



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0082643
(43) 공개일자 2016년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

E04B 1/98 (2006.01) E04B 1/61 (2006.01)

E04B 2/56 (2006.01) E04H 9/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0190705

(22) 출원일자 2014년12월26일

심사청구일자 2014년12월26일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

한양대학교 산학협력단

서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)

(72) 발명자

신명수

경기도 용인시 수지구 수지로113번길 15 201동 203호 (성북동, 성동마을LG빌리지2차아파트)

한상환

서울특별시 성동구 왕십리로 222 (사근동, 한양대학교 건축공학부)

이기학

서울특별시 송파구 올림픽로 4길 42 8동 1207호(잠실동 우성아파트)

(74) 대리인

장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

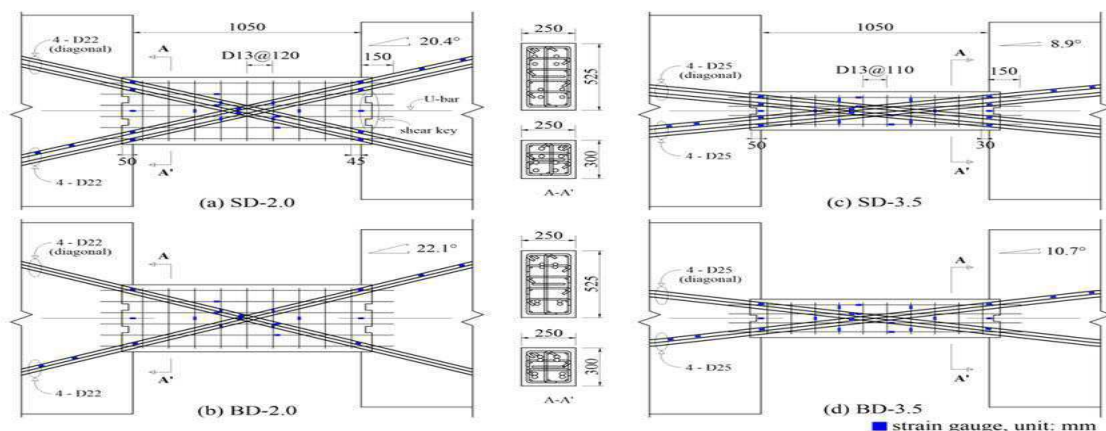
(54) 발명의 명칭 **목음대각철근을 활용한 병렬 전단벽의 연결보**

(57) 요약

본 발명은 병렬전단벽 시스템으로서, 소정의 간격을 두고 양측에 세워진 전단벽; 상기 양측의 전단벽을 연결하여, 상기 전단벽에 가해지는 횡하중에 의한 에너지를 흡수하여 발산하도록 구성된 연결보를 포함하여 이루어지고, 상기 연결보는, 복수의 철근이 묶여 전단벽과 연결보를 내부적으로 연결하는 목음 대각철근을 포함하는 것을 특징으로 한다.

이러한 본 발명에 의하면, 특히 복수의 철근을 묶어 구성한 전단벽과 연결보를 내부적으로 연결하는 목음 대각철근이 간격 조정 및 유지를 위한 간격재 미설치로 시공성이 개선되는 효과가 있고, 연결보 내부 유용공간이 확보되어 철근 배근을 용이하게 할 수 있는 효과가 있다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

병렬 전단벽 시스템(coupled shear wall)에 사용되는 연결보(coupling beam)에 있어서,
 독립된 전단벽체(structural wall)를 연결하도록 구성된 연결보를 포함하고,
 상기 연결보는 대각철근을 활용한 병렬 전단벽의 연결보로서, 상기 대각철근은 묶음대각철근인 것을 특징으로 하는 연결보.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 연결보는 형상비가 2.0 내지 3.5의 범위 내의 건물에 적용되는 것을 특징으로 하는 연결보.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 묶음대각철근을 갖는 연결보가 프리캐스트 부재로 제작된 것을 특징으로 하는 연결보.

청구항 4

독립된 전단벽체(structural wall)를 연결보(coupling beam)로 연결한 병렬 전단벽 시스템(Coupled shear wall)으로서,
 상기 연결보는 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 의한 연결보인 것을 특징으로 하는 병렬전단벽 시스템.

청구항 5

병렬전단벽 시스템에 있어서,
 소정의 간격을 두고 양측에 세워진 전단벽;
 상기 양측의 전단벽을 연결하여, 상기 전단벽에 가해지는 횡하중에 의한 에너지를 흡수하여 발산하도록 구성된 연결보
 를 포함하여 이루어지고,
 상기 연결보는, 복수의 철근이 묶여 전단벽과 연결보를 내부적으로 연결하는 묶음 대각철근을 포함하는 것을 특징으로 하는 병렬전단벽 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 연결보는 형상비가 2.0 내지 3.5의 범위 내의 건물에 적용되는 것을 특징으로 하는 병렬전단벽 시스템.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 묶음 대각철근을 갖는 연결보가 프리캐스트 부재로 제작된 것을 특징으로 하는 병렬전단벽 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 병렬 전단벽 시스템에 관한 것으로, 특히 병렬 전단벽 시스템에 있어서 독립된 전단벽체(structural wall)를 연결시키는 연결보(coupling beam)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 독립된 전단벽체(structural wall)를 연결보(coupling beam)로 연결한 병렬 전단벽 시스템(coupled shear wall)은 높은 강도, 강성과 에너지 소산능력(energy dissipation)을 보유하기 때문에 고층 구조물에서 횡력에 저항하는 효율적인 구조시스템이다. 지진이 발생하였을 때 병렬 전단벽 시스템의 변형이 증폭되어 연결보는 큰 전단변형을 일으키게 된다. 우수한 변형능력이 요구되는 연결보는 충분한 강도와 강성을 보유하기 위한 적절한 철근상세가 필요하다.

[0003] 일반 배근된 연결보는 보와 벽체의 접합면에서 미끄러짐 전단파괴(sliding shear failure)가 발생할 수 있다. 1964년 Anchorage 지진으로 인한 Mount McKinley 건물의 연결보가 미끄러짐 전단파괴 양상을 잘 보여주고 있다. 이후 연결보의 내진거동에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다.

