

콘크리트 압축강도 및 매입깊이에 따른 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도 평가

박준렬¹, 양근혁², 김상희^{3*}, 오나경⁴

Experimental Evaluation of Pullout Strength of Long-Rawlplug Screw Anchor according to the Compressive Strength of Concrete and Embedded Length

Jun-Ryeol, Park¹, Keun-Hyeok, Yang², Sang-Hee, Kim^{3*}, Na-Kyung, Oh⁴

Abstract: In 2017, the Gyeongju earthquake caused many casualties and considerable property damage by overturning and dropping blocks and bricks. Various reinforcement techniques were proposed, but some problems, such as short length or difficult construction, were encountered. Therefore, this study proposes a long-rawlplug screw anchor to improve the existing rawlplug anchor and conducts an experiment to evaluate the pullout strength. Variables in the pullout test were the compressive strength of concrete and the embedded length of the long-rawlplug screw anchor. According to the results, the pullout strength of the long-rawlplug screw anchor increased as the compressive strength of concrete increased, and they were not affected by the embedded length. Rather, it was found that the screw length of the long-rawlplug was important to the pullout strength.

Keywords: Masonry walls, Pullout strength, Long-rawlplug screw anchor, Concrete compressive strength, Anchor embedded length

1. 서론

2017년 11월 15일 경상북도 포항시에서 발생한 지진은 경주지진에 이어 두 번째로 큰 규모였으며, 역대 가장 많은 피해를 발생시켰다(Kim, 2017). 포항지진으로 인한 비구조 요소의 붕괴는 많은 인명피해를 야기하였으며, 이로 인해 비구조 요소의 내진보강에 대한 관심이 높아지고 있다. 이후 KDS 2019(2019)에서 비구조요소를 의무 내진설계 대상으로 규정했다.

비구조요소 중 하나인 치장벽은 앵커와 같은 연결철물을 통해 기존 벽체와 연결되어 내진보강된다. KDS 2019(2019)에서 치장벽돌 지지앵커는 수평 간격 800 mm이하, 수직 간격 600 mm이하로 배치하고, 치장벽돌벽체 0.25 m²당 1개 이상 설치하도록 제시되어 있다. 또한 지지체에 결합된 앵커의 뽑힘강도는 1kN이상 요구되며, 이는 실험에 의해 검증되어야 한다고 규정되어 있다. 여기서 사용되는 앵커는 크게 콘크리트 타설 전 설치하는 선설치 앵커와 콘크리트가 경화 후 설치

하는 후설치 앵커로 구분된다. 대표적으로 선설치 앵커는 헤드볼트, 헤드스터드 및 갈고리 볼트가 있고, 후설치 앵커는 언더컷앵커 및 부착식앵커 등으로 분류된다(KDS 14 20 54, 2016). 하지만 선설치 앵커의 경우 콘크리트 타설 전에 설치되어야 함으로 시공이 어렵고 콘크리트 경화 후 수정이 어려우며, 후설치 앵커는 시공의 정밀성을 확보하기 어렵다는 문제가 있다(Hur et al., 2021). 후설치앵커 중 기계식 앵커와 부착식 앵커로 가장 많이 사용되는 것은 Fig. 1(a) 및 (b)와 같은 나선앵커 및 전산볼트이다. 기계식 앵커는 지지체에 구멍을 낸 뒤 앵커만 삽입하는 방식이고, 부착식 앵커는 부착력을 높이

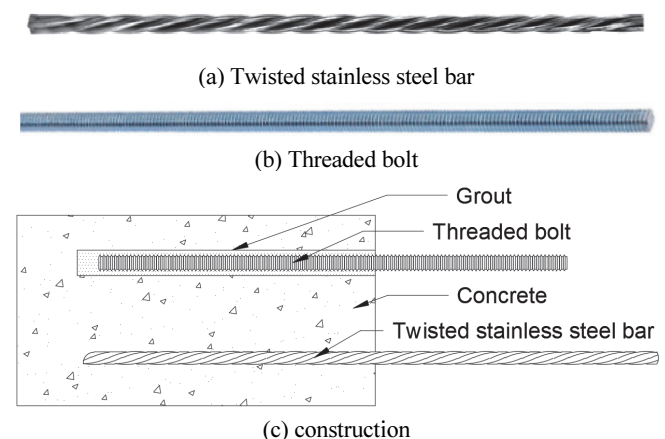


Fig. 1 Post-installed anchor

¹정희원, 경기대학교 스마트시티공학부 학사과정

²정희원, 경기대학교 스마트시티공학부 정교수

³정희원, 경기대학교 스마트시티공학부 조교수

⁴정희원, 경기대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정

*Corresponding author: sanghee0714@kyonggi.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, Kyonggi, 16227, Korea.

