

# 고강도 모르타르를 충전한 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성 평가

## Evaluation on Stiffness of Mechanical Sleeve Bar Splice Filling High-strength Mortar Under Monotonic Loading

김 형 기<sup>1)\*</sup>

Kim, Hyong Kee

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate the stiffness of the mechanical sleeve reinforcement splices filling high-strength mortar under monotonic loading. For this objective, we analyzed and compared the previous test data of 189 actual-sized mortar-filled sleeve bar splices specimens, including the reinforcing bar splices prepared and tested by the author.

The paper results indicated that the minimum values of compressive strength of mortar( $f_g$ ) multiplied by the ratio of reinforcement development length to bar diameter( $L/d$ ) were suggested for holding the stiffness of the mortar-filled sleeve reinforcement splices required in AIJ code.

**Keywords** : Mechanical sleeve bar splice, Stiffness, Monotonic loading, High-strength mortar

### 1. 서론

철근 콘크리트 구조에서 필연적으로 발생하는 철근이음은 건물의 안전성, 품질, 시공성 등에 크게 영향을 준다고 할 수 있다. 현재 주로 건축현장에 적용되고 있는 철근이음법은 겹침이음, 가스압접, 용접이음, 기계적 이음 등으로 크게 분류할 수 있다. 이 가운데에서도 기계적 철근이음은 대형화되고 고층화되는 최근 건축물에 사용되는 철근이음 방법으로 호응을 얻고 있다. 여러 가지의 형태로 개발된 기계적 철근이음 방법 중에서 고강도 모르타르를 충전한 기계적 슬리브 철근이음은 고강도 무수축 모르타르를 금속 슬리브에 충전하여 철근의 힘을 다른 철근으로 전달하는 방식으로 철근이음의 시공이 용이하고 작업 인력의 성력화가 가능할 뿐만 아니라 신뢰도가 높은 품질 확보가 가능하기 때문에 많은 건설현장에서 사용되고 있다(林芳尙 등, 1996).

향후에 앞에서 언급한 고강도 모르타르를 충전한 기계적 슬리브 철근이음을 보다 활발하게 이용하기 위해서는 이 슬리브 철근이음이 보유하고 있는 구조성능에 대한 적

절한 평가가 필요하다고 판단된다. 강도, 강성, 연성 등과 같은 기계적 철근이음에서 요구되는 주요한 구조성능 가운데에서 이 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성에 대한 평가도 당연히 필요하다. 그 이유는 일반적으로 철근이음은 응력이 작은 곳에 설치하거나 분산시켜서 설치하는 것을 원칙으로 하고 있지만, 기계식 철근이음에서는 응력이 크게 작용하는 기둥의 단부나 접합부에 설치되는 경우가 많아짐에 따라서 기계식 철근이음의 강성이 전체 건물의 강성에도 영향을 미칠 수가 있기 때문이다.

현재까지 여러 연구그룹에 의하여 다양한 종류의 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음이 개발되었고, 지금도 설계조건 또는 현장여건에 부합하는 슬리브 철근이음을 개발하고 있다. 1992년과 1993년에 일본 스플라이스 슬리브사에서 SD400 철근을 매입한 모르타르 충전식 주물 슬리브 철근이음에 대한 강성 등의 구조성능을 검토한 결과를 보고하였다(日本スプライススリーブ株式会社, 1992; 日本スプライススリーブ株式会社, 1993; 日本スプライ스スリーブ株式会社, 1993). 또한 Hayashi 등의 연구논문(林芳尙 등, 1994; 林芳尙 등, 1994; 林芳尙 등,

1) 정회원, 강원대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\* Corresponding author : hyongkee@kangwon.ac.kr 033-570-6521

• 본 논문에 대한 토의를 2012년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2012년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1997)에서는 강관의 안쪽에 돌기가 있는 그라우트 충전식 강관 슬리브 철근이음에 대한 강도, 강성과 같은 주요한 구조성능을 검토하고 그 결과를 발표하였다. 한편 1998년에 저자 연구팀은 주물을 이용하여 제작한 SD400 철근용 슬리브를 사용한 모르타르 충전식 철근이음에 대한 강성, 강도와 같은 구조성능에 대하여 조사하였다(김형기, 1998; 삼성물산 기술연구소 등, 1998). 2007년에 저자의 연구팀에서는 SD500 고강도 철근의 사용을 위하여 개발된 모르타르 충전식 강관 슬리브 철근이음을 대상으로 단조가력실험을 실시하고 강성과 강도를 비롯한 주요한 구조성능을 평가하여 보고하였다(김형기 등, 2007). 또한 2008년에 발표된 저자 등의 논문(김형기 등, 2008)에서는 주물로 만든 SD500 철근용 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에 대한 단조가력실험을 실시한 후에 이 철근이음에 대한 강성 등을 검토하여 발표하였다. 이상에서 설명한 것과 같이 기존에 발표된 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 강성에 대한 검토 결과는 다른 연구자의 실험결과를 배제한 각자 연구자만의 한정된 실험 데이터에 대한 것만으로 이루어짐에 따라서 이 철근이음의 강성에 대한 평가내용이 다소 충분하지 않다고 판단된다.

본 논문에서는 고강도 무수축 모르타르를 충전한 기계적 슬리브 철근이음의 강성에 대한 보다 적절한 평가를 목적으로 단조가력을 실시한 국내외 189개 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 실험데이터(日本スライススリーブ株式会社, 1992; 日本スライススリーブ株式会社, 1993; 日本スライススリーブ株式会社, 1993; 林芳尚 등, 1994; 林芳尚 등, 1994; 林芳尚 등, 1997; 김형기, 1998; 삼성물산 기술연구소 등, 1998; 김형기 등, 2007; 김형기 등, 2008)를 수집하였다. 그리고 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 주요한 구조요소가 이 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성에 미치는 영향을 검토하였고, 철근이음 실험결과로부터 구한 강성을 AIJ 규준(日本建築學會, 2010)에서 규정하고 있는 단조가력 하에서의 강성 기준과 비교하여 평가하였다.