[0004] 이러한 연구결과는 대각철근을 배근한 연결보를 제안하였다. 대각철근이 배근된 연결보는 미끄러짐 전단파괴를 방지하고, 일반적인 보 배근을 한 연결보에 비해 우수한 이력거동을 보유하고 있는 것이 입증되었다.

[0005] 연결보에 대한 다양한 연구를 바탕으로 ACI 318 (2008) 21.9.7에서는 대각철근을 갖는 연결보에 대해 두가지 철근 상세를 도 1과 같이 제시하고 있다. 첫 번째 상세에서는 각각의 대각철근요소가 도 1(a)에서와 같이 종방향과 횡방향 철근의 그룹으로 구성된다. 이 철근상세는 대각철근 그룹이 교차하는 중앙부에서 배근이 매우 복잡하다. 이러한 단점으로 인해 ACI 318 (2008) 21.9.7.4(d)에서 대각철근에 횡방향 철근을 배근하는 대신에 도 1(b)과 같이 연결보 전체 둘레에 특수모멘트 골조의 보와 기둥 부재에서 요구하는 횡보강 철근을 적용하여 연결보의 구속효과를 확보하는 철근 상세가 제안되었다.

[0006] 전반적으로 낮은 경사각을 갖는 장스팬의 철근 콘크리트 연결보에서는 효과가 적다고 보고된 바 있다. 이러한 이유로 ACI 318에서는 연결보의 형상비에 대해 제한을 두고 있다. 형상비가 2와 4 사이인 연결보에는 대각철근과 수평철근을 모두 허용하고 있으며, 형상비가 2보다 작은 연결보는 반드시 대각철근을 사용하도록 제시하고 있다.

[0007] 연결보 시공적 측면의 어려움을 해결하고자 다양한 철근 상세가 개발되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 특허출원번호 제10-2010-0059131호

(특허문헌 0003) ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (318-08). American Concrete Institute.

(특허문헌 0004) ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-11). American Concrete Institute; 2011.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명 또한 연결보 시공적 향상을 위한 연결보 및 이러한 연결보를 포함하는 병렬 전단벽 시스템의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 연결보(coupling beam)로서, 병렬 전단벽 시스템(coupled shear wall)에 사용되며, 독립된 전단벽체(structural wall)를 연결하도록 구성된 연결보를 포함하고, 상기 연결보는 대각철근을 활용한 병렬 전단벽의 연결보로서 상기 대각철근은 묶음대각철근인 것을 특징으로 한다.

[0011] 또 다른 본 발명은 병렬전단벽 시스템으로서, 소정의 간격을 두고 양측에 세워진 전단벽; 상기 양측의 전단벽을 연결하여, 상기 전단벽에 가해지는 횡하중에 의한 에너지를 흡수하여 발산하도록 구성된 연결보를 포함하여 이루어지고, 상기 연결보는, 복수의 철근이 묶여 전단벽과 연결보를 내부적으로 연결하는 묶음 대각철근을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 이러한 본 발명에 의하면, 특히 복수의 철근을 묶어 구성한 전단벽과 연결보를 내부적으로 연결하는 묶음 대각철근이 간격 조정 및 유지를 위한 간격재 미설치로 시공성이 개선되는 효과가 있고, 연결보 내부 유용공간이 확보되어 철근 배근을 용이하게 할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 ACI 318 (2008) 21.9.7에 제시된 대각철근을 갖는 연결보에 대한 두가지 철근 상세도,
 도 2 묶음 대각철근의 장점을 도식화한 도면,
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 묶음 대각철근의 상세도 및 실험체용 스트레인 게이지 레이아웃,
 도 4는 테스트 장치 및 하중 이력,
 도 5는 실험체 내에서의 LVDT 위치(locations),
 도 6은 콘크리트의 압축 테스트,
 도 7은 $L_n/h=2.0$ 를 갖는 실험체의 크랙 전파 및 파손(Crack progression and failures),
 도 8은 $L_n/h=3.5$ 를 갖는 실험체의 크랙 전파 및 파손
 도 9는 $L_n/h=2.0$ 를 갖는 실험체의 히스테릭 커브(Hysteretic curves),
 도 10은 $L_n/h=3.5$ 를 갖는 실험체의 히스테릭 커브
 도 11은 $L_n/h=2.0$ and $L_n/h=3.5$ 를 갖는 실험체들의 포락선(Envelope curve)
 도 12는 정규화된 peak-to-peak 강도(stiffness), 및
 도 13은 누적 에너지 소산(Cumulative energy dissipation).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0015] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0016] 본 발명의 실시예에서는 ACI 318 (2011)의 두 번째 철근 상세를 갖는 연결보(도 1(b))를 대상으로 시공성 향상을 위하여 묶음대각철근(bundled diagonally reinforcement)을 사용하여 연결보 실험체를 만들어 실험을 수행하였다. 묶음 대각철근을 적용하였을 경우, 대각철근 그룹의 철근 간격 조정 및 유지를 위한 간격재 미설치로 시공성이 개선되며, 도 2에서와 같이 보 내부 유용 공간이 확보되어 철근 배근을 용이하게 한다. 또한, 도 2에서 보이는 것처럼 묶음 철근을 사용하면 기존의 대각철근에 비하여 경사각(α)이 증가하면서 연결보의 전단강도 증가하게 된다. 묶음 대각철근의 시공성을 더욱 확보하기 위하여 묶음 대각철근을 갖는 연결보를 프리캐스트(precast) 부재로 제작하였다. 일반적인 주거 건물과 사무실 건물의 형상비가 2.4와 3.3인 경우를 고려하여, 본 실시예에서는 형상비 2.0과 3.5를 대상으로, 기준에 준수한 일반 대각철근 연결보(도 1(b))와 도 2(b)와 같이 묶음 대각철근 연결보 실험체를 만들었고, 실험을 통하여 묶음철근 연결보의 구조성능을 평가하였다.

[0017] 실험

[0018] 1. 실험체 계획

[0019] 본 연구에서는 반복하중에 대한 연결보의 내진 성능을 평가하기 위하여 1/2로 축소한 연결보 실험체를 계획하였으며, 대각철근 상세는 ACI 318-08에서 제안된 도 1(b)와 같이 연결보 전체 단면에 수평 및 수직철근을 배근하여 횡구속하는 방법을 기초로 하였다. 도 3에 나타난 바와 같이 묶음철근을 실험변수로 고려하고, 형상비 2.0과 3.5를 각각 2개씩, 총 4개의 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다.

