fiber length (mm)	Fiber diameter (mm)	Tensile strength (MPa)	Surface
61	1.26	3	0.015	510	Hydrophilic



Fig. 1 Photo of natural jute fiber

Table 4 Mix proportion of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete

Type of mix	Water/Binder	Unit (kg/m ³)				
		Water (kg)	Binder (kg)		Aggregate (kg)	Natural Jute fiber (kg)
			BFSC*	NSB**		
BSC	0.288	91	318	—	1469	0
BSC-fiber (1.0)			318	—		1.26
BSC-fiber (2.0)			318	—		2.52
NSB			—	318		0
NSB-fiber (1.0)			—	318		1.26
NSB-fiber (2.0)			—	318		2.52

* BFSC: blast furnace slag cement

** NSB : non-sintering inorganic binder

측정하기 위하여 직경 100 mm, 높이 200 mm인 원주형 시험체를 일본콘크리트 공업협회 에코콘크리트 연구위원회의 포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안)중 용적법에 준하여 실시하였으며 재령 28일에 식 (1)을 이용하여 산출하였다.

$$P_o = \left(1 - \frac{W_2 - W_1}{V}\right) \times 100 \quad (1)$$

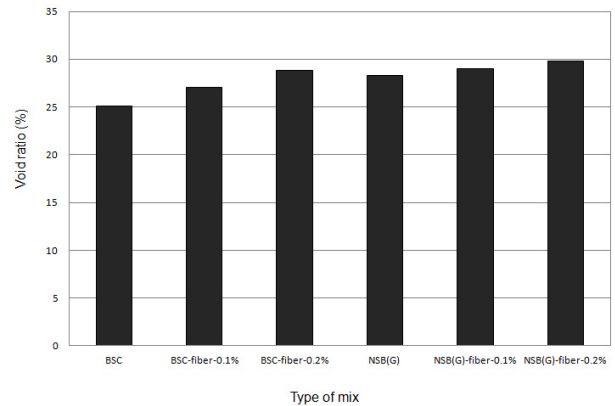
여기서, P_o : 콘크리트의 공극률 (%) W_1 : 습윤 공시체의 중량 (g) W_2 : 공기중 건조공시체의 중량 (g) V : 공시체의 체적 (m³)

나. 압축강도

섬유보강 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 강도특성을 평가하기 위하여 KS F 2405에 따른 압축강도 시험을 실시하였다. 시험은 직경 100 mm, 높이 200 mm의 공시체를 제작한 후 24 시간 동안 20±2 °C, 상대습도 약 58 %에서 초기 양생을 실시한 후에 탈형하여 20±2 °C의 양생실에서 28일 수중양생을 실시한 후 측정하였다.

다. 동결융해저항성

자연마섬유가 비소성 무기결합재 다공성 콘크리트의 동결융해 저항성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 본 연구에서는 재령 28일에 KS F 2456 규정에 따라 동결융해 반복시험을

**Fig. 2** Void ratio of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete

실시하였다. 동결융해 반복 시험은 온도를 4 °C에서 -18 °C로 떨어뜨리는 동결 작용과 다시 4 °C로 올리는 융해작용을 반복을 100회 반복하였으며 그 후 압축강도 시험을 실시하여 잔류 압축강도를 측정하였다. 동결융해시험은 상대동탄성계수를 측정하나 다공성 식생콘크리트의 특성상 동탄성계수 측정이 어렵기 때문에 환경표지인증 EL 245 투수콘크리트 제품, EL 745 용벽·타일·판재류, 한국콘크리트공업협동조합연합회의 단체표지인증 SPS-KCIC0001-0703에 동결융해 100회 반복 후 압축강도를 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 공극률

환경표지인증 제도에서는 다공성 콘크리트의 공극률을 25 % 이상으로 규정하고 있다. 본 연구에서도 배합설계 시 공극률을 25 % 이상으로 설정하였고, 목표 공극률도 25 %로 설정하였다. 일반적으로 다공성 식생콘크리트의 공극률은 식물의 성장과 밀접한 관계를 가지고 있다. 식물의 성장은 공극률이 증가할수록 잘 자란다(Park et al., 2002). 자연마섬유의 혼입률에 따른 비소성 무기결합재를 사용한 다공성 식생콘크리트의 공극률시험결과는 Fig. 2와 같다. 고로슬래그시멘트를 사용하고 자연마섬유를 혼입하지 않은 배합을 제외하고는 모든 배합에서 목표 공극률 25 % 이상을 만족하는 결과를 보였다. 또한 자연마섬유의 혼입률이 증가할수록 공극률이 증가하고 있다. 이와 같은 이유는 자연마섬유의 혼입률이 증가할수록 결합재인 고로슬래그시멘트와 비소성 무기결합재가 흘러내려 공극을 채우는 현상을 방지하기 때문이다. 또한 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다는 비소성 무기결합재를

사용한 배합이 공극률이 더 큰 결과를 보여주었다. 이와 같은 실험결과를 볼 때 비소성 무기결합재를 다공성 식생콘크리트에 적용하는 경우 환경표지 인증에서 요구하는 공극률 기준을 만족할 수 있고, 천연 마섬유는 다공성 식생콘크리트의 공극률 증가에 효과적이라는 것으로 알 수 있다.

2. 압축강도

본 연구에서는 환경표지 인증 규정을 기본으로 하여 목표 강도를 10 MPa 이상으로 설정하였다. 일반적으로 다공성 콘크리트의 압축강도는 많은 공극을 가지고 있어 동일한 단위 시멘트량을 사용한 일반 콘크리트와 비교하여 현저히 작다 (Park and Lim, 2000; Kim et. al., 2014). 자연마섬유의 혼입률에 따른 비소성 무기결합재 다공성 식생콘크리트의 압축강도 시험 결과는 Fig. 3과 같다. 압축강도 시험결과 환경표지 인증에서 제시하고 있는 재령 28일 기준 10 MPa 이상은 비소성 무기결합재를 사용하고, 자연마섬유를 0.2 % 적용한 배합을 제외하고는 모든 배합에서 만족하였다. 비소성 무기결합재를 사용한 다공성 식생콘크리트 보다는 고로슬래그시멘트를 적용하였을 때 보다 압축강도가 크게 나타났으며, 자연마섬유의 혼입률은 0.1 %까지는 압축강도가 증가하나 0.2 %에서는 압축강도가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한 7일 강도 발현 현상을 보면 고로슬래그시멘트를 사용한 경우가 비소성 무기결합재를 적용한 배합보다 크게 나타났다. 일반적으로 고로슬래그를 적용하면 초기강도 발현이 지연되는 유사 포졸란 현상이 발생하는데 고로슬래그를 함유하고 있는 시멘트인 고로슬래그시멘트 또한 초기강도 지연현상이 발생 한다 (Cho et. al., 2012). 따라서 고로슬래그시멘트를 사용한 경우가 초기강도 저하 현상이 발생한다고 보면 비소성 무기결합재를 적용한 경우는 고로슬래그시멘트 보다 초기강도가 더

낮은 결과를 보여 주었다. 이와 같은 결과는 비소성 무기결합재 역시 포졸란 재료인 플라이애시를 주요 원료로 하기 때문에 포졸란 재료로서 강도 발현의 지연효과가 발생하는 것으로 보인다. 그러나 기존 비소성 무기결합재료를 사용한 연구에서는 비소성 무기결합재를 적용하면 초기강도 발현이 우수한 결과를 제시하고 있다 (Kim and Song, 2013). 따라서 비소성 무기결합재의 경우 아직까지는 플라이애시의 품질이 안정화되지 않았기 때문에 플라이애시의 품질에 따라 전체적으로 영향을 받는 것으로 보인다. 자연마섬유 혼입률 0.1 %에서는 굵은골재와 굵은골재의 부착계면에서 결합재의 흘러내림을 방지하는 효과가 있어 계면강화에 의한 압축강도의 증가효과가 발생하였다. 또한 계면에서 발생할 수 있는 균열을 천연마섬유가 억제함으로써 압축강도가 증가의 효과가 나타났다. 그러나 자연마섬유 보강재의 혼입률 0.2 %의 경우 압축강도 감소하는 결과를 보였는데 이와 같은 결과는 섬유의 뭉침 현상 때문에 발생하는 결과이다. 섬유의 뭉침 현상이 발생하면 뭉침 현상이 발생한 부분에서 강도가 취약하게 되고 균열이 발생하기 때문에 강도의 감소가 발생한다. 본 연구에서 실시한 배합은 섬유보강 비소성 다공성 식생콘크리트를 제조 시 건식 제조공정으로 제조할 수 있게 선정한 배합으로 유동성이 거의 없다. 따라서 섬유의 뭉침 현상이 발생할 확률이 매우 높으며, 자연마섬유의 혼입률 0.2 %에서는 섬유의 뭉침 현상이 발생하여 압축강도를 감소하는 결과를 나타낸 것으로 보인다. 특히 파괴된 공시체의 표면에서 섬유가 뭉쳐있는 것이 관찰되어 섬유의 뭉침 현상이 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

3. 동결융해저항성

동결융해 저항성 (100 cycle) 시험결과는 Fig. 4~5에 나타내었다. 28일 재령 후 100 cycle의 동결융해 반복 후 압축강도는 섬유의 혼입률, 고로슬래그시멘트, 비소성 무기결합재 사용 여부에 상관없이 모두 감소하는 결과를 보였다. 또한 동결융해 반복 후 잔류 압축강도는 고로슬래그시멘트를 사용한 경우가 비소성 무기결합재를 사용한 경우보다 약간 작은 압축강도 감소를 보였으나 거의 유사한 결과를 나타냈다. 자연마섬유 보강재의 혼입률에 따른 잔류 압축강도는 섬유의 혼입률에 따라 영향을 받았다. 섬유의 혼입률 0.1 %에서는 잔류 압축강도가 가장 크게 나타났으며, 0.2 %에서 잔류 압축강도가 약 80 %를 나타냄으로써 섬유를 혼입하지 않은 배합과 비교하여 우수한 동결융해 저항성을 확보할 수 있었다. 이와 같은 결과는 일반적으로 공극률이 큰 다공성 콘크리트의 경우 압축강도의 감소가 현저하지만 자연마섬유가 굵은골재와 굵은골재 사이의 계면에서 동결융해 반복으로 발생하는 균열의 발생 및 성장을 억제하고, 자연마섬유가 친수성 재료로서 결

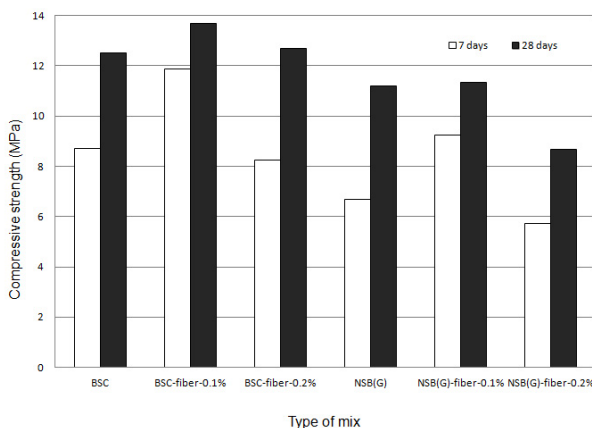


Fig. 3 Compressive strength of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete

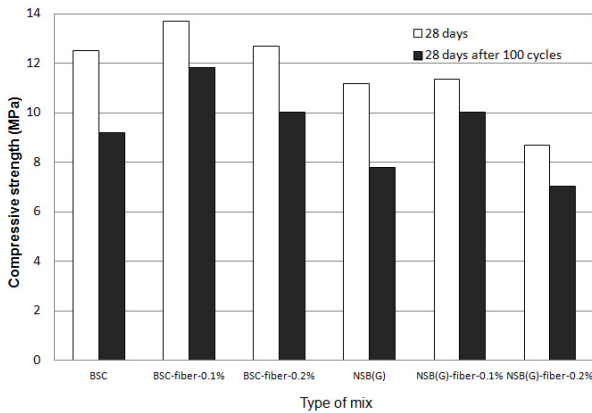


Fig. 4 Compressive strength of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete after repeated freezing and thawing cycles

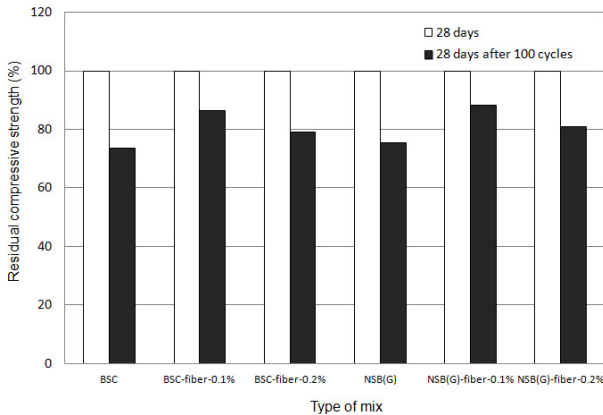


Fig. 5 Residual compressive strength of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete after repeated freezing and thawing cycles

합재와 강한 수소결합에 의한 부착력이 우수하기 때문에 부착계면을 강화하는 효과가 있기 때문이다. 따라서 자연마섬유의 혼입은 비소성 무기결합재 다공성 식생 콘크리트의 성능을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

4. 압축강도와 공극률과의 관계

압축강도와 공극률사이의 관계는 Fig. 6과 같다. 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다는 비소성 무기결합재를 사용한 경우가 공극률이 크며, 섬유 혼입률이 증가할수록 공극률이 증가하는 결과를 보였다. 일반적으로 공극률이 증가하면 압축강도는 감소하는 결과를 나타낸다(Kim et al., 2010). 본 연구에서도 고로슬래그시멘트를 사용한 경우가 비소성 무기결합재를 사용한 경우를 비교하면 공극률이 큰 비소성 무기결합재 다공성 식생콘크리트의 압축강도가 고로슬래그시멘트

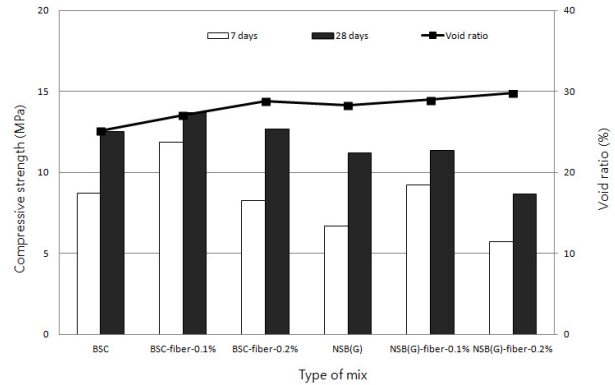


Fig. 6 Relationship between compressive strength and void ratio of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete

다공성 식생콘크리트 보다 압축강도가 작은 결과를 보였다. 그러나 자연마섬유의 혼입률에 따른 결과를 보면 섬유를 사용하지 않은 배합과 비교하여 자연마섬유를 사용한 0.1 %에서는 압축강도와 공극률이 모두 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 자연마섬유가 친수성 섬유로서 결합재의 흘러내림을 방지하여 결합재가 공극을 채우는 현상을 방지하는 동시에 골재와 결합재사이의 계면에서 발생하는 균열의 발생 및 성장을 억제하기 때문에 공극률과 압축강도가 모두 증가하는 효과가 나타났다. 그러나 섬유 혼입률 0.2 %에서는 결합재의 흘러내림을 방지하는 효과는 증가하지만 섬유의 뭉침 현상으로 부착계면을 약화시키는 효과가 발생하여 공극률은 증가하지만 압축강도는 감소하는 결과가 나타났다.

5. 공극률과 동결융해저항성과의 관계

동결융해 100회 반복 후 압축강도와 공극률사이의 관계는 Fig. 7 및 8과 같다. 고로슬래그시멘트와 비소성 무기결합재를 사용한 후 다공성 식생콘크리트의 공극률과 동결융해 반복 후 압축강도를 비교해보면 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다 비소성 무기결합재를 사용한 경우가 공극률은 크지만 압축강도는 작은 결과를 보여주었다. 그러나 잔류압축강도를 비교해 보면 비소성 무기결합재를 사용한 경우가 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다 잔류압축강도가 약간 크거나 거의 동등한 결과를 보였다. 그러나 공극률은 비소성 무기결합재를 사용한 경우가 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다 우수한 결과를 보였다. 따라서 공극률이 크면서 잔류압축강도가 큰 비소성 무기결합재 다공성 식생콘크리트가 고로슬래그시멘트 다공성 식생콘크리트를 대체하여 적용할 수 있을 것이다. 또한 자연마섬유를 적용한 경우가 공극률이 크면서도 동결융해 저항성이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 특히 자

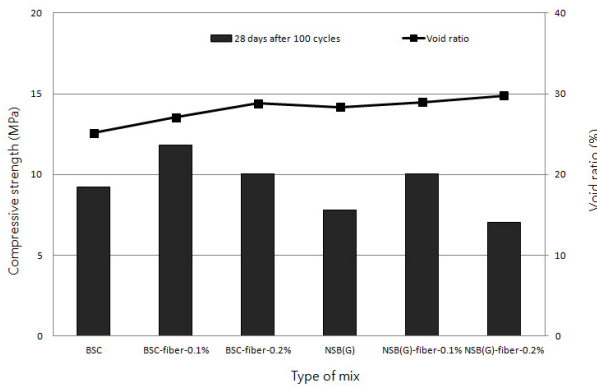


Fig. 7 Relationship between compressive strength and void ratio of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete after repeated freezing and thawing cycles

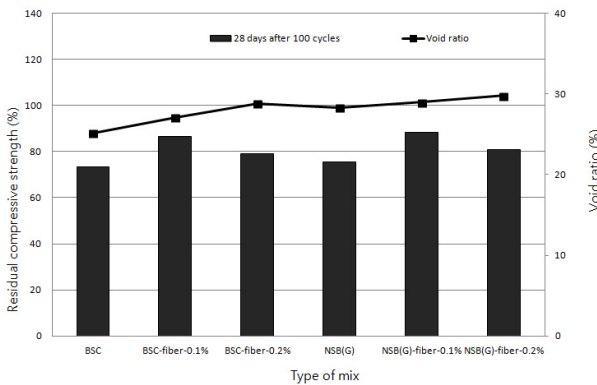


Fig. 8 Relationship between residual compressive strength and void ratio of natural jute fiber reinforced non-sintering inorganic binder porous vegetation concrete after repeated freezing and thawing cycles

연마섬유 혼입률 0.1 %에서 공극률과 동결융해 반복 후 잔류 압축강도가 가장 우수하게 나타났다.

IV. 결 론

본 연구에서는 비소성 무기결합재 다공성 식생콘크리트의 공극률, 압축강도 및 동결융해저항성을 향상시키기 위하여 자연마섬유의 효과를 평가하였다. 시험결과를 이용한 결론은 다음과 같다.

1. 공극률 시험결과 환경표지인증에서 제시하고 있는 공극률 25 % 이상은 모든 배합에서 만족하였다. 또한 자연마섬유 혼입률이 증가할수록 공극률은 증가하는 결과를 보였다.

따라서 천연마섬유의 혼입은 고로슬래그시멘트 및 비소성 무기결합재 식생콘크리트의 공극률 향상에 효과가 있다.

2. 압축강도 시험결과 환경표지인증에서 제시하고 있는 재령 28일 압축강도 10 MPa 이상은 자연마섬유 혼입률 0.2 %를 제외하고는 모두 만족하는 결과를 보였다. 자연마섬유 0.1 %를 혼입하면 압축강도는 증가하나 섬유 혼입률 0.2 %에서는 압축강도가 감소하는 결과를 나타냈다.
3. 동결융해저항성 시험결과 자연마섬유를 혼입하면 잔류압축강도 증가하는 결과를 보여주었다. 또한 비소성 무기결합재를 사용한 경우가 고로슬래그시멘트를 사용한 경우보다 잔류압축강도가 증가하는 경향을 보였다.
4. 공극률과 압축강도와의 관계를 보면 공극률이 증가하면 압축강도가 감소하게 되는데 자연마섬유 혼입률 0.1 %에서는 공극률과 압축강도가 모두 증가하는 결과를 나타냈다. 따라서 자연마섬유를 0.1 % 혼입하면 공극률과 압축강도의 향상에 모두 효과가 있다는 것을 알 수 있었다.
5. 공극률과 동결융해 반복 후 잔류압축강도와의 관계를 보면 공극률이 증가할수록 잔류압축강도는 감소하지만 자연마섬유를 혼입하면 공극률이 증가하여도 잔류압축강도가 증가하는 결과를 보였다. 특히 섬유 혼입률 0.1 %에서 잔류압축강도와 공극률이 모두 가장 우수한 결과를 보였다.

사 사

본 연구는 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비 지원 (14TBIP-C073993-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Cho, C.G., H.J. Lim, K.H. Yang, J.K. Song and B.Y. Lee, 2012. Basic mixing and mechanical tests on high ductile fiber reinforced cementless composites. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 24(2): 121-127 (in Korean).
2. Cho, C.G., B.J. Kim, K.H. Yang and J.K. Song, 2012. Strength development of blended sodium alkali-activated ground granulated blast-furnace slag (GGBS) mortar. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 24(2): 137-145 (in Korean).
3. Choi, H.Y., M.H. Kim, H.Z. Hwang and S. W. Choi, 2001.

- Experimental study on the properties of concrete by the kinds of admixture and the replacement ratios of activated hwangtoh. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 13(2): 123-129 (in Korean).
4. Han, S.H. and M.J. Yong, 2009. The future of concrete admixture industry for low carbon, green growth. *Magazine of Concrete Research*, 21(4): 41-43.
5. Kim, H.H., S.M. Kang, J.S. Park, S.W. Park, J.H. Jeon, J.H. Lee, S.S. Cha and C.G. Park, 2010. Performance evaluation of porous hwang-toh concrete using blast furnace slag cement. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 52(3): 9-17 (in Korean).
6. Kim, D.H., C.S. Kim and C.G. Park, 2013. Physical and mechanical properties of non-cement porous concrete with alkali-activator contents. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 52(3): 9-17 (in Korean).
7. Kim, Y.R. and Y.C. Song, 2013. Manufacturing technology of mortar compound for floor using non-sintering inorganic binder, *Magazine of Recycled Construction Resource Institute* 8(2): 30-34 (in Korean).
8. Kim, H.H., C.S. Kim, J.H. Jeon and C.G. Park, 2014. Physical, mechanical properties and freezing and thawing resistance of non-cement porous vegetation concrete using non-sintering inorganic binder. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 56(5): 37-44 (in Korean).
9. Lee, J.Y., J.S. Park and C.G. Park, 2011. Effect of reinforcing fiber on mechanical properties and chemical resistance of porous concrete with hwang-toh. *Journal of the Korea Society of Civil Engineers* 55(4): 65-72 (in Korean).
10. Lee J.Y. and C.G. Park, 2014. Strength, permeability, and durability of hybrid fiber-reinforced concrete containing styrene butadiene latex. *Journal of Applied Polymer Science*, 29(3): 1499-1505.
11. Lee, J.W. and C.G. Park, 2014. Effect of nanosilica and silica fume content on the bond properties of macro-synthetic fibre in cement-based composites. *Magazine of Concrete Research*, 65(3): 148-157.
12. Mun, H.Y., S.J. Jung and N.K. Lim, 1997. Blast furnace slag aggregate. *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 9(6): 18-22 (in Korean).
13. Oh, R.O., C.S. Kim, H.H. Kim, J.H. Jeon, W.S. Kwon and C.G. Park, 2013. Physical, mechanical and temperature properties of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 55(4): 65-72 (in Korean).
14. Oh, R.O., S.S. Cha, S.Y. Park, H.J. Lee, S.W. Park and C.G. Park, 2014. Mechanical properties and water purification characteristics of natural jute fiber-reinforced non-cement alkali-activated porous vegetation blocks. *Paddy and Water Environment*. 12(Supp. 1): S149-S156 (in Korean).
15. Park, S.B., B.C. Lee, J.H. Kim and D.Y. Yun, 2002. Planting-ability valuation of porous concrete using industrial by-products, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 14(4): 623-629 (in Korean).
16. Park, S.B and C.D. Lim, 2000. Concrete for planting, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 12(5): 38-42 (in Korean).
17. Sung, C.Y. and Y.I. Kim, 2002. Experimental study on pH reduction by neutralization treatment and curing methods of porous concrete for planting. *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 44(2): 99-106 (in Korean).
18. Sung, C.Y. and Y.I. Kim, 2003. Experimental study on development of plantable concrete block using rice straw ash and application for inclined plane, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 45(3): 107-114 (in Korean).
19. Youn, J.N., C.Y. Sung and Y.I. Kim, 2009. Physical and mechanical properties of porous concrete using waste activated carbon, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 51(2): 21-27 (in Korean).
20. Yang, K.H., J.K. Song and K.H. Lee, 2011. A stress-strain relationship of alkali-activated slag concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 23(6): 765-772 (in Korean).

Article

Plant Growth and Water Purification of Porous Vegetation Concrete Formed of Blast Furnace Slag, Natural Jute Fiber and Styrene Butadiene Latex

Hwang-Hee Kim ¹ and Chan-Gi Park ^{2,*}

¹ Research Institute of Technology, Nature and Environment Co. Ltd., 116-28 Boheung-1Gil, Kongju 32533, Korea; hwanghekim@hanmail.net

² Department of Rural Construction Engineering, Kyoungju National University, 54 Daehak Street, Yesan 32439, Korea

* Correspondence: cgpark@kongju.ac.kr; Tel.: +82-41-330-1266; Fax: +82-41-330-1269

Academic Editor: Vincenzo Torretta

Received: 29 February 2016; Accepted: 15 April 2016; Published: 20 April 2016

Abstract: The purpose of this study is to investigate porous vegetation concrete formed using the industrial by-products blast furnace slag powder and blast furnace slag aggregates. We investigated the void ratio, compressive strength, freeze–thaw resistance, plant growth and water purification properties using concretes containing these by-products, natural jute fiber and latex. The target performance was a compressive strength of ≥ 12 MPa, a void ratio of $\geq 25\%$ and a residual compressive strength of $\geq 80\%$ following 100 freeze–thaw cycles. Using these target performance metrics and test results for plant growth and water purification, an optimal mixing ratio was identified. The study characterized the physical and mechanical properties of the optimal mix, and found that the compressive strength decreased compared with the default mix, but that the void ratio and the freeze–thaw resistance increased. When latex was used, the compressive strength, void ratio and freeze–thaw resistance all improved, satisfying the target performance metrics. Vegetation growth tests showed that plant growth was more active when the blast furnace slag aggregate was used. Furthermore, the use of latex was also found to promote vegetation growth, which is attributed to the latex forming a film coating that suppresses leaching of toxic components from the cement. Water purification tests showed no so significant differences between different mixing ratios; however, a comparison of mixes with and without vegetation indicated improved water purification in terms of the total phosphorus content when vegetation had been allowed to grow.

Keywords: by-product materials; blast furnace slag aggregates; latex; void ratio; plant growth; porous vegetation concrete; water purification

1. Introduction

Ecosystem restoration has received growing attention in recent years, and there have been many and diverse investigations of the properties of concretes, including porous vegetation concrete [1–4]. Plant growth is inhibited in concrete because of the limited space for rooting and sprouting, the low water permeability and retentivity, and the low nutrient content [5–8]. Porous vegetation concrete allows water and nutrients to be supplied, enabling plant growth [9–11]. Also, CO₂ emissions are becoming an increasingly pressing concern because of the threat of global warming [5,12,13]. The concrete industry is seeking measures to reduce CO₂ emissions, as CO₂ emissions from cement manufacturing contribute to about 5%–15% of global CO₂ emissions [12–14]. Therefore, a significant reduction in cement use would be an effective way to reduce CO₂ global emissions [13]. The CO₂ emissions associated with the production of 1 ton of cement are approximately 870 kg, and methods to

reduce the use of cement in concrete are urgently required [5,13]. If cement could be replaced with blast furnace slag cement, it would be particularly effective in reducing global CO₂ emissions [13,14].

Crushed stones are widely used as aggregates in the production of concrete; however, there are a number of environmental problems (destruction of natural rock, rock mountain, and forest resources, *etc.*) associated with this technique, and other aggregates are being sought [11,15]. Blast furnace slag aggregates are a by-product of the steel industry; if they could be used as a substitute for crushed stone, they would be particularly effective for resource-recycling.

There have been a number of investigations of the use of porous vegetation concrete for river revetments, obtaining a vegetation effect as well as a water purifying effect [6–8,16,17]. Here, blast furnace slag powder was used, with a mixing ratio of up to 60% of the mass of cement. This study investigated the effects on the physical and mechanical properties of porous concrete, as well as the water purification performance. This study also investigated the addition of styrene butadiene (SB) latex and natural jute fiber, as well as the substitution of crushed aggregates with coarse blast furnace slag aggregates.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

The blast furnace slag cement used in this study had a 60% substitution rate of blast furnace slag; its physical properties are listed in Table 1. The blast furnace slag aggregates exhibited a grain size in the range 8–25 mm, as shown in Figure 1, and the physical properties of the blast furnace slag aggregate are listed in Table 2. During steel production, blast furnace slag aggregates is formed at temperatures in excess of 1500 °C. Also, Blast furnace slag aggregates does not include harmful heavy metals such as Cr or Pb [18].

Table 1. Physical properties of blast furnace slag cement.

Properties		Value
Fineness (cm ² /g)		4330
Density (kg/L)		3.02
Stability (%)		1
Setting time (Gillmore needle)	Initial set (min)	265
	Final set (hour:min)	6:15
Compressive strength (MPa)	3 day	20.6
	7 day	29.8
	28 day	54.5



Figure 1. Blast furnace slag aggregates.

Table 2. Physical properties of coarse aggregate.