## 2. 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음 실험데이터

Fig. 1에 본 연구에서 채택된 3개의 연구그룹이 실시한 189개의 실험물고기인 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 실험(日本スライ스

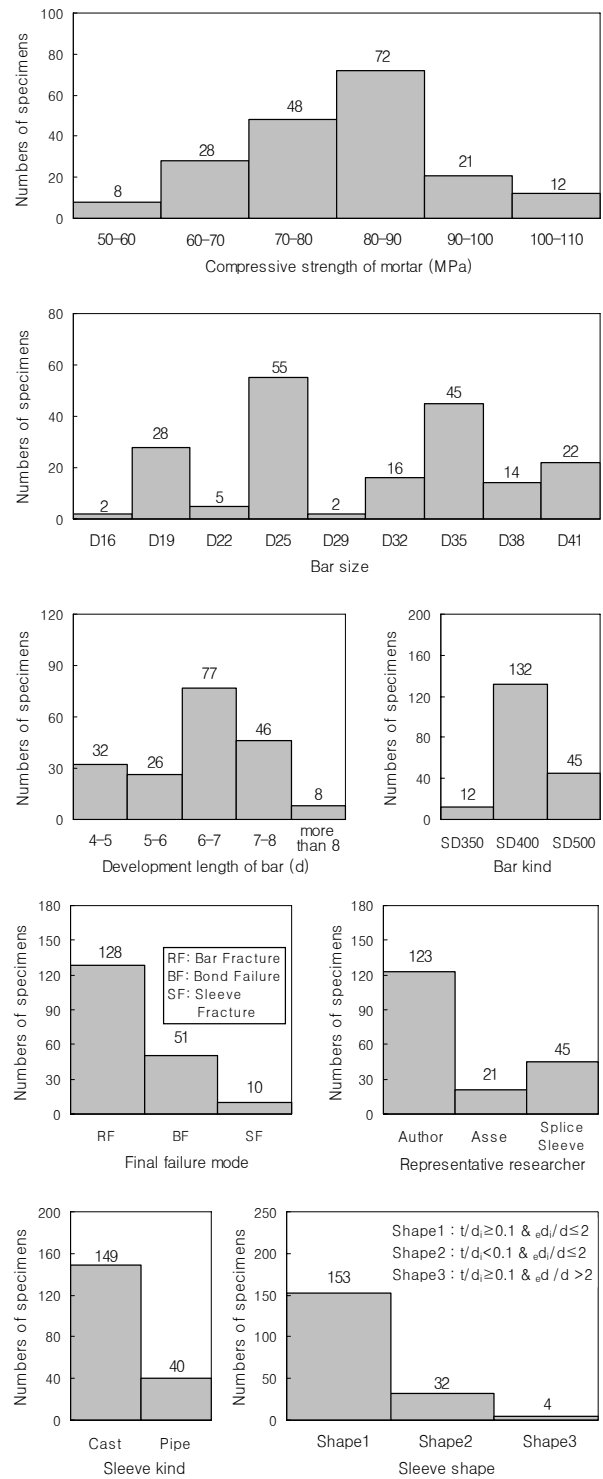


Fig. 1 Summary of mortar-filled sleeve bar splices according to major test parameters

스라이스스リーブ株式会社, 1992; 日本スライススリーブ株式会社, 1993; 日本スライススリーブ株式会社, 1993; 林芳尚 등, 1994; 林芳尚 등, 1994; 林芳尚 등, 1997; 김형기,

1998; 삼성물산 기술연구소 등, 1998; 김형기 등, 2007; 김형기 등, 2008)의 주요한 변수에 따른 실험체의 분포를 요약하였다. 분석대상인 실험체에 충전된 모르타르의 압축강도는 57~100MPa이다. 그리고 슬리브에 매입되는 철근은 연속된 일련 규격 D16~D41인 9종류로 D25, D35, D19 철근을 매입한 철근이음 실험체가 전체 철근이음의 68% 정도의 점유비율을 보였다. 또한 본 논문의 철근이음 실험체에 매입된 철근의 정착길이는 4~10d (여기서, d는 철근의 지름)이고, 철근이음에 사용한 철근은 SD350, SD400, SD500 3종류로 이 중에서 SD400 철근을 매입한 경우와 SD500 철근을 매입한 경우가 전체 철근이음의 94%로 나타났다. 한편, 분석대상 철근이음 실험체의 최종파괴형식은 3종류로 크게 분류할 수 있는데 슬리브에 매입된 철근이 파단한 경우, 슬리브에 매입된 철근과 슬리브에 충전된 모르타르 사이에서 미끄러지는 부착파괴가 발생한 경우, 철근이음의 슬리브가 파단한 경우이다. 그리고 본 연구의 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음 실험은 저자의 연구그룹, Hayashi 연구그룹, 스플라이스 슬리브 주식회사가 각자의 개발 목적을 가지고 1992년부터 2008년 사이에 진행된 것이다. 또한 본 연구의 분석대상이 되는 철근이음에 사용한 슬리브는 재료의 강도뿐 만이 아니라 인성능력을 가진 구상흑연주철로 만든 주물 슬리브와 상대적으로 제작이 용이하고 가격이 저렴한 원형파이프를 이용하여 제작된 강관 슬리브 2가지이다. 특히 강관 슬리브는 슬리브의 구조성능 향상을 위하여 슬리브의 표면에 돌기를 둔 것과 상대적으로 제작이 용이하도록 슬리브에 돌기를 두지 않은 것을 각각 제작하였다. 그리고 본 연구의 분석대상인 철근이음 실험체에 사용된 슬리브는 기존의 논문(김형기, 2004)에서 보고된 것과 같이 슬리브의 두께/슬리브의 내경( $t/d_i$ )과 슬리브 단부의 내경/슬리브에 매입된 철근의 직경( $e_d/d$ )별로 슬리브의 형상을 구분하여 3종류로 나타낼 수가 있었다. 한편 본 연구의 분석대상이 되는 철근이음 실험체에 실시한 단조가력은 AIJ 규준(日本建築學會, 2010)에 따라서 실험체에 탄성범위의 정해진 크기인  $0.95f_y$  (여기서,  $f_y$ 는 철근 설계기준 항복강도) 레벨까지 인장력을 서서히 크게 하였다가 이 인장하중을  $0.02f_y$  레벨까지 떨어뜨린 이후에 다시 인장력을 증가시켜서 철근이음 실험체가 인장방향으로 파괴가 되도록 계획하였다. Fig 2에 대표적인 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 실험장면을 나타내었다.

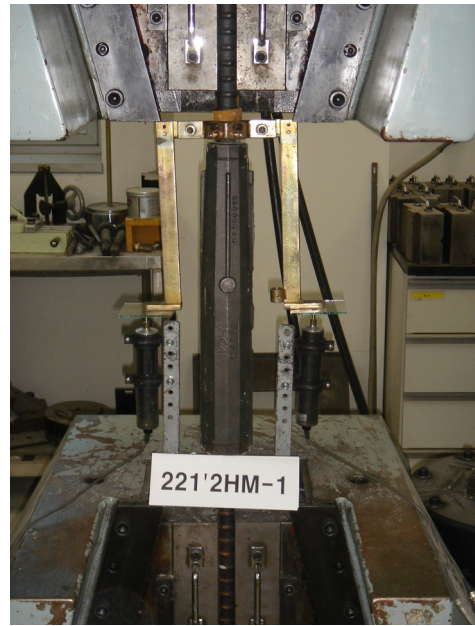


Fig. 2 Test scene of mortar-filled sleeve bar splice

### 3. 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성에 대한 평가

본 논문에서는 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성을 보다 합리적으로 검토하기 위하여, 단조가력을 실시한 189개 고강도 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 실험자료에 대하여 모르타르 압축강도, 철근 정착길이, 최종파괴형식, 슬리브 형상, 슬리브 종류와 같은 슬리브 철근이음의 구조변수가 단조가력 하에서 슬리브 철근이음의 강성에 미치는 영향을 조사하였고, AIJ 규준(日本建築學會, 2010)에서 설정한 단조가력 하에서의 강성 기준과 비교검토하였다.