[0020] 형상비가 2.0과 3.5의 기준 실험체 SD-2.0과 SD-3.5는 ACI 318 (2011)의 연결보 설계 기준에 따라 제작된 실험체이다. BD-2.0과 BD-3.5는 기준 실험체의 대각철근과 같은 직경의 철근을 상하로 결속한 묶음 대각철근을 사용한 실험체이다. 이 실험체를 통하여 묶음대각철근을 적용한 연결보가 기준에 적합한 연결보와 유사한 내진 성능을 발휘하는지 평가하고자 하였다. 또한, 실험체의 형상비를 두 가지로 제작하여 형상비에 따른 반복하중에 대한 이력거동의 차이를 평가하고자 하였다. 실험체 일람을 표 1에 정리하였다. 실험체의 길이는 1050mm로 고정하

고, 보 춤을 525mm, 300mm로 제작하여 형상비를 조정하였다. 모든 실험체는 최대평균전단응력이 $0.5\sqrt{f'_c}$ 정도가 되도록 대각철근 양은 결정하였다. 그리고 실험체의 수평근과 횡구속 철근은 D13 (지름 13mm)을 사용하였다. 형상비 2.0과 3.5 실험체에 대하여 횡구속 철근 간격은 ACI 318에 따라 각각 120mm, 110mm로 제작하였다. 형상비 2.0과 3.5의 실험체들의 ACI 318에 따른 연결보 상세를 갖는 실험체의 대각철근 경사각은 각각 20.4° 와 8.9° 인데 반하여 묶음대각철근의 경사각은 각각 22.1° 와 10.7° 로 약 20% 증가한 것으로 나타났고 이는 전단강도의 증가로 이어진다.

표 1

Table 1 Variables of Test specimens

specimen	width (mm)	height (mm)	span (mm)	Aspect ratio (L _n /h)	angle α (degree)	Diagonal Reinforcement		Longitudinal Reinforcement		Transverse Reinforcement	
						Diameter (mm)	No. of bars	Diameter (mm)	No. of bars	Diameter (mm)	Spacing (mm)
S1-2.0	250	525	1050	2.0	20.4	22.2	8	12.7	14	12.7	120
BD-2.0					22.1					12.7	120
S1- 3.5	250	300	1050	3.5	8.9	25.4	8	12.7	10	12.7	110
BD-3.5					10.7					12.7	110

[0021]

[0022] 연결보의 프리캐스트 부재 생산 가능성을 평가하기 위하여 보 부분을 먼저 제작하고, 연결부 양단의 전단벽을 대신하는 스테르브를 2차로 타설하였다. 프리캐스트 연결보와 스테르브 간의 일체화를 통한 원활한 하중 전달을 보장하기 위해서 연결보를 양 끝단에 50mm의 전단키(Shear key)를 설치하고, 단면 중심에 'ㄷ' 자형 철근을 추가로 배근하여 연결보와 스테르브의 접합부를 보강하였다(도 3). 또한, 스테르브가 실험 도중 연결보보다 먼저 파괴되지 않도록 충분한 철근을 배근하였고, 압축강도도 연결보 실험체의 압축강도 40MPa 보다 높은 60MPa로 제작하였다.

[0023] 2. 실험 방법 및 계측

[0024] 실험체의 설치는 도 4와 같이 연결보를 수직으로 세운 상태에서 하부 스테르브는 바닥에 앵커로 고정하고, 상부 스테르브에 연결된 프레임에 수평하중을 작용시킴으로써 횡하중을 받는 연결보의 거동을 재현하였다. 횡하중에 대해 연결보의 양단에서 상대적인 변형이 발생하지 않도록 가력을 연결보 중앙에 위치하도록 하였다. 이것은 연결보의 중앙 부분에서 모멘트가 발생하지 않는 조건을 만족시키기 위한 것이다. 또한, 횡하중 가력 시 상부 스테르브가 회전하는 것을 방지하기 위해 프레임의 양 단에 롤러(roller)를 이용하여 회전을 구속하고 수평 이동만을 가능하게 하였고, 실험체의 미끄러짐(slip)을 방지하고자 상하부 스테르브에 스톱퍼(stopper)를 설치하였다.

[0025] 가력방법은 변위제어를 통한 준정적 반복하중(quasi-static reversed cyclic load) 하에서 도 4와 같이 초기 변위각 1.5%까지는 0.25% 간격, 4%까지는 0.5% 간격, 변위각 4%이상은 1.0%, 그리고 8% 이후에는 2% 간격으로 하중을 재하하였다. 모든 실험체에 동일한 하중이력을 적용하였으며, 하중 재하에 따른 강성 및 강도 감소를 평가하기 위해 사이클별 각 2회씩 반복 가력하였다.

[0026] 횡하중의 계측은 액추에이터에 장착된 로드셀을 통하여 확보하였다. 실험체의 변위각은 도 5에 나타난 바와 같이 상부 스테르브에 설치된 LVDT를 이용하여 계측하였고, 하부 스테르브의 미끄러짐 발생을 확인하기 위해서 하부 스테르브에도 LVDT를 설치하였다. 연결보의 휨 변형과 전단변형을 측정하기 위해 수직 및 대각 LVDT를 설치하였으며, 연결보와 스테르브 접합면에서의 스테르브의 미끄러짐이나 회전을 부재 외측에 수직 LVDT를 통해 측정하였다. 그리고 철근의 변형률, 항복 상태를 파악하기 위해서 대각철근, 수직 철근, 그리고 수평철근에 변형률 게이지(strain gauge)를 도 3과 같이 부착하였다.

[0027] 3. 재료시험

[0028] 연결보 실험체에 사용된 콘크리트는 설계압축강도 40MPa로 계획하였으며, 압축강도 시험체는 직경 100mm, 높이 200mm의 공시체를 제작하였으며 연결보 실험체와 동일한 조건 하에서 현장양생하였다. 압축강도 시험 결과의 평균값으로 얻은 응력-변형률 곡선을 도 6에 나타내었고, 압축강도는 기준이 되는 40MPa를 상회하는 것으로 나타났다.