Properties	Blast Furnace Slag Aggregate	Crushed Aggregate
Density (kg/L)	2.36	2.65
Water absorption ratio (%)	5	0.35
Fineness modulus	6.75	6.92

When industrial waste contaminates either underground water aquifers or surface water, serious environmental problems may result, including soil and water contamination. Therefore, it is important to carry out environmental analyses. Here, this study carried out heavy metal elution tests on the blast furnace slag aggregates according to the standard of waste process test [19], as listed in Table 3. None of the items listed in Table 3 were detected except for oil; the oily component was <0.1%, which satisfies the standard (of $\leq 5\%$). The oil is contained in the blast furnace aggregate by the machine in the course of crushing the blast-furnace slag. The crushed aggregates had a maximum size of 25 mm, and the physical properties are listed in Table 2.

Table 3. Test result of heavy metals extraction for blast furnace slag aggregate.

Test Items	Unit	Value	Remark (Standard)	
Pb	mg/L	N/A	$\leq$	3
Cr		N/A	$\leq$	1.5
Cu		N/A	$\leq$	3
Cd		N/A	$\leq$	0.3
As		N/A	$\leq$	1.5
Hg		N/A	$\leq$	0.005
CN ⁻		N/A	$\leq$	1
Organophosphorus		N/A	$\leq$	1
Trichloroethylene		N/A	$\leq$	0.3
Tetrachloroethylene		N/A	$\leq$	0.1
Oil composition	%	≤ 0.1	$\leq$	5

N/A: Non-Analysis.

Natural jute fiber is a natural material formed mostly of cellulose. When it is used as a reinforcing agent in cement, unlike artificial fibers it generates little static electricity, reduces fiber aggregation because of its excellent dispersive nature, and increases the adherence of materials because of its roughness. Furthermore, it has been reported that the application of natural jute fibers to the porous vegetation concrete increases the void ratio and the strength [4–6], which was attributed to the hydrophilic nature of jute fiber. Also, this was attributed to stronger hydrogen-bonding between the hydrophilic jute fiber and the cement paste, which increased the bonding strength between the cement paste and the blast furnace aggregate. Figure 2 shows the shape of the jute fiber used herein, and Table 4 lists its physical properties. SB latex was also used in this study. SB latex is a milky semitransparent liquid containing surfactant-coated organic polymer particles (Figure 3). The latex particles form a film during cement hydration. A semi-continuous film forms on the surface of the aggregate and thereby fills the voids. As a result, both the bond and tensile strengths increase. The properties of latex are given in Table 5.

Table 4. Properties of natural jute fibers.

Elastic Modulus (GPa)	Density (g/mm ³)	Fiber Length (mm)	Fiber Diameter (mm)	Tensile Strength (MPa)	Surface
61	1.26	3	0.015	510	Hydrophilic



Figure 2. Natural jute fibers.



Figure 3. SB latex.

Table 5. Properties of styrene butadiene (SB) latex.

Solids Content (%)	Styrene Content (%)	Butadiene Content (%)	pH	Density (g/mm ³)	Surface Tension (dyne/cm)	Particle Size (Å)	Viscosity (cps)
49	34 ± 1.5	66 ± 1.5	11.0	1.02	30.57	1700	42

2.2. Mix Proportions

The default mixing ratio was determined from a literature survey and analysis of previous studies on vegetation concrete blocks. The substitution ratio of blast furnace slag aggregate was 40%. Also, jute fibers were added 0.1% (Vol, %) and the latex was added in a quantity of about 0.02% of the blast slag cement weight. The mixing ratio was determined based on the addition of latex and natural jute fiber, as listed in Table 6. The main purpose of this study is to develop porous vegetation concrete with structural stability, in which plant growth was facilitated. The EL245 environmental declaration for water-permeable concrete products, issued by the Korean Ministry of Environment, lists the following

standards for porous vegetation concrete: a compressive strength of ≥ 12 MPa, void ratio of $\geq 25\%$ and residual compressive strength following repeated freeze–thaw cycles of $\geq 80\%$ [20]. This study aimed to comply with these standards.

Table 6. Mixture design of porous vegetation concrete.

Mix Code	Unit Weight (kg/m³)					Fiber	Latex
	Water	Blast Furnace Slag Cement	Aggregate				
			25 mm	Blast Furnace Slag			
Plain	79	306	1412	0	0	0	
BFS	79	306	847	565	0	0	
BFS-fiber	79	306	847	565	1.2	0	
BFS-latex	75	306	847	565	0	6.2	

2.3. Test Methods

2.3.1. Void Ratio

Porous vegetation concrete has pores that enable plant growth. The void ratio is a particularly important factor: a low void ratio typically leads to high strength, but does not facilitate plant growth; however, a high void ratio may lead to low strength. Therefore, it is critically important to control the void ratio. Here we investigated how the void ratio of porous vegetation concrete is affected by the addition of blast furnace slag aggregate, natural jute fibers and latex. This study investigated the void ratio using conical specimens that were 100 mm in diameter and 200 mm in height using the volumetric method provided by the Eco-Concrete Research Commission of the Japan Concrete Industrial Association. The void ratio is given by

$$P_a = 1 - \frac{W_2 - W_1}{V} \times 100 \quad (1)$$

where W_1 and W_2 are the underwater and oven-dried weights of the specimen after 28 days, respectively, and V is the volume of the specimen.

To characterize the void ratio, the conical specimens were cured for 24 h following production at 23 ± 2 °C and 58% relative humidity. The specimens were prepared such that the pores were saturated with water as much as possible (Figure 4a). After water curing for 1 day before the test, the specimens were measured based on their dry weight after measuring the weight of the water (Figure 4b). The void ratio test was performed on the six specimens from each mix proportion.

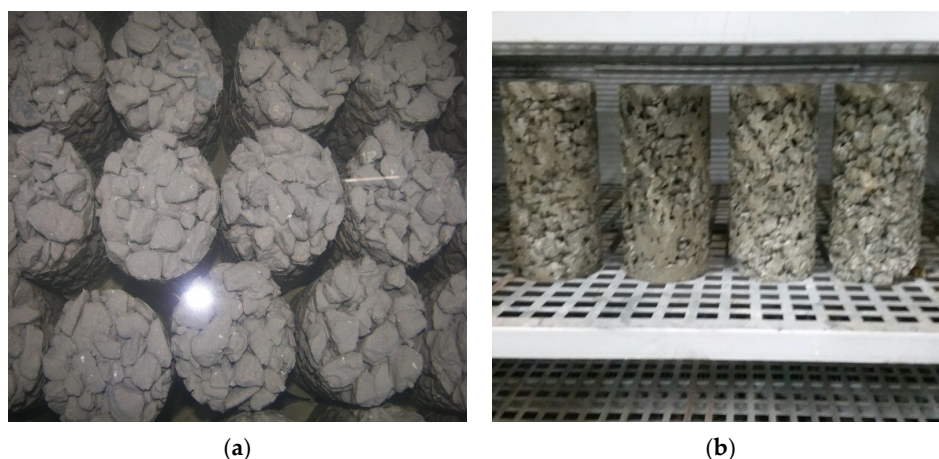


Figure 4. Void ration test specimens. (a) Wet conditions; (b) Dry conditions.

2.3.2. Compressive Strength

The compressive strength was characterized according to ASTM C39/C39M-15a [21]. Specimens of 100 mm in diameter and 200 mm in height were cured for 24 h at 23 ± 2 °C and 58% relative humidity. The samples were removed from the mold and cured in water for 28 days at 23 ± 2 °C. The compressive strength test was performed on the six specimens from each mix proportion. Figure 5 shows the compressive strength test.



Figure 5. Compressive strength test set-up.

2.3.3. Freeze–Thaw Cycles

Repeated freezing and thawing tests were carried out according to the ASTM C666/C666M-15 standard [22]. The freeze–thaw experiment was conducted by cooling the sample from 4 °C to -18 °C (4 h) then raising the temperature to 4 °C (4 h), for 100 cycles. A compressive strength test was then conducted to measure the residual compressive strength. The compressive strength test was performed on the six specimens from each mix proportions.

2.3.4. Plant Growth

With porous vegetation concrete, it is important that seeds can sprout and that plants adhere to the concrete. To analyze the vegetation capacity of the concrete, comparative tests were carried out using 200 mm (width) $\times$ 200 mm (length) $\times$ 100 mm (height) cubic specimens [6,9,23], as shown in Figure 6. To analyze of vegetation capacity, sprouting and the length of perennial ryegrass shoots (which thrive in cold and wet environments) were monitored. Then, 20 g of ryegrass seeds were sowed on each block while it was submerged underwater, as shown in Figure 7.



Figure 6. Installation of porous vegetation concrete.



Figure 7. Photo of seeding completed.

2.3.5. Water Purification

The 200 mm × 200 mm × 100 mm specimens that had been used for the vegetation analyses were subsequently used in the water purification analysis. This study analyzed the water quality before and after vegetation using a standard water pollution process test [24]. An acrylic port was formed, and the residence time was 10 min. Water with known concentrations of dissolved ammonia-nitrogen, phosphate-phosphorus, total nitrogen and total phosphorus was produced using reagents in the same manner as with the blast furnace slag aggregate water purification test. Figure 8 shows a photograph before vegetation, and Figure 9 shows a photograph after vegetation.



Figure 8. Sampling before plant.

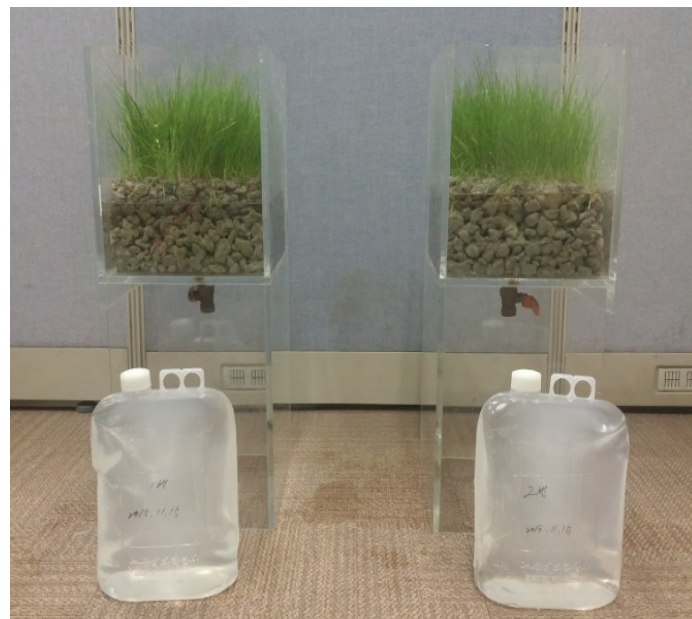


Figure 9. Sampling after plant.

3. Results and Discussion

3.1. Void Ratio

Figure 10 shows the void ratio for the four different mixes; *i.e.*, the default mix, as well as porous vegetation concrete with added blast furnace slag aggregate, with natural jute fibers and with latex. The inclusion of blast furnace slag aggregate resulted in a larger void ratio than with crushed aggregate. The larger void ratio is attributed to the blast furnace slag aggregates being more porous than crushed aggregates. The mix with natural jute fiber exhibited the largest void ratio. The specimen with added latex also exhibited an increased void ratio. The target void ratio of $\geq 25\%$ was satisfied by all mixtures except plain. Therefore, this study concludes that it is necessary to add natural jute fiber or latex or blast furnace slag aggregates to satisfy the target void ratio.

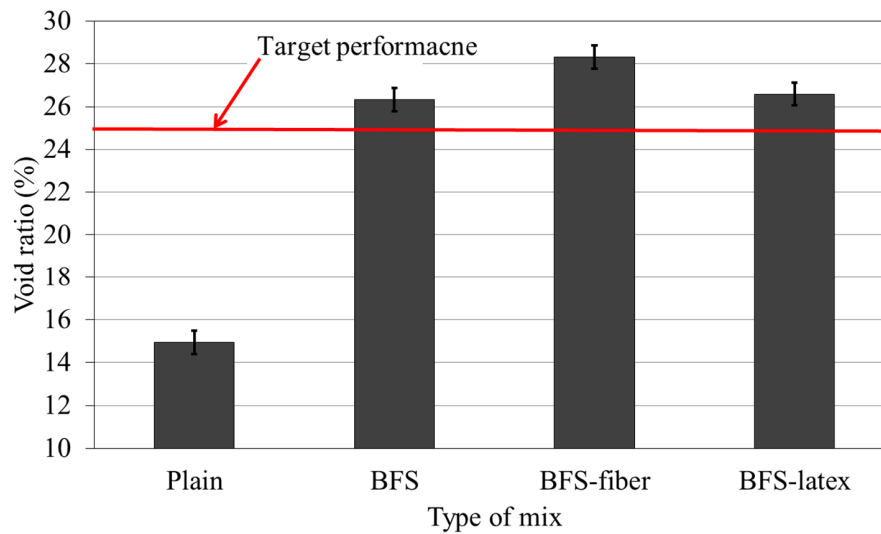


Figure 10. Void ratio result of porous vegetation concrete.

3.2. Compressive Strength

Figure 11 shows the results of the compressive strength tests. The compressive strength of the porous vegetation concrete increased when blast furnace slag aggregate was used. This is attributed to the similar pozzolanic reaction of the blast furnace slag aggregate. In previous research, blast furnace slag aggregate have been shown to have the tendency to increase strength of concrete [25]. The addition of natural jute fiber resulted in a decrease in the compressive strength. Generally, the addition of jute fiber improves the tensile and flexural strengths of porous vegetation concrete, rather than the compressive strength. This is because the fiber enhances the bond strength between materials when concrete is subjected to flexural or tensile loading [26,27]. Also, this is attributed to the low slump of the relatively dry mixture, as the porous concrete may have insufficient fluidity so that the fibers partake in balling [11]. Therefore, the compressive strength of the porous vegetation concrete is decreased [11]. The addition of latex increased the compressive strength of the porous vegetation concrete, which is attributed to an increase in the early fluidity, promoting the coating of the binder around the aggregates and hence the adherence of the aggregates. The target compressive strength of ≥ 12 MPa was satisfied by all mixtures except those containing natural jute fibers.

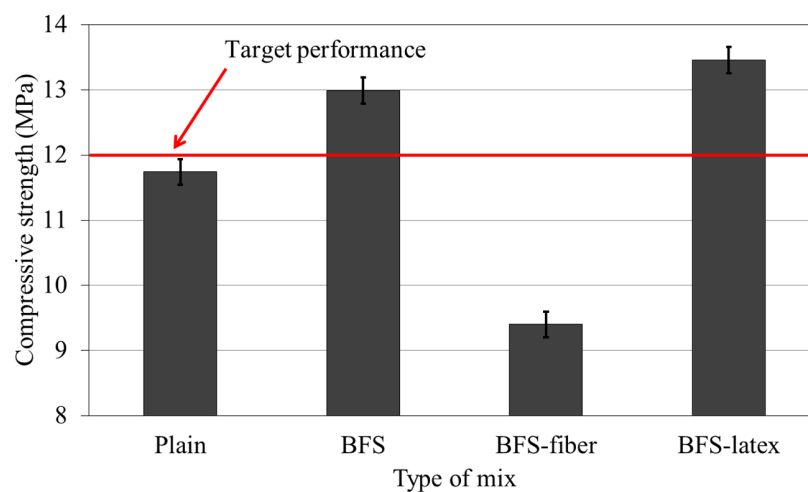


Figure 11. Compressive strength result of porous vegetation concrete.

3.3. Repeated Freezing–Thawing Cycles

Following 28 days of curing, cyclic freeze–thaw tests were carried out (100 cycles), and the compressive strength was determined. The compressive strength decreased following the freeze–thaw cycles for all mixes, as shown in Figure 12. The decrease was particularly large for the porous concretes with a large void ratio. However, the addition of natural jute fiber suppressed the generation and growth of cracks between aggregates following repeated freeze–thaw cycles. The hydrophilic nature of jute fiber improved the water purification properties and increased the adherence at the surface due to increased hydrogen bonding; it also appeared to increase the freeze–thaw resistance. The freeze–thaw resistance tests with added latex exhibited a decreased compressive strength following the repeated freeze–thaw cycles. The use of latex increased the early fluidity of the porous concrete to promote coating of the binder onto the surface of the aggregates, thereby strengthening this interface and improving the adherence of aggregates into the matrix. Because of this, the decrease in the compressive strength following the freeze–thaw tests was relatively small. Following 100 freeze–thaw cycles, the target of $\geq 80\%$ residual compressive strength was achieved by all mixtures containing blast furnace slag, natural jute fiber and latex, but not by the default mixture. Therefore, to provide freeze–thaw resistance, we should consider the use of blast furnace slag aggregate, natural jute fiber and latex.

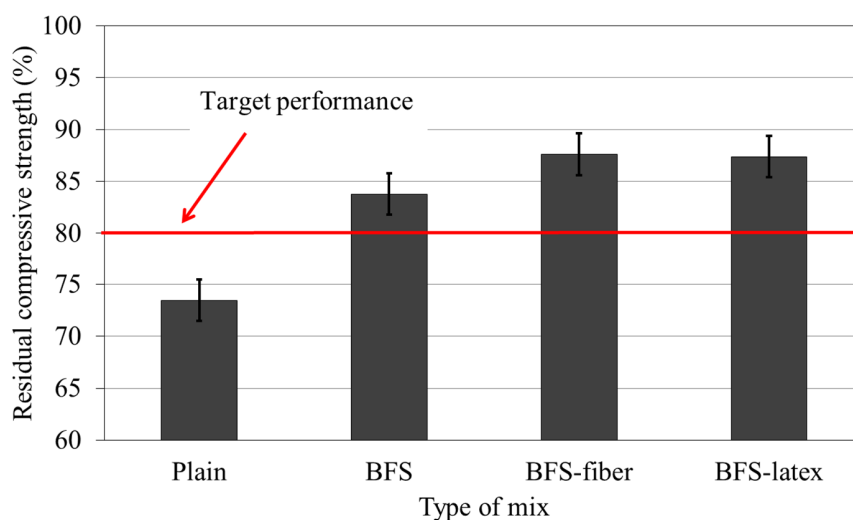


Figure 12. Repeated freezing and thawing test results result of porous vegetation concrete.

3.4. Plant Growth

Figure 13 shows the temperature and relative humidity as a function of time in the test chamber that was used to monitor vegetation. The average temperature was 25.4°C and the average relative humidity was 48.8% . The daily maximum temperature was 30°C , and the daily minimum temperature was 24°C . Two days after sowing, seeds began to sprout, as shown in Figure 14. Figure 15 shows the results of vegetation monitoring, and Figure 16 shows photographs of the grass shoots for the different samples at various times. On the third day, the length of the grass shoots was 12–13 mm. After 9 days, the length began to differ among the specimens. After 11 days, the mixture with latex exhibited the longest grass shoots (91 mm), while the default mixture had the shortest shoots (80 mm). After 25 days, the mixture with latex exhibited the longest grass (152 mm), which was 28 mm longer than that of the default mixture. The mixtures with blast furnace slag aggregate and natural jute fiber exhibited similar length grass shoots, which were approximately 10 mm longer than those of the default mixture. When blast furnace slag aggregate was used, the vegetation growth was more active. Furthermore, the use of latex promoted plant growth. This is attributed to the latex forming a coating to prevent toxic components from leaching out of the cement.

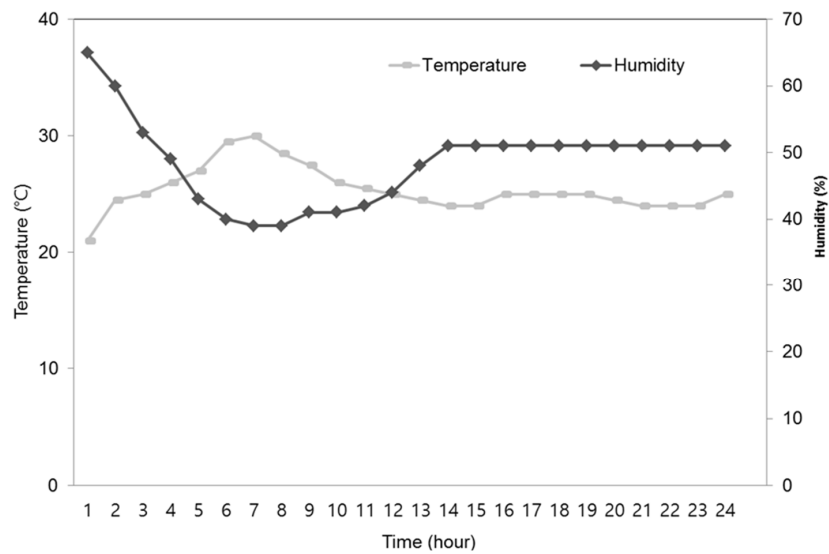


Figure 13. Graph of temperature and humidity.



Figure 14. Photo of plants germination on porous vegetation concrete.

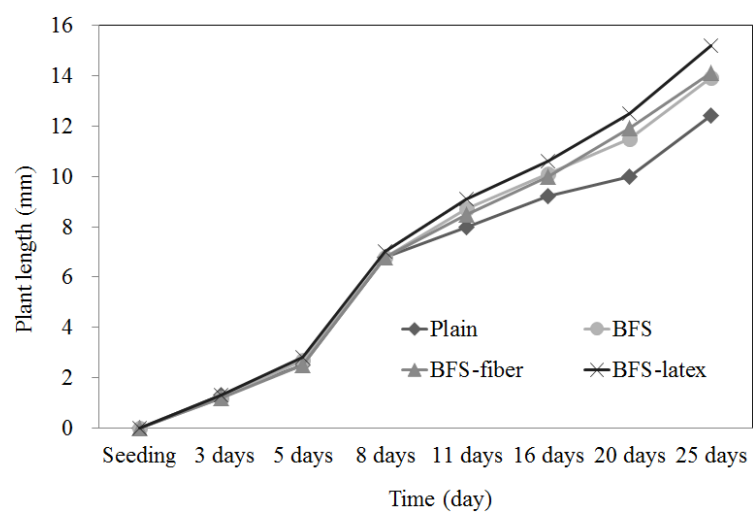


Figure 15. Graph of plants growth in laboratory.

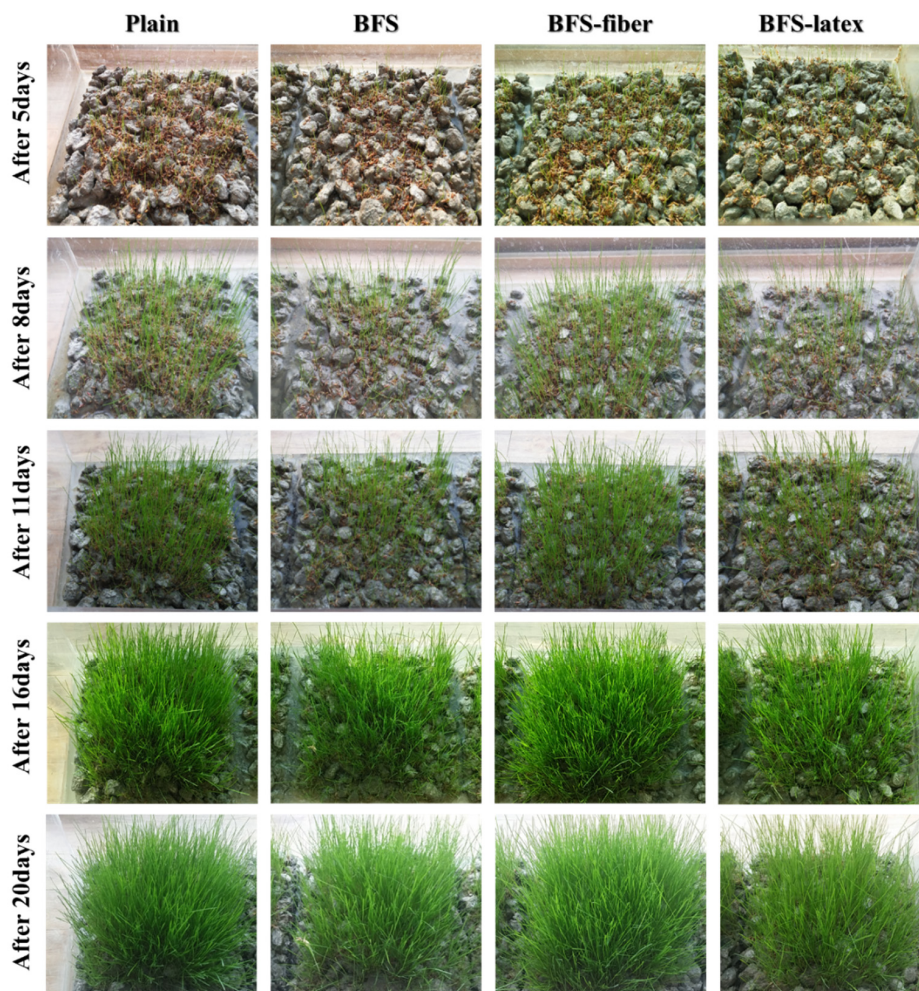


Figure 16. Photo of plants length research in laboratory.

3.5. Water Purification

Figures 17–20 show the results of the water purification tests. Following vegetation, the density of ammonia-nitrogen in the inflow water was 19.89 mg/L and that in the outflow water was in the range 17.73–18.42 mg/L, which corresponds to a treatment efficiency of 7.38%–10.85%. Following vegetation, the density of total nitrogen in the inflow water was 20.26 mg/L, and that in the outflow water was in the range 18.36–19.02 mg/L, which corresponds to a treatment efficiency of 6.14%–9.40%. The treatment efficiencies before and after vegetation were similar, and did not differ significantly among the mixtures. Following vegetation, the density of phosphate-phosphorus in the inflow water was 1.96 mg/L, and that in the outflow water was in the range 1.74–1.79 mg/L, which corresponds to a treatment efficiency of 9.57%–11.24%. The phosphate-phosphorus treatment efficiency before vegetation was in the range 18.00%–31.00%, which is significantly greater than that after vegetation. Following vegetation, the density of total phosphorus in the inflow water was 2.34 mg/L, and that in the outflow water was in the range 2.06–2.26 mg/L, which corresponds to a treatment efficiency of 6.36%–11.78%. Prior to vegetation, the total phosphorus treatment efficiency was in the range 12.66%–24.45%, which is significantly greater than that after vegetation. It appears that the residence time (10 min) was too short to obtain a significant water purification effect due to the vegetation. Furthermore, as the phosphorus materials (which are usually removed by precipitation and water purification) accumulated in the specimen during the tests without vegetation, the effects of vegetation on water purification were limited. Furthermore, we cannot exclude the possibility that residual materials were used as nutrient sources following sprouting of the seeds. The difference in treatment efficiency among the mixtures

was not significant. The porous vegetation concrete formed using the blast furnace slag aggregates exhibited the greatest water purification effect for phosphate-phosphorus and total phosphorus.

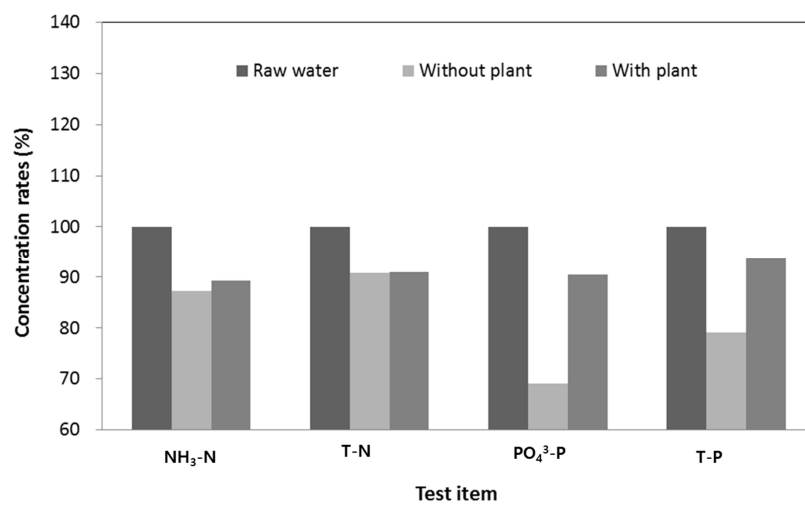


Figure 17. Ion adsorption test results of Plain mix.

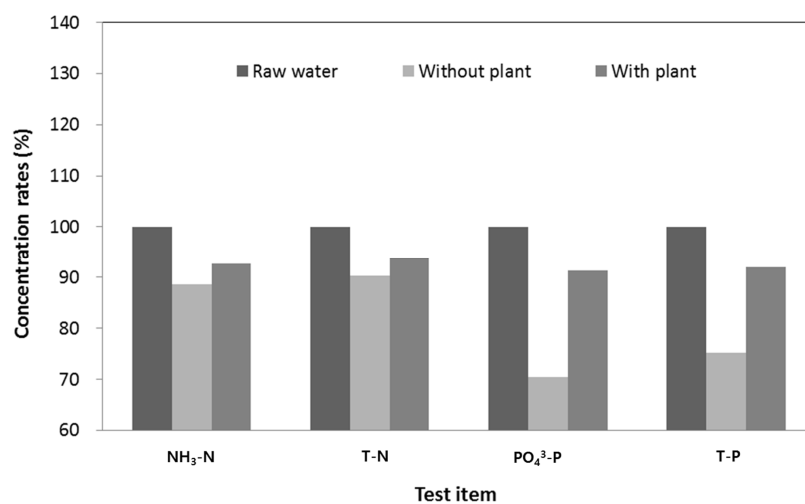


Figure 18. Ion adsorption test results of BFS mix.