#### 3.1 단조가력에서 강성에 대한 정의

AIJ 규준에서는 기계적 철근이음의 구조성능을 4등급(SA등급, A등급, B등급, C등급)으로 분류하여 철근이음의 위치, 구조설계를 하는 방법 등에 따라서 상이하게 적용하고 있다. AIJ 규준에서 SA등급의 이음은 강도, 강성, 연성이 모재수준의 이음이고, A등급의 이음은 강도와 강성이 모재수준의 이음으로 정의하고 있다. 여기서 단조가력 하에서의 강성 등급(SA등급, A등급, B등급)에 대하여 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 각각 규정하고 있다. 한편, 국내

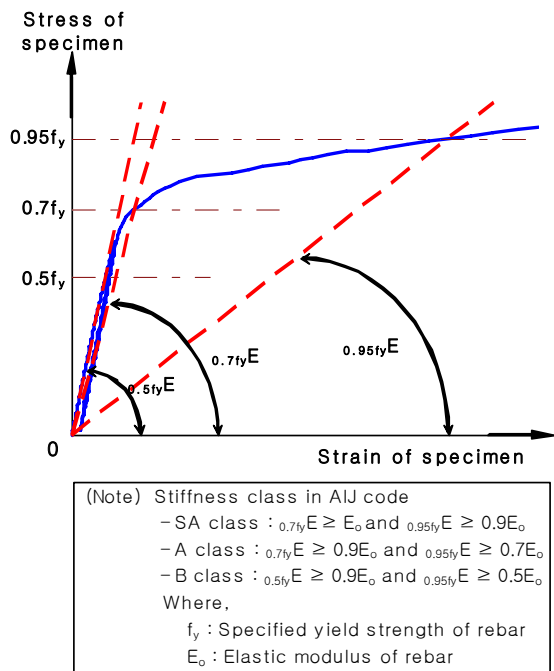


Fig. 3 Definition of stiffness under monotonic loading in mechanical splice(AIJ code)

규준(대한건축학회, 2009)이나 ACI 규준(ACI Committee 318, 2008)에서는 기계적 철근이음의 강성에 대한 특별한 규정은 없다.

### 3.2 실험변수에 의한 강성의 비교평가

고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음 실험체에 대한 단조가력 하에서의 강성을 Fig. 4~Fig. 12에서 매입한 철근 종류와 모르타르 압축강도 별로 나누어서 철근 정착길이가 함께 각각 나타내었다. 또한 본 논문의 철근이음 실험체를 모르타르 압축강도, 슬리브 종류, 슬리브 형상, 최종파괴형식과 같은 주요한 구조요소에 따라서 구분하여 Fig. 4~Fig. 12에서 각각 표시하였다.

여기서 분석대상 철근이음 실험자료의 모르타르 압축강도는 기본적으로 10MPa 간격으로 분류하였다. 그러나 SD350 철근을 사용한 Fig. 4인 경우와 D400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 90~110MPa인 Fig. 9인 경우에는 모르타르 압축강도로 인한 영향이 크게 나타나지 않는 것으로 판단이 되어서 편의상 모르타르 압축강도가 10MPa를 초과하는 간격으로 표시하였다. 그리고 Fig. 4~Fig. 12에서는 기존에 발표된 논문(김형기, 2004)과 같이 슬리브의 두께/슬리브의 내경( $t/d_i$ )은 0.1, 슬리

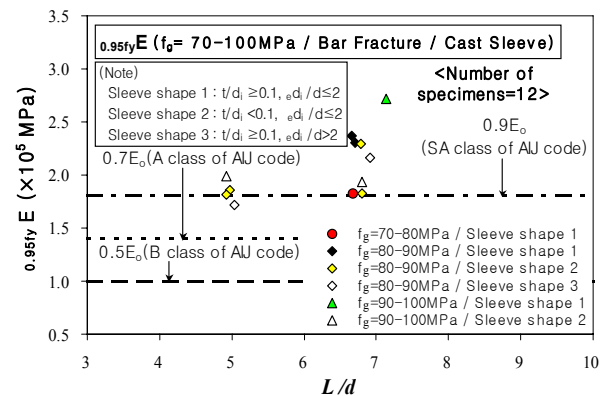


Fig. 4 Comparison of stiffness(SD350,  $f_g=70\sim 100\text{MPa}$ )

브 단부의 내경/슬리브에 매입된 철근의 직경( $e_d/d$ )은 2를 경계로 하여 철근이음 실험자료를 각각 나타내었다.

Fig. 4에서는 SD350 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 70~100MPa인 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. 이 그림에서 분석대상으로 채택된 모든 철근이음 실험체는 주물 슬리브를 사용하였고 철근 파단이 발생한 경우이다. Fig. 4에 보여지는 것과 같이 모르타르 압축강도가 80~90MPa인 경우에서  $t/d_i$ 가 0.1 이상이고  $e_d/d$ 가 2를 초과하는 슬리브의 형상을 가지고 있고 철근 정착길이가 5d인 철근이음 1개를 제외하고, 실험체에 작용하는 응력이  $0.95f_y$ (여기서,  $f_y$ 는 실험체에 매입된 철근의 설계기준 항복강도)인 경우의 모든 실험체 강성은 모르타르 압축강도나 슬리브 형상의 차이에 관계없이  $1.8 \times 10^5 \text{MPa}$  이상이 됨에 따라서 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었고, SA등급에 못 미치는 1개 철근이음도 A등급 강성을 보유한 것으로 나타났다.

Fig. 5에서는 SD400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 50~60MPa이며,  $t/d_i$ 가 0.1 이상이고  $e_d/d$ 가 2 이하인 슬리브로 제작된 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 5의 (a)와 (b)에 표시한 것처럼 주물 슬리브를 사용하고 철근파단이 발생한 실험체의 강성은 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었다. 강관 슬리브를 사용한 실험체에서는 철근 정착길이가 10d인 경우는 AIJ 규준에서 규정한 SA등급, 8d인 경우는 A등급, 7d 이하인 경우는 B등급이 되었다. 한편, 주물 슬리브를 사용하고 부착파괴가 발생한 실험체는 A등급이 되었다.