[0029] 연결보 실험체는 항복강도 400MPa를 갖는 D13, D22, D25 철근을 사용하였다. 철근 D13, D22, D25의 직경은 각각 22.2mm, 25.4mm, 12.7mm이다. 철근의 인장시험을 통해 얻은 철근의 기계적 특성은 표 2와 같다.

표 2

Table 2. Mechanical properties of reinforcement

Re-bar	Bar diameter (mm)	Yield strength f_y (MPa)	Tensile strength f_{st} (MPa)
D13	12.7	506	620
D22	22.2	438	587
D25	25.4	442	607

[0030]

[0031] 실험결과 및 분석

[0032] 1. 균열 및 파괴양상

[0033] 형상비 2.0과 3.5 실험체의 최종 균열 및 파괴 양상을 도 7과 도 8에 나타내었으며, 모든 실험체는 휨 균열보다 사인장 균열에 의한 전단파괴 양상을 보였다.

[0034] 일반 대각철근으로 보강한 기준 실험체인 SD-2.0의 경우, 변위각 0.25%에서 초기 횡방향 균열이 연결보와 벽체의 경계 부분에서 발생하였고, 하중이 증가됨에 따라 사인장 균열이 나타나기 시작 하였으며, 변위각 1.0%에서 사인장 균열이 실험체 전반에 확산되었다. 도 7(a)의 변위각 2.0%의 파괴 양상은 균열의 폭이 약 1.5mm정로 발생하였으며, 실험체의 대각철근이 항복하였다. 그리고 변위각 5.0%에서 5.0mm 이상의 균열이 발생하였고, 변위각 7.0%에 도달하였을 때 연결보의 단부 피복이 박리되고 대각철근이 끊어지는 파괴양상을 나타내었다(도 7(c)). 연결보 실험체가 대각철근이 파단 될 때까지 저항한 것으로 보아 연결보 전체 둘레에 횡철근을 배근하여 도 1(a)에 나타난 연결보와 같이 우수한 내진성능을 보유한 것으로 판단할 수 있다.

[0035] 문음 대각철근을 사용한 실험체 BD-2.0은 초기 횡방향 균열 및 사인장 균열은 기준 실험체인 SD-2.0과 유사한 양상을 나타내는 것으로 관측되었다. 도 7(d)에서와 같이 변위각 2.0%에서 대각철근이 항복하였고, 균열의 폭이 약 1.5mm로 나타났다. 하중이 증가하여 연결보의 단부에서 균열의 폭이 증가하여 변위각 5.0%에서는 4.5mm 이상의 균열이 발생하였다(도 7(e)). 최종적으로 변위각 7.0%에서 콘크리트 피복이 박리되고 대각철근이 파단되는 것으로 관측되며 기준실험체와 매우 유사한 파괴양상을 나타내었다(도 7(f)).

[0036] 형상비 3.5 실험체의 파괴양상은 형상비 2.0 실험체와 전반적으로 유사하였지만, 단부에 휨 균열이 다수 발생하였다. 형상비 3.5의 기준 실험체인 SD-3.5는 변위각 0.25%에서 단부의 초기 횡방향 균열이 나타났고, 변위각 0.75%에서 사인장 균열이 발생하였다. 변위각 2.0%에서 대각철근이 항복하였고, 균열의 폭이 2.0mm 정도 나타났다(도 8(a)). 하중이 증가하면서 연결보 단부에서 파괴가 발생하였으며, 도 8(b)와 같이 변위각 5.0%에서 균열은 4.5mm 이상으로 관측되었다. 변위각 8.0%에서 콘크리트 피복이 완전히 박리되면서 축방향 철근의 좌굴을 확인할 수 있었고, 최종적으로 변위각 10%에서 대각철근과 횡보강근이 파단되면서 실험이 종료되었다.

[0037] 일반 대각철근을 문음 대각철근으로 대체한 실험체인 BD-3.5는 기준실험체 SD-3.5와 유사한 균열 및 파괴 양상을 보인 것으로 관측되었다. 변위각 2.0%에서 대각철근이 항복하였으며, 균열의 폭은 1.5mm로 나타났다(도 9(d)). 또한, 변위각 5.0%에서는 균열은 기준 실험체와 매우 유사한 결과를 나타냈다(도 9(e)). 변위각 10%에서 콘크리트 피복이 박리되고, 대각철근과 횡보강근의 파단이 발생하였다.

[0038] SD-3.5와 BD-3.5의 최종 균열을 나타낸 도 9(c)와 도 9(f)를 보면, 실험체의 양단부의 소성힌지 구간에서 휨 균열이 발생하였고, 전단작용에 의한 경사균열이 발생하면서 최종적으로 휨-전단 파괴형태 보인 것으로 판단할 수 있다.

[0039] 2. 하중-변위 곡선

[0040] 각 실험체의 실험결과를 통해 얻는 하중-변위 곡선을 도 9와 도 10에 나타내었다. 이력곡선의 횡축은 변위각으로 LVDT의 계측을 통해 얻은 연결보의 횡 변위를 연결보의 길이로 나눈 값이고, 종축은 연결보에 작용시킨 횡하중과 횡하중을 $\sqrt{f_c} A_{et}$ 로 나누어 정규화시킨 값이다. 여기서 A_{et} 는 연결보의 단면적이다. 실험체의 이력곡선을 분석하여 얻은 항복변위각(θ_y), 최대하중(V_u) 및 최대변위각(θ_u), 파괴시 변위각(θ_f), 연성비(μ)를 표 3에 정리하였다. 항복변위각과 최대변위각은 Pan and Moehle(1989)가 사용한 방법에 따라 산정하였다. 최대하중의 2/3에 해당하는 점과 원점을 지나는 직선이 최대강도시 횡축에 평행한 직선과 접하는 교점에 해당하는 변위각을 항복변위각으로 산정하였다. 최대변위각은 강도가 최대하중의 80%까지 감소되었을 때의 변위각이다. 파괴 시의 변위각은 실험체가 파괴되어 급격한 하중의 감소가 발생한 변위각으로 결정하였다. 연성비는 최대변위각을 항복변위각으로 나눈 값으로 산정하였다.