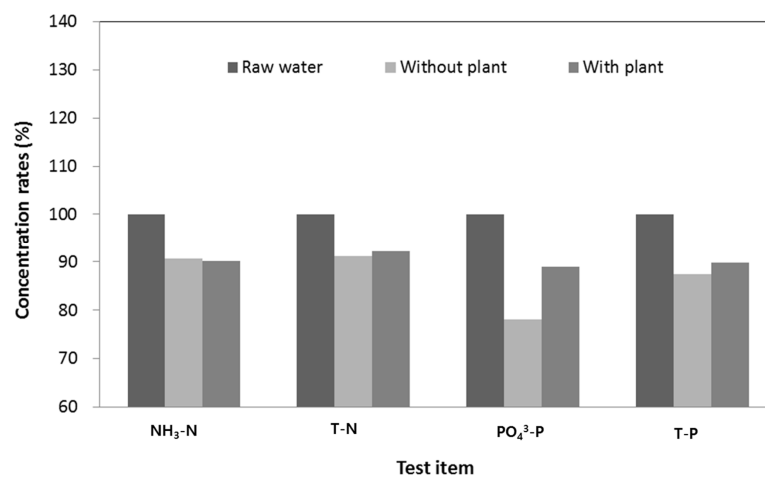


Figure 19. Ion adsorption test results of BFS-fiber mix.

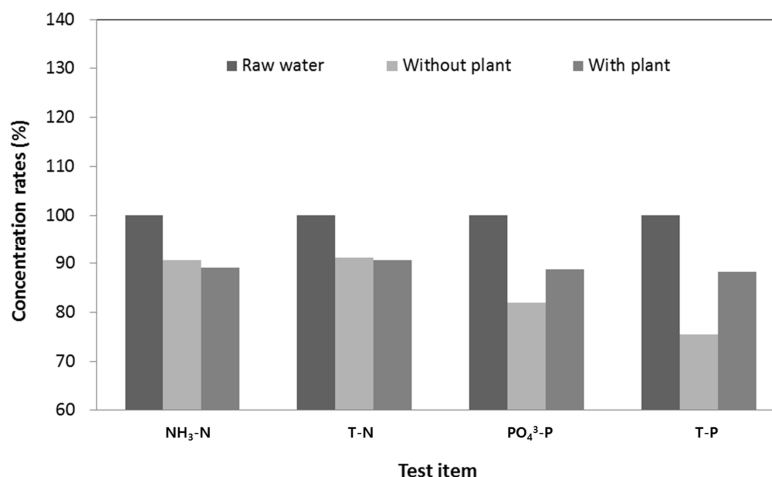


Figure 20. Ion adsorption test results of BFS-latex mix.

3.6. Optimum Mix

The porous vegetation concrete with latex exhibited increased compressive strength, a larger void ratio and improved freeze–thaw resistance compared with the default mix. With almost all the mixtures that included latex, the target specifications were satisfied. In terms of the vegetation capacity in particular, the use of latex provided highly favorable results. Therefore, considering the mechanical properties of porous vegetation concrete, as well as the freeze–thaw resistance, vegetation capacity and water purification capacity, the mix with latex and blast furnace slag aggregate was selected as the optimum mixture (see Table 7). The compressive strength of the resulting optimum mixture was 13.46 MPa, the void ratio was 27.41%, and the residual compressive strength following 100 freeze–thaw cycles was 87.38%.

Table 7. Optimum mixture design.

Unit Weight (kg/m ³)				
Water	Blast furnace slag cement	Aggregate		Latex
		25 mm	Blast furnace slag	
75	306	847	565	6.2

4. Conclusions

The purpose of this study was to evaluate the performance of the porous vegetation concrete. Target performance metrics of the porous vegetation concrete were a compressive strength of ≥ 12 MPa, a void ratio of $\geq 25\%$, and residual compressive strength of $\geq 80\%$ following 100 freeze–thaw cycles. Vegetation capacity tests and water purification tests were carried out to identify the optimal mixing ratio. The results of this study can be summarized as follows.

- (1) Characterization of the physical and mechanical properties of the porous vegetation concrete showed that mixtures that contained latex exhibited favorable compressive strength, void ratio and freeze–thaw resistance.
- (2) Vegetation growth tests showed that plant growth was more active when blast furnace slag aggregate was used. The use of latex was also found to promote plant growth, which is attributed to the latex forming a film coating that prevents toxic compounds from being leached from the cement.

- (3) A water purification test revealed no clear differences among the mixtures. Comparisons of mixes with and without vegetation showed greater water purification effects on phosphate-phosphorus and total phosphorus with vegetation.
- (4) The mix containing blast furnace slag aggregate and latex satisfied all of the target performance metrics; *i.e.*, compressive strength of ≥ 12 MPa, a void ratio of $\geq 25\%$, and residual compressive strength following 100 freeze–thaw cycles of 80%, as well as excellent plant growth and water purification properties. For these reasons, this mix was identified as the optimal mixture.

Acknowledgments: This research was supported by the basic science research program through the national research foundation of Korea (NRF) founded by ministry of education (NRF-2013R1A1A4A01011776). Also, this research was supported by a grant (code-14TBIP-C073993-01-000000) from Technology Business Innovation Program (TBIP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

Author Contributions: Hwang-Hee Kim conceived and designed the experiments; Chan-Gi Park analyzed the data and wrote the paper. All authors have read and approved the final manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Kim, H.H.; Kang, S.M.; Park, J.S.; Park, S.W.; Jeon, J.H.; Lee, J.H.; Cha, S.S.; Park, C.G. Performance evaluation of porous hwang-toh concrete using blast furnace slag cement. *J. KSAE* **2010**, *52*, 9–17. [[CrossRef](#)]
2. Kim, D.H.; Kim, C.S.; Park, C.G. Physical and mechanical properties of non-cement porous concrete with alkali-activator contents. *J. KSAE* **2013**, *52*, 9–17. [[CrossRef](#)]
3. Kim, H.H.; Kim, C.S.; Jeon, J.H.; Park, C.G. Physical, mechanical properties and freezing and thawing resistance of non-cement porous vegetation concrete using non-sintering inorganic binder. *J. KSAE* **2014**, *56*, 37–44. [[CrossRef](#)]
4. Lee, J.Y.; Park, J.S.; Park, C.G. Effect of reinforcing fiber on mechanical properties and chemical resistance of porous concrete with hwang-toh. *J. KSCE* **2011**, *55*, 65–72.
5. Oh, R.O.; Kim, C.S.; Kim, H.H.; Jeon, J.H.; Kwon, W.S.; Park, C.G. Physical, mechanical and temperature properties of fiber reinforced porous green roof hwang-toh concrete. *J. KSAE* **2013**, *55*, 65–72.
6. Oh, R.O.; Cha, S.S.; Park, S.Y.; Lee, H.J.; Park, S.W.; Park, C.G. Mechanical properties and water purification characteristics of natural jute fiber-reinforced non-cement alkali-activated porous vegetation blocks. *Paddy Water Environ.* **2014**, *12*, S149–S156. [[CrossRef](#)]
7. Park, S.B.; Lee, B.C.; Kim, J.H.; Yun, D.Y. Planting-ability valuation of porous concrete using industrial by-products. *J. KCI* **2002**, *14*, 623–629.
8. Park, S.B.; Lim, C.D. Concrete for planting. *Mag. KCI* **2000**, *12*, 38–42.
9. Sung, C.Y.; Kim, Y.I. Experimental study on development of plantable concrete block using rice straw ash and application for inclined plane. *J. KSAE* **2003**, *45*, 107–114.
10. Youn, J.N.; Sung, C.Y.; Kim, Y.I. Physical and mechanical properties of porous concrete using waste activated carbon. *J. KSAE* **2009**, *51*, 21–27. [[CrossRef](#)]
11. Kim, H.H.; Kim, C.S.; Jeon, J.H.; Park, C.G. Effects on the Physical and Mechanical Properties of Porous Concrete for Plant Growth of Blast Furnace Slag, Natural Jute Fiber, and Styrene Butadiene Latex Using a Dry Mixing Manufacturing Process. *Materials* **2016**, *9*, 84. [[CrossRef](#)]
12. Yang, K.H.; Song, J.K.; Lee, K.H. A Stress-Strain Relationship of Alkali-Activated Slag Concrete. *J. KCI* **2011**, *23*, 765–772. [[CrossRef](#)]
13. Han, S.H.; Yong, M.J. The future of concrete admixture industry for low carbon, green growth. *Mag. KCI* **2009**, *21*, 41–43.
14. Kim, T.H.; Tae, S.H. A Study on the Development of an Evaluation System of CO₂ Emission in the Production of Concrete. *J. KCI* **2010**, *22*, 787–796.
15. Mun, H.Y.; Jung, S.J.; Lim, N.K. Blast furnace slag aggregate. *Mag. KCI* **1997**, *9*, 18–22.
16. Park, S.B.; Lee, B.J.; Lee, J.; Jang, Y.I. A study on the seawater purification characteristics of water-permeable concrete using recycled aggregate. *Resour. Conserv. Recycl.* **2010**, *54*, 658–665. [[CrossRef](#)]
17. Song, W.-J.; Fu, H.-Y.; Wang, G.-Y. Study on a kind of ecoconcrete retaining wall's block with water purification function. *Procedia Eng.* **2012**, *28*, 182–189.

18. Land & Housing Institute. *Development of Technology for the Field Application of Blast-furnace Slag Powder Concrete*; Korea Land & Housing Corporation: Seong-Nam, Korea, 2013.
19. Korea Ministry of Environment. *Waste Processing Test Methods*; Korea Ministry of Environment: Seoul, Korea, 2004.
20. Korea Ministry of Environment. *Performance Standard for Environment Mark Certification (Permeableconcrete-EL245–2003/4/2012–36)*; Korea Ministry of Environment: Seoul, Korea, 2015.
21. American Society for Testing and Materials. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*; ASTM C39/C39M-15a; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2015.
22. American Society for Testing and Materials. *Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing*; ASTM C666/C666M-15; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2015.
23. Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport. *Designing and Constructing Direction of Road Slope Planting*; Korea Ministry of Environment: Seoul, Korea, 2009.
24. Ministry of Koran Environment. *Environmental Official Testing Method*; Ministry of Koran Environment: Seoul, Korea, 2015.
25. Han, S.H. Strength Characteristics of Concrete Containing Blast-Furnace Slag as Coarse Aggregate. *J. KCI* **2000**, *12*, 559–568.
26. Lanzoni, L.; Nobili, A.; Tarantino, A.M. Performance evaluation of a polypropylene-based draw-wired fibre for concrete structures. *Constr. Build. Mater.* **2012**, *28*, 798–806. [[CrossRef](#)]
27. Nobili, A.; Lanzoni, L.; Tarantino, A.M. Experimental investigation and monitoring of a polypropylene-based fiber reinforced concrete road pavement. *Constr. Build. Mater.* **2013**, *47*, 888–895. [[CrossRef](#)]



© 2016 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2014.12.30
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(CP14251)
출 원 번 호 10-2014-0193382 (접수번호 1-1-2014-1278226-18)
출 원 인 명 칭 주식회사 유일기연(1-1999-021777-3)
대 리 인 성 명 특허법인아이피에스(9-2014-100021-7)
발 명 자 성 명 이재혁 최범준 김필식
발 명 의 명 칭 수위 조절 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

【서지사항】**【서류명】** 특허출원서**【참조번호】** CP14251**【출원구분】** 특허출원**【출원인】****【명칭】** 주식회사 유일기연**【출원인코드】** 1-1999-021777-3**【대리인】****【명칭】** 특허법인아이피에스**【대리인코드】** 9-2014-100021-7**【지정된변리사】** 한치원, 이장주, 신재욱**【포괄위임등록번호】** 2014-012168-3**【발명의 국문명칭】** 수위 조절 장치**【발명의 영문명칭】** Water level control apparatus**【발명자】****【성명】** 이재혁**【성명의 영문표기】** Lee, Jae Hyouk**【주민등록번호】** 760921-1XXXXXX**【우편번호】** 138-160**【주소】** 서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호**【국적】** KR**【발명자】****【성명】** 최범준

【성명의 영문표기】 Choi, Bum Jun
【주민등록번호】 661101-1XXXXXX
【우편번호】 410-746
【주소】 경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호
【국적】 KR

【발명자】

【성명】 김필식
【성명의 영문표기】 Kim, Phil Shik
【주민등록번호】 730801-1XXXXXX
【우편번호】 134-781
【주소】 서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 205동811호
【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 특허법인아이피에스 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	50 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	13 항	715,000 원

【합계】	761,000 원
【감면사유】	중기업[1]
【감면후 수수료】	228,300 원

【명세서】**【발명의 명칭】**

수위 조절 장치{Water level control apparatus}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 수위 조절 장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 수위 조절을 위한 복수의 패널 중 특정 패널이 도복 되도록 하여, 수위 조절에 대한 효율을 극대화하도록 하는 수위 조절 장치에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 일반적으로 수위 조절 장치는 수위를 조절하여 특수 목적으로 사용토록 하는 일종의 담수를 위한 장치일 수 있으며, 농공업용 취수보, 위락용 담수보 등의 목적으로 수위 조절 장치의 일종인 고무댐이 이용되고 있다.

【0003】 수위 조절 장치 중 하나인 고무댐은 산간지역이나 지형조건이 좋지 않은 곳에서도 효과적으로 저수량을 확보할 수 있다.

【0004】 이러한 고무댐은 조립 설치가 용이하고 목적하는 수위에 따라 고무댐의 높이를 공기압력으로 조절하여 관리되기 때문에 취수 및 담수용 보로서 큰 주목을 받고 있다.

【0005】 기본적으로 상기 고무댐은 고무튜브(에어백)의 팽창, 수축을 위하여 내부에 공기가 채워지도록 되어있고, 또한 하상 콘크리트에 고무튜브를 고정하기 위한 고정장치와 공기를 공급 또는 배출하기 위한 배관설비 등의 부가장치를 구비

한다.

【0006】상기와 같은 고무댐은 단지 고무튜브를 이용, 보(weir)를 설치함으로써, 도복상태일 때는 하천의 하상 콘크리트와 수평을 이루어 통수단면적에 지장을 주지 않으나, 수위 조절에 한계가 있어, 하천의 담수기능을 탄력적으로 실시하는데 문제가 발생되었다.

【0007】또한, 고무튜브가 상류에서 내려오는 유화물에 직접 노출되어 있는 관계로 인하여 산간지역 등에서의 낙석 또는 강한 수압에 의해 하상으로 구르는 날카로운 유석 또는 유목 등의 유화물로부터 충격을 받을 경우 고무튜브가 찢어지거나 구멍 등 유실부분이 발생되어 제방용 독으로서의 기능을 다하지 못하다는 문제가 있다.

【0008】이러한 문제점을 해소하기 위해 최근에는 고무튜브와 같은 에어백과 고강도의 패널을 이용하여 보를 형성한 다음 이를 공압으로 하여, 에어백의 팽창 또는 수축정도를 제어함으로서 상기 패널의 경사각을 조정하여 하천의 수위를 용이하게 조절할 수 있음은 물론 상류에서 내려오는 유화물에 따른 고무튜브의 훼손을 패널이 미리 차단시켜 보호해주는 공압식 가동보가 사용되고 있다.

【0009】이러한 공압식 가동보는 다수의 에어백과 다수의 패널이 필요하게 되는데 이때 다수의 패널이 일제히 기립되거나 도복 되어 담수 또는 배수기능을 수행하고 있다.

【0010】그러나 만곡된 하천으로 유체가 이동할 때, 유체의 속도가 느린 하천의 내측에는 유체와 함께 포함된 유하물들이 퇴적되어 담수의 수위를 높이거나

가동보에 압력을 가하여 가동보의 파손을 유발할 수도 있다. 또한, 유체의 속도가 빠른 하천의 외측에는 빠른 속도의 유체가 한번에 몰리게 되어 수위가 높게 되고 이로 인해, 유체가 패널을 월류하여 가동보의 기능이 저하될 수 있다.

【0011】 다시 말하면, 종래의 공압식 가동보를 구성하는 패널은 일제히 기립되거나 도복될 뿐 개별적으로 기립되거나 도복될 수 없는 구조적인 결함이 존재하는 문제가 있었으며, 이를 해결하기 위한 연구가 시급한 실정이다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0012】 본 발명의 목적은 다수의 패널 중 특정 패널을 선택적으로 기립 또는 도복시키도록 하여 하천의 내측에 퇴적되는 유하물을 줄이는 동시에 하천의 외측으로 몰리는 수위를 낮춤으로써 담수되는 양을 용이하게 조절할 수 있으며, 장치의 수명을 연장시킬 수 있는 수위 조절 장치를 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

【0013】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 제1 수위조절부와 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되어 동일한 수위가 조절 가능하도록 하는 수위 조절 장치에 있어서, 제1 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제1 수위조절부 및 상기 제1 수위조절부와 이웃하여 배치되며, 제2 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제2 수위조절부를 포함하며, 상기 제1 수위조절부는,

상기 특정 기립의 상태에서 상기 제1 외력의 감소에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부와 독립적으로 도복이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부에 의해 상기 제1 외력의 증가에 의한 상기 특정 기립 상태 이상으로의 기립이 제한 받고, 상기 제2 수위조절부는, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 제2 외력의 증가에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부와 독립적으로 기립이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부에 의해 상기 제2 외력의 감소에 의한 상기 특정 기립 상태 이하로의 도복이 제한 받을 수 있다.

【0014】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부는 대향면이 존재할 수 있다.

【0015】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 대향면은, 상기 제1 수위조절부의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2 수위조절부의 하류측을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성될 수 있다.

【0016】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 대향면은, 상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 서로 접촉되어 상류측으로부터 하류측으로의 유체의 유동을 차단할 수 있다.

【0017】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부 중 적어도 하나는, 중첩되는 부분의 적어도 일부에 장

착되어 상기 대향면을 제공하고 상기 대향면 사이로의 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 구비할 수 있다.

【0018】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부는, 상기 대향면에 의해 각각 기립 및 도복이 제한 받을 수 있다.

【0019】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부는, 상류측을 향한 일면이 동일 평면 상에 존재하지 않을 수 있다.

【0020】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 제1 수위조절부는, 소정의 면적을 구비하는 제1 패널, 상기 제1 패널의 일측단으로부터 제1 방향으로 절곡되어 연장되는 제1 절곡부 및 상기 제1 절곡부의 단부로부터 제2 방향으로 절곡되어 상기 제2 수위조절부와 중첩되는 제1 중첩부를 구비할 수 있다.

【0021】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 상기 제1 패널과 상기 제1 절곡부의 경계 및 상기 제1 절곡부와 상기 제1 중첩부의 경계 중 적어도 하나는, 라운드지게 연결될 수 있다.

【0022】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 제1 수위조절부는, 상기 제1 중첩부 및 상기 제1 절곡부 중 적어도 하나에 장착되어 상기 제2 수위조절부 사이를 통한 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 더 구비할 수 있다.

【0023】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 제2 수위조절부는, 상기 기밀부와 접촉되어 상기 기밀부 사이를 통한 유체의 유동을 차단하는 기

밀대응부를 구비할 수 있다.

【0024】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 기밀부 및 상기 기밀대응부 중 적어도 하나는, 접촉 시 접촉면적이 증가하도록 접촉면에 요철이 형성될 수 있다.

【0025】 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부의 하류측에 배치되어 팽창 또는 수축에 의해 상기 제1 외력 및 상기 제2 외력을 각각 제공하는 제1 에어백 및 제2 에어백을 더 포함할 수 있다.

【발명의 효과】

【0026】 본 발명에 따른 수위 조절 장치에 의하면, 수위를 조절하는 다수의 패널 중 하천의 측벽과 인접한 패널만이 도복 되도록 하여, 하천의 내측에 퇴적되는 유하물의 양을 줄여 수위 조절 장치의 담수 기능을 극대화할 수 있다.

【0027】 또한, 다수의 패널 중 특정 패널이 타 패널과 별도로 기립 또는 도복 되도록 하여 담수의 양을 효율적으로 조절할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0028】 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 기립된 상태를 도시한 개략 사시도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 도복된 상태를 도시한

개략 사시도.

도 4 내지 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위 조절부 및 제2 수위조절부의 구조를 설명하기 위한 개략도.

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부가 특정 기립의 상태에서, 위치 이동될 수 있는 제1 수위조절부를 설명하기 위한 개략도.

도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부가 특정 기립의 상태에서, 위치 이동될 수 있는 제2 수위조절부를 설명하기 위한 개략도.

도 9 및 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 사시도.

도 12 및 도 13은 본 발명의 제3 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 사시도.

도 14 내지 도 16은 도 6의 A의 다른 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 단면도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0029】 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 제시되는 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 구성요소를 추가, 변경, 삭제 등을 통하여, 퇴보적인 다른 발명이나 본 발명 사상의 범위 내에 포함

되는 다른 실시예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본원 발명 사상 범위 내에 포함된다고 할 것이다.

【0030】 또한, 각 실시예의 도면에 나타나는 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명한다.

【0031】 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 기립된 상태를 도시한 개략 사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 도복된 상태를 도시한 개략 사시도이다.

【0032】 본 발명에 따른 상기 수위 조절 장치(100)는 하천 등의 바닥에 상기 하천의 폭 방향을 따라 형성되는 하상(W1)에 설치되어, 상류측의 하천수 등을 담수할 수 있는 일종의 담수 장치로, 제1 수위조절부(110) 또는 제2 수위조절부(120)의 기립 정도에 따라 담수위를 조절할 수 있다.

【0033】 여기서, 상기 수위 조절 장치(100)는 앞서 언급한 바와 같이 하상(W1)에 설치되어 상기 제1 조절부(110) 또는 제2 수위조절부(120)이 기립될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 하상(W1)에 설치되는 콘크리트 기초에 설치될 수도 있다.

【0034】 또한, 상기 하상(W1)에 설치되는 상기 수위 조절 장치(100)는 하천 등의 측벽(W2)을 따라 기립 및 도복될 수 있으며, 상기 측벽(W2)은 단순히 하천 등

의 측벽만을 의미하는 것이 아니라, 측벽(W2)에 설치되는 콘크리트 기초 또는 평평한 스틸 등의 판을 의미할 수도 있음을 밝혀둔다.

【0035】 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)는 제1 수위조절부(110)와 제2 수위조절부(120)를 포함하며, 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)는 동일한 특정 기립의 상태로 배치되어 유수의 수위가 동일하도록 조절될 수 있다.

【0036】 우선, 방향 및 위치에 대한 용어를 도 1을 참조하여 정의하면, 상류측(X) 및 하류측(Y)은 패널을 기준으로 담수되는 위치 및 그 반대 방향의 위치를 의미할 수 있으며, 특정 기립의 상태는 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)의 최대 기립 상태와 최대 도복 상태 사이에서의 임의의 기립 상태를 의미할 수 있다.

【0037】 상기 수위 조절 장치(100)에 제공되는 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)는 소정의 폭과 길이를 갖는 일종의 판으로, 도 1 내지 도 8에 도시된 바와 같이 평평하게 형성될 수 있으며, 구동수단에 의해 기립과 도복이 구현될 수 있다.

【0038】 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)는 유하물로 인한 마모 및 태양광, 오존 등으로 인한 표면 노화에 견딜 수 있도록 충분한 두께로 형성될 수 있으며, 설치되는 하천 등의 환경에 따라 평평한 형상 또는 라운드 구조

등으로 변형되어 구현될 수 있다.

【0039】 상기 제1 수위조절부(110)는 제1 외력에 의해 기립과 도복이 구현되며, 상기 제1 외력은 급기와 배기를 통해 팽창 또는 수축 가능한 에어백에 의한 압력일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 유압실린더, 공압실린더, 리니어모터, 유압모터, 전기모터 등 다양한 구동수단에 의한 동력이 사용될 수도 있다.

【0040】 또한, 상기 제2 수위조절부(120)는 제2 외력에 의해 기립과 도복이 구현되며, 상기 제2 외력은 상기 제1 외력과 동일한 방법에 의해 구현될 수 있다.

【0041】 후술할 수위 조절 장치(100)에서는, 상기 제1 외력 및 상기 제2 외력이 에어백에 의한 압력에 의해 구현될 수 있는 것에 한정하여 설명하나 상술한 구동수단들이 사용될 수 있음은 물론이다.

【0042】 [제1 실시예]

【0043】 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부의 구조를 설명하기 위한 개략도이다.

【0044】 도 4 내지 도 6을 참조하면, 상기 제1 수위조절부(110) 및 상기 제2 수위조절부(120)는 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1 수위조절부(110)와 상기 제2 수위조절부(120)는 대향면이 존재할 수 있다.

【0045】 상기 대향면은 상기 제1 수위조절부(110)의 상류측(X)을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2 수위조절부(120)의 하류측(Y)을 향한 일면의 적어도 일

부에 의해 형성될 수 있으며, 상기 제1 수위조절부(110)와 상기 제2 수위조절부(120)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 서로 접촉되어 상류측으로부터 하류측으로의 유체의 유동을 차단할 수 있다.

【0046】 즉, 상기 제1 수위조절부(110)의 일부분이 상기 제2 수위조절부(120)에 접촉되되, 상기 제2 수위조절부(120)의 하류측(Y)과 대향하는 면과 접촉되어 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)가 중첩되도록 배치될 수 있으며, 이로 인해, 상기 제2 수위조절부(120)는 하류측(Y) 방향으로의 이동 경로에 위치한 상기 제1 수위조절부(110)에 의해 위치 이동에 제한을 받을 수 있고, 상기 제1 수위조절부(110)는 상류측(X) 방향으로의 이동 경로에 위치한 상기 제2 수위조절부(120)에 의해 위치 이동에 제한을 받을 수 있다.

【0047】 일 실시예에서, 상기 제1 수위조절부(110)는, 소정의 면적을 구비하는 제1 패널(111), 상기 제1 패널(111)의 일측단으로부터 제1 방향으로 절곡되어 연장되는 제1 절곡부(112) 및 상기 제1 절곡부(112)의 단부로부터 제2 방향으로 절곡되어 상기 제2 수위조절부(120)와 중첩되는 제1 중첩부(113)를 구비할 수 있다.

【0048】 여기서, 상기 제1 중첩부(113)는 상기 제2 수위조절부(120)의 하류면과 접촉될 수 있다. 즉, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 제2 수위조절부(120)와 이웃하여 배치되되 상기 제1 절곡부(112) 및 제1 중첩부(113)에 의해 상기 제2 수위조절부(120)를 감싸듯이 배치되어 상기 제2 수위조절부(120)와 접촉될 수 있다.

【0049】 또한, 상기 제1 패널(111)과 상기 제1 절곡부(112)의 경계 및 상기 제1 절곡부(112)와 상기 제1 중첩부(113)의 경계 중 적어도 하나는, 라운드지게 연결될 수 있다.

【0050】 즉, 상기 제1 패널(111)의 일측단으로 절곡되어 연장되는 상기 제1 절곡부(112)는 상기 제1 패널(111)과 각을 형성하여 절곡될 수 있으며, 또는 라운드지게 절곡되어 각이 형성되지 않을 수도 있다.

【0051】 일 실시예에서, 상기 제1 절곡부(112) 및 상기 제1 중첩부(113)에 의해 상기 제2 수위조절부(120)는 하류측(Y)으로의 위치이동에 제한을 받을 수 있으며, 이로 인해, 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치된 경우, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 제1 중첩부(113)와 접촉된 상기 제2 수위조절부(120)에 의해 상기 제1 외력의 증가에 의한 상기 특정 기립 상태 이상으로의 기립에 제한을 받을 수 있으며, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 제1 중첩부(113)와의 접촉에 의해 상기 제2 외력의 감소에 의한 특정 기립 이하로의 도복에 제한을 받을 수 있다.

【0052】 여기서, 상기 제1 외력은 상기 제1 수위조절부(110)의 하류측(Y)에 배치되고, 외부로부터의 급기와 배기를 통해 팽창 또는 수축 가능한 제1 에어백(A1)에 의해 제공된 압력일 수 있으며, 상기 제2 외력은 상기 제2 수위조절부(120)의 하류측(Y)에 배치되고, 외부로부터의 급기와 배기를 통해 팽창 또는 수축 가능한 제2 에어백(A2)에 의해 제공된 압력일 수 있다.

【0053】 즉, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 제1 에어백(A1)과 접촉되어 상기 제1 에어백(A1)의 팽창 또는 수축에 따라 기립 또는 도복될 수 있으며, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 제2 에어백(A2)과 접촉되어 상기 제2 에어백(A2)의 팽창 또는 수축에 따라 기립 또는 도복될 수 있다.

【0054】 이에 따라, 상기 제1 외력이 증가되는 경우는 상기 제1 수위조절부(110)가 기립될 수 있도록 상기 제1 에어백(A1)이 팽창되는 경우를 의미하며, 상기 제2 외력이 감소되는 경우는 상기 제2 수위조절부(120)가 도복될 수 있도록 상기 제2 에어백(A2)이 수축되는 경우를 의미한다.

【0055】 결과적으로, 상기 제1 에어백(A1) 및 제2 에어백(A2)의 팽창 시에는 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)가 기립되어 상류측(X)을 담수화할 수 있으며, 수축 시에는 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)가 도복되어 상류측(X)의 담수를 하류측(Y)으로 방류할 수 있다.

【0056】 한편, 상기 제1 수위조절부(110) 및 상기 제2 수위조절부(120) 중 적어도 하나는, 중첩되는 부분의 적어도 일부에 장착되어 대향면을 제공하고, 상기 대향면 사이로의 유체의 유동을 차단하는 기밀부(114)를 구비할 수 있다.

【0057】 일례로, 상기 제1 수위조절부(110)에 상기 기밀부(114)가 구비되는 경우를 설명하면, 상기 제1 수위조절부(110)의 상기 제1 절곡부(112) 및 상기 제1 중첩부(113) 중 적어도 하나에 위치하여 상기 제2 수위조절부(120)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위해 기밀부(114)가 구비될 수 있다.