Fig. 6에서는 SD400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 60~70MPa인 모르타르 충전식 슬리브 철근이

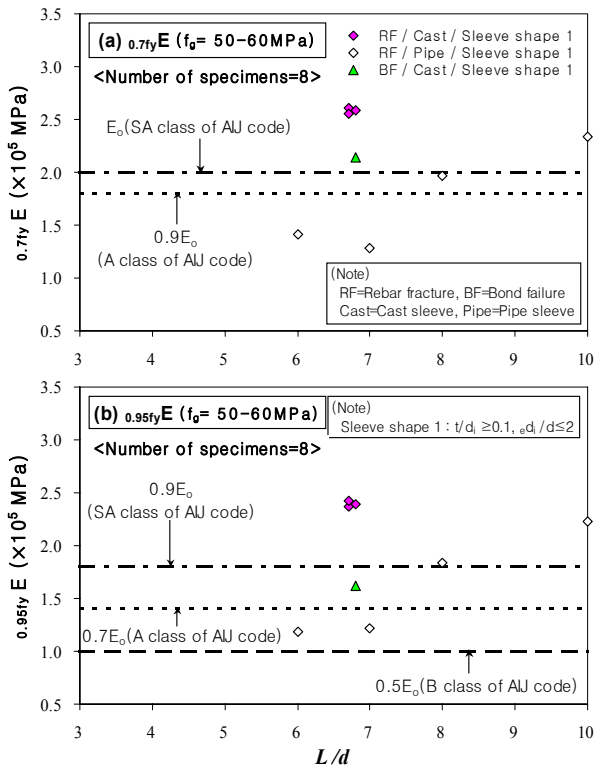


Fig. 5 Comparison of stiffness(SD400,  $f_0=50\sim60$ MPa)

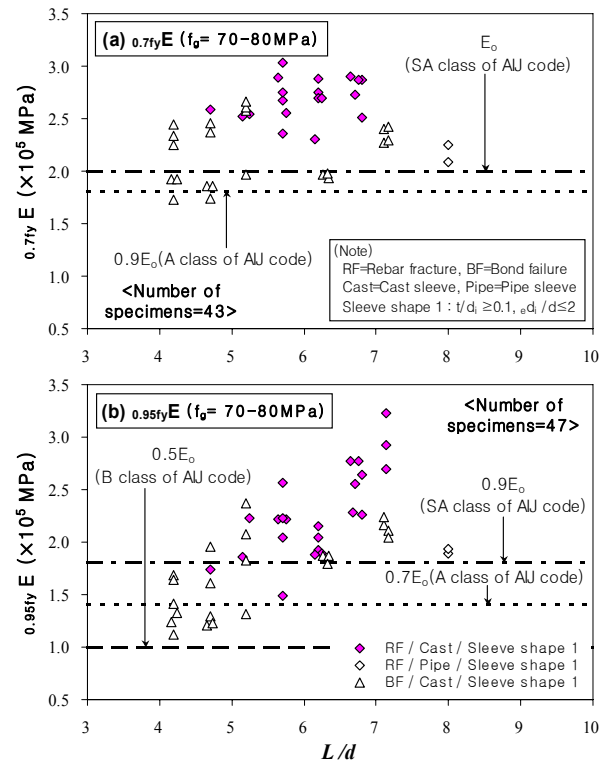


Fig. 7 Comparison of stiffness(SD400,  $f_0=70\sim80$ MPa)

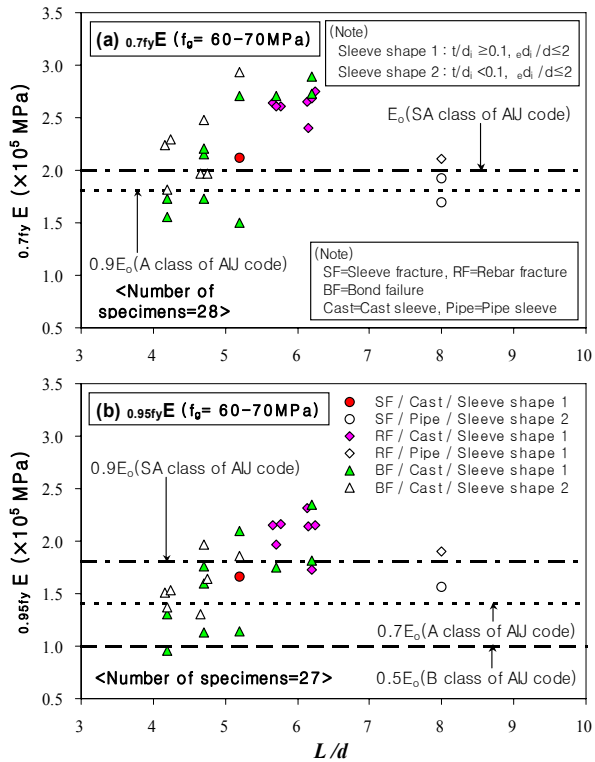


Fig. 6 Comparison of stiffness(SD400,  $f_0=60\sim70$ MPa)

음의 강성을 평가하였다. Fig. 6의 (a)와 (b)에 표시한 것과 같이 실험체의 강성은 철근 정착길이가 6.2d 이상이면 슬리브 파단이 발생한 1개의 강관 슬리브 철근이음 실험체와 철근파단이 발생한 1개의 주물 슬리브 철근이음 실험체를 제외하고 슬리브 종류와 최종파괴형식의 차이에 관계없이 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었다. 그리고 Fig. 6의 (a)와 (b)에 보여지는 것처럼 실험체의 강성은 슬리브 형상, 슬리브 종류, 최종파괴형식의 차이에 관계없이 철근 정착길이가 5.7d 이상이면 AIJ 규준의 A 등급 이상, 철근 정착길이가 4.7d 이상이면 AIJ 규준의 B 등급 이상이 되었다.

Fig. 7에서는 SD400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 70~80MPa인 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 7의 (a)와 (b)에 표시한 것과 같이 철근파단이 발생한 실험체의 강성은 철근 정착길이가 6.2d 이상이면 슬리브 종류의 차이에 관계없이 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었고, 4.7d 이상이면 AIJ 규준에서 규정한 A등급이 되었다. 또한 Fig. 7의 (b)에 보여지는 것과 같이 부착파괴가 발생한 실험체에서 강성은 철근 정착길이가 7.1d 이상이면 AIJ 규준의 SA등