표 3

Table 3. Summary of experimental results

Specimen		V_y (kN)	Q_y (°o)	V_u (kN)	Q_u (°o)	Q_f (°o)	μ ($=\theta_u/\theta_y$)
SD-2.0	(+)	1004	2.0	1087	6.2	7.0	3.2
	(-)	1086	2.0	1117	5.2	7.0	2.6
BD-2.0	(+)	1001	2.0	1125	5.9	7.0	3.0
	(-)	1127	2.0	1218	5.4	7.1	2.7
SD-3.5	(+)	437	2.0	507	10.1	10.1	5.0
	(-)	469	2.0	504	9.9	10.0	5.0
BD-3.5	(+)	520	1.8	540	10.0	10.0	5.7
	(-)	531	1.9	570	10.0	10.0	5.3

Note: V_y : yield load(measured), V_u : maximum(peak) load(measured), V_f : failure load(measured), Q_y : yield drift(measured), Q_u : maximum(peak) drift(measured), Q_f : failure drift(measured), μ : ductility ratio(θ_u/θ_y)

[0041]

[0042]

ACI 318 (2011)에 따른 기준 실험체인 SD-2.0 실험체는 변위각 4.0%, SD-3.5 실험체는 변위각 5%까지 강도의 저감없이 모두 안정적인 이력거동을 하였다. 두 실험체 모두 최대강도 발휘 후 강도가 감소되는 거동을 보였으며, 최종파괴는 각각 변위각 7%, 10%에서 발생하였다. 형상비 3.5의 기준 실험체인 SD-3.5는 강도가 파괴시 변위각인 10%까지 최대강도의 80%이상의 강도를 보유한 것으로 관측되었다.

[0043]

일반 대각철근을 묶음 대각철근으로 대체한 실험체는 기준실험체와 매우 유사한 이력거동을 나타냈다. BD-2.0는 변위각 4%, BD-3.5는 변위각 6%까지 강도의 저감없이 안정적인 거동을 보였으며, 최종파괴도 기준 실험체와 유사한 변위각 7%, 10%에서 발생하였다. BD-3.5 실험체의 경우는 파괴시 변위각인 10%에도 최대강도의 80%이상을 보유한 것으로 관측되어 묶음 대각철근의 대체 가능성을 확인하였다.

[0044]

3. 강도 및 강성 저하

[0045]

도 11은 연결보 실험체의 강도 변화를 비교하기 위해 이력곡선에서 포락선(envelope curve)를 나타내었다. 묶음 대각철근을 배근한 연결보 실험체인 BD-2.0과 BD-3.5는 모두 기준 실험체보다 높은 최대강도를 나타내었다. 형상비 2.0인 경우 정(+)가력과 부(-)가력 시 각각 3.5%, 9% 증가하였다. 이는 ACI 318 (2011)에서 제시하는 연결보의 강도예측식이 대각철근의 경사각에 영향을 받는 것과 일치한 결과로 묶음 대각철근을 적용함으로써 경사각이 증가하여 연결보의 전단강도가 증가한 것으로 판단된다. 형상비 3.5 실험체에서도 정(+)가력 시에는 6.5%, 부(-)가력 시에는 13%정도 증가한 최대강도를 발휘하면서 형상비 2.0 실험체와 같은 결과를 나타내었다. 하지만 형상비 2.0의 실험체는 최대 강도 이후 강도 저감현상이 현저하게 나타난 반면, 형상비 3.5의 모든 실험체의 경우는 최대 강도 발현 후 강도 저감이 서서히 발생하며 높은 연성능력을 발휘하였다.

[0046]

변위 증가에 따른 각 실험체의 강성저하 특성을 비교하여 도 12에 나타내었다. 강성 값은 이력 곡선의 첫 번째 사이클에서 측정된 정가력과 부가력 시 최대하중 절대값의 합을 해당 변위의 절대값 합으로 나눈 값(peak-to-peak stiffness)으로 산정하고, 초기 강성에 대한 비율로 평가하였다.

[0047]

형상비 2.0의 경우, 실험 초기에는 기준 실험체 SD-2.0이 묶음 대각철근을 적용한 실험체 BD-2.0보다 급격한 강성저하 특성을 보였지만 변위각 1% 이후 유사한 강성저하 특성을 나타내었다. 형상비 3.5의 묶음 대각철근을 적용한 실험체는 연성적인 거동을 보이면서 변위각 3% 이후 완만한 강성저하 특성을 보이면서 기준실험체와 매우 유사한 특성을 나타냈다.

[0048]

4. 에너지 소산능력 곡선

[0049]

에너지소산능력은 모든 실험체에 동일한 하중이력이 작용하였기 때문에 누적에너지를 비교하여 각 실험체가 보유하고 있는 내진성능을 평가하는 척도로, 에너지소산능력이 크면 구조물의 내진성능이 우수한 것으로 평가할 수 있다. 누적에너지는 하중-변위 곡선이 둘러싸고 있는 면적의 합으로 산정되었고, 도 13에 나타내었다.

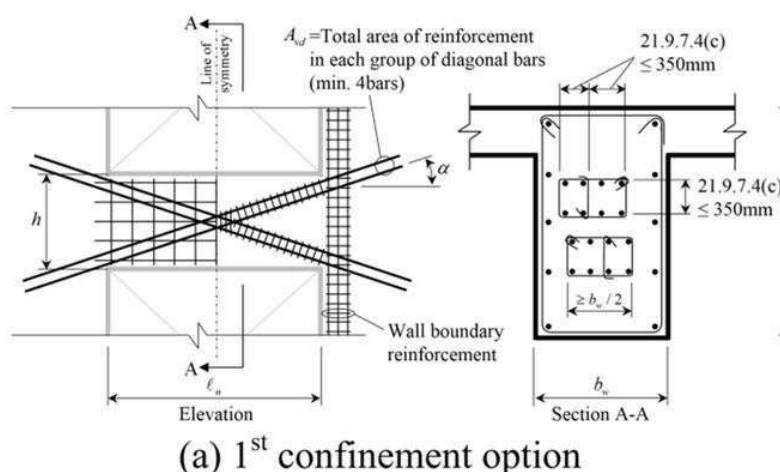
[0050]

형상비 2.0의 경우, 도 13(a)와 같이 묶음 대각철근을 적용한 연결보 실험체가 기준실험체와 7% 내외의 차이를 보이며 매우 유사한 에너지 소산능력을 보였다. 형상비 3.5에서는 묶음 대각철근 연결보 실험체가 기준실험체보다 16% 이상 크게 나타났다. 이는 소산에너지가 하중-변위 곡선으로 둘러싸인 면적으로 산정되어 하중이 클수록 증가하는 경향이 있으며, 묶음 대각철근을 사용하여 실험체의 전단강도가 증가하여 나타난 결과로 판단된다.