【0058】 즉, 상기 제1 수위조절부(110) 및 상기 제2 수위조절부(120)가 특정 기립의 상태로 기립되는 경우 상기 제1 수위조절부(110) 및 상기 제2 수위조절부(120) 사이의 미세한 틈이 발생될 수 밖에 없으며, 이러한 틈이 본 발명에 따른 수위 조절 장치(100)의 기밀부(114)에 의해 밀폐 될 수 있는 것이다.

【0059】 상기 기밀부(114)는 액체의 흐름을 차단할 수 있는 방수재질로, 탄성을 갖는 일종의 고무일 수 있으나, 이와 같은 용도로 사용되는 공지된 기술이 사용될 수 있음은 당연하다.

【0060】 또한, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 기밀부(114)와 접촉되어 상기 제1 수위조절부(110)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 기밀대응부(124)를 구비할 수 있다.

【0061】 상기 기밀대응부(124)는 상기 제1 수위조절부(110)와 제2 수위조절부(120)가 접촉되었을 경우, 상기 제1 수위조절부(110)에 설치된 기밀부(114)와 접촉되도록 상기 기밀부(114)의 위치와 대응되는 위치의 제2 수위조절부(120)에 설치될 수 있다. 또한, 상기 기밀부(114)와 마찬가지로 액체의 흐름을 차단할 수 있는 방수재질로 형성될 수 있다.

【0062】 또한, 상기 기밀부(114) 및 기밀대응부(124) 중 적어도 하나는 접촉시 접촉면적이 증가하도록 접촉면에 요철이 형성될 수 있다.

【0063】 일례로, 상기 기밀부(114)가 상기 기밀대응부(124)와의 접촉면적이 늘어날 수 있도록 굴곡지게 형성될 수 있으며, 이에 따라 상기 기밀대응부(124) 또한 상기 기밀부(114)와 대응되는 형상으로 굴곡지게 형성될 수 있다.

【0064】 즉, 상기 기밀대응부(124)와 접촉되는 상기 기밀부(114)의 접촉면은 톱니모양, 요철모양 등, 돌출된 형상과 함몰된 형상이 연속적으로 또는 비연속적으로 형성되어 상기 기밀대응부(124)와의 접촉면적이 늘어나도록 할 수 있으며, 이와 대응되어 상기 기밀부(114)와 접촉되는 상기 기밀대응부(124)의 접촉면 또한 상기 기밀부(114)의 접촉면과 대응되도록 형성되어 상기 기밀부(114)와의 접촉면적이 늘어나도록 할 수 있다.

【0065】 이와 같은 구성에 의해, 예상치 못한 외력에 의해 상기 기밀부(114)가 상기 기밀대응부(124)를 따라 슬라이딩되거나 상기 기밀대응부(124)가 상기 기밀부(114)를 따라 슬라이딩되지 않도록 할 수 있다. 만약, 이와 같은 구성을 채택하지 않은 채, 상기 기밀부(114)와 상기 기밀대응부(124)의 접촉면을 평평하도록 구성하면, 상기 평평한 접촉면을 따라 걸림 없이 상기 제1 수위조절부(110) 또는 상기 제2 수위조절부(120)가 슬라이딩될 수 있으며, 이로 인해 상기 제1 수위조절부(110)와 제2 수위조절부(120) 사이의 공간으로 유체의 유동이 가능하도록 되어 수위 조절 장치(100)의 차수 기능이 저하될 수 있다.

【0066】 또한, 상기 기밀부(114)와 상기 기밀대응부(124)의 접촉면이 굴곡지게 형성됨으로써, 혹시 모를 유체가 유동될 수 있는 경로가 굴곡진 형상을 따라 길어지도록 하여 누수를 늦출 수도 있다.

【0067】 상기 기밀부(114)는 상기 제1 수위조절부(110)의 제1 절곡부(112) 또는 제2 절곡부(113) 중 적어도 하나에 형성될 수 있으며, 상기 기밀대응부(124) 또한 상기 제1 절곡부(112)와 대응되는 대향면 또는 제2 절곡부(113)와 대응되는

대향면 중 적어도 하나에 형성될 수 있다.

【0068】 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부가 특정 기립의 상태에서, 위치 이동될 수 있는 제1 수위조절부를 설명하기 위한 개략도이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부가 특정 기립의 상태에서, 위치 이동될 수 있는 제2 수위조절부를 설명하기 위한 개략도이다.

【0069】 도 7 내지 도 8을 참조하여 상기 제1 수위조절부(110)의 기립과 도복 또는 상기 제2 수위조절부(120)의 기립과 도복 또는 동시에 기립과 도복 되는 상기 제1 수위조절부(110) 및 제2 수위조절부(120)의 동작 구성을 설명하도록 한다.

【0070】 도 7을 참조하면, 상기 제1 수위조절부(110)는 특정 기립의 상태(θ 1)에서 상기 제1 에어백(111)의 수축에 따라, 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부(120)와 독립적으로 상기 특정 기립 상태 이하(θ 2)로 도복될 수 있다.

【0071】 즉, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 제1 수위조절부(110)의 제2 절곡부(113)와 접촉되어 있지만, 상기 제1 수위조절부(110)가 도복 되는 경로 상에 위치한 것이 아니므로, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 제2 수위조절부(120)와 무관하게 도복될 수 있는 것이다.

【0072】 이와는 달리, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 특정 기립의 상태($\Theta 1$)에서 상기 제1 에어백(111)의 팽창에 따라, 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부(120)에 의해 상기 특정 기립 상태($\Theta 1$) 이상으로의 기립에 제한을 받을 수 있다.

【0073】 즉, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 제1 수위조절부(110)가 기립되는 경로 상에 위치하여, 상기 제1 수위조절부(110)가 상기 특정 기립 상태 이상으로의 기립에 제한을 받게 되는 것이며, 이는, 상기 제1 에어백(111)의 팽창에 의해 상기 제1 수위조절부(110)가 받는 힘이 상기 제2 수위조절부(120)에 의해 제한 받는 힘보다 작기 때문일 수 있다.

【0074】 이와 같은 구성은, 사용자가 실험예를 통해, 또는 수치적 계산에 의한 설계에 의해 제작될 수 있다.

【0075】 도 8을 참조하면, 상기 제2 수위조절부(120)는 특정 기립의 상태($\Theta 3$)에서 상기 제2 에어백(122)의 팽창에 따라 상기 특정 기립의 상태($\Theta 3$)로 배치되는 상기 제1 수위조절부(110)와 독립적으로 상기 특정 기립 상태 이상($\Theta 4$)으로 기립될 수 있다.

【0076】 즉, 상기 제1 수위조절부(110)의 제1 중첩부(113)는 상기 제2 수위조절부(120)와 접촉되어 있지만, 상기 제2 수위조절부(120)가 기립되는 경로 상에 위치한 것이 아니므로, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 제1 수위조절부(110)와 무관하게 기립될 수 있는 것이다.

【0077】 이와는 달리, 상기 제2 수위조절부(120)는 상기 특정 기립의 상태($\Theta 3$)에서 상기 제2 에어백(122)의 수축에 따라 상기 특정 기립의 상태($\Theta 3$)로 배치되는 상기 제1 수위조절부(110)에 의해 상기 특정 기립 상태($\Theta 3$) 이하로의 도복에 제한을 받을 수 있다.

【0078】 즉, 상기 제1 수위조절부(110)는 상기 제2 수위조절부(120)가 도복되는 경로 상에 위치하여 상기 제2 수위조절부(120)의 상기 특정 기립 상태 이하로의 기립에 제한을 받게 되는 것이며, 이는, 상기 제2 에어백(122)의 수축에 의한 상기 제2 수위조절부(120)의 자중보다 상기 제1 수위조절부(110)에 의해 받는 힘이 더 크기 때문일 수 있다.

【0079】 [제2 실시예]

【0080】 도 9 및 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 사시도이다.

【0081】 도 9 및 도 11을 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 수위 조절 장치(200)는 제1 수위조절부를 제외하고는 도 1 내지 도 8을 참조로 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)와 구성 및 효과가 동일하므로, 상기 제1 수위조절부 이외의 설명은 생략하기로 한다.

【0082】 본 발명의 제2 실시예에 따른 제1' 수위조절부(210)는 이웃한 제2' 수위조절부(220) 및 제3' 수위조절부(230)와 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는

경우, 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제2' 수위조절부(220)와 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제3' 수위조절부(230)는 각각 대향면이 존재할 수 있으며, 상기 대향면은 상기 제1' 수위조절부(210)의 상류측(X)을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2' 수위조절부(220)의 하류측(Y)을 향한 일면 및 상기 제3' 수위조절부(230)의 하류측(Y)을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성될 수 있다.

【0083】 즉, 상기 제1' 수위조절부(210)의 일부가 상기 제2' 수위조절부(220)에 접촉되되, 상기 제2' 수위조절부(220)의 하류측(Y)을 향한 일면과 접촉되어 양 수위조절부가 겹쳐지도록 중첩될 수 있으며, 이로 인해, 상기 제2' 수위조절부(220)는 하류측(Y) 방향으로의 이동 경로에 위치한 상기 제1' 수위조절부(210)에 의해 위치 이동에 제한을 받을 수 있고, 또한 상기 제1' 수위조절부(210)의 일부분이 상기 제3' 수위조절부(230)에 접촉되되, 상기 제3' 수위조절부(230)의 하류측(Y)을 향한 일면과 접촉되어 양 수위조절부가 겹쳐지도록 배치될 수 있으며, 이로 인해, 상기 제3' 수위조절부(230)는 하류측(Y) 방향으로의 이동 경로에 위치한 상기 제1' 수위조절부(210)에 의해 위치 이동에 제한을 받을 수 있다.

【0084】 또한, 상기 제1' 수위조절부(210)는 상기 제2' 수위조절부(220)와 접촉되는 접촉면에 상기 제2' 수위조절부(220)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제2 기밀부(214)를 구비할 수 있다.

【0085】 즉, 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제2' 수위조절부(220)가 특정 기립의 상태로 기립되는 경우, 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제2' 수위조절부(220) 사이의 미세한 틈이 발생될 수 밖에 없으며, 이러한 틈을 상기 제2 기밀

부(214)에 의해 밀폐 시킬 수 있는 것이다.

【0086】 또한, 상기 제2' 수위조절부(220)는 상기 제2 기밀부(214)와 접촉되어 상기 제1' 수위조절부(210)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제2 기밀대응부(224)를 구비할 수 있다.

【0087】 일 실시예에서, 상기 제1' 수위조절부(210)는 소정의 면적을 구비하는 제1' 패널(211), 상기 제1' 패널(211)의 일측단으로부터 제1 방향 즉, 하류측(Y) 방향으로 절곡되어 형성되는 제1' 절곡부(212), 상기 제1' 절곡부(212)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제2' 수위조절부(220)를 향해 절곡되어 상기 제2' 수위조절부(220)의 하류면과 접촉되는 제1' 중첩부(213)와 상기 제1' 패널(211)의 타측단이 하류측(Y) 방향으로 절곡되어 형성되는 제2 절곡부(216) 및 상기 제2 절곡부(216)의 단부로부터 상기 제3' 수위조절부(230)를 향해 절곡되어 상기 제3' 수위조절부(230)의 하류면과 접촉되는 제2 중첩부(217)를 포함할 수 있다.

【0088】 여기서, 상기 제1' 절곡부(212)는 상기 제2' 패널(220)의 측면과 접촉될 수 있으며, 상기 제1' 중첩부(213)는 상기 제2' 수위조절부(220)의 하류면과 접촉될 수 있고, 상기 제2 절곡부(216)는 상기 제3' 수위조절부(230)의 측면과 접촉될 수 있으며, 상기 제2 중첩부(217)는 상기 제3' 수위조절부(230)의 하류면과 접촉될 수 있다.

【0089】 또한, 상기 제1' 수위조절부(210)는 상기 제3' 수위조절부(230)와 접촉되는 접촉면에 상기 제3' 수위조절부(220)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제3 기밀부(218)를 구비할 수 있다.

【0090】 즉, 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제3' 수위조절부(230)가 특정 기립의 상태로 기립되는 경우, 상기 제1' 수위조절부(210) 및 상기 제3' 수위조절부(230) 사이의 미세한 틈이 발생될 수 있으며, 이러한 틈이 상기 제3 기밀부(218)에 의해 밀폐될 수 있는 것이다.

【0091】 또한, 상기 제3' 수위조절부(230)는 상기 제3 기밀부(218)와 접촉되어 상기 제1' 수위조절부(210)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제3 기밀대응부(234)를 구비할 수 있다.

【0092】 이와 같은 구성으로 인해, 상기 제1' 수위조절부(210)는 상기 제2' 수위조절부(220) 또는 제3' 수위조절부(230)와 무관하게 도복될 수 있으나, 상기 제2' 수위조절부(220) 또는 제3' 수위조절부(230)는 상기 제1' 수위조절부(210)에 의해 도복에 제한을 받을 수 있다. 또한, 상기 제1' 수위조절부(210)는 상기 제2' 수위조절부(220) 또는 제3' 수위조절부(230)에 의해 기립에 제한을 받을 수 있고, 상기 제2' 수위조절부(220) 또는 제3' 수위조절부(230)는 상기 제1' 수위조절부(210)와 무관하게 기립될 수 있다.

【0093】 즉, 연속적으로 배치된 수위조절부들 중 특정 수위조절부만을 도복시켜 담수의 높이를 보다 미세하게 조절하기 위한 기술 구성이다.

【0094】 [제3 실시예]

【0095】 도 12 및 도 13은 본 발명의 제3 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 사시도이다.

【0096】 도 12 및 도 13을 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 수위 조절 장치(300)는 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부를 제외하고는 도 1 내지 도 8을 참조로 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)와 구성 및 효과가 동일하므로, 상기 제1 수위조절부 및 제2 수위조절부 이외의 설명은 생략하기로 한다.

【0097】 본 발명의 제3 실시예에 따른 수위 조절 장치(300)는, 상기 제1" 수위조절부(310) 및 상기 제2" 수위조절부(320)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1" 수위조절부(310)와 상기 제2" 수위조절부(320)는 대향면이 존재할 수 있다.

【0098】 즉, 상기 제1" 수위조절부(310)의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2" 수위조절부(320)가 접촉되되, 상기 제2" 수위조절부(320)의 하류측을 향한 일 면의 적어도 일부와 접촉되어 양 수위조절부가 중첩되도록 배치될 수 있으며, 이로 인해, 상기 제2" 수위조절부(320)는 하류측 방향으로의 이동 경로에 위치한 상기 제1" 수위조절부(310)에 의해 위치 이동에 제한을 받을 수 있다.

【0099】 또한, 제3 실시예에 따른 수위 조절 장치(300)는, 상기 제1" 수위조절부(310)와 상기 제2" 수위조절부(320)가 상류측을 향한 일면이 동일 평면 상에 존재하지 않을 수 있다.

【0100】 또한, 상기 제1" 수위조절부(310)는, 상기 제1" 수위조절부(310)와 상기 제2" 수위조절부(320)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제

2" 수위조절부(320)와 접촉되어 상류측으로부터 하류측으로의 유체의 유동을 차단하도록 제4 기밀부(314)가 구비될 수 있다.

【0101】 즉, 상기 제1" 수위조절부(310) 및 상기 제2" 수위조절부(320)가 특정 기립의 상태로 기립되는 경우, 상기 제1" 수위조절부(310) 및 상기 제2" 수위조절부(320) 사이에는 미세한 틈이 발생할 수 있으며, 이러한 틈을 상기 제4 기밀부(314)에 의해 밀폐 시킬 수 있는 것이다.

【0102】 또한, 상기 제2" 수위조절부(320)는 상기 제4 기밀부(314)와 접촉되어 상기 제1" 수위조절부(310)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제4 기밀대응부(324)를 구비할 수 있다.

【0103】 상기 제4 기밀부(314)는 상기 제4 기밀대응부(324)와의 접촉면적이 늘어날 수 있도록 굴곡지게 형성될 수 있으며, 이에 따라 상기 제4 기밀대응부(324) 또한 상기 제4 기밀부(314)와 대응되는 형상으로 굴곡지게 형성될 수 있다. 이와 같은 특징에 대한 효과는 상술한 바 있다.

【0104】 [다른 실시예]

【0105】 도 14 내지 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 사시도로, 도 6의 A의 다른 실시예를 도시한 것이다.

【0106】 도 6 및 도 14를 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 수위 조절 장치(400)는, 제1-1 수위조절부(410)와 제2-1 수위조절부(420)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1-1 수위조절부(410)와 상기 제2-1 수위조절부

(420)는 대향면이 존재할 수 있다.

【0107】 상기 대향면은 상기 제1-1 수위조절부(410)의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2-1 수위조절부의 하류측을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성될 수 있다.

【0108】 즉, 상기 제2-1 수위조절부(420)는 소정의 면적을 구비하는 제2-1 패널(421), 상기 제2-1 패널(421)의 일측단으로부터 제1 방향(X)으로 절곡되어 연장되는 제2-1 절곡부(422) 및 상기 제2-1 절곡부(422)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제1-1 수위조절부(410)를 향한 방향으로 절곡되어 상기 제1-1 수위조절부(410)와 중첩되는 제2-1 중첩부(423)를 구비할 수 있다.

【0109】 또한, 상기 제2-1 수위조절부(410)는, 상기 제1-1 수위조절부(410)와 상기 제2-1 수위조절부(420)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1-1 수위조절부(420)와 접촉되어 상류측으로부터 하류측으로의 유체의 유동을 차단하도록 제2-1 기밀부(424)를 구비할 수 있다.

【0110】 또한, 상기 제1-1 수위조절부(410)는 상기 제2-1 기밀부(424)와 접촉되어 상기 제2-1 수위조절부(420)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제1-1 기밀대응부(324)를 구비할 수 있다.

【0111】 상기 제2-1 기밀부(424)와 상기 제1-1 기밀대응부(324)에 관하여는 상술한 실시예의 기밀부 및 기밀대응부에 대한 설명으로 갈음하기로 한다.

【0112】 도 6 및 도 15를 참조하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 수위 조절 장치(500)는, 제1-2 수위조절부(510)와 제2-2 수위조절부(520)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1-2 수위조절부(510)와 상기 제2-2 수위조절부(520)는 대향면이 존재할 수 있다.

【0113】 상기 대향면은 상기 제1-2 수위조절부(510)의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2-2 수위조절부(520)의 하류측을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성될 수 있다.

【0114】 즉, 상기 제1-2 수위조절부(510)는, 소정의 면적을 구비하는 제1-2 패널(511), 상기 제1-2 패널(511)의 일측단으로부터 제1 방향(X)으로 절곡되어 연장되는 제1-2 절곡부(512) 및 상기 제1-2 절곡부(512)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제2-2 수위조절부(520)를 향한 방향으로 절곡되어 상기 제2-2 수위조절부(520)와 중첩되는 제1-2 중첩부(513)를 구비할 수 있다.

【0115】 또한, 상기 제2-2 수위조절부(520)는, 소정의 면적을 구비하는 제2-2 패널(521), 상기 제2-2 패널(521)의 일측단으로부터 제1 방향(X)으로 절곡되어 연장되는 제2-2 절곡부(522) 및 상기 제2-2 절곡부(522)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제1-2 수위조절부(510)를 향한 방향으로 절곡되어 상기 제1-2 수위조절부(510)와 중첩되는 제2-2 중첩부(523)를 구비할 수 있다.

【0116】 여기서, 상기 제1-2 수위조절부(510)는, 상기 제2-2 수위조절부(520)와 상기 제1-2 수위조절부(510)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제2-2 수위조절부(520)와 접촉되어 상류측(X)으로부터 하류측(Y)으로의 유체

의 유동을 차단하도록 제1-2 기밀부(514) 및 제1-3 기밀부(515)를 구비할 수 있다.

【0117】 또한, 상기 제2-2 수위조절부(520)는, 상기 제1-2 기밀부(514) 및 상기 제1-3 기밀부(515)와 각각 접촉되어 상기 제1-2 수위조절부(520)와의 이격 공간으로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위한 제2-3 기밀대응부(524) 및 제2-4 기밀대응부(525)를 구비할 수 있다.

【0118】 상기 제1-2 기밀부(514) 및 제1-3 기밀부(515)와 상기 제2-2 기밀대응부(524) 및 제2-3 기밀대응부(525)에 관하여는 상술한 실시예의 기밀부 및 기밀대응부에 대한 설명으로 갈음하기로 한다.

【0119】 도 6 및 도 16을 참조하면, 본 발명의 제6 실시예에 따른 수위 조절장치(600)는, 제1-3 수위조절부(610)와 제2-3 수위조절부(620)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1-3 수위조절부(610)와 상기 제2-3 수위조절부(620)는 대향면이 존재할 수 있다.

【0120】 상기 대향면은 상기 제1-3 수위조절부(610)의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2-3 수위조절부(620)의 하류측을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성될 수 있다.

【0121】 즉, 상기 제1-3 수위조절부(610)는, 소정의 면적을 구비하는 제1-3 패널(611), 상기 제1-3 패널(611)의 일측단으로부터 제1 방향(X)으로 절곡되어 연장되는 제1-3 절곡부(612) 및 상기 제1-3 절곡부(612)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제2-3 수위조절부(620)를 향한 방향으로 절곡되어 상기 제2-3 수위조절부

(620)와 중첩되는 제1-3 중첩부(613)를 구비할 수 있다.

【0122】 여기서, 상기 제1-3 중첩부(613)의 끝단은 상기 제2-3 수위조절부(620)와 접촉될 수 있다.

【0123】 또한, 상기 제2-3 수위조절부(620)는, 소정의 면적을 구비하는 제2-3 패널(621), 상기 제2-3 패널(621)의 일측단으로부터 제1 방향(X)으로 절곡되어 연장되는 제2-3 절곡부(622) 및 상기 제2-3 절곡부(622)의 단부로부터 제2 방향 즉, 상기 제1-3 수위조절부(610)를 향한 방향으로 절곡되어 상기 제1-3 수위조절부(610)와 중첩되는 제2-3 중첩부(623)를 구비할 수 있다.

【0124】 여기서, 상기 제2-3 중첩부(623)의 끝단은 상기 제1-3 수위조절부(610)와 접촉될 수 있다.

【0125】 또한, 상기 제1-3 수위조절부(610)는, 상기 제1-3 수위조절부(610)와 상기 제2-3 수위조절부(620)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제2-3 수위조절부(620)와 접촉되어 상류측(X)으로부터 하류측(Y)으로의 유체의 유동을 차단하도록 제1-4 기밀부(614)를 구비할 수 있으며, 상기 제2-3 수위조절부(620)는, 상기 제1-3 수위조절부(610)와 상기 제2-3 수위조절부(620)가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 상기 제1-4 기밀부(614)와 접촉되어 상기 제1-3 수위조절부(610)와의 상이로 이동될 수 있는 유체를 차단하기 위해 제2-4 기밀대응부(624)를 구비할 수 있다.

【0126】 상기 제1-4 기밀부(614) 및 제2-4 기밀대응부(625)에 관하여는 상술한 실시예의 기밀부 및 기밀대응부에 대한 설명으로 갈음하기로 한다.

【0127】상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 구분지어 서술하였으나, 각 실시예들은 실시예 내에서 한정되지 아니하고 다른 실시예와 동시에 또는 별개로 사용될 수 있다. 일례로, 본 발명의 기밀부와 기밀대응부에 대한 구성은 각 실시예에 따라 설명하고, 하지 않았으나, 어느 실시예에서나 사용될 수 있다.

【0128】상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

【부호의 설명】

【0129】 100~600: 수위 조절 장치

110: 제1 수위조절부

120: 제2 수위조절부

111: 제1 에어백

122: 제2 에어백

112: 제1 절곡부

113: 제1 중첩부

114: 기밀부

124: 기밀대응부

【특허청구범위】

【청구항 1】

제1 수위조절부와 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되어 동일한 수위가 조절 가능하도록 하는 수위 조절 장치에 있어서,

제1 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제1 수위조절부; 및

상기 제1 수위조절부와 이웃하여 배치되며, 제2 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제2 수위조절부;를 포함하며,

상기 제1 수위조절부는,

상기 특정 기립의 상태에서 상기 제1 외력의 감소에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부와 독립적으로 도복이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부에 의해 상기 제1 외력의 증가에 의한 상기 특정 기립 상태 이상으로의 기립이 제한 받고,

상기 제2 수위조절부는,

상기 특정 기립의 상태에서 상기 제2 외력의 증가에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부와 독립적으로 기립이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부에 의해 상기 제2 외력의 감소에 의한 상기 특정 기립 상태 이하로의 도복이 제한 받는 수위 조절 장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우,

상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부는 대향면이 존재하는 수위 조절 장치.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 대향면은,

상기 제1 수위조절부의 상류측을 향한 일면의 적어도 일부와 상기 제2 수위 조절부의 하류측을 향한 일면의 적어도 일부에 의해 형성되는 수위 조절 장치.

【청구항 4】

제2항에 있어서, 상기 대향면은,

상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되는 경우, 서로 접촉되어 상류측으로부터 하류측으로의 유체의 유동을 차단하는 수위 조절 장치.

【청구항 5】

제2항에 있어서,

상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부 중 적어도 하나는, 중첩되는 부분의 적어도 일부에 장착되어 상기 대향면을 제공하고 상기 대향면 사이로의 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 구비하는 수위 조절 장치.

【청구항 6】

제2항에 있어서, 상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부는,
상기 대향면에 의해 각각 기립 및 도복이 제한 받는 수위 조절 장치.

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 제1 수위조절부와 상기 제2 수위조절부는,
상류측을 향한 일면이 동일 평면 상에 존재하지 않는 수위 조절 장치.

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 제1 수위조절부는,
소정의 면적을 구비하는 제1 패널, 상기 제1 패널의 일측단으로부터 제1 방향으로 절곡되어 연장되는 제1 절곡부 및 상기 제1 절곡부의 단부로부터 제2 방향으로 절곡되어 상기 제2 수위조절부와 중첩되는 제1 중첩부를 구비하는 수위 조절 장치.

【청구항 9】

제8항에 있어서,

상기 제1 패널과 상기 제1 절곡부의 경계 및 상기 제1 절곡부와 상기 제1 중첩부의 경계 중 적어도 하나는, 라운드지게 연결되는 수위 조절 장치.

【청구항 10】

제8항에 있어서, 상기 제1 수위조절부는,

상기 제1 중첩부 및 상기 제1 절곡부 중 적어도 하나에 장착되어 상기 제2 수위조절부 사이를 통한 유체의 유동을 차단하는 기밀부를 더 구비하는 수위 조절 장치.

【청구항 11】

제10항에 있어서, 상기 제2 수위조절부는,

상기 기밀부와 접촉되어 상기 기밀부 사이를 통한 유체의 유동을 차단하는 기밀대응부를 구비하는 수위 조절 장치.

【청구항 12】

제11항에 있어서, 상기 기밀부 및 상기 기밀대응부 중 적어도 하나는,

접촉 시 접촉면적이 증가하도록 접촉면에 요철이 형성되는 수위 조절 장치.

【청구항 13】

제1항에 있어서,

상기 제1 수위조절부 및 상기 제2 수위조절부의 하류측에 배치되어 팽창 또는 수축에 의해 상기 제1 외력 및 상기 제2 외력을 각각 제공하는 제1 에어백 및 제2 에어백;을 더 포함하는 수위 조절 장치.

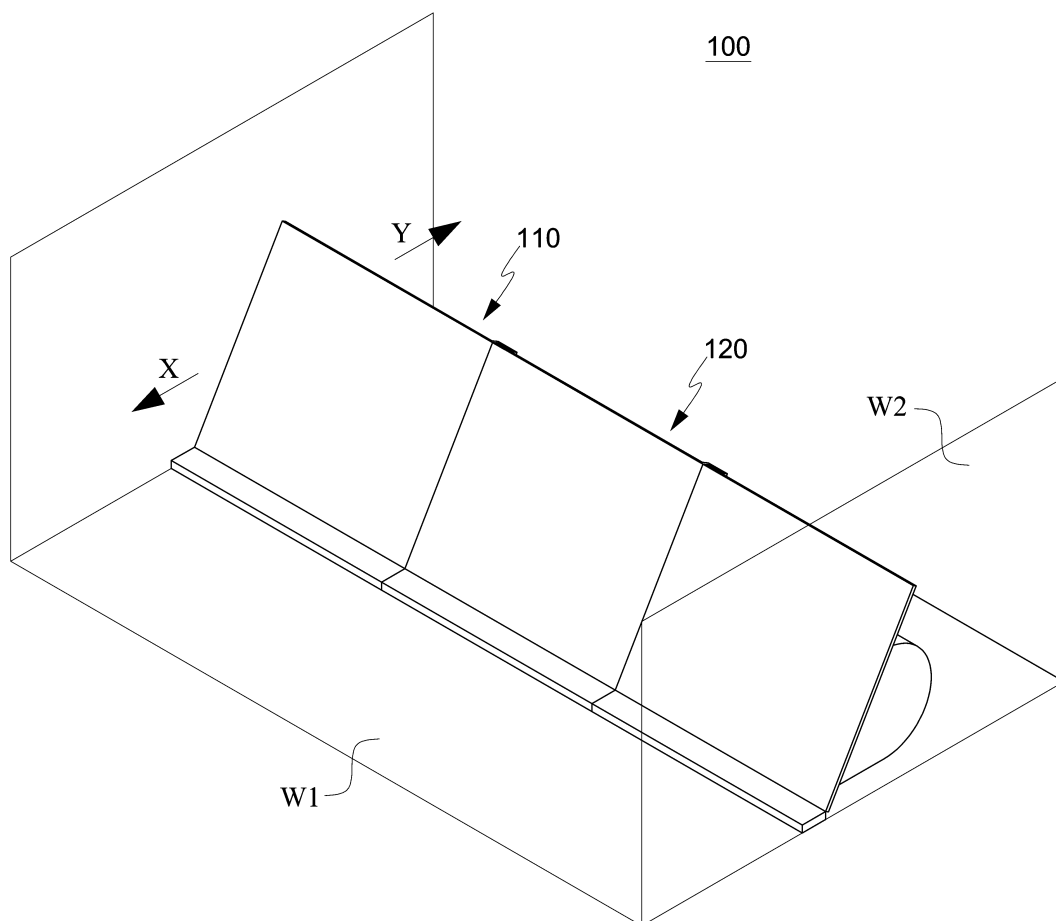
【요약서】**【요약】**

본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 제1 수위조절부와 제2 수위조절부가 동일한 특정 기립의 상태로 배치되어 동일한 수위가 조절 가능하도록 하는 수위 조절 장치에 있어서, 제1 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제1 수위조절부 및 상기 제1 수위조절부와 이웃하여 배치되며, 제2 외력에 의해 기립과 도복이 구현되는 상기 제2 수위조절부를 포함하며, 상기 제1 수위조절부는, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 제1 외력의 감소에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부와 독립적으로 도복이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제2 수위조절부에 의해 상기 제1 외력의 증가에 의한 상기 특정 기립 상태 이상으로의 기립이 제한 받고, 상기 제2 수위조절부는, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 제2 외력의 증가에 의해 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부와 독립적으로 기립이 가능하고, 상기 특정 기립의 상태에서 상기 특정 기립의 상태로 배치되는 상기 제1 수위조절부에 의해 상기 제2 외력의 감소에 의한 상기 특정 기립 상태 이하로의 도복이 제한 받을 수 있다.