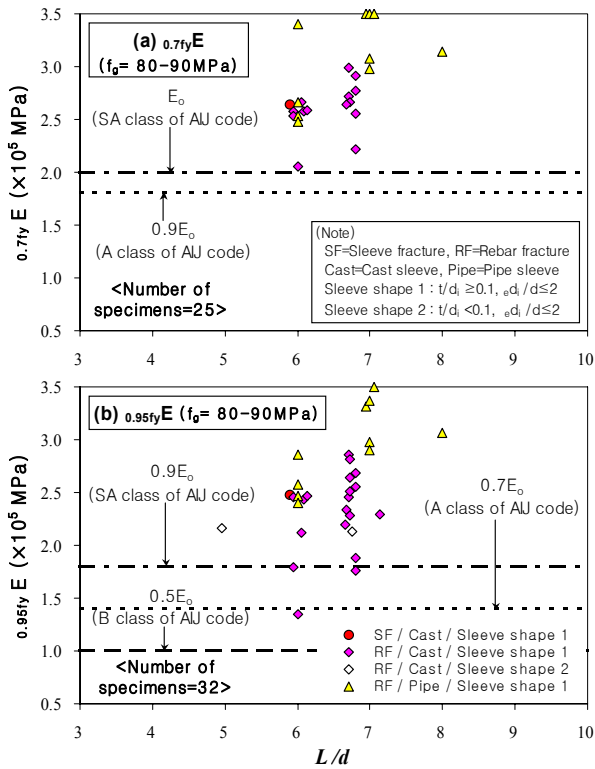


Fig. 8 Comparison of stiffness(SD400,  $f_g=80\sim90\text{MPa}$ )

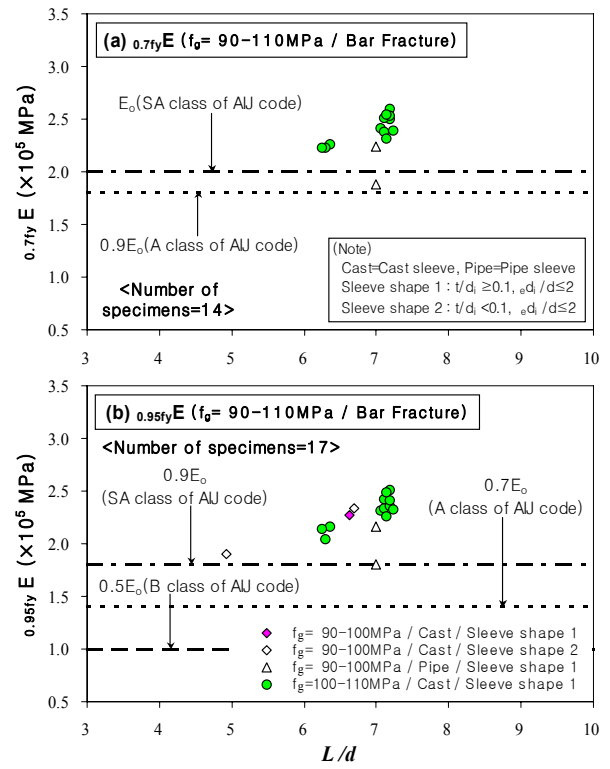


Fig. 9 Comparison of stiffness(SD400,  $f_g=90\sim110\text{MPa}$ )

급, 6.3d 이상이면 A등급, 4.2d 이상이면 B등급 이상이 되었다.

Fig. 8에서는 SD400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 80~90MPa인 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 8의 (a)와 (b)에 보여지는 것처럼 실험체의 강성은 슬리브 종류와 슬리브 형상의 차이에 관계없이 철근 정착길이가 7d 이상이면 AIJ 기준의 SA등급, 6.7d 이상이면 A등급이 되었고, 6d 이상이면 B등급 이상이 되었다.

Fig. 9에서는 SD400 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 90~110MPa인 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 9의 (a)와 (b)에 표시한 것과 같이 철근파단이 발생한 실험체에서 강성은 1개의 강관 슬리브 실험체를 제외하고 슬리브 형상의 차이에 관계없이 AIJ 기준에서 규정한 SA등급이 되었고, 모든 철근이음 실험체는 AIJ 기준에서 규정한 A등급 이상이 되었다.

Fig. 10에서는 SD500 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 80~90MPa이며 철근파단이 발생한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 10의 (a)와 (b)에 표시한 것처럼 실험체의 강성은 주물 슬리브

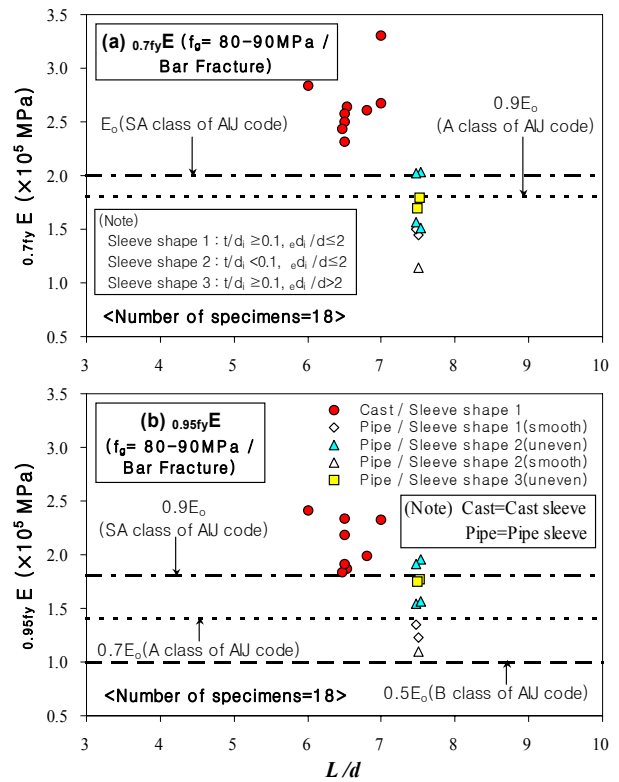


Fig. 10 Comparison of stiffness(SD500,  $f_g=80\sim90\text{MPa}$ , fracture of reinforcing bar)



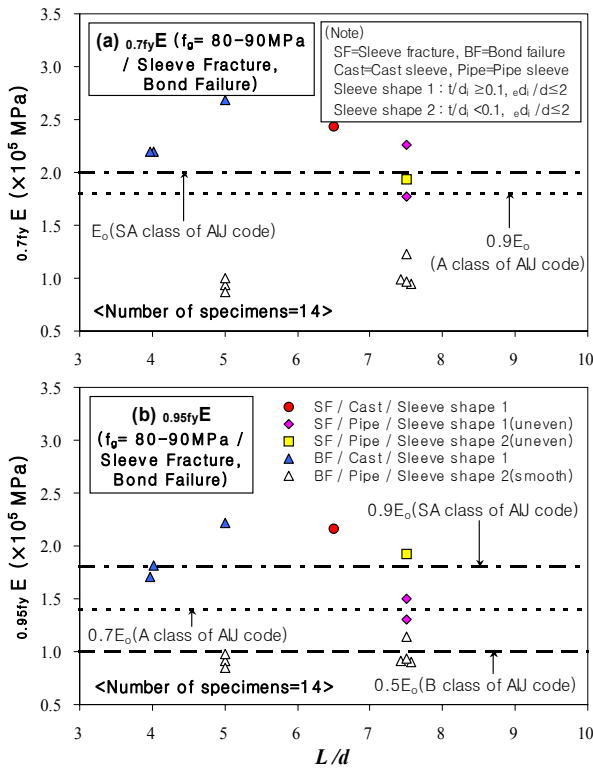


Fig. 11 Comparison of stiffness(SD500,  $f_0=80\sim90\text{MPa}$ , sleeve fracture/bond failure)

를 사용한 모든 실험체에서 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었다. 그러나 강관 슬리브를 사용한 실험체에서 강성은 B등급이 되었고, 슬리브 돌기의 존재여부에 따라서 차이를 나타내었다.