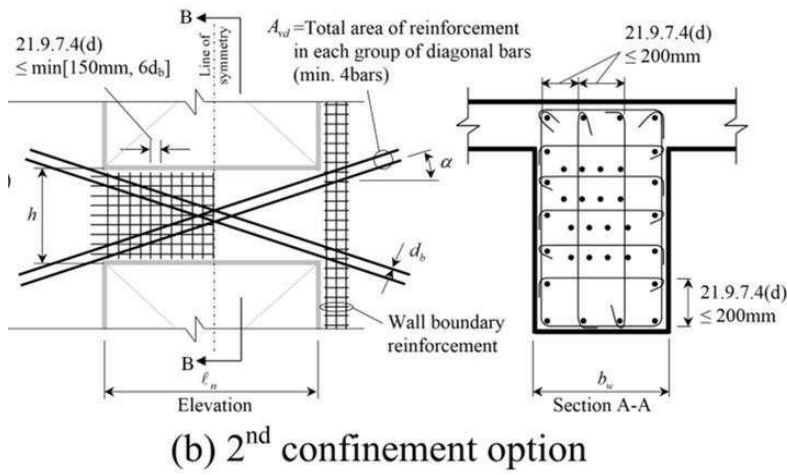
- [0051] 본 발명의 실시예에서는 현행 ACI 318 (2011)에서 요구하는 대각철근을 갖는 철근콘크리트 연결보의 시공을 더욱 용이하게 하기 위하여 묶음대각철근을 갖는 연결보를 제안하였다. 연결보에 묶음 대각철근의 적용가능성을 확인하고자 실험을 통하여 내진 성능을 평가하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.
- [0052] (1) ACI 318 (2011)에서 요구하는 상세에 따른 철근콘크리트 연결보 실험체는 형상비 2.0과 3.5 모두 기준에서 제시하는 공칭전단강도 이상의 전단강도를 발휘하고, 각각 변위각 5%, 10%까지 변형능력을 보유한 것으로 충분한 내진성능을 나타내었다.
- [0053] (2) 일반 대각철근을 묶음 대각철근으로 대체하여 제작한 실험체는 형상비 2.0과 3.5에서 모두 기준 실험체와 유사한 변형능력, 에너지 소산능력을 보였으며, 묶음 대각철근을 사용함에 따라 대각철근의 경사각이 커지면서 연결보의 전단강도는 증가하였다. 이는 묶음 대각철근을 적용하여도 ACI 318 (2011)에서 제시하는 철근 상세를 갖는 연결보와 유사한 내진성능을 확보할 수 있음을 나타낸다.
- [0054] (3) 묶음 대각철근을 사용함으로써 연결보의 내부 공간을 확보할 수 있어 철근 배근이 상대적으로 어려운 형상비가 큰 연결보에 대해서도 시공성을 개선할 수 있고, 대각철근의 경사각 증가에 따른 공칭전단강도도 증가하기 때문에 전단강도가 크게 요구되는 단면에 대해서도 강도와 연성을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.
- [0055] (4) 높은 전단력을 받는 연결보에서 일반대각철근을 묶음대각철근으로 대체하여 실험적으로 비교, 분석한 결과, 기존 상세에 따른 연결보 실험체와 유사한 내진 성능을 나타내는 것으로 평가되었다. 또한, 배근 상세의 단순화, 강도 증진 및 프리캐스트 부재로 생산함으로써 시공성 향상의 가능성을 확인하였다. 따라서, 본 발명의 실시예에서 제안하는 묶음대각철근을 적용한 연결보 시스템은 내진 성능 확보와 시공성 증진을 위해 활용 가능성이 높은 시스템이라 할 수 있다.
- [0056] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 하기에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