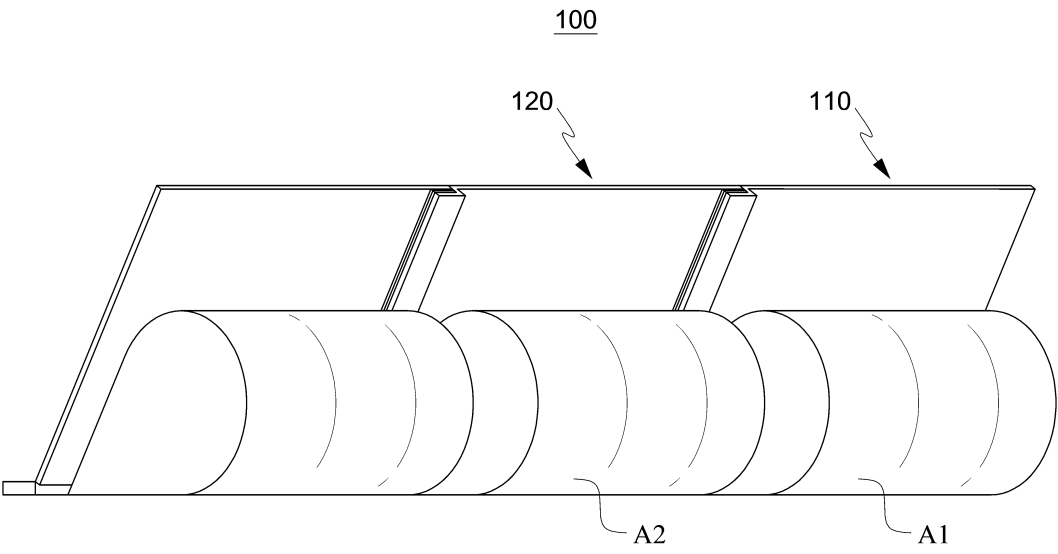
【대표도】**도 1**

【도면】

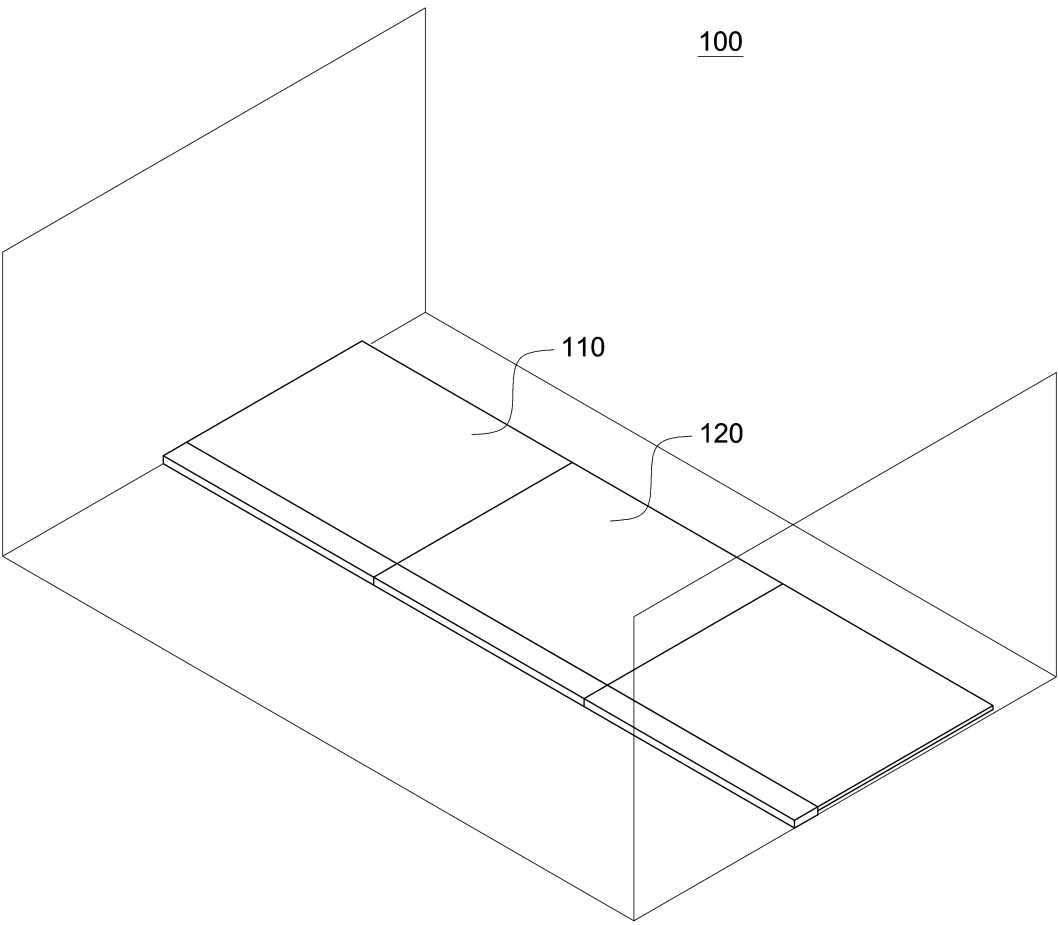
【도 1】



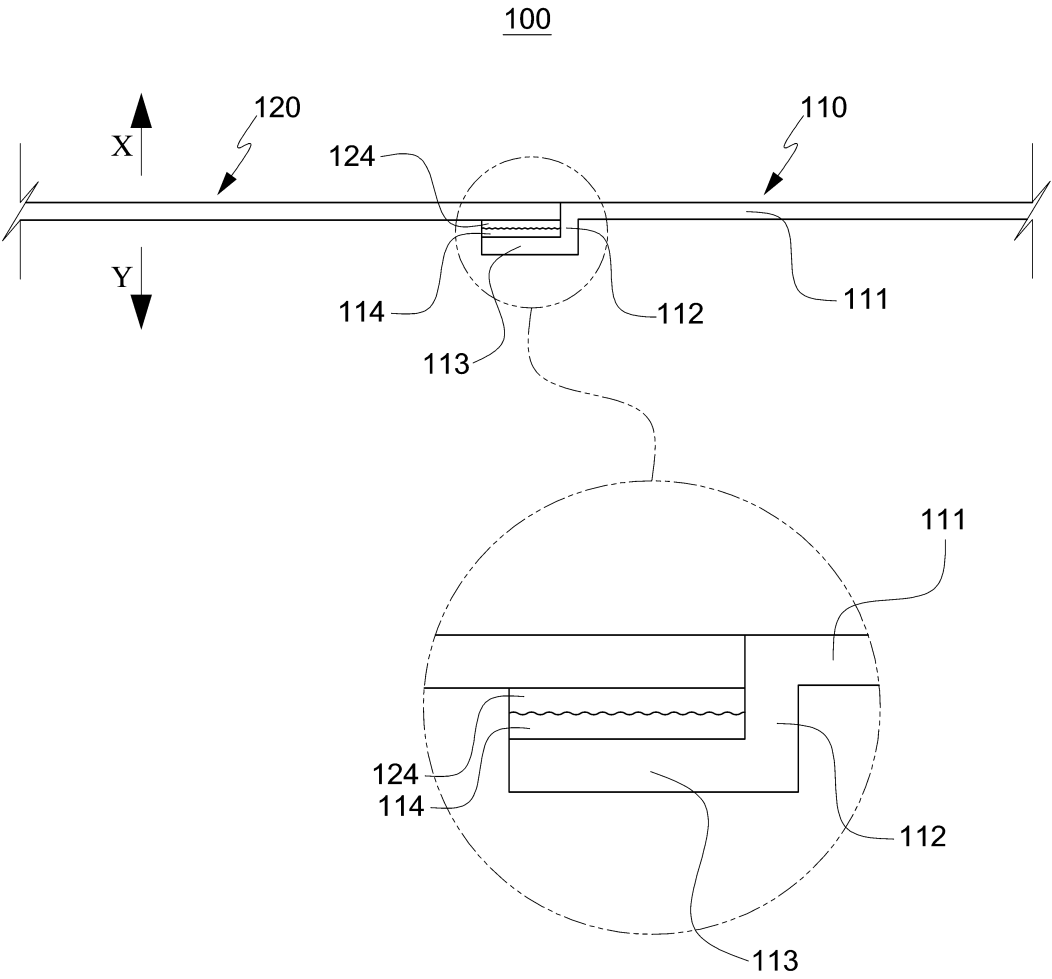
【도 2】



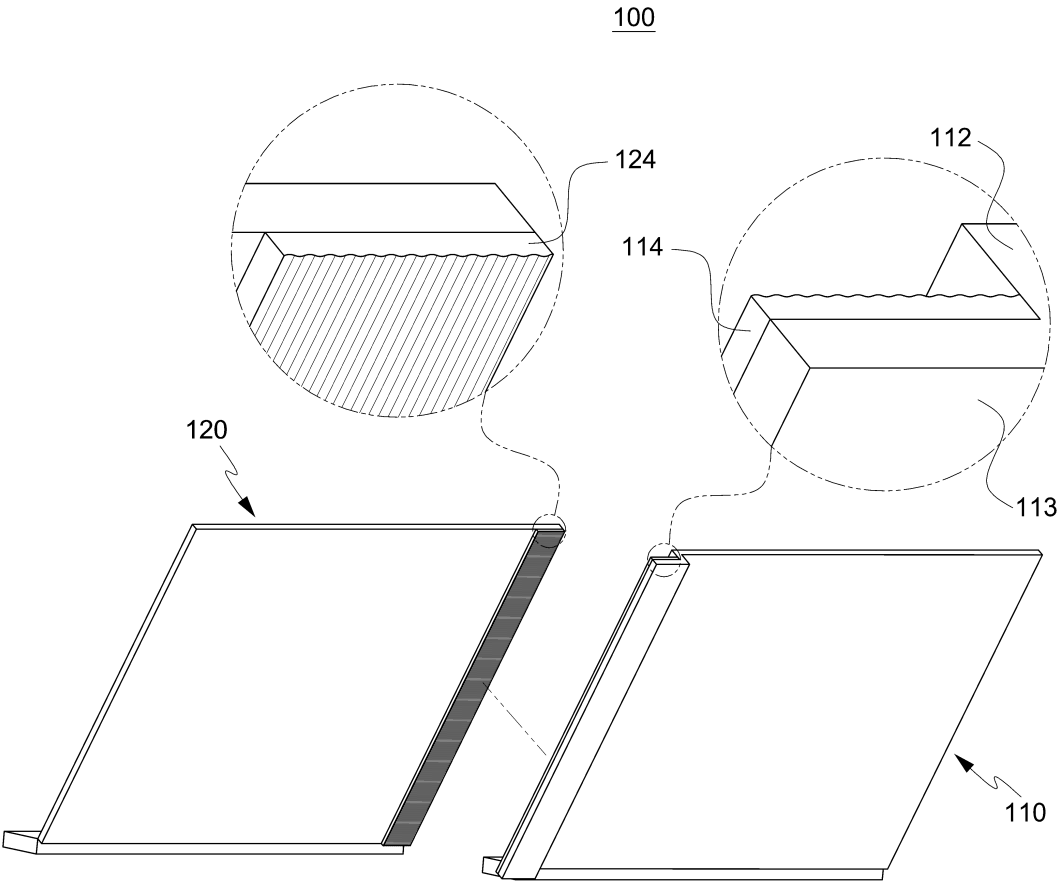
【도 3】



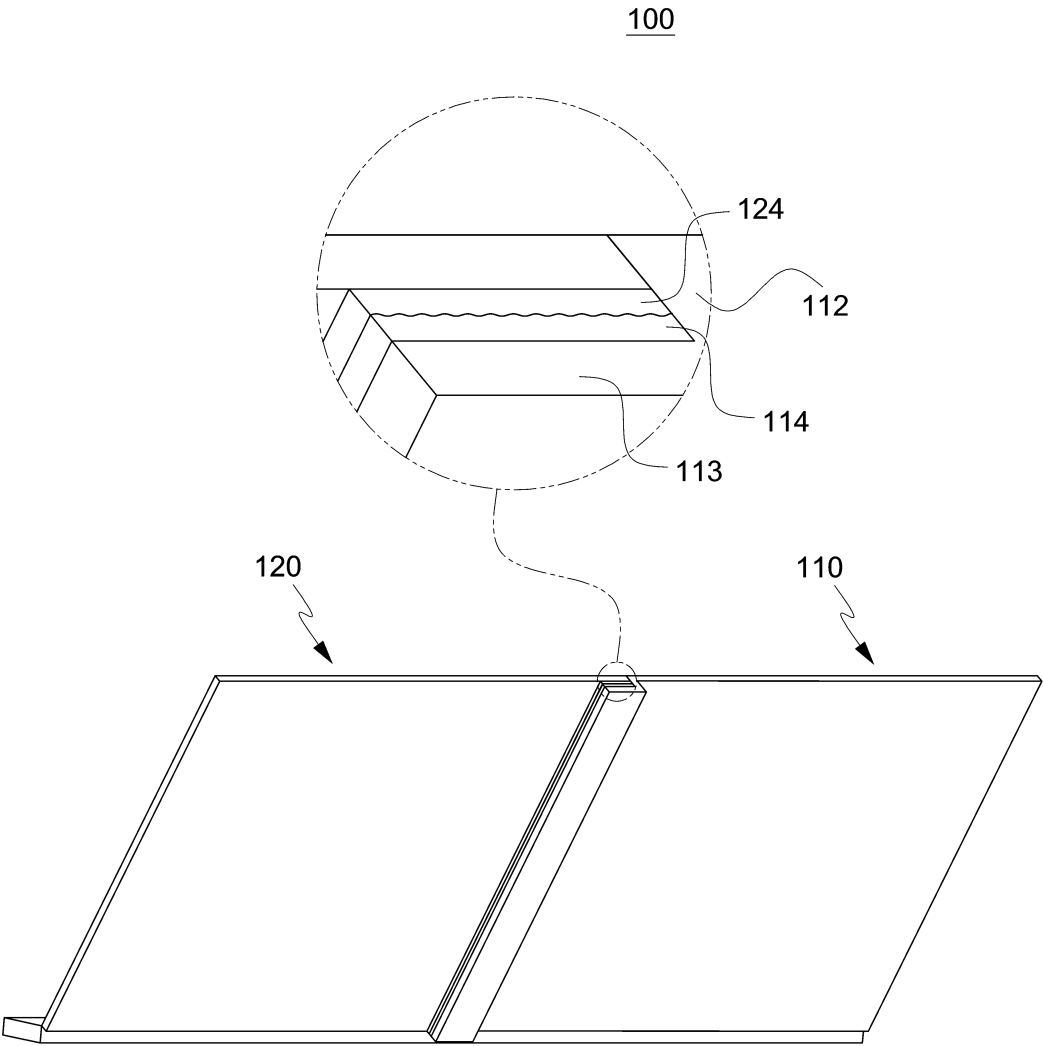
【도 4】



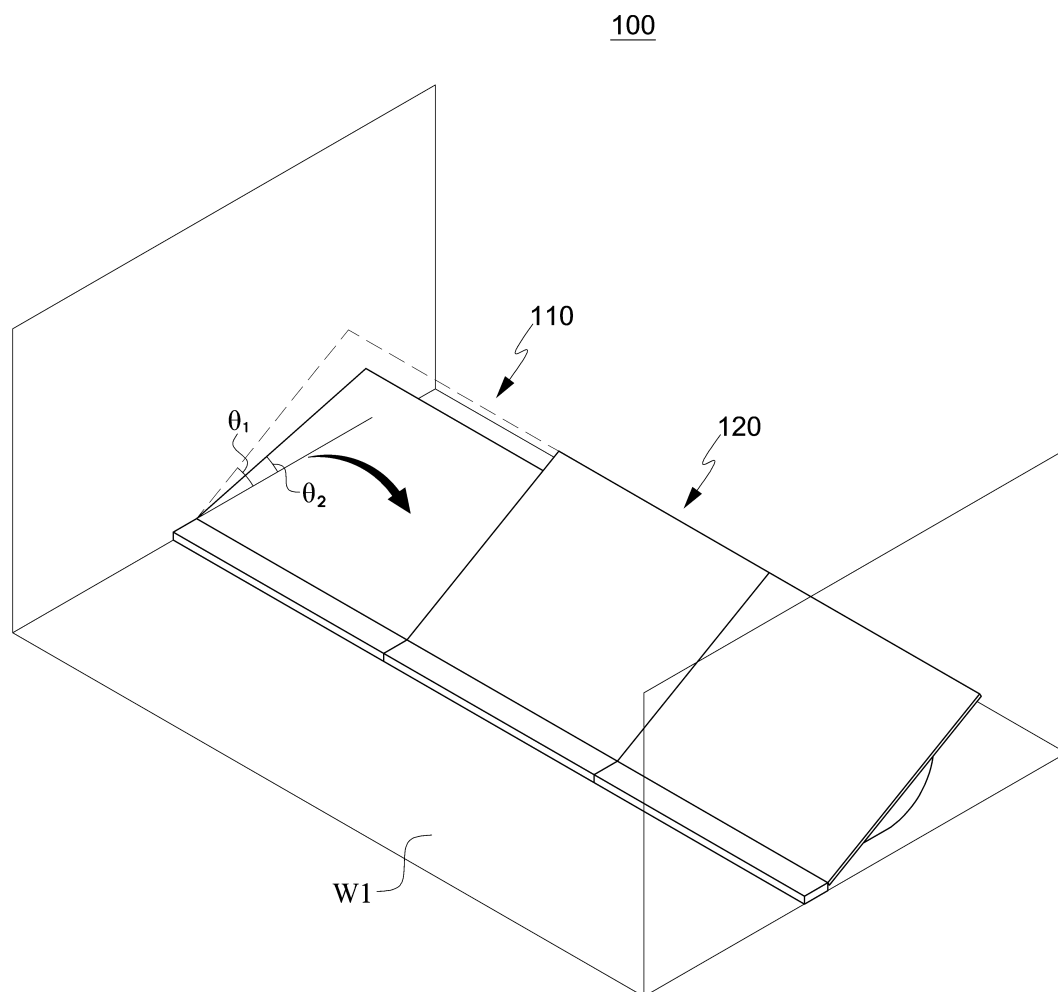
【도 5】



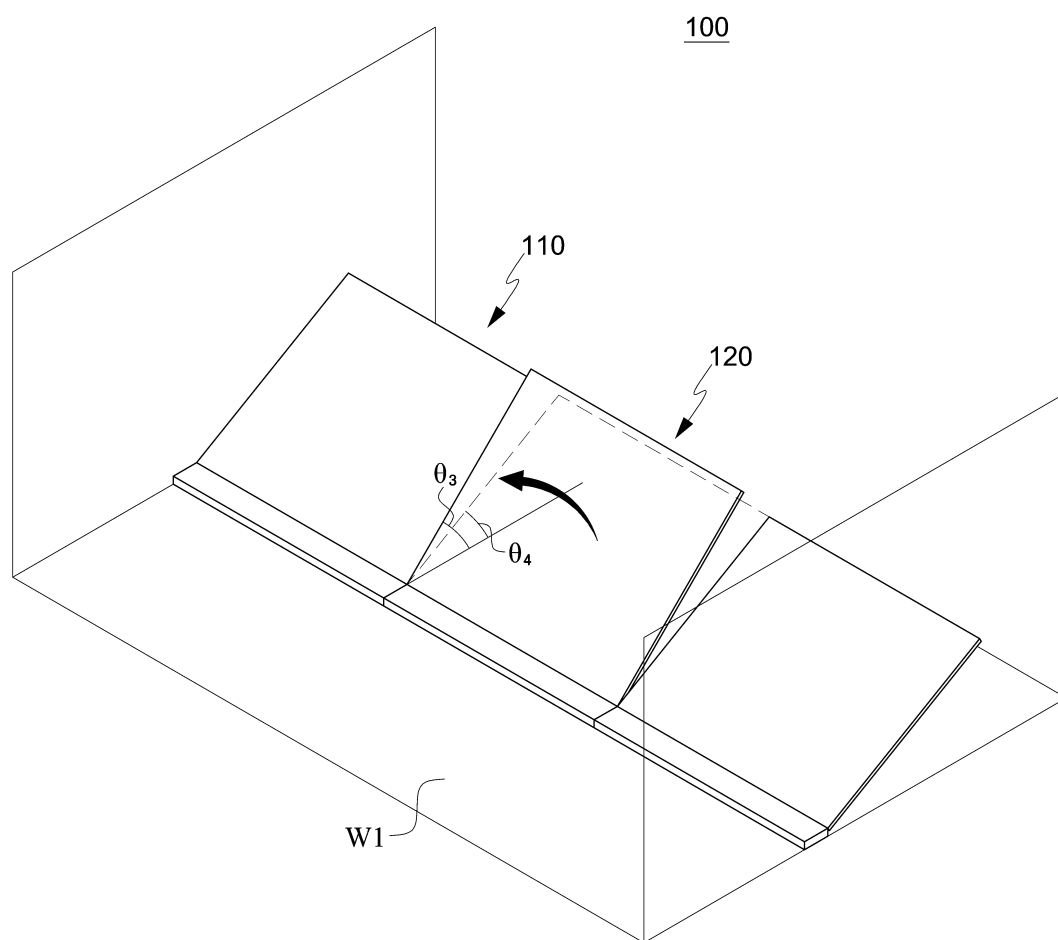
【도 6】



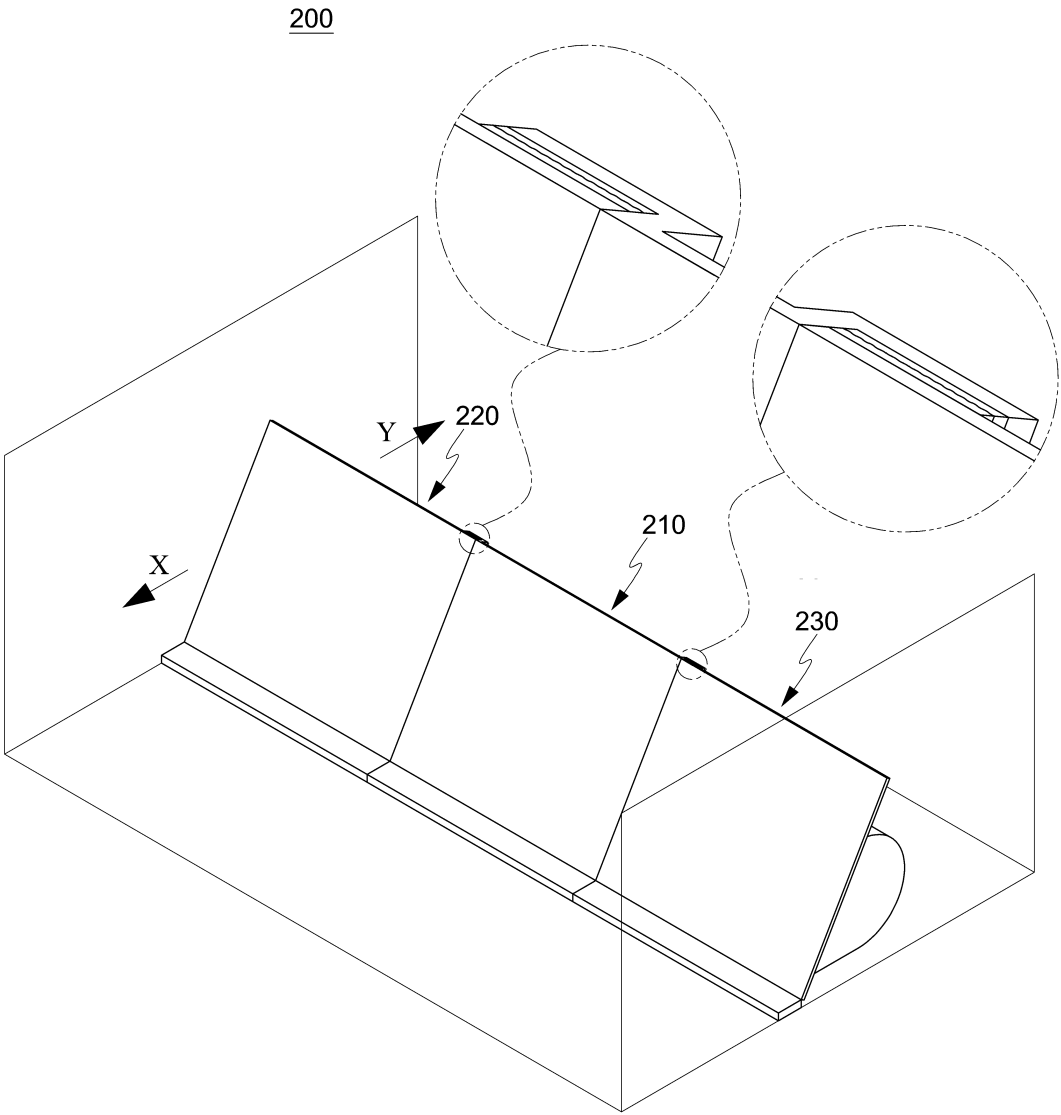
【도 7】



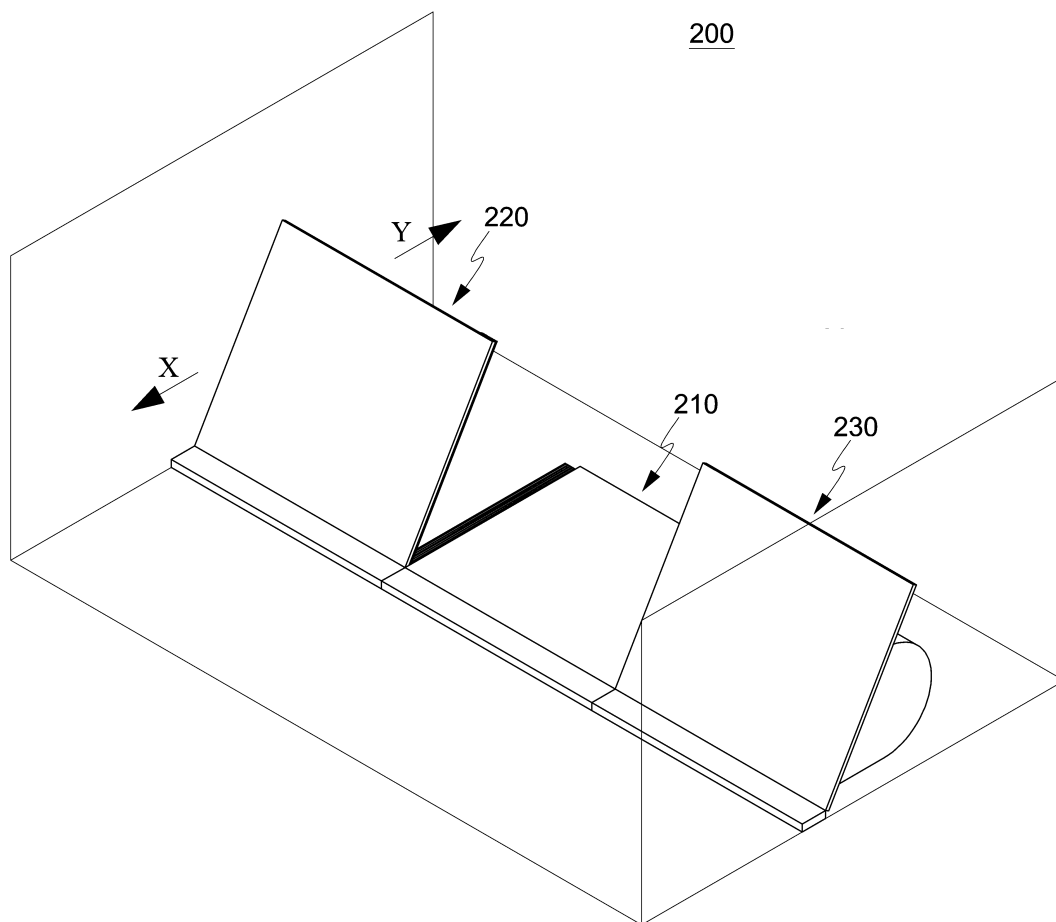
【도 8】



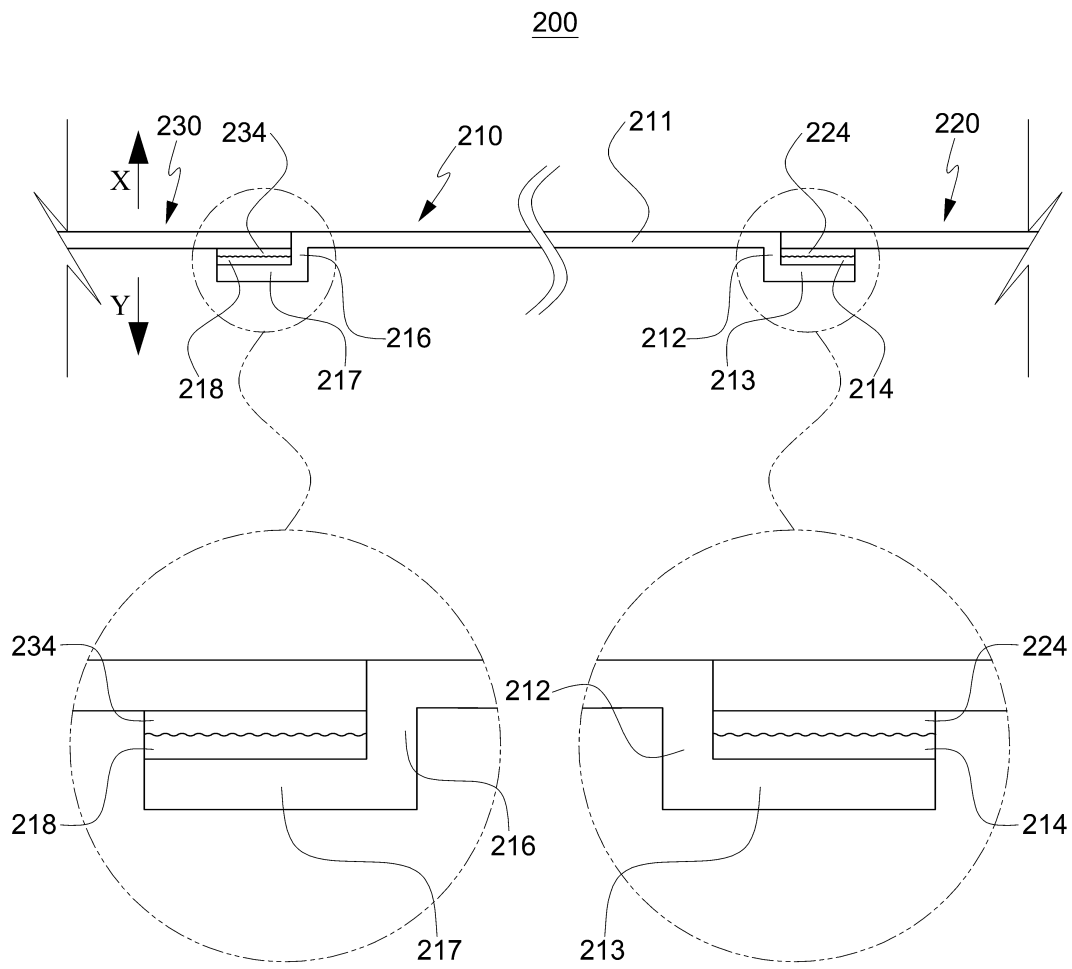
【도 9】



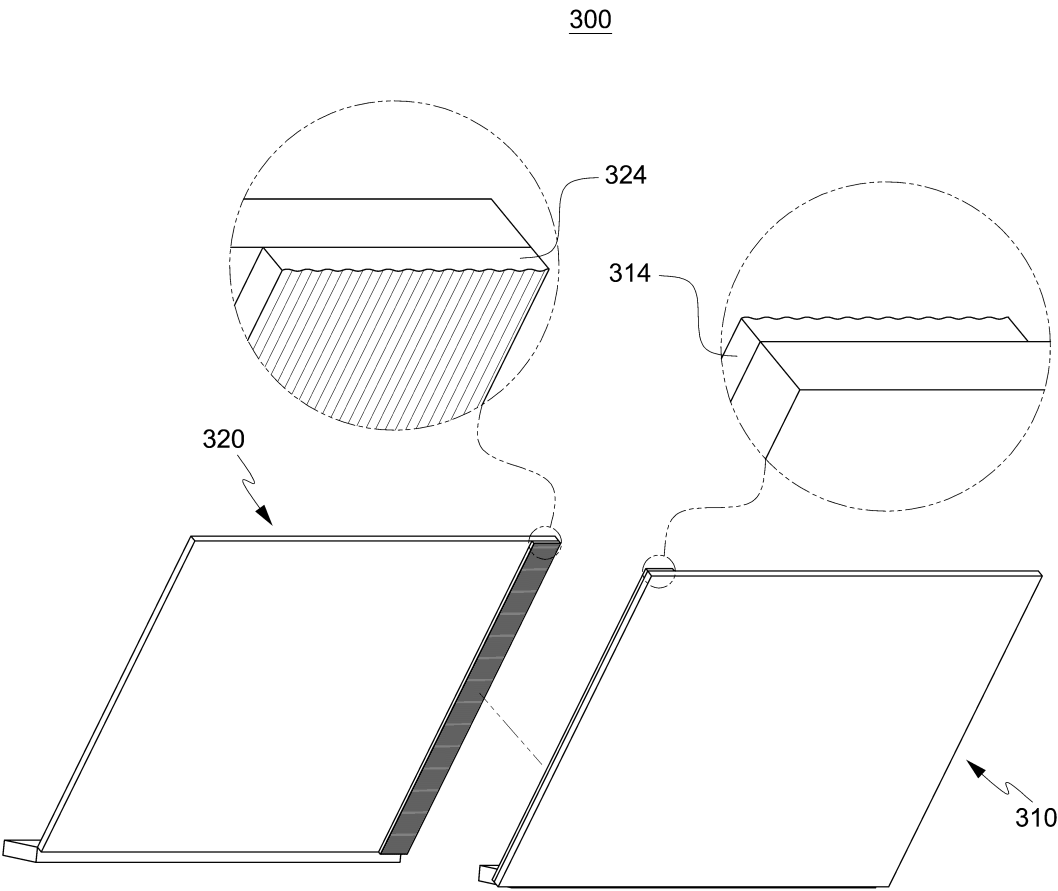
【도 10】



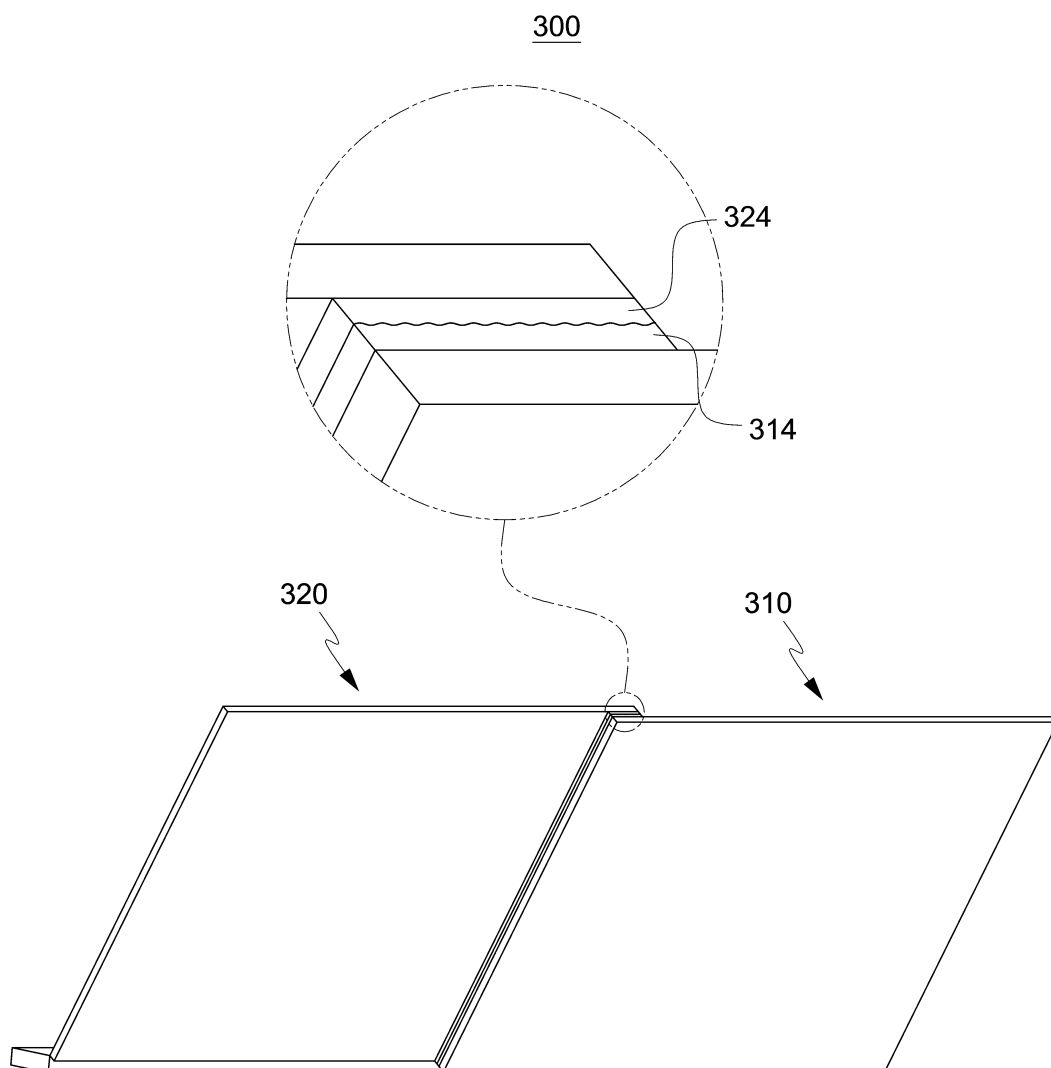
【도 11】



【도 12】

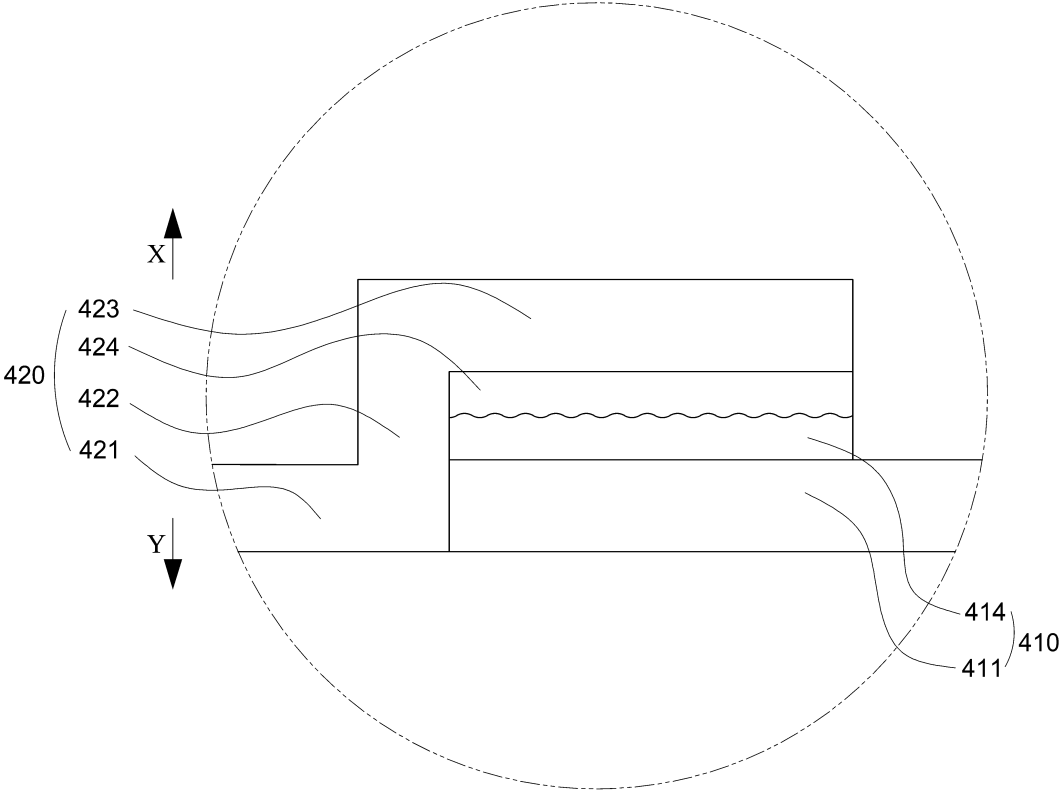


【도 13】



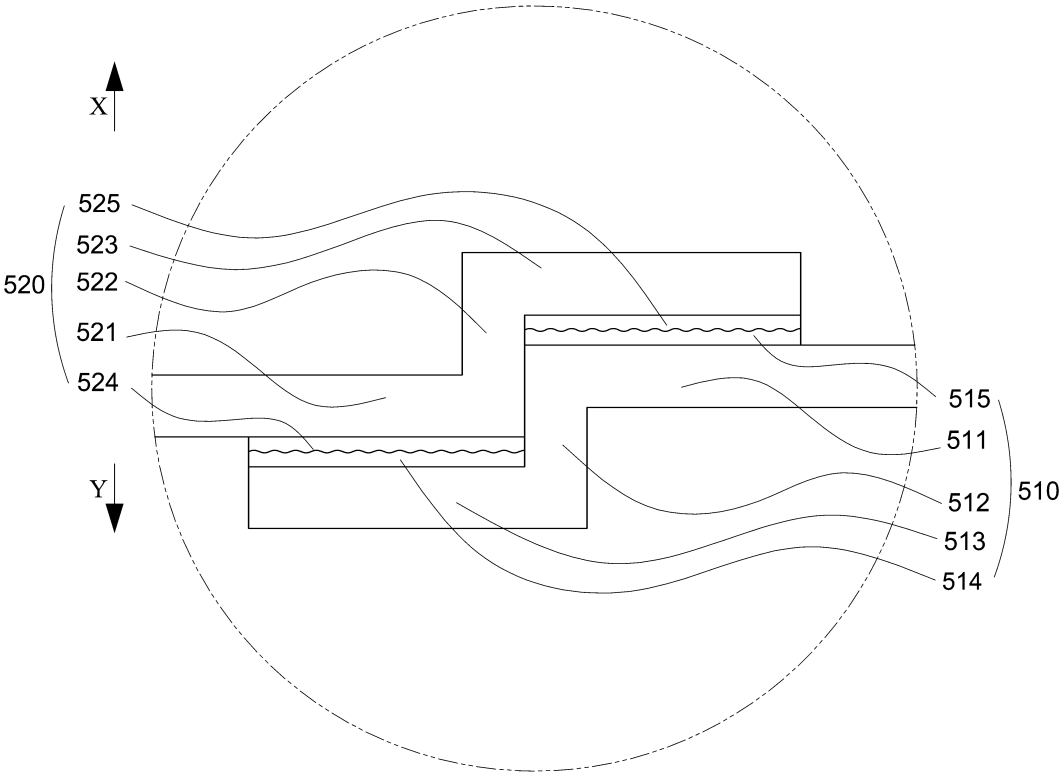
【도 14】

400

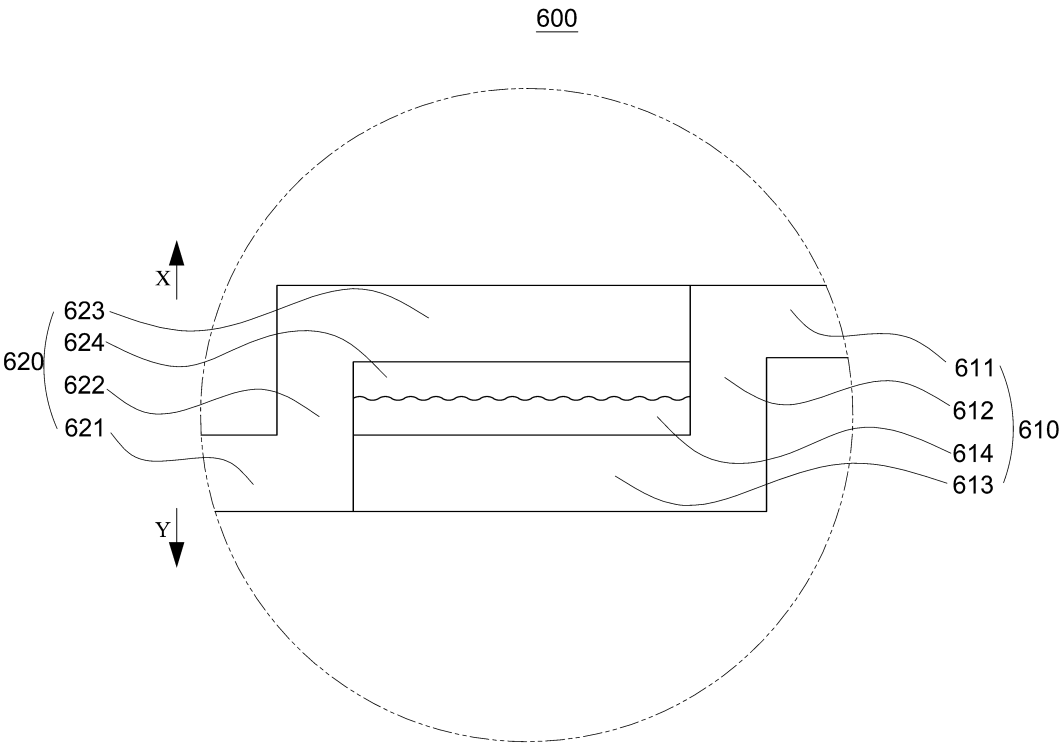


【도 15】

500



【도 16】



특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특 허

Patent Number

제 10-1614221 호

출원번호

Application Number

제 10-2014-0177536 호

출원일

Filing Date

2014년 12월 10일

등록일

Registration Date

2016년 04월 14일

발명의 명칭 Title of the Invention

수위 조절 장치

특허권자 Patentee

주식회사 유일기연(110111-*****)

경기도 고양시 일산동구 일산로 142, 824호 (백석동, 유니테크빌)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2016년 04월 14일



특허청장

COMMISSIONER,

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

등 록 사 항

특 허

등록 제 10-1614221 호

Patent Number

발명자 Inventors

이재혁(760921-*****)

서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호

최범준(661101-*****)

경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호

김필식(730801-*****)

서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 205동811호



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월26일
(11) 등록번호 10-1614221
(24) 등록일자 2016년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E02B 7/20 (2006.01) E02B 7/40 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0177536
(22) 출원일자 2014년12월10일
심사청구일자 2014년12월10일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002309548 A*
KR101369759 B1*
JP20060233518A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 유일기연
경기도 고양시 일산동구 일산로 142, 824호 (백석동, 유니테크빌)
(72) 발명자
이재혁
서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호
최범준
경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호
김필식
서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 20 5동811호
(74) 대리인
특허법인 아이피에스

전체 청구항 수 : 총 3 항

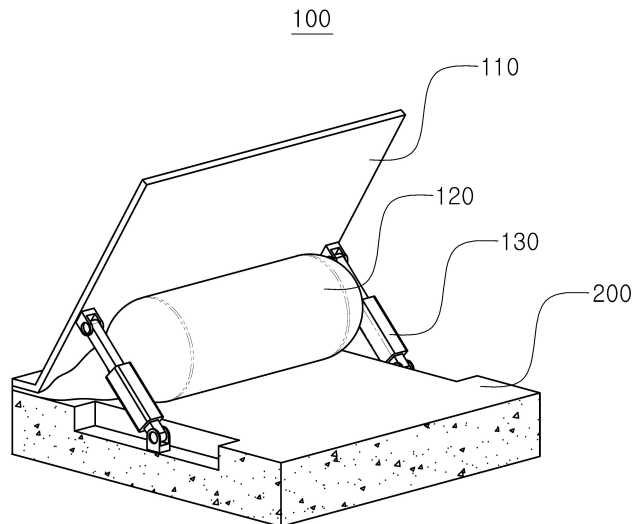
심사관 : 정규영

(54) 발명의 명칭 수위 조절 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 하상에 회동 가능하도록 설치되며, 기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 패널; 상기 패널의 하부측에 배치되며, 팽창 또는 수축에 의해 상기 패널의 기립의 정도를 조절하는 에어백; 및 상기 패널과 상기 하상에 연결되어 상기 에어백에 의한 상기 패널의 기립을 보조하며, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널의 기립 상태를 지지하여 상기 패널의 도복 속도를 저감시키는 도복속도저감부;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

하상에 회동 가능하도록 설치되며, 기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 패널;

상기 패널의 하부측에 배치되며, 팽창 또는 수축에 의해 상기 패널의 기립의 정도를 조절하는 에어백; 및

일측은 상기 하상에 연결되고, 타측은 상기 패널과 연결되어 상기 패널의 기립을 보조하며, 상기 패널의 기립 또는 도복에 연동되어, 상기 하상에 고정된 일측을 기준으로 회전과 동시에 길이가 변화되고, 상기 에어백에 의해 상기 패널이 기립되는 경우, 상기 패널의 회전방향의 반대방향으로 회전됨과 동시에 길이가 늘어나며, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널의 기립 상태를 지지하여 상기 에어백의 단위 시간 당 상기 공기의 누설량을 저하시켜 상기 패널의 급작스런 도복을 방지하고, 상기 하상에 대한 상기 패널의 기립 범위의 한계를 규정하여 상기 에어백의 과팽창에 의한 상기 패널의 역전도를 방지하는 도복속도저감부;를 포함하며,

상기 도복속도저감부는,

수질 저하가 방지되도록 공압실린더로 구성되며, 상기 에어백 내부의 공기가 누설되는 경우, 상기 패널에 대한 상기 에어백의 지지력이 상실되어 상기 에어백의 단위 시간 당 상기 공기의 누설량을 저하시키도록 상기 에어백이 상기 패널과 이격되도록 하고,

상기 도복속도저감부가 상기 하상에 연결되는 부분은,

상기 패널이 상기 하상에 연결되는 부분보다 축 방향 하측에 위치하여 상기 패널의 도복 완료 시 상기 패널과 상기 하상 사이에 상기 도복속도저감부가 배치되는 공간이 제공되도록 하는 것을 특징으로 하는 수위 조절 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 에어백의 팽창 또는 수축을 조절하고, 상기 도복속도저감부의 작동 여부를 조절하는 제어부;를 더 포함하며,

상기 제어부는,

상기 패널의 기립을 위해 상기 에어백이 팽창되도록 제어하는 경우, 상기 도복속도저감부의 길이가 증가하도록 상기 도복속도저감부를 제어하고,

상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 도복속도저감부의 길이가 유지되도록 상기 도복속도저감부를 제어하는 수위 조절 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 에어백의 팽창을 위해 제공되는 공기압력 및 상기 공압실린더에 제공되는 공기압력은, 동일한 공기펌프에 의해 구현되는 수위 조절 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수위 조절 장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 의도하지 않은 상황에서의 패널의 갑작스런 도복을 방지하여 의도치 않은 방류 등을 미연에 방지하는 수위 조절 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 수위 조절 장치는 수위를 조절하여 특수 목적으로 사용토록 하는 일종의 담수를 위한 장치일 수 있으며, 농업용 취수보, 위락용 담수보 등의 목적으로 수위 조절 장치의 일종인 고무댐이 이용되고 있다.

[0003] 수위 조절 장치 중 하나인 고무댐은 산간지역이나 지형조건이 좋지 않은 곳에서도 효과적으로 저수량을 확보할 수 있다.