Fig. 11에서는 SD500 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 80~90MPa이며 슬리브 파단 또는 부착과피가 발생한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 11의 (a)와 (b)에 보여지는 것과 같이 실험체의 응력이  $0.7f_y$ 인 경우와  $0.95f_y$ 인 경우의 강성은 돌기가 있지만 슬리브 파단이 발생한 강관 슬리브 철근이음 실험체 1개와 돌기가 없는 강관 슬리브 철근이음 실험체를 제외한 실험체가 각각  $1.8 \times 10^5 \text{MPa}$ 과  $1.4 \times 10^5 \text{MPa}$  이상이 됨에 따라서 AIJ 규준에서 규정한 A등급 이상이 되었다.

Fig. 12에서는 SD500 철근을 사용하고 모르타르의 압축강도가 90~100MPa인 모르타르 충전식 주물 슬리브 철근이음의 강성을 평가하였다. Fig. 12의 (a)와 (b)에 표시한 것과 같이 실험체의 강성은 철근 파단과 슬리브 파단이 발생한 각각 1개를 제외한 실험체가 AIJ 규준에서 규정한 SA등급이 되었고, 모든 실험체는 최종과피형

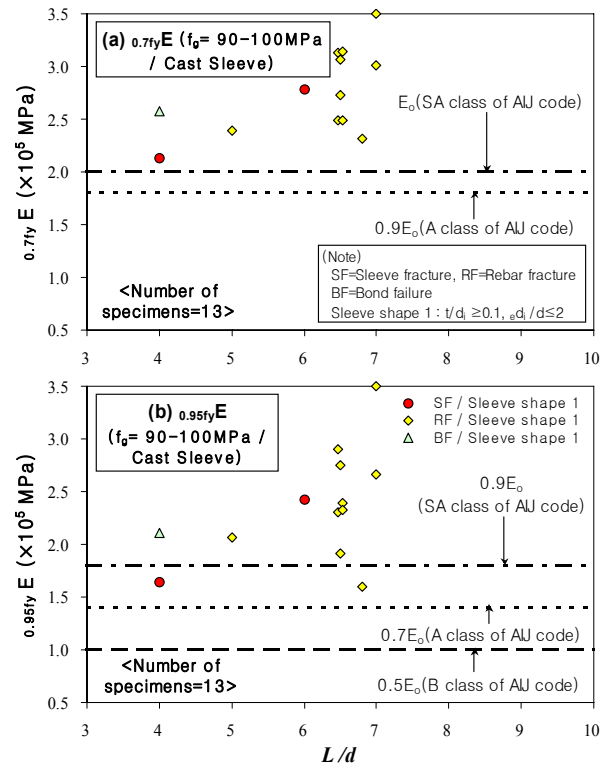


Fig. 12 Comparison of stiffness(SD500,  $f_0=90\sim100\text{MPa}$ )

식의 차이에 관계없이 A등급 이상이 되었다.

### 3.3 강성과 $f_g(L/d)$ 의 관계

모르타르 충전식 슬리브 철근이음에 대한 강성을 평가함에 있어서 그래프의 가로축을 모르타르의 압축강도( $f_g$ )와 철근 직경에 대한 철근 정착길이 비( $L/d$ )의 곱으로 Fig. 13~Fig. 16에서 표시하였다. 이 그림들에서 가로축을 모르타르의 압축강도( $f_g$ )와 철근의 직경에 대한 철근 정착길이 비( $L/d$ )의 곱으로 표현한 것은 Fig. 4~Fig. 12에서 알 수 있는 것과 같이 모르타르 충전식 슬리브 철근이음의 강성에 가장 영향을 미치는 2가지 구조인자를 하나의 형태로 나타내기 위해서 이다. Fig. 13~Fig. 16에서 Fig. 4~Fig. 12에서와 같이 최종과피형식, 슬리브의 종류, 슬리브의 형상과 같은 구조인자 별로 구분하여 강성을 표시하였다. Fig. 13~Fig. 16에서  $f_g(L/d)$ 가 증가함에 따라서 철근이음의 강성도 전체적으로 보면 증가하는 경향을 보였다. 특히 Fig. 14과 Fig. 16에 나타난 것과 같이 부착과피가 발생한 실험체에서 이런 경향이 보다 뚜렷하게 나타났다.

Table 1에서는 AIJ규준이 규정하는 A등급의 강성을

Table 1 Statistics on  $f_g(L/d)$  for satisfying A class of stiffness required by AIJ Standard

kind Stress level	Bar kind /Sleeve	Statistical item <sup>*1</sup>	SD400	SD400	SD500
			/Cast	/Pipe	/Cast
0.7 $f_y$		Average (MPa)	470	561	567
		Standard deviation (MPa)	118	55	103
		Lower limit value (MPa)	277	472	398
0.95 $f_y$		Average (MPa)	506	553	567
		Standard deviation (MPa)	106	66	103
		Lower limit value (MPa)	333	444	398

(Note) <sup>\*1</sup>: Lower limit is based on a 90% confidence interval.

만족하는  $f_g(L/d)$ 의 조건을 목표 등급의 강성에 미달하는 확률이 5% 이하가 되도록 통계적인 방법으로 검토하여 그 결과를 표시하였다. 여기서는 SD350 또는 SD400과 주물 슬리브를 사용한 경우, SD350 또는 SD400과 강관 슬리브를 사용한 경우, SD500과 주물 슬리브를 사용한 경우에 대하여 실험체에 작용하는 응력이 0.7 $f_y$ 와 0.95 $f_y$ 인 경우에 대하여 각각 나타내었다. 한편, SD500과 강관 슬리브를 사용한 경우는 통계적인 검토를 하기에는 실험체의 수가 적어서 배제하였다.