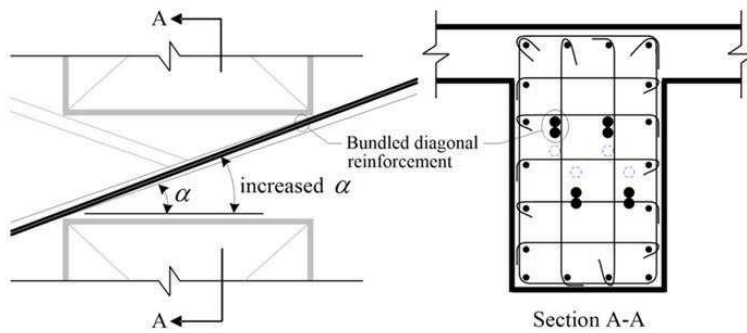
도면1a



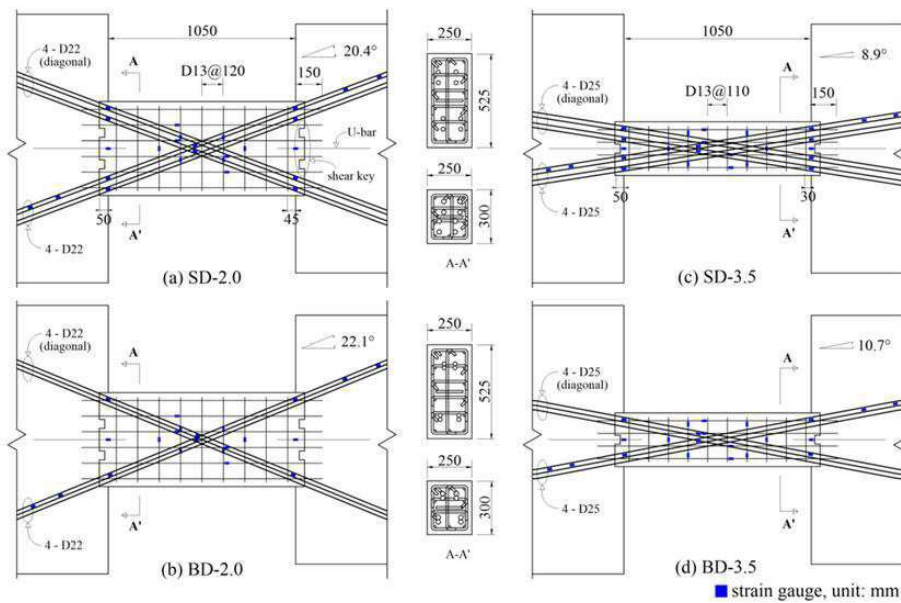
도면1b



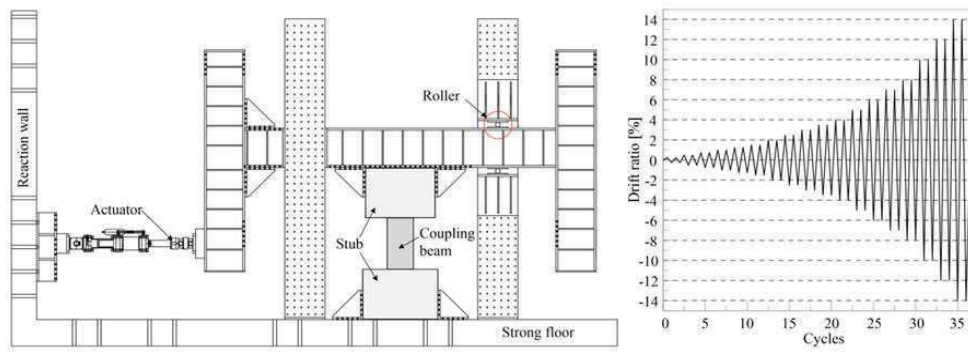
도면2



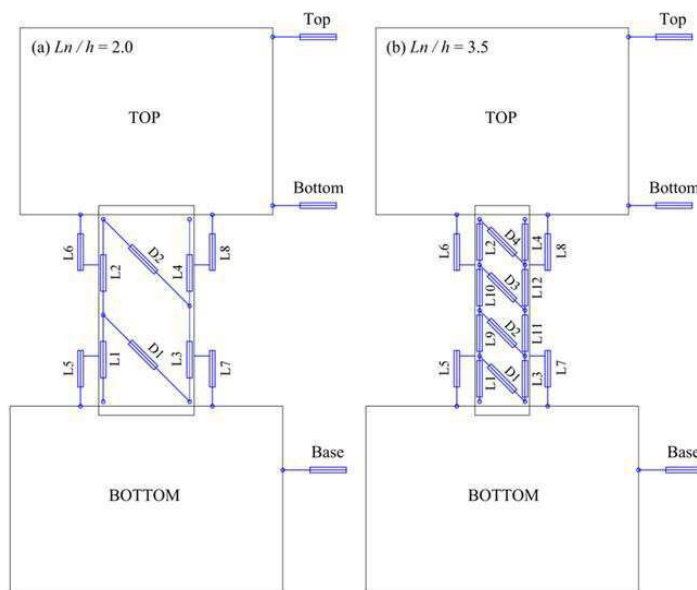
도면3



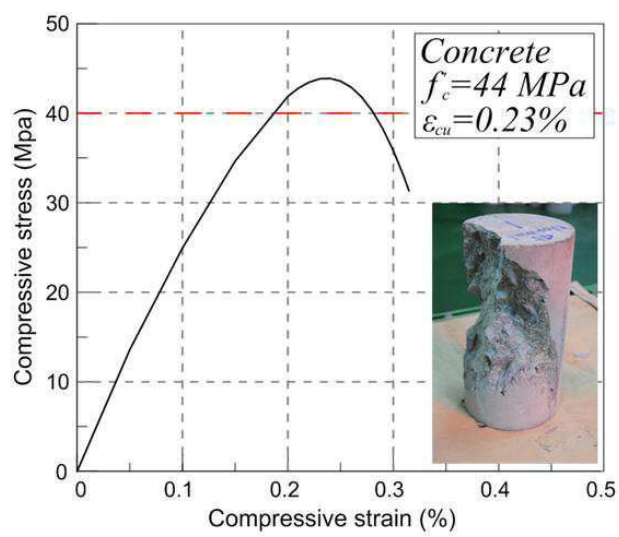
도면4



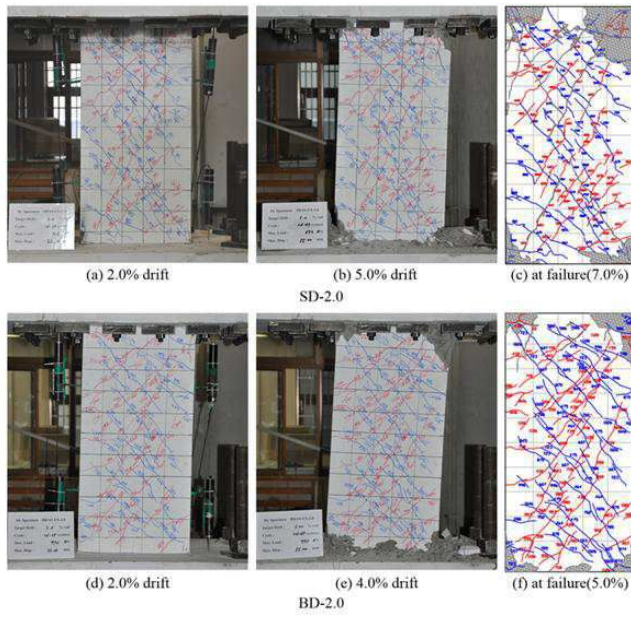