[0004] 이러한 고무댐은 조립 설치가 용이하고 목적하는 수위에 따라 고무댐의 높이를 공기압력으로 조절하여 관리되기 때문에 취수 및 담수용 보로서 큰 주목을 받고 있다.

[0005] 기본적으로 상기 고무댐은 고무튜브(에어백)의 팽창, 수축을 위하여 내부에 공기가 채워지도록 되어있고, 또한 하상 콘크리트에 고무튜브를 고정하기 위한 고정장치와 공기를 공급 또는 배출하기 위한 배관설비 등의 부가장치를 구비한다.

[0006] 상기와 같은 고무댐은 단지 고무튜브를 이용, 보(weir)를 설치함으로써, 도복상태일 때는 하천의 하상 콘크리트와 수평을 이루어 통수단면적에 지장을 주지 않으나, 수위 조절에 한계가 있어, 하천의 담수기능을 탄력적으로 실시하는데 문제가 발생되었다.

[0007] 또한, 고무튜브가 상류에서 내려오는 유화물에 직접 노출되어 있는 관계로 인하여 산간지역 등에서의 낙석 또는 강한 수압에 의해 하상으로 구르는 날카로운 유석 또는 유목 등의 유화물로부터 충격을 받을 경우 고무튜브가 찢어지거나 구멍 등 유실부분이 발생되어 제방용 독으로서의 기능을 다하지 못하다는 문제가 있다.

- [0008] 이러한 문제점을 해소하기 위해 최근에는 고무튜브와 같은 에어백과 고강도의 패널을 이용하여 보를 형성한 다음 이를 공압으로 하여, 에어백의 팽창 또는 수축정도를 제어함으로써 상기 패널의 경사각을 조정하여 하천의 수위를 용이하게 조절할 수 있음은 물론 상류에서 내려오는 유화물에 따른 고무튜브의 소손을 패널이 미리 차단시켜 보호해주는 공압식 가동보가 사용되고 있다.
- [0009] 종래의 공압식 가동보의 경우, 여러가지 외부 또는 내부적 환경에 의해 에어백이 파손되는 경우가 종종 발생하고 있으며, 이 경우, 에어백의 내부로부터 공기가 누설됨에 따라 의도하지 않게 패널이 도복 되고, 그 결과, 의도치 않은 방류가 일어난다는 문제가 있다.
- [0010] 또한, 패널의 기립에 의해 상류측의 물이 담수되는 경우, 하류측에는 사람 등이 통행할 수 있는 여건이 마련되는데, 갑작스런 패널의 도복은 의도치 않은 방류에 의해 하류측을 통행하는 사람에게 불의의 사고를 유발하게 된다.
- [0011] 그러므로, 여러가지 외부 또는 내부적 환경에 의해 에어백이 파손되어 내부의 공기가 누설되더라도, 패널의 기립을 유지하여 의도치 않은 방류를 미연에 방지하도록 하는 연구가 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은 의도하지 않은 상황에서의 패널의 갑작스런 도복을 방지하여 의도치 않은 방류를 미연에 방지하는 동시에 의도치 않은 방류 없이 수리 등을 위한 시간이 확보되도록 하는 수위 조절 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 하상에 회동 가능하도록 설치되며, 기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 패널; 상기 패널의 하부측에 배치되며, 팽창 또는 수축에 의해 상기 패널의 기립의 정도를 조절하는 에어백; 및 상기 패널과 상기 하상에 연결되어 상기 에어백에 의한 상기 패널의 기립을 보조하며, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널의 기립 상태를 지지하여 상기 패널의 도복 속도를 저감시키는 도복속도저감부;를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부는, 상기 패널의 기립을 위해 상기 에어백이 팽창하는 경우, 길이의 증가에 의해 상기 패널의 기립을 보조하며, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 길이의 유지에 의해 상기 패널의 기립 상태를 지지할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 상기 에어백의 팽창 또는 수축을 조절하고, 상기 도복속도저감부의 작동 여부를 조절하는 제어부;를 더 포함하며, 상기 제어부는, 상기 패널의 기립을 위해 상기 에어백이 팽창되도록 제어하는 경우, 상기 도복속도저감부의 길이가 증가하도록 상기 도복속도저감부를 제어하고, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 도복속도저감부의 길이가 유지되도록 상기 도복속도저감부를 제어할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부는, 수질 저하를 방지하도록 공압실린더를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부는, 일측단 및 타측단이 상기 패널의 기립 정도에 따라 각각 상기 하상 및 상기 패널을 기준으로 회동 가능하도록 각각 상기 하상 및 상기 패널에 연결될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부가 상기 하상에 연결되는 부분은, 상기 패널이 상기 하상에 연결되는 부분보다 축 방향 하측에 위치하여 상기 패널의 도복 완료 시 상기 패널과 상기 하상 사이에 상기 도복속도저감부가 배치되는 공간이 제공되도록 할 수 있다.

- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부가 상기 패널에 연결되는 부분은, 상기 도복속도저감부가 상기 하상에 연결되는 부분보다 하류측에 위치할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부는, 수질 저하를 방지하도록 공압실린더를 포함하며, 상기 에어백의 팽창을 위해 제공되는 공기압력 및 상기 공압실린더에 제공되는 공기압력은, 동일한 공기펌프에 의해 구현될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 도복속도저감부는, 상기 에어백의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널을 기립 상태를 지지하여 단위 시간 당 상기 공기의 누설량을 저하시킬 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 에어백 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널의 도복의 정도가 상기 도복속도저감부에 의해 조절되도록 할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치는, 에어백 내부의 공기가 누설되어 상기 패널이 도복되는 경우, 상기 패널이 상기 에어백에 의한 지지력이 상실되어 상기 에어백으로부터 이격되도록 할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치의 상기 패널의 기립은, 상기 도복속도저감부에 의해 한계가 규정될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 수위 조절 장치에 의하면, 의도하지 않은 상황에서의 패널의 갑작스런 도복을 방지하여 의도치 않은 방류를 미연에 방지할 수 있다.
- [0026] 또한, 의도치 않은 방류의 방지로 인하여 하류측을 통행하는 사람에 대한 인명사고를 예방할 수 있다.
- [0027] 또한, 의도치 않은 방류 없이 수리 등을 위한 시간이 확보되도록 할 수 있다.
- [0028] 또한, 안정적으로 패널의 역전도 현상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 하상이 설치된 모습을 도시한 개략 사시도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 패널이 기립된 상태를 도시한 개략 사시도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 단면도.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 에어백이 파손된 경우 도복속도저감부에 의해 패널이 지지되는 상태를 도시한 개략 사시도 및 개략 단면도.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 패널이 도복된 상태를 도시한 개략 단면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 제시되는 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 구성요소를 추가, 변경, 삭제 등을 통하여, 퇴보적인 다른 발명이나 본 발명 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본원 발명 사상 범위 내에 포함된다고 할 것이다.
- [0031] 또한, 각 실시예의 도면에 나타나는 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치가 하상이 설치된 모습을 도시한 개략 사시도이며, 도 2는

본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 패널이 기립된 상태를 도시한 개략 사시도이다.