Fig. 13과 Fig. 14에 표시한 것처럼 SD350과 SD400 철근을 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에서 주물 슬리브를 사용한 경우는  $f_g(L/d)$ 가 340MPa 이상, 강관 슬리브를 사용한 경우는  $f_g(L/d)$ 가 480MPa 이상이 되면 AIJ 규준에서 규정한 A등급의 강성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 15와 Fig. 16에 표시한 것처럼 SD500 철근을 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에서 주물 슬리브를 사용한 경우는  $f_g(L/d)$ 가 400MPa 이상이 되면 AIJ 규준에서 규정한 A등급의 강성 확보가 가능한 것으로 나타났다. Fig. 15와 Fig. 16에 보여지는 것과 같이 SD500 철근과 강관 슬리브를 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음은 주물 슬리브를 사용한 경우보다 상대적으로 강성이 낮게 나타났고, 돌기가 있는 강관 슬리브의 경우가 없는 경우보다 상대적으로 강성이 높게 나타났다. Fig. 15와 Fig. 16에서 결과적으로 강관 슬리브는 A등급에 못 미치는 강성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 그

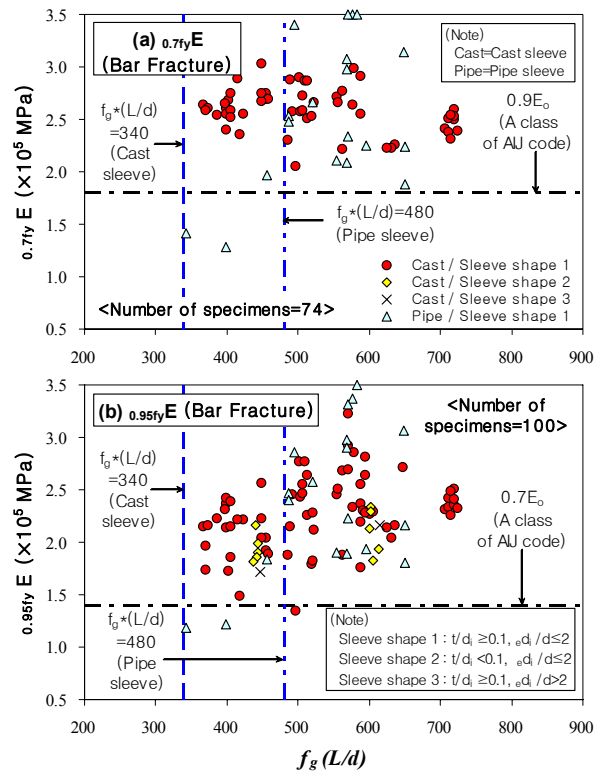


Fig. 13 Stiffness- $f_g(L/d)$  relationship(SD350 and SD400, fracture of reinforcing bar)

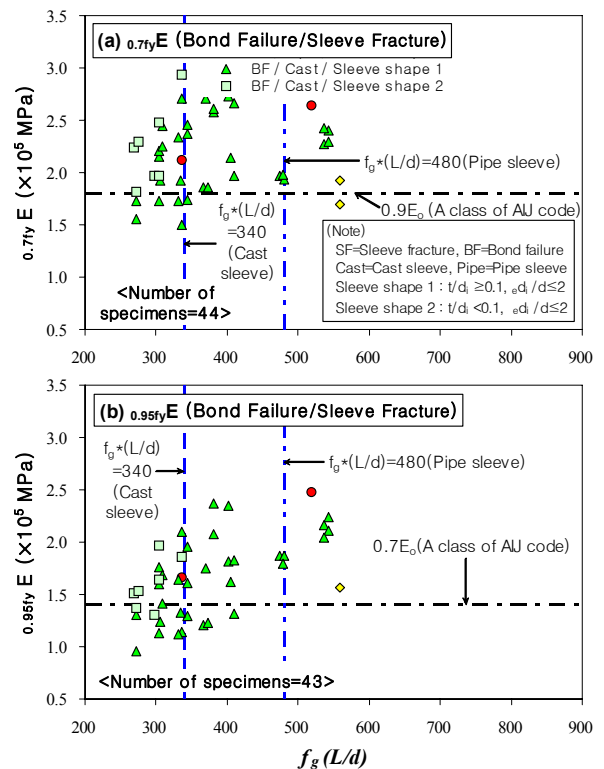


Fig. 14 Stiffness- $f_g(L/d)$  relationship(SD350 and SD400, bond failure/sleeve fracture)



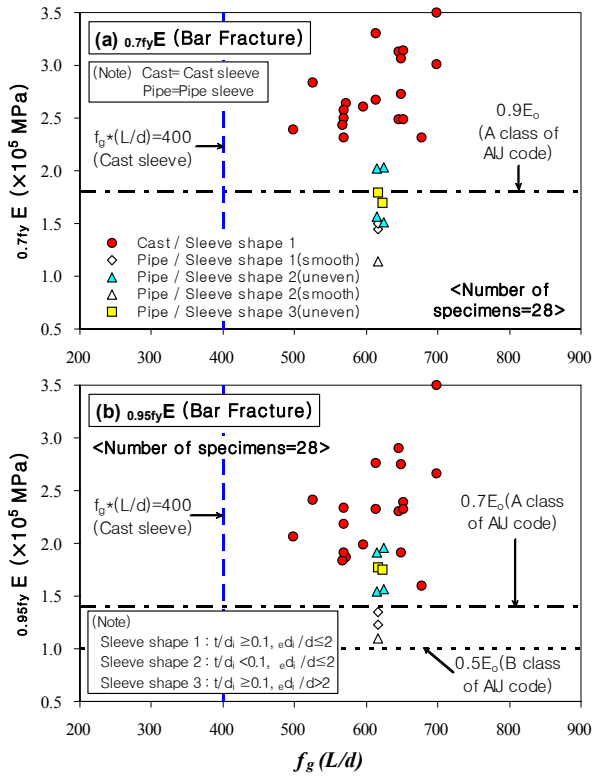


Fig. 15 Stiffness- $f_g(L/d)$  relationship(SD500, fracture of reinforcing bar)

가운데에서 슬리브에 돌기가 있는 강관 슬리브는 B급 강성을 보유하고 있는 것으로 나타났지만, 슬리브에 돌기가 없는 모든 강관 슬리브의 경우는 B등급에도 못 미치는 강성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 SD500 고강도 철근을 사용하는 경우에 강관 슬리브를 적용하기 위해서는 현재보다 충전 모르타르의 압축강도를 향상시키거나 강성에 보다 효과적인 슬리브의 형상을 가지도록 제작되든지 또는 보다 긴 철근의 정착길이가 가능한 슬리브의 개발이 요구된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 고강도 무수축 모르타르를 충전한 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성을 보다 적절하게 평가하고자, 슬리브 철근이음의 주요한 구조요소가 미치는 단조가력 하에서의 철근이음 강성에 대한 영향을 검토하였고 AIJ 규준에서 설정한 단조가력 하에서의 슬리브 철근이음에 대한 강성 기준과 비교평가하였다. 이것을 위하여 단조가력을 실시한 국내외 180여개 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 실험에