도면5



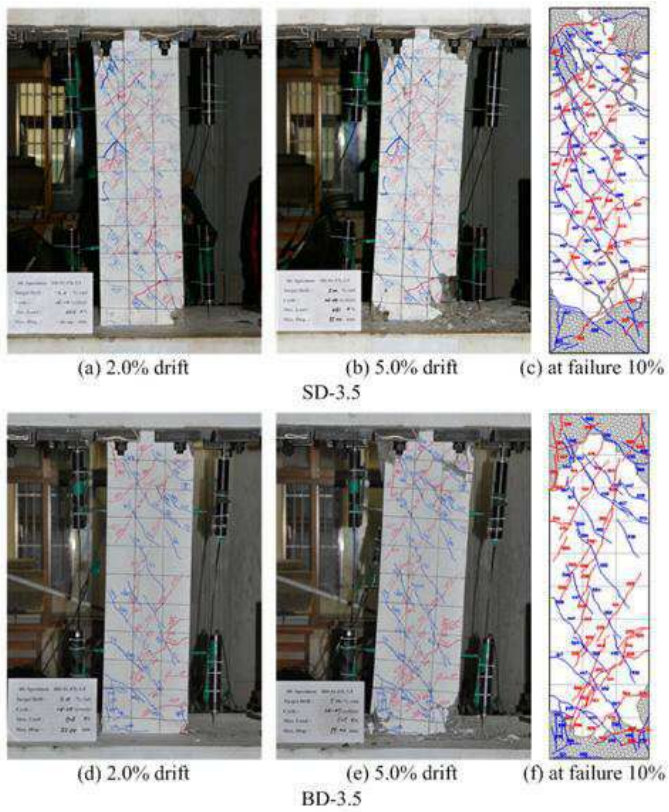
도면6



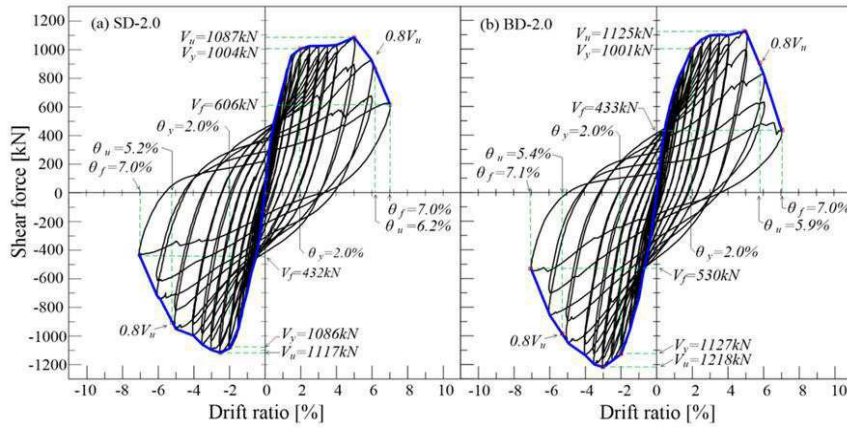
도면7



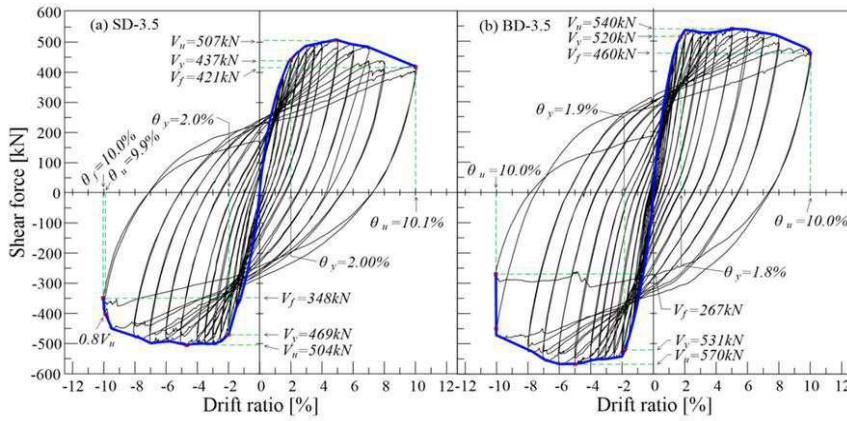
도면8



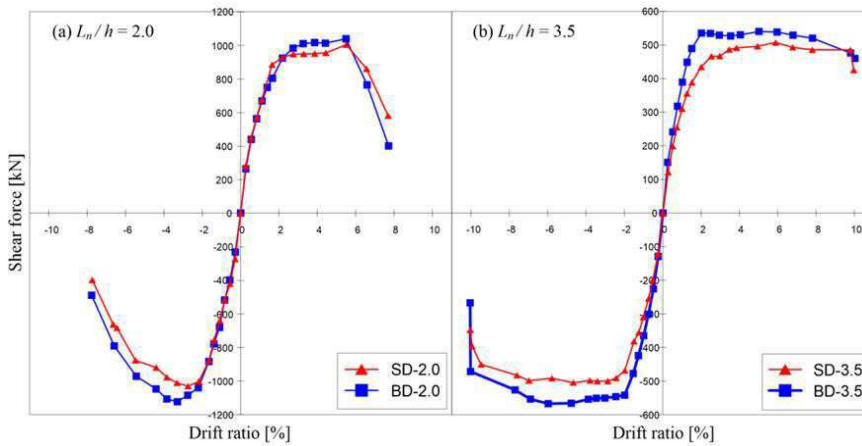
도면9



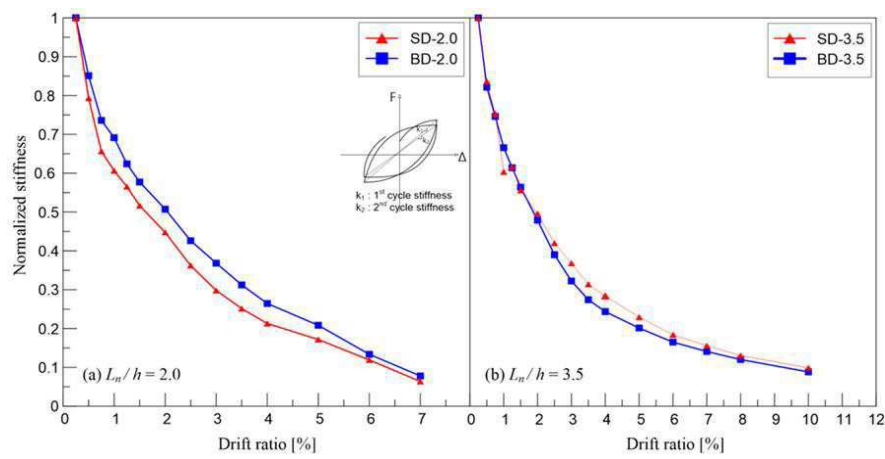
도면10



도면11



도면12



도면13