- [0033] 또한, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치를 도시한 개략 단면도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 에어백이 파손된 경우 도복속도저감부에 의해 패널이 지지되는 상태를 도시한 개략 사시도 및 개략 단면도이다.
- [0034] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)는 하상(200)에 설치되어 수위를 조절하기 위한 장치로, 패널(110), 상기 패널(110)의 기립의 정도를 조절하는 에어백(120) 및 상기 패널(110)과 하상(200)에 연결되는 도복속도저감부(130)를 포함할 수 있다.
- [0035] 우선, 방향에 대한 용어를 정의하면, 폭 방향(X)은 본 발명에 따른 수위 조절 장치(100)가 설치될 수 있는 하천 등을 가로지르는 방향일 수 있으며, 상류측(Y) 및 하류측(Z)은 각각 패널(110)을 기준으로 물이 담수되는 측 및 그 반대 측을 의미할 수 있고, 측 방향 하측(V)은 지상으로부터 지하를 향한 수직 방향을 의미할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)는 하천 등의 바닥에 상기 하천의 폭 방향(X)을 따라 형성되는 하상(200)에 설치되어, 상류측(X)의 하천수 등을 담수할 수 있는 일종의 담수 장치로, 패널(110)의 기립 정도에 따라 담수위를 조절할 수 있다.
- [0037] 상기 하상(200)은 콘크리트 기초를 의미할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 하천 등의 바닥을 의미할 수도 있다.
- [0038] 패널(110)은 소정의 폭과 길이를 갖는 일종의 평평한 판일 수 있으며, 상류측(X)을 향해 돌출되도록 굴곡되어 전체적으로 라운드진 형상의 판일 수도 있다.
- [0039] 상기 패널(110)은, 에어백(120)에 의해 기립과 도복이 구현될 수 있으며, 유하물로 인한 마모 및 태양광, 오존 등으로 인한 표면 노화에 견딜 수 있도록 충분한 두께로 형성될 수 있다.
- [0040] 여기서, 상기 패널(110)은 적어도 하나 이상이 나란하게 하천 등의 양측 측벽을 가로질러 배치될 수 있으며, 상기 패널(110)들의 기립 및 도복은 서로 연동되거나 개별적으로 구현될 수도 있다.
- [0041] 에어백(120)은 상기 패널(110)의 하부측에 배치되어 상기 패널(110)의 기립을 위한 압력을 제공하는 일 구성요소로, 상기 패널(110)과 각각 대응되도록 배치될 수 있으며, 공기펌프(미도시)로부터 공급되는 공기에 의한 수축 및 팽창에 의해 상기 패널(110)의 기립 정도를 조절할 수 있다.
- [0042] 상기 공기펌프는 상류측(X)의 하천수를 담수할 필요가 있는 경우, 상기 에어백(120)으로 압축공기를 공급하여 상기 에어백(120)을 팽창시키고, 결국, 상기 패널(110)은 기립될 수 있다.
- [0043] 한편, 상기 공기펌프로부터 상기 에어백(120)으로의 압축공기의 공급은 제어부(미도시)에 의해 제어될 수 있으며, 이로 인해 상기 제어부는 상기 패널(110)의 기립 및 도복을 제어할 수 있다.
- [0044] 상기 패널(110)에는 도복속도저감부(130)가 연결될 수 있으며, 상기 도복속도저감부(130)로 인해 의도하지 않은 상황에서의 상기 패널(110)의 갑작스런 도복을 방지하여 상류측(X)의 하천수가 의도치 않게 하류측으로 방류되는 것을 미연에 방지할 수 있다.
- [0045] 구체적으로, 상기 도복속도저감부(130)는 상기 패널(110)과 상기 하상(200)에 연결되어 상기 에어백(120)에 의한 상기 패널(110)의 기립을 보조할 수 있으며, 상기 에어백(120)의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널(110)이 도복 되는 경우, 상기 패널(110)의 기립 상태를 지지하여 상기 패널(110)의 도복 속도를 최대한 저감시킬 수 있다.
- [0046] 상기 도복속도저감부(130)는 길이의 증감이 구현되는 일종의 공압실린더를 포함할 수 있으며, 공압실린더의 특성 상 수질 저하의 문제를 미연에 방지할 수 있다.
- [0047] 여기서, 상기 공압실린더는 압축공기가 갖는 에너지를 기계적인 왕복 직선 운동으로 변환하는 장치로, 당업자에게 널리 알려진 공지의 기술이므로, 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0048] 한편, 상기 도복속도저감부를 길이의 증감이 구현되는 일종의 유압실린더를 포함하는 경우, 작동유에 의해 수질 오염의 문제가 발생할 수 있으나, 본 발명에서는 공압실린더를 포함케 함으로써 상기와 같은 문제를 원천 봉쇄

할 수 있다.

- [0049] 상기 도복속도저감부(130)는 상기 패널(110)의 기립을 위해 공기펌프로부터 공급되는 압축공기에 의해 에어백(120)이 팽창하는 경우, 길이의 증가에 의해 상기 패널(110)의 기립을 보조할 수 있다.
- [0050] 다시 말하면, 패널(110)의 기립은 에어백(120)의 팽창에 의해 구현되나, 상기 에어백(120)의 팽창과 동시에 또는 상기 에어백(120)의 팽창 전후에 길이가 증가함으로써 상기 패널(110)을 지지하여 상기 패널(110)의 기립 상태를 보조 지지할 수 있는 것이다.
- [0051] 상기 도복속도저감부(130)의 길이의 증가는 에어백(120)에 압축공기를 제공하는 공기펌프에 의해 구현될 수 있으며, 상기 도복속도저감부(130), 즉, 공압실린더에 제공되는 공기압력 및 에어백(120)에 제공되는 공기압력은 동일한 공기펌프에 의해 구현될 수 있다.
- [0052] 다만, 상기 도복속도저감부(130)와 상기 에어백(120) 각각에 제공되는 공기압력은 반드시 하나의 공기펌프에 의해 구현되는 것에 한정되는 것은 아니며, 서로 다른 공기펌프에 의해 구현되어도 무방하다.
- [0053] 상기 도복속도저감부(130)는 패널(110)의 기립 상태를 유지하기 위한 에어백(120)의 내부의 공기가 예기치 않게 누설되어 상기 에어백(120)이 수축되고, 이로 인해, 상기 패널(110)이 도복되는 경우 길이의 유지에 의해 상기 패널(110)의 기립 상태를 최대한 유지할 수 있다.
- [0054] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치(100)는 의도치 않은 방류의 방지로 인하여 하류측을 통행하는 사람에 대한 인명사고를 예방할 수 있다.
- [0055] 이를 도복속도저감부(130)를 구비하지 않은 종래의 수위 조절 장치와 비교하여 설명한다.
- [0056] 일반적으로, 에어백에 의해 패널의 기립이 지지되는 수위 조절 장치의 경우, 상류측의 하천수 등이 담수된 후 외부적인 환경 요인 또는 내부적인 환경 요인 등에 의해 상기 에어백이 파손되는 경우가 발생할 수 있다.
- [0057] 이 경우, 에어백의 파손에 의해 내부의 공기는 외부로 누설될 수 있으며, 공기의 누설로 인하여 에어백은 패널의 기립을 위한 지지력이 감소하여 패널은 빠른 속도로 도복되는 상황에 처하게 된다.
- [0058] 여기서, 종래의 수위 조절 장치는 상기 에어백의 내부의 공기의 누설로 인하여 빠른 속도로 패널이 도복되게 되며, 상기 도복은 외부적인 환경 요인 또는 내부적인 환경 요인, 즉, 의도하지 않은 상황에서의 도복이므로, 상류측의 하천수가 의도치 않게 하류측으로 방류되게 되고, 방류에 의해 하류측을 통행하는 사람에게 불의의 사고를 유발하게 된다.
- [0059] 그러나, 본 발명에 따른 수위 조절 장치(100)의 경우, 상기와 같은 상황이 발생되면, 도복속도저감부(130)에 의해 패널(110)의 기립 상태를 최대한 유지할 수 있으므로, 의도치 않은 방류에 의한 인명사고를 미연에 방지할 수 있다.
- [0060] 구체적으로, 도복속도저감부(130)의 작동 여부는 제어부(미도시)에 의해 조절되는데, 상기 제어부는 상류측(X)의 하천수를 담수하기 위해 에어백(120)이 팽창되도록 제어하는 경우, 상기 도복속도저감부(130)도 길이가 증가되도록 상기 도복속도저감부(130)를 제어하게 된다.
- [0061] 한편, 의도치 않은 상황에서의 에어백(120)의 내부의 공기가 누설되어 상기 에어백(120)에 의한 상기 패널(110)의 기립이 지지되지 못하는 경우, 제어부는 상기 도복속도저감부(130)의 길이가 증가된 상태로 그대로 유지되도록 상기 도복속도저감부(130)를 제어하여, 상기 패널(110)의 도복을 방지하거나 도복되는 속도를 현저히 저감시킬 수 있다.
- [0062] 따라서, 에어백(120) 내부의 공기가 누설되어 에어백(120)에 의한 패널(110)의 기립 상태를 유지하기 위한 지지력이 저하되는 경우에도, 상기 패널(110)은 도복속도저감부(130)에 의해 기립 상태를 최대한 유지할 수 있게 되어, 의도치 않은 방류로 인한 하류측을 통행하는 사람에게 발생할 수 있는 불의의 일격을 미연에 방지할 수 있다.
- [0063] 또한, 패널(110)의 기립 상태를 최대한 유지하게 되어, 관리자는 에어백(120) 등을 수리할 수 있는 시간이 확보할 수 있으며, 결국, 에어백(120)의 내부의 공기가 누설되더라도 수위 조절 장치(100)의 본연의 기능을 유지한 채 수리를 할 수 있다.
- [0064] 한편, 상기 도복속도저감부(130)는 여러가지 요인에 의해 에어백(120)의 내부의 공기가 누설되어 상기 패널(110)이 도복되는 경우, 상기 패널(110)의 기립 상태를 지지하여 단위 시간 당 상기 공기의 누설량을 저하시킬

수 있다.

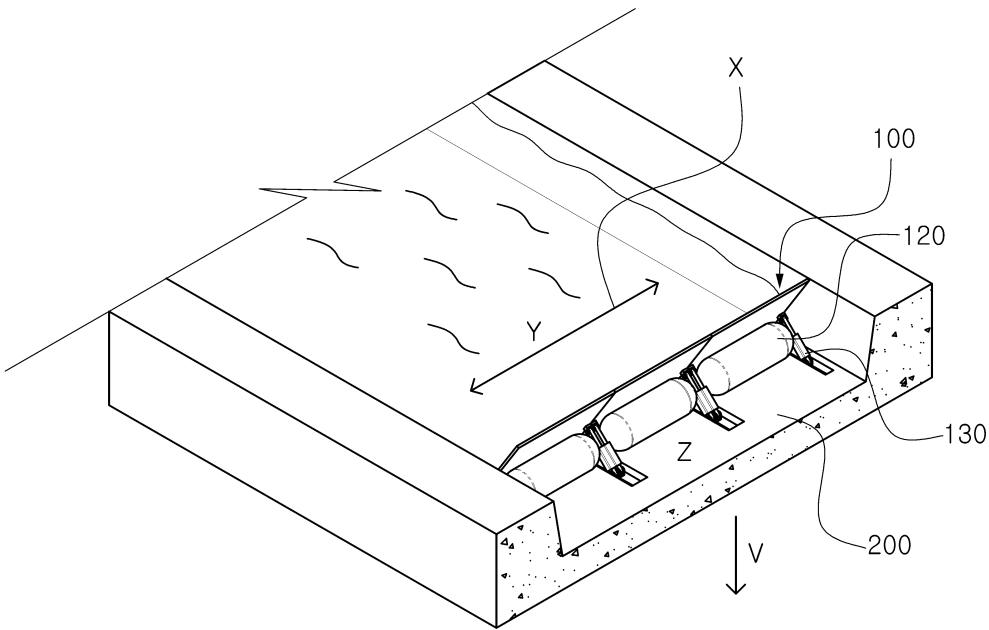
- [0065] 이는, 에어백(120)의 내부의 공기가 누설되는 경우, 패널(110)은 상기 에어백(120)에 의한 지지력이 상실되어 상기 에어백(120)으로부터 이격될 수 있으며, 상기 에어백(120)은 상기 패널(110)에 가해지는 상류측(Y)의 수압이 작아지게 되어 자연스럽게 공기의 누설량이 저하될 수 있는 것이다.
- [0066] 그리고, 이 경우, 상기 패널(110)의 도복의 정도는 상기 도복속도저감부(130)에 의해 조절되게 되는 것이다.
- [0067] 한편, 상기 도복속도저감부(130)는 패널(110)의 역전도 현상을 방지할 수 있으며, 상기 에어백(120)에 의해 상기 패널(110)이 기립되는 경우, 상기 패널(110)의 기립의 한계를 규정할 수 있다.
- [0068] 예를 들어, 상기 에어백(120)에 의해 상기 패널(110)이 기립된 경우, 외부 온도 및 습도 등 여러가지의 이유로 상기 에어백(120)이 미리 설정된 정도보다 더 팽창하는 경우 또는 관리자의 착오로 인하여 발생될 수 있는 에어백(120)의 과팽창의 경우에 발생하는 역전도 현상은 상기 패널(110)을 하상(200)과 연결하는 도복속도저감부(130)에 의해 미연에 방지될 수 있는 것이다.
- [0069] 한편, 상기 도복속도저감부(130)는 에어백(120)의 양측의 외측과 대응되는 패널(110)에 연결될 수 있으며, 이로 인해 상기 도복속도저감부(130)와 상기 에어백(120) 간의 간섭을 방지할 수 있다.
- [0070] 그리고, 상기 도복속도저감부(130)는 패널(110)의 하부측에 연결될 수 있으며, 이로 인해, 수위 조절 장치(100)의 외관상 수려함을 향상시킬 수 있다.
- [0071] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수위 조절 장치에 제공되는 패널이 도복된 상태를 도시한 개략 단면도이다.
- [0072] 도 5를 참조하면, 관리자의 의도에 따라 에어백(120)이 수축되어 패널(110)이 완전히 도복된 경우, 도복속도저감부(130)는 도복된 패널(110)과 하상(200) 사이에 제공되는 공간(S)에 배치될 수 있다.
- [0073] 구체적으로, 상기 도복속도저감부(130)는 일측단 및 타측단이 패널(110)의 기립 정도에 따라 각각 상기 하상(200) 및 상기 패널(110)을 기준으로 회동 가능하도록 각각 상기 하상(200) 및 상기 패널(110)에 연결될 수 있으며, 상기 도복속도저감부(130)가 상기 하상(200)에 연결되는 부분(140)은, 상기 패널(110)이 상기 하상(200)에 연결되는 부분(160)보다 축 방향 하측에 위치하여 상기 패널(110)의 도복 완료 시 상기 패널(110)과 상기 하상(200) 사이에 상기 도복속도저감부(130)가 배치되는 공간(S)이 제공될 수 있는 것이다.
- [0074] 이를 위해, 하상(200)은 하류측(Z)이 상류측(Y)보다 낮게 형성될 수 있으며, 상기 하상(200)이 하천 등의 바닥인 경우 하류측(Z)의 바닥을 정리하여 상류측(Y)보다 더 낮게 할 수 있다.
- [0075] 한편, 상기 도복속도저감부(130)가 상기 패널(110)에 연결되는 부분(150)은, 상기 도복속도저감부(130)가 상기 하상(200)에 연결되는 부분(140)보다 하류측에 위치할 수 있으며, 이로 인해, 상기 에어백(120) 내부의 공기가 누설되어 에어백(120)에 의한 패널(110)의 기립 상태를 유지하기 위한 지지력이 저하되는 경우, 도복속도저감부(130)에 의한 패널(110)의 지지력은 극대화될 수 있다.
- [0076] 상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

부호의 설명

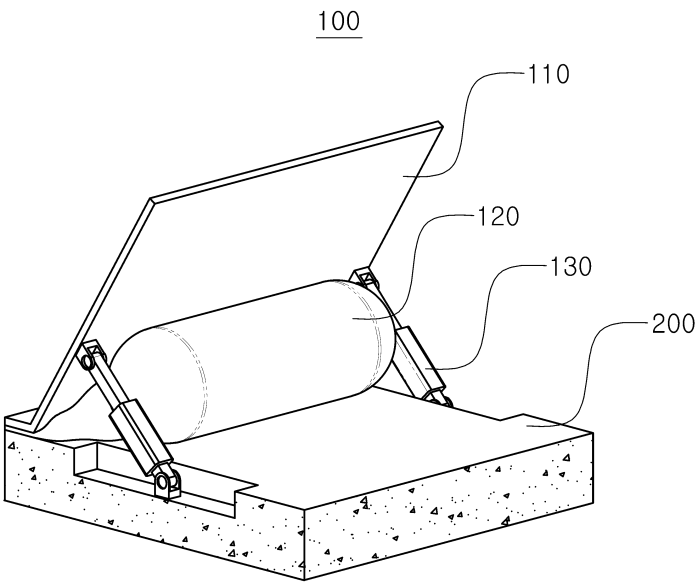
- [0077] 100: 수위 조절 장치
- 110: 패널
- 120: 에어백
- 130: 도복속도저감부

도면

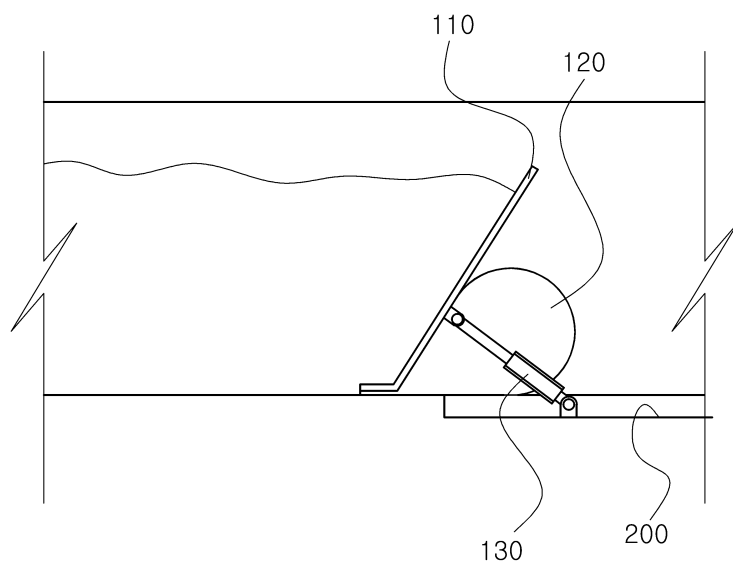
도면1



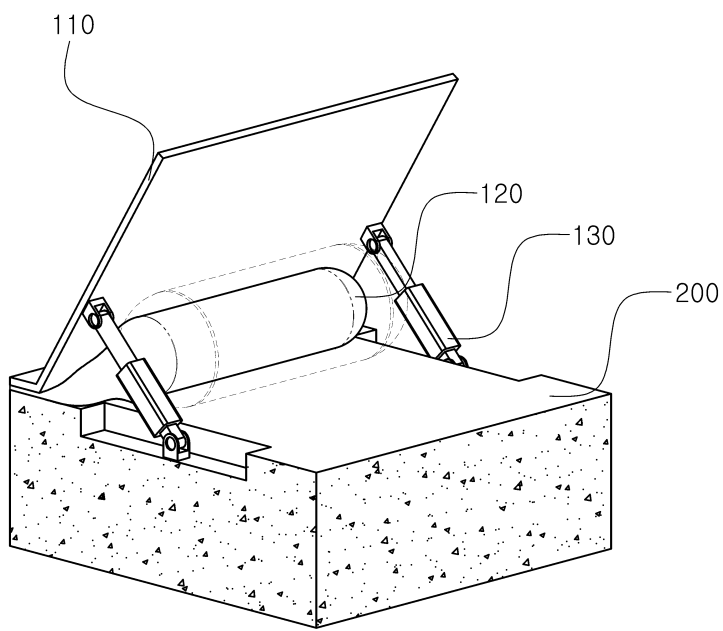
도면2



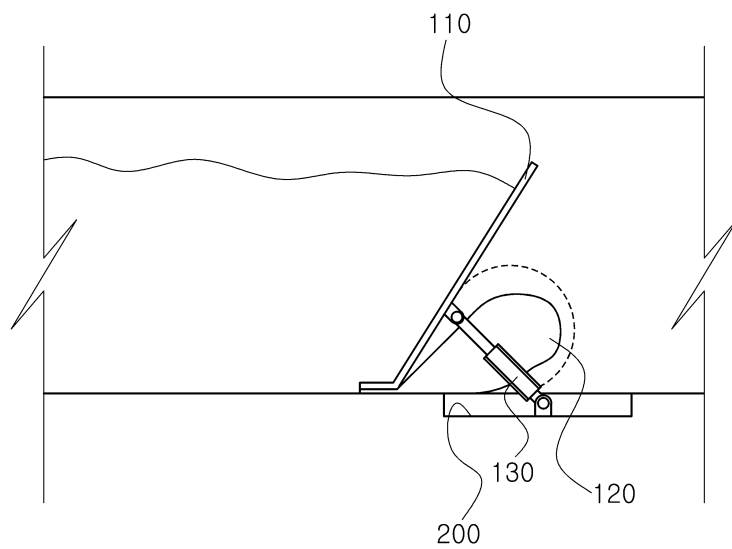
도면3



도면4

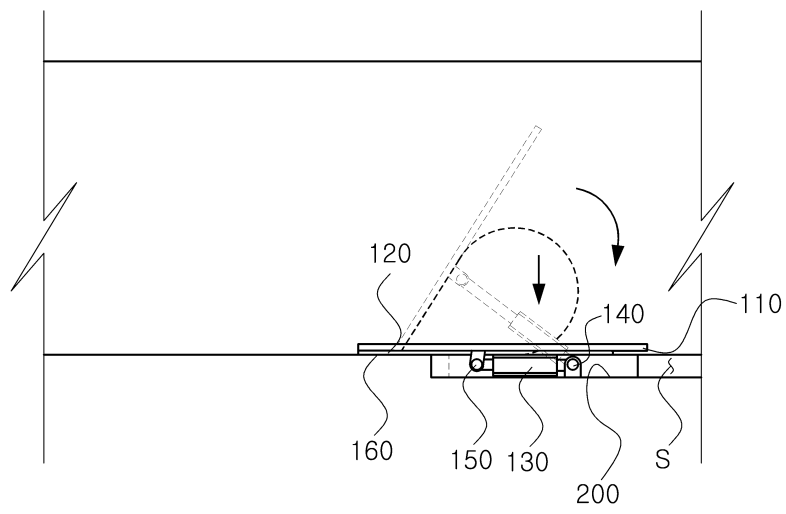


(a)



(b)

도면5



하이브리드 가동보 편류방지 및 유량계측 성능 시험 확인서

■ 시험 개요

- 국토교통기술사업화 지원사업인 “GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발” 연구의 일환으로 개발 가동보의 편류방지 및 유량계측 기술에 대한 프로토타입 테스트

■ 시험 명칭

- 하이브리드 가동보 편류방지 및 개별작동 성능 시험

■ 시험 장소

- 가동보 제작 공장 (충북 충주시 주덕읍 대곡리 103-3)

■ 시험 일시

- 2015년 04월 23일, 10:00 ~ 16:00

■ 시험 인원

- 유일기연 (주 관 기 관) : 김필식, 권형중, 박현준
- 신한에스엔지 (외 주) : 김상철
- 검사원 (수자원개발기술사) : 윤찬영

■ 시험 내용

- 편류방지: 경간별 기립높이 측정을 통한 편류방지 성능 시험
- 유량계측: 가동보 월류량 계측을 통한 유량계측 알고리즘 검증

■ 시험 결과

- 편류방지 시험 (기립 설정 높이: 1.1m)

측정 회수	기립 높이 (cm)		오 차 (cm)
	1경간	2경간	
1	107	105	2
2	110	109	1
3	112	111	1
4	108	110	2
5	109	110	1
평 균			1.4

- 유량계측 시험 (수조 유입 유량: 0.1CMS)

측정 회수	월류량 (CMS)	기립 높이 (m)	월류수심 (m)	계산 유량 (CMS)	오 차 (%)
1	0.1	0.6	0.041	0.095	5.17
2	0.1	0.7	0.045	0.109	-9.04
3	0.1	0.8	0.040	0.091	8.62
4	0.1	0.9	0.044	0.105	-5.42
5	0.1	1.0	0.043	0.102	-1.85
평 균					6.02

※ 유량산정 알고리즘

$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

여기서, C = 단면축소에 따른 유량계수 ($0 < C < 1$)

A = 가동보상단으로 월류되는 단면적(m^2) = L (가동보 길이) $\times$ h (월류수심)

h = 가동보상단으로 월류되는 수심(m)

g = 중력가속도($9.8m/s^2$)

이상의 시험 결과를 확인하였습니다.

수자원개발기술사 윤 찬 영



하이브리드 가동보 편류방지 및 유량계측 성능 시험 확인서

■ 시험 개요

- 국토교통기술사업화 지원사업인 “GFRP와 스틸소재를 혼용하고 다목적 활용이 가능한 첨단 하이브리드 가동보 개발” 연구의 일환으로 개발 가동보의 편류방지 및 유량계측 기술에 대한 프로토타입 테스트

■ 시험 명칭

- 하이브리드 가동보 편류방지 및 개별작동 성능 시험

■ 시험 장소

- 가동보 제작 공장 (충북 충주시 주덕읍 대곡리 103-3)

■ 시험 일시

- 2015년 04월 23일, 10:00 ~ 16:00

■ 시험 인원

- 유일기연 (주 관 기 관) : 김필식, 권형중, 박현준
- 신한에스엔지 (외 주) : 김상철
- 검사원 (수자원개발기술사) : 윤찬영

■ 시험 내용

- 편류방지: 경간별 기립높이 측정을 통한 편류방지 성능 시험
- 유량계측: 가동보 월류량 계측을 통한 유량계측 알고리즘 검증

■ 시험 결과

- 편류방지 시험 (기립 설정 높이: 1.1m)

측정 회수	기립 높이 (cm)		오 차 (cm)
	1경간	2경간	
1	107	105	2
2	110	109	1
3	112	111	1
4	108	110	2
5	109	110	1
평 균			1.4

- 유량계측 시험 (수조 유입 유량: 0.1CMS)

측정 회수	월류량 (CMS)	기립 높이 (m)	월류수심 (m)	계산 유량 (CMS)	오 차 (%)
1	0.1	0.6	0.041	0.095	5.17
2	0.1	0.7	0.045	0.109	-9.04
3	0.1	0.8	0.040	0.091	8.62
4	0.1	0.9	0.044	0.105	-5.42
5	0.1	1.0	0.043	0.102	-1.85
평 균					6.02

※ 유량산정 알고리즘

$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

여기서, C = 단면축소에 따른 유량계수 ($0 < C < 1$)

A = 가동보상단으로 월류되는 단면적(m^2) = L (가동보 길이) $\times$ h (월류수심)

h = 가동보상단으로 월류되는 수심(m)

g = 중력가속도($9.8m/s^2$)

이상의 시험 결과를 확인하였습니다.

수자원개발기술사

윤 찬 영



출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2015.04.28
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(CP15129)
출 원 번 호 10-2015-0059497 (접수번호 1-1-2015-0412548-15)
출 원 인 명 칭 주식회사 유일기연(1-1999-021777-3)
대 리 인 성 명 특허법인아이피에스(9-2014-100021-7)
발 명 자 성 명 이재혁 최범준 김필식
발 명 의 명 칭 유량 계측 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【참조번호】	CP15129
【출원구분】	특허출원
【출원인】	
【명칭】	주식회사 유일기연
【출원인코드】	1-1999-021777-3
【대리인】	
【명칭】	특허법인아이피에스
【대리인코드】	9-2014-100021-7
【지정된변리사】	한치원, 이장주, 신재욱
【포괄위임등록번호】	2014-012168-3
【발명의 국문명칭】	유량 계측 시스템
【발명의 영문명칭】	Flow rate metering system
【발명자】	
【성명】	이재혁
【성명의 영문표기】	Lee, Jae Hyouk
【주민등록번호】	760921-1XXXXXX
【우편번호】	138-160
【주소】	서울시 송파구 송이로17길 34 현대빌라 B동 103호
【국적】	KR
【발명자】	

【성명】 최범준

【성명의 영문표기】 Choi, Bum Jun

【주민등록번호】 661101-1XXXXXX

【우편번호】 410-746

【주소】 경기도 고양시 일산동구 노루목로 99 호수마을 501동 1501호

【국적】 KR

【발명자】

【성명】 김필식

【성명의 영문표기】 Kim, Phil Shik

【주민등록번호】 730801-1XXXXXX

【우편번호】 134-781

【주소】 서울시 강동구 양재대로 1656 삼익1차 아파트 205동811호

【국적】 KR

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 특허법인아이피에스

(서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 27 면 0 원

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	12	항	671,000	원
【합계】	717,000			원
【감면사유】	중기업(70%감면)[1]			
【감면후 수수료】	215,100			원

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

유량 계측 시스템{Flow rate metering system}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 유량 계측 시스템에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 월류 또는 방류시 하류측의 수위 상승 정도를 조절하기 위한 유량 계측 시스템에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 일반적으로 수위 조절 장치는 수위를 조절하여 특수 목적으로 사용토록 하는 일종의 담수를 위한 장치일 수 있으며, 농공업용 취수보, 위락용 담수보 등의 목적으로 수위 조절 장치의 일종인 가동보 및 고무보 등이 이용되고 있다.