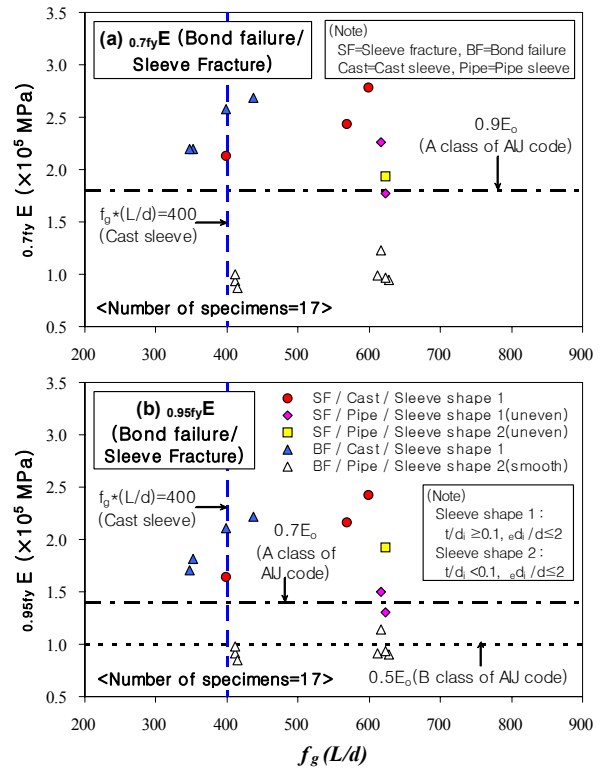


Fig. 16 Stiffness- $f_g(L/d)$  relationship(SD500, bond failure/sleeve fracture)

이터를 조사하고 그 실험결과를 분석하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) SD350과 SD400 철근을 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에서 AIJ 규준이 규정하는 A등급의 강성에 미달하는 확률을 5% 이하가 되도록 하기 위해서는 주물 슬리브의 경우는 340MPa 이상, 강관 슬리브의 경우는 480MPa 이상의  $f_g(L/d)$ 가 필요하다.
- (2) SD500 철근과 주물 슬리브를 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에서 AIJ 규준이 규정하는 A등급의 강성에 미달하는 확률을 5% 이하가 되도록 하기 위해서는 400MPa 이상의  $f_g(L/d)$ 가 필요하다.
- (3)  $f_g(L/d)$ 가 620MPa 정도인 SD500 철근과 강관 슬리브를 사용한 모르타르 충전식 슬리브 철근이음에서 슬리브에 돌기가 있는 철근이음은 AIJ 규준 B등급의 강성에 대한 기대가 가능하지만, 슬리브에 돌기가 없는 경우는 B등급에도 못 미치는 강성을 보였다.

---

## 참고문헌

1. 김형기 외 3명, “고강도 모르타르 충전식 철근이음의 구조성능에 관한 실험연구”, 콘크리트학회논문집, 제13권 5호, 2001, pp.516-524.
2. 김형기, “각종 그라우트 충전식 철근이음의 내력에 대한 비교평가”, 한국콘크리트학회논문집, 제16권 5호, 2004, pp.635-643.
3. 김형기, “고강도 모르타르 충전식 스플라이스 슬리브의 인장강도와 연성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 제18권 12호, 2002, pp.35-42.
4. 김형기, “鐵筋이음용 스플라이스 슬리브 開發 및 單調加力에 의한 構造性能에 관한 研究”, 大韓建築學會論文集 構造系, vol. 14, No. 8, 1998, pp.63-73.
5. 대한건축학회, “건축구조기준”, 2009.
6. 박재호, 김형기, “SD500 철근용 모르타르 충전식 슬리브 철근이음 개발 및 단조가력 하에서의 구조 성능에 대한 평가”, 대한건축학회지회연합논문집, 제10권 3호, 2008, pp.151-158.
7. 삼성물산(주)건설부문, (주)대동엠에스, “국산 스플라이스 슬리브 이음 개발 및 구조성능에 관한 연구 (2차년도:D19, D25, D32, D38철근용)”, 삼성물산(주)건설부문 기술연구소/주택사업본부, (주)대동엠에스, 1998.
8. 이상호, 김형기, “SD500 고강도 철근용 강관 스플라이스 슬리브 철근이음 개발 및 구조성능 평가”, 한국구조물진단학회지, 제11권 6호, 2007, pp.169-180.
9. 日本建築學會, “鐵筋コンクリート造配筋指針・同解説”, 2010, pp.356-365.
10. 日本スプライススリーブ株式會社, “各種NMBスプライススリーブXタイプを用いて接合した鐵筋繼手の性能試験結果(鐵筋徑別性能試験)”, 日本スプライススリーブ株式會社, 1993.
11. 日本スプライススリーブ株式會社, “RPC構法におけるNMBスプライススリーブ繼手の施工性に關する實驗結果報告(その1施工誤差を吸収したNMBスプライススリーブ13U-X(D41)・11U-X(D35)繼手の性能判定試験結果報告書)”, 日本スプライススリーブ株式會社, 1993.
12. 日本スプライススリーブ株式會社, “RPC構法におけるNMBスプライススリーブ繼手の施工性に關する實驗結果報告(その1施工誤差を吸収したNMBスプライススリーブ13U-X(D41)繼手の性能判定試験結果報告書)”, 日本スプライススリーブ株式會社, 1992.
13. 林芳尙 外 2人, “グラウト充填式鐵筋繼手に關する研究の動向”, 日本コンクリート工學, vol. 34, No. 4, 1996, pp.15-23.
14. 林芳尙 外 3人, “鋼管スリーブを用いたグラウト充填式繼手における鐵筋の付着應力度すべり特性”, 日本建築學會構造系論文集, 第462號, 1994, pp.131-139.
15. 林芳尙 外 3人, “鋼管スリーブを用いたグラウト充填式鐵筋繼手の繰返し荷重下における基礎的性能”, 日本建築學會構造系論文集, 第496號, 1997, pp.91-98.
16. 林芳尙 外 6人, “スリーブ鋼管を用いたグラウト充填式鐵筋繼手の構造特性(その1: 實驗結果と解析モデル, その2: 改良力學モデル)”, 日本建築學會大會學術講演梗概集(東海), 1994, pp.201-204.
17. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary(ACI 318M-05)”, 2008.

(접수일자 : 2012년 3월 14일)

(수정일자 : 2012년 5월 24일)

(심사완료일자 : 2012년 5월 30일)

---

## 요 지

본 연구에서는 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음에 대한 단조가력 하에서의 강성을 보다 적절하게 평가하기 위하여, 슬리브 철근이음의 주요한 구조요소가 미치는 단조가력 하에서의 철근이음 강성에 대한 영향을 검토하였고 AIJ 규준에서 설정한 단조가력 하에서의 슬리브 철근이음에 대한 강성 기준과 비교평가하였다. 이것을 위하여 단조가력을 실시한 국내외 189여개 고강도 모르타르 충전식 기계적 슬리브 철근이음의 실험데이터를 조사하고 그 실험결과를 분석하였다. 그 결과, AIJ 규준에서 규정하는 목표 강성을 확보하는데 필요한  $f_g(L/d)$ 의 한계값을 철근의 종류와 슬리브의 종류에 따라서 각각 제시하였다.

**핵심 용어** : 기계적 슬리브 철근이음, 강성, 단조가력, 고강도 모르타르

---