【0003】 수위 조절 장치 중 하나인 고무보는 산간지역이나 지형조건이 좋지 않은 곳에서도 효과적으로 저수량을 확보할 수 있다.

【0004】 이러한 고무보는 조립 설치가 용이하고 목적하는 수위에 따라 고무보의 높이를 공기압력으로 조절하여 관리되기 때문에 취수 및 담수용 보로서 큰 주목을 받고 있다.

【0005】 기본적으로 상기 고무보는 고무튜브의 팽창, 수축을 위하여 내부에 공기가 채워지도록 되어있고, 또한 하상 콘크리트에 고무튜브를 고정하기 위한 고

정장치와 공기를 공급 또는 배출하기 위한 배관설비 등의 부가장치를 구비한다.

【0006】 또한, 수위 조절 장치 중 하나인 가동보는 고무튜브와 같은 에어백과 고강도의 패널을 이용하여 보를 형성한 다음 이를 공압으로 하여, 에어백의 팽창 또는 수축 정도를 제어함으로써 상기 패널의 경사각을 조정하여 하천의 수위를 용이하게 조절할 수 있음은 물론 상류에서 내려오는 유화물에 따른 고무튜브의 소손을 패널이 미리 차단시켜 보호해준다.

【0007】 여기서, 고무보 및 가동보는 상류측의 수위가 수위 조절의 한계를 초과하게 되어 월류 현상이 발생되거나 인위적인 조작에 의해 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우 하류측의 수위는 상승할 수 밖에 없으며, 하류측의 갑작스런 수위 상승은 안전사고나 인명피해를 양산할 가능성이 있는 것이 현실이다.

【0008】 종래에는 하류측의 수위를 예측하기 위한 방법으로 상류측에 설치된 수위조절센서에 의해 이를 예측하고는 있으나, 상류측의 수위조절센서만으로는 하류측의 수위 상승 정도를 정밀하게 예측하기에는 무리가 있는 것이 현실이다.

【0009】 따라서, 고무보 및 가동보 등에 있어서, 월류나 방류 시 하류측의 수위 상승 정도를 정확히 예측하여 안전사고 등을 예방하기 위한 연구가 시급한 실정이다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0010】 본 발명의 목적은 상류측의 수위가 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 수위조절부의 도복에 의해 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 월류 현상에 의한 월류량 또는 방류량을 정확히 산출하여 하류측의 안전사고 등을 미연에 방지하고자 하는 유량 계측 시스템을 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

【0011】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템은, 패널의 기립 또는 팽창에 의한 고무보의 기립에 의해 상류측의 수위가 조절되도록 하는 수위조절부; 상기 수위조절부에 장착되어 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도가 산출되도록 하는 기립계측부; 상기 상류측에 위치하여 상기 상류측의 수위를 측정하는 수위계측부; 및 상기 상류측의 수위가 상기 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부의 도복에 의해 상기 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 의해 측정된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하는 제어부를 포함할 수 있다.

【0012】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 기초하여 산출된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심을 산출한 후, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0013】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 기초하여 산출된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이에 의해 상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심을 산출한 후, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0014】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 월류 또는 상기 방류 시, 상기 수위조절부의 상단으로부터의 실제 단면적에 기초하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0015】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심에 상기 수위조절부의 폭을 곱한 후, 상기 실제 단면적이 반영되도록 0보다 크고 1보다 작은 단면축소에 따른 유량계수를 곱하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0016】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상

기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 다음의 조건식에 의해 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0017】 [조건식]

【0018】
$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

【0019】 여기서, Q는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(m^3/s), C는 단면 축소에 따른 유량계수($0 < C < 1$), A는 상기 상류측의 수위와 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이에 상기 수위조절부의 폭을 곱한 단면적(m^2), h는 상기 상류측의 수위와 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이(m), g는 중력가속도(m/s^2)

【0020】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 시스템의 상기 제어부는, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 패널의 도복 또는 수축에 의한 고무보의 도복 정도를 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0021】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 시스템의 상기 제어부는, 상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하여 상기 하류측의 수위를 예측하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0022】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 시스템의 상기 수위조절부는, 기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 상기 패널, 상기 패널의 상기 하류측에 배치되고 공기의 충전에 따라 팽창되어 상기 패널을 기립시키는

에어백 및 상기 에어백에 충전된 공기가 배출되는 경로를 제공하여 상기 패널이 도복되도록 하는 배관부 및 상기 배관부에 내설되어 상기 배관부를 통한 상기 공기의 배출 여부를 제어하는 제어밸브를 구비하며, 상기 제어부는, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 에어백의 수축에 따른 상기 패널의 도복 정도가 제어되도록 상기 제어밸브의 동작을 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0023】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 제어밸브의 동작을 제어하여 상기 공기의 배출되는 양을 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0024】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 제어부는, 상기 상류측의 수위가 상기 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부의 도복에 의해 상기 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 상기 하류측의 수위 상승 정도가 조절되도록 상기 제어밸브를 일부만 개방시키는 것을 특징으로 할 수 있다.

【0025】 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템의 상기 수위조절부는, 기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 상기 고무보, 상기 고무보에 충전된 공기가 배출되는 경로를 제공하여 상기 패널이 도복되도록 하는 배관부 및 상기 배관부에 내설되어 상기 배관부를 통한 상기 공기의 배출 여부를 제어하는 제어밸브를 구비하며, 상기 제어부는, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 고무보의 수축되는 정도가 제어되도록 상기 제어밸브의 동작을 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【발명의 효과】

【0026】 본 발명에 따른 유량 계측 시스템에 의하면, 상류측의 수위가 수위 조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 수위조절부의 도복에 의해 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 월류 현상에 의한 월류량 또는 방류량을 정확히 산출할 수 있다.

【0027】 또한, 월류량 또는 방류량을 정확히 산출하여 하류측의 수위를 정확히 예측할 수 있고, 하류측의 수위 상승의 정도를 조절할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0028】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템을 설명하기 위한 블록도.

도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템에 의해 상류측의 수위가 조절되는 것을 설명하기 위한 개략사시도 및 개략단면도.

도 4는 본 발명에 있어서 월류 현상 또는 방류 시의 상황을 설명하기 위한 개략도.

도 5는 도 4의 A에 대한 개략확대도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0029】 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 제시되는 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 구성요소를 추가, 변경, 삭제 등을 통하여, 퇴보적인 다른 발명이나 본 발명 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본원 발명 사상 범위 내에 포함된다고 할 것이다.

【0030】 또한, 각 실시예의 도면에 나타나는 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명한다.

【0031】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템을 설명하기 위한 블록도이며, 도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템에 의해 상류측의 수위가 조절되는 것을 설명하기 위한 개략사시도 및 개략단면도이다.

【0032】 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템(10)은 패널(110)의 기립 또는 팽창에 의한 고무보의 기립에 의해 상류측(S1)의 수위가 조절되도록 하는 수위조절부(100), 상기 수위조절부(100)에 장착되어 기립 정도가 산출되도록 하는 기립계측부(200), 상기 상류측(S1)에 위치하여 상

기 상류측(S1)의 수위를 측정하는 수위계측부(300) 및 월류수 또는 방류수의 유량을 산출하는 제어부(400)를 포함할 수 있다.

【0033】 수위조절부(100)는 도 2 및 도3에 도시된 바와 같이 패널(110)과 에어백(120) 등을 포함하는 공압식 가동보일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 수축과 팽창의 의해 기립의 정도가 조절되는 고무보를 포함하는 개념일 수 있다.

【0034】 다만, 이하에서는 공압식 가동보를 예로 들어 설명한다.

【0035】 상기 수위조절부(100)는 하천 등의 바닥에 상기 하천의 폭 방향을 따라 형성되는 하상에 설치되어 상류측(S1)의 하천수 등을 담수할 수 있는 일종의 담수 장치로, 패널(110)의 기립 정도에 따라 담수위를 조절할 수 있다.

【0036】 여기서, 상기 수위조절부(100)는 하상에 설치되어 패널(110)이 기립될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 하상에 설치되는 콘크리트 기초에 설치될 수도 있다.

【0037】 상기 수위조절부(100)에 제공되는 패널(110)은 소정의 폭과 길이를 갖는 일종의 판으로, 에어백(120)의 팽창 또는 수축에 의해 기립과 도복이 구현될 수 있으며, 유하물로 인한 마모 및 태양광, 오존 등으로 인한 표면 노화에 견딜 수 있도록 충분한 두께로 형성될 수 있다.

【0038】 에어백(120)은 상기 패널(110)의 하류측(S2)에 배치되어 상기 패널(110)의 기립을 위한 외력을 제공하는 구성요소로, 공기펌프(150)로부터 공급되는

공기의 충전에 따라 팽창되어 상기 패널(110)을 기립시킬 수 있다.

【0039】 여기서, 공기펌프(150)로부터 공급되는 공기는 배관부(130)를 통해 에어백(120)의 내부로 공급될 수 있으며, 상기 배관부(130)에는 상기 공기펌프(150)로부터 공급되는 공기의 공급 여부를 조절하는 제어밸브(140)가 내설될 수 있다.

【0040】 한편, 상기 에어백(120)은 내부에 충전된 공기가 외부로 배출되어 수축될 수 있으며, 이로 인해 패널(110)은 도복될 수 있다.

【0041】 상기 에어백(120) 내부의 공기는 배관부(130)를 통해 외부로 배출될 수 있으며, 상기 제어밸브(140)의 개폐 여부에 의해 공기의 배출 여부가 조절될 수 있다.

【0042】 다만, 상기에서는 하나의 배관부(130)에 의해 상기 에어백(120)의 내부로의 공기의 공급 및 상기 에어백(120)의 외부로의 공기의 배출이 구현되는 것으로 설명하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

【0043】 예를 들어, 상기 배관부(130)는 공기의 공급을 위한 급기관 및 공기의 배출을 위한 배기관을 포함할 수 있으며, 이에 따라 제어밸브(140)도 각각 별개로 구비될 수 있다.

【0044】 또한, 상기 배관부(130)는 에어백(120)으로부터 하나의 배관으로 연결되다가 급기관 및 배기관으로 분기될 수 있으며, 분기된 급기관 및 배기관에 제어밸브가 각각 구비될 수도 있다.

【0045】 수위계측부(300)는 상류측의 수위를 측정할 수 있는 일종의 수위장치로, 예를 들어 초음파 발사음이 측정면에서 반사되어 돌아오기까지의 전파 시간을 측정하여 수위를 측정하는 초음파 수위계일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 수위를 측정할 수 있는 수단이면 모두 적용 가능할 수 있다.

【0046】 예를 들어, 상기 수위계측부(300)는 데이터 로거가 내장되어 있어 연속적인 시간별 수위 측정이 가능한 호보 수심측정장치일 수 있다.

【0047】 기립계측부(200)는 패널(110)에 장착되어 패널(110)의 기립된 정도가 산출되도록 하는 일종의 센서로, 상기 패널(110)의 기울기를 측정하여 제어부(400)에 의해 상기 패널(110)의 기립된 정도, 즉, 기립 높이를 산출하도록 할 수 있다.

【0048】 예를 들어, 상기 기립계측부(200)는 한국등록특허 제1324636호에 개시된 패널 각도 측정 센서가 사용될 수 있다.

【0049】 다만, 상기 기립계측부(200)는 패널(110)의 기울기를 측정할 수 있는 공지된 센서 모두 적용가능할 수 있으며, 또한, 패널(110)의 기립 높이를 직접 측정할 수 있는 센서도 적용 가능할 수 있다.

【0050】 한편, 상기 수위조절부(100)가 고무보인 경우, 상기 기립계측부(200)는 상기 고무보의 상류측(S1)의 일면에 장착되어 상기 고무보의 상류측(S1) 일면의 기울기를 측정할 수 있으며, 제어부(400)에 의해 상기 고무보의 상류측(S1) 일면의 기립된 정도, 즉, 기립 높이를 산출하도록 할 수 있다.

【0051】 제어부(400)는 상기 상류측(S1)의 수위가 상기 수위조절부(100)에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부(100)의 도복에 의해 상기 상류측(S1)의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 상기 수위계측부(300)에 의해 측정된 상기 상류측(S1)의 수위와 상기 기립계측부(200)에 기초하여 측정된 상기 패널(110)의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하는 구성요소일 수 있다.

【0052】 상기 제어부(400)에 대해서는 도 4 및 도 5를 참조로 하여 구체적으로 설명하기로 한다.

【0053】 도 4는 본 발명에 있어서 월류 현상 또는 방류 시의 상황을 설명하기 위한 개략도이며, 도 5는 도 4의 A에 대한 개략확대도이다.

【0054】 도 4 및 도 5를 참조하면, 상류측의 수위가 수위조절부(100)에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하거나, 관리자의 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부(100)의 도복에 의해 상기 상류측(S1)의 물을 하류측(S2)으로 방류시키는 경우가 발생될 수 있다.

【0055】 여기서, 도 4 및 도 5는 수위조절부(100)로 공압식 가동보를 도시하였으나, 고무보도 가능성을 밝혀둔다.

【0056】 제어부(400)는 월류 현상에 의한 월류수 또는 방류에 의한 방류수의 유량을 산출할 수 있으며, 이는 수위계측부(300)에 의해 측정된 상기 상류측(S1)의 수위와 상기 기립계측부(200)에 기초하여 산출된 상기 패널(110)의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 산출할 수 있다.

【0057】 구체적으로, 월류 또는 방류 시 수위계측부(300)는 상류측(S1)의 수위를 측정할 수 있으며, 기립계측부(200)는 상기 패널(110)의 기울기 또는 상기 고무보의 상류측 일면의 기울기를 측정할 수 있다.

【0058】 제어부(400)는 상기 기립계측부(200)에 의한 측정된 상기 패널(110)의 기울기로부터 상기 패널(110)의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 상류측 일면의 기립된 정도, 즉, 기립 높이(h_2)를 산출할 수 있으며, 상기 기립 높이(h_2)와 상기 수위계측부(300)에 의해 측정된 상기 상류측(S1)의 수위(h_1)에 기초하여 상기 수위조절부(100)의 패널(110)의 상단 또는 고무보의 상단으로부터의 월류수 또는 방류수의 수심(h)을 산출한 후, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출할 수 있다.

【0059】 다시 말하면, 상기 수위조절부(100)의 패널(110)의 상단 또는 고무보의 상단으로부터의 월류수 또는 방류수의 수심(h)은 상기 수위계측부(300)에 의해 측정된 상기 상류측(S1)의 수위(h_1)와 상기 기립계측부(200)에 의해 측정된 상기 패널(110)의 기울기 또는 고무보의 기울기로부터 산출된 기립 높이(h_2)의 차이에 의해 산출될 수 있다.

【0060】 제어부(400)는 산출된 월류수 또는 방류수의 수심(h)과 상기 수위조

절부(100)의 패널(110)의 상단 또는 고무보의 상단으로부터의 실제 단면적에 기초하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출할 수 있다.

【0061】 또한, 상기 제어부(400)는 상기 수위조절부(100)의 패널(110)의 상단 또는 고무보의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심(h)에 상기 수위조절부(100)의 폭을 곱한 후, 상기 실제 단면적이 반영되도록 0보다 크고 1보다 작은 단면축소에 따른 유량계수를 곱하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출할 수 있다.

【0062】 구체적으로, 상기 제어부(400)는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(Q)을 연속 방정식(Continuity Equation)과 베르누이 방정식(Bernoulli's Equation)에 기초하여 도출된 다음의 조건식에 의해 산출할 수 있다.

【0063】 [조건식]

【0064】
$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

【0065】 여기서, Q는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(m^3/s)이고, C는 단면축소에 따른 유량계수($0 < C < 1$)이며, A는 상류측(S1)의 수위(h1)와 패널(110)의 기립된 정도(h2) 또는 고무보의 기립된 정도의 차이에 수위조절부(100)의 폭(예들 들어, 수위조절부(100)가 설치되는 하천의 폭)을 곱한 단면적(m^2)이고, h는

상류측의 수위(h1)와 패널(110)의 기립된 정도(h2) 또는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이(m)이며, g는 중력가속도(m/s^2)이다.

【0066】 0보다 크고 1보다 작은 단면축소에 따른 유량계수(C)에 대해 구체적으로 설명하면, 월류 현상 또는 방류 시 수위조절부(100)의 패널(110)의 상단을 넘어서 흐르는 월류수 또는 방류수의 실제 수심(h')은 도 5(b)에 도시된 바와 같다.

【0067】 다만, 제어부(400)는 수위계측부(300)에 의한 상류측(S1)의 수위(h1)와 수위조절부(100)의 패널(110)의 기립 높이(h2)의 차이에 의해 상기 월류수 또는 방류수의 수심(h')을 산출하므로, 도 5(a)에 도시된 상태를 가정하여 상기 월류수 또는 방류수의 수심(h)을 산출하게 된다.

【0068】 따라서, 제어부(400)에 의해 산출되는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심(h)은 실제 수심(h')과 상이하게 되므로, 보정하는 단계가 필요하며, 이러한 이유로, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(Q) 산출을 위해 단면축소에 따른 유량계수(C)가 요구되는 것이다.

【0069】 상기 단면축소에 따른 유량계수(C)는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유속 등에 따라 가변적일 수 있다.

【0070】 한편, 제어부(400)는 상기 조건식에 의해 산출된 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(Q)에 기초하여 상기 수위조절부(100)의 도복 정도를 제어할 수 있다.

【0071】 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(Q)은 하류측(S2)의 수위와 관계되며, 다시 말해서, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(Q)이 클수록 하류측의 수위는 그만큼 높아지게 된다.

【0072】 따라서, 상기 제어부(400)는 산출된 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 하류측(S2)의 수위를 예측할 수 있으며, 상기 하류측(S2)의 수위와 관련하여 에어백(120)의 공기 배출에 의한 패널(110)의 도복 정도 또는 수축에 의한 고무보의 도복 정도를 제어할 수 있다.

【0073】 일반적으로, 수위조절부(100)가 도복되는 경우 순간적으로 월류수 또는 방류수의 유량은 커지게 되며, 이로 인해 하류측(S2)에는 홍수파가 발생된다.

【0074】 따라서, 상기 홍수파의 발생을 최소화하기 위해 초기의 도복 정도는 조절될 필요가 있으며, 이를 위해 제어부(400)는 패널(110) 또는 고무보의 도복 정도를 제어하는 것이다.

【0075】 상기 제어부(400)는 패널(110) 또는 고무보의 도복 정도를 제어하기 위해 공기가 배출되는 배관부(130)에 내설되는 제어밸브(140)의 동작을 제어할 수 있으며, 상기 제어밸브(140)의 동작을 제어하여 공기가 배출되는 양을 제어할 수 있다.

【0076】 즉, 상기 제어부(400)는 월류 현상 발생 시 또는 방류 시 하류측(S2)의 갑작스런 초기 수위 상승을 방지하도록 제어밸브(140)를 일부만 개방시킬 수 있으며, 홍수파가 사라지게 되는 특정 시점이 지나게 되면 상기 제어밸브(140)

를 완전히 개방할 수 있다.

【0077】상기와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 시스템(10)은 조건식에 기초하여 월류수 또는 방류수의 유량을 산출하고 이를 기초로 하류측(S2)의 수위를 예측하여 제어밸브(140)의 동작을 제어함으로써 월류수 또는 방류수의 유량을 제어할 수 있으므로, 홍수파에 의한 하류측의 갑작스런 수위 상승을 미연에 방지할 수 있다.

【0078】상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

【부호의 설명】

【0079】 10: 유량 측정 시스템

100: 수위조절부

110: 패널

120: 에어백

130: 배관부

140: 제어밸브

150: 공기펌프

200: 기립계측부

300: 수위계측부

400: 제어부

【특허청구범위】

【청구항 1】

패널의 기립 또는 팽창에 의한 고무보의 기립에 의해 상류측의 수위가 조절 되도록 하는 수위조절부;

상기 수위조절부에 장착되어 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도가 산출되도록 하는 기립계측부;

상기 상류측에 위치하여 상기 상류측의 수위를 측정하는 수위계측부; 및

상기 상류측의 수위가 상기 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부의 도복에 의해 상기 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우,

상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 의해 측정된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하는 제어부;를 포함하는 유량 계측 시스템.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 기초하여 산출된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하

여 상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수는 수심을 산출한 후, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 기초하여 산출된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이에 의해 상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심을 산출한 후, 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 4】

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 월류 또는 상기 방류 시, 상기 수위조절부의 상단으로부터의 실제 단면적에 기초하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 산출하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 5】

제4항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 수위조절부의 상단으로부터의 상기 월류수 또는 상기 방류수의 수심에
상기 수위조절부의 폭을 곱한 후, 상기 실제 단면적이 반영되도록 0보다 크고 1보
다 작은 단면축소에 따른 유량계수를 곱하여 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량
을 산출하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량을 다음의 조건식에 의해 산출하는 것
을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

[조건식]

$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

여기서, Q는 상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량(m^3/s), C는 단면축소에
따른 유량계수($0 < C < 1$), A는 상기 상류측의 수위와 상기 패널의 기립된 정도 또
는 상기 고무보의 기립된 정도의 차이에 상기 수위조절부의 폭을 곱한 단면적(m^2),
h는 상기 상류측의 수위와 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정
도의 차이(m), g는 중력가속도(m/s^2)

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 패널의 도복 또는 수축에 의한 고무보의 도복 정도를 제어하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하여 상기 하류측의 수위를 예측하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 9】

제1항에 있어서,

상기 수위조절부는,

기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 상기 패널, 상기 패널의 상기 하류측에 배치되고 공기의 충전에 따라 팽창되어 상기 패널을 기립시키는 에어백 및 상기 에어백에 충전된 공기가 배출되는 경로를 제공하여 상기 패널이 도복되도록 하는 배관부 및 상기 배관부에 내설되어 상기 배관부를 통한 상기 공기의 배출 여부를 제어하는 제어밸브를 구비하며,

상기 제어부는,

상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 에어백의 수축에 따른 상기 패널의 도복 정도가 제어되도록 상기 제어밸브의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 10】

제9항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 제어밸브의 동작을 제어하여 상기 공기의 배출되는 양을 제어하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 11】

제9항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 상류측의 수위가 상기 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부의 도복에 의해 상기 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 상기 하류측의 수위 상승 정도가 조절되도록 상기 제어밸브를 일부만 개방시키는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【청구항 12】

제1항에 있어서,

상기 수위조절부는,

기립의 정도에 의해 수위가 조절되도록 하는 상기 고무보, 상기 고무보에 충전된 공기가 배출되는 경로를 제공하여 상기 패널이 도복되도록 하는 배관부 및 상기 배관부에 내설되어 상기 배관부를 통한 상기 공기의 배출 여부를 제어하는 제어밸브를 구비하며,

상기 제어부는,

상기 월류수 또는 상기 방류수의 유량에 기초하여 상기 고무보의 수축되는 정도가 제어되도록 상기 제어밸브의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 유량 계측 시스템.

【요약서】**【요약】**

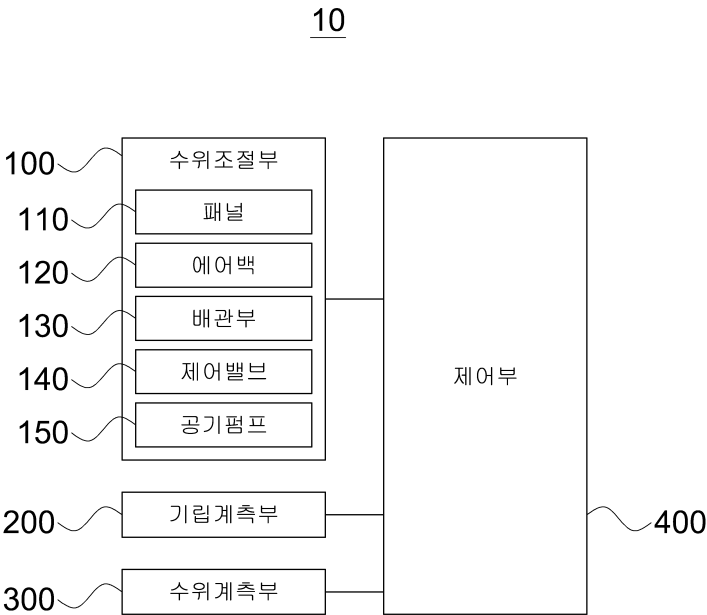
본 발명의 일 실시예에 따른 유량 계측 시스템은, 패널의 기립 또는 팽창에 의한 고무보의 기립에 의해 상류측의 수위가 조절되도록 하는 수위조절부; 상기 수위조절부에 장착되어 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도가 산출되도록 하는 기립계측부; 상기 상류측에 위치하여 상기 상류측의 수위를 측정하는 수위계측부; 및 상기 상류측의 수위가 상기 수위조절부에 의한 수위 조절의 한계를 초과하여 월류 현상이 발생하는 경우 또는 인위적인 조작에 의한 상기 수위조절부의 도복에 의해 상기 상류측의 물을 하류측으로 방류시키는 경우, 상기 수위계측부에 의해 측정된 상기 상류측의 수위와 상기 기립계측부에 의해 측정된 상기 패널의 기립된 정도 또는 상기 고무보의 기립된 정도에 기초하여 상기 월류 현상에 의한 월류수 또는 상기 방류에 의한 방류수의 유량을 산출하는 제어부;를 포함할 수 있다.

【대표도】

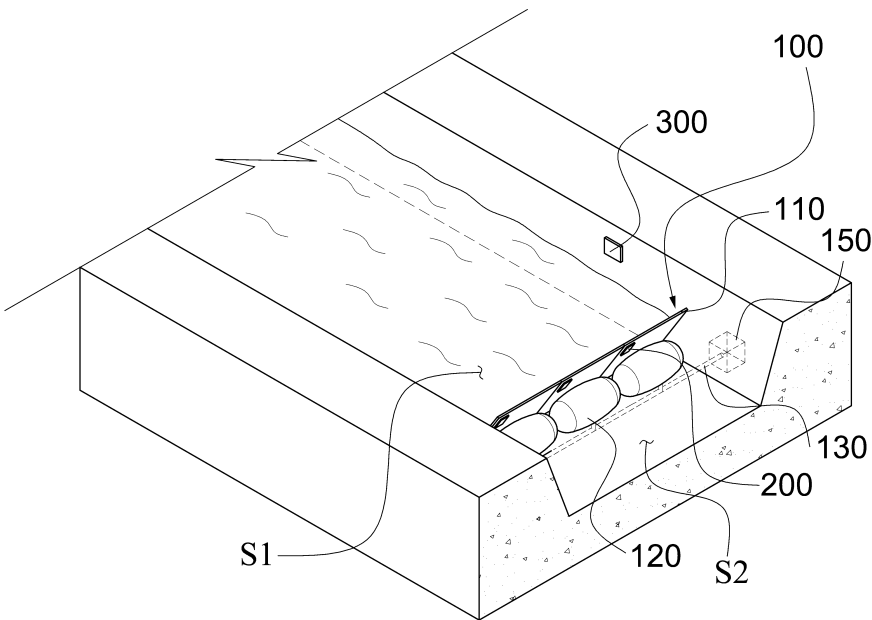
도 1

【도면】

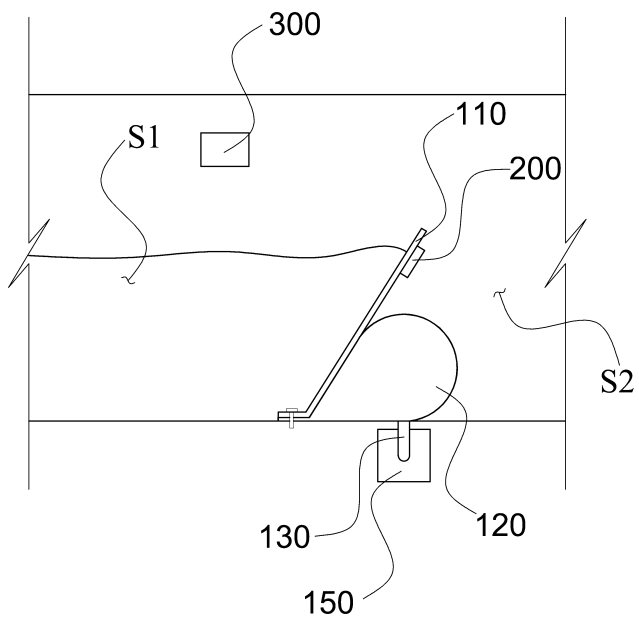
【도 1】



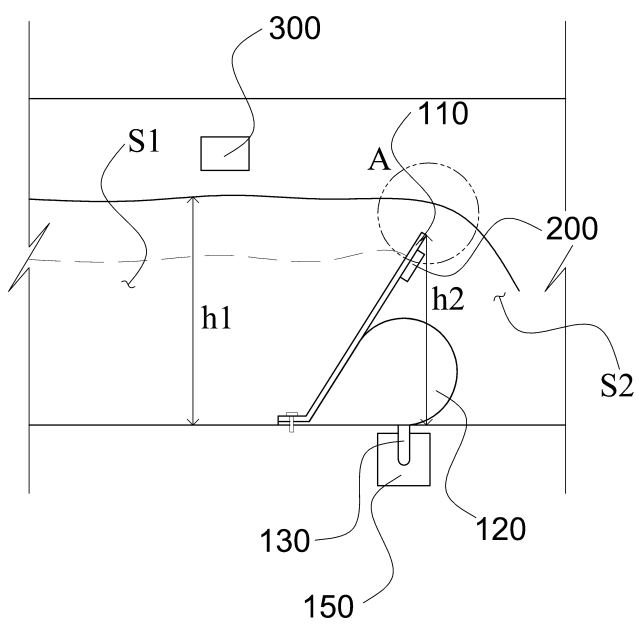
【도 2】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