•본 논문에 대한 토의를 2022년 1월 31일까지 학회로 보내주시면 2022년 2월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

기 위해 에폭시 등의 접착제로 마무리하는 방식으로 사용된다(Fig. 1(c)). 따라서, 나선앵커 및 전산볼트 설치 방법, 재질, 뽐힘강도는 앵커 간격을 결정하는 중요 요소이다.

Lorenzo et al. (2014)은 스테인리스 로드앵커, 유리섬유 로드앵커 및 석회 기반의 접착제를 활용하여 앵커인발 실험을 진행하였다. 그 결과 스테인리스 로드앵커 및 유리섬유 로드앵커는 부착응력이 각각 0.33 N/mm^2 및 0.64 N/mm^2 으로 2배 정도 차이가 발생했다. Al-Sabah et al. (2021)은 콘크리트 실험체를 사용하여 스크류앵커의 매입깊이와 구멍의 지름에 따른 스크류앵커의 인발실험을 진행하였다. 앵커의 매입깊이가 깊어지면 부착강도는 증가하는 경향을 보였다. 또한, 지름이 8 mm인 앵커는 구멍의 지름이 9 mm에서 9.5 mm로 증가할 때 부착강도가 50 % 이하까지 감소되었다. Moreira et al. (2014)는 모르타르 실험체를 사용하여 스테인리스 나선앵커 인발실험을 진행하였다. 사전에 천공한 구멍의 지름은 4 mm와 6 mm로 지름이 8 mm인 앵커보다 작기 때문에 해머링을 통해 앵커를 구멍에 강제로 삽입하였다. 지름이 8 mm인 앵커는 구멍의 지름이 6 mm에서 4 mm로 감소함에 따라 부착응력은 최대 3배까지 증가하는 경향을 보였다.

스테인리스로 제작된 나선형 앵커보강 기법은 간단한 시공성과 적은 외관손상으로 치장벽체 내진보강에 많이 사용된다. 하지만 앵커구멍의 시공오차가 발생하면 마찰력이 떨어

진다. 부착식앵커를 이용한 보강 기법은 마찰력을 높이기 위해 에폭시 등의 접착제로 채워줘야 하기 때문에 시공성이 떨어진다.

따라서, 이러한 단점을 개선하고 KDS 2019(2019)에서 요구하는치장벽돌벽체의 사양설계를 만족하는 새로운 앵커로서 긴 길이를 가지는 긴 칼블럭앵커를 제시한다. 기존 칼블럭앵커보다 나선 길이 늘리고 마디 간격을 좁게 하여 마찰력을 높인 개선된 긴 칼블럭앵커를 제안했다(Fig. 2). 제안한 긴 칼블럭앵커는 기존 나선앵커와 다르게 나선산 부분이 확장 가능하여 시공구멍 오차에도 부착강도를 저해하지 않으면서 유연하게 대처가 가능하다. 또한, 긴 칼블럭앵커를 사용할 경우 에폭시 등 접착제를 사용하지 않기에 시공성도 좋다. 이 때, 긴 칼블럭앵커를 적용하기 위해서는 긴 칼블럭앵커가 견딜 수 있는 하중을 파악해야 한다. 본 연구에서는 긴 칼블럭앵커의 뽐힘강도-변위 관계를 평가하였다. 변수로는 앵커 시험체의 매입깊이와 콘크리트의 압축강도를 설정하였다.

2. 앵커인발실험

2.1 긴 칼블럭앵커

앵커 인발실험에 사용된 긴 칼블럭앵커 상세는 Fig. 2(c)와 같다. 긴 칼블럭앵커는 긴 플라스틱 플러그(long rawlplug)와 긴 나사볼트(long screw rod)로 구성된다. 플러그는 길이 250 mm이며, 몸체 직경은 8 mm 이다. 플러그 한쪽 선단 끝에는 길이 60 mm, 간격이 3 mm인 나선산의 이형돌기가 형성되어 있다. 플러그 나선산부분의 골지름은 8 mm이며 바깥지름은 9 mm이다. 플러그 제작에 사용된 플라스틱은 폴리염화비닐(PVC)이며 재료특성은 Table 1과 같다. 한편 플러그에 삽입되는 긴 나사볼트(long screw rod)의 길이는 250 mm이며 몸체의 직경은 4.7 mm이다. 플러그와 같이 끝에 나선산이 형성되어 있고, 골지름 및 바깥지름은 각각 4.7 mm 및 5 mm이다. 긴 나사볼트(long screw rod)의 머리부분에는 십자 홈이 있다. 긴 플라스틱 플러그(long rawlplug)에 긴 나사볼트(long screw rod)를 체결시키면 플러그 나선산부분의 바깥지름이 최대 13 mm까지 확장된다. 확장된 이형돌기는 천공된 지지체와 밀착되며, 이형돌기와 지지체간 마찰력에 의해 뽐힘하중에 저항한다.

Table 1 The mechanical properties of the PVC

Type	Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Modulus of elasticity (MPa)
PVC	1.45	26.6	167.21	197.11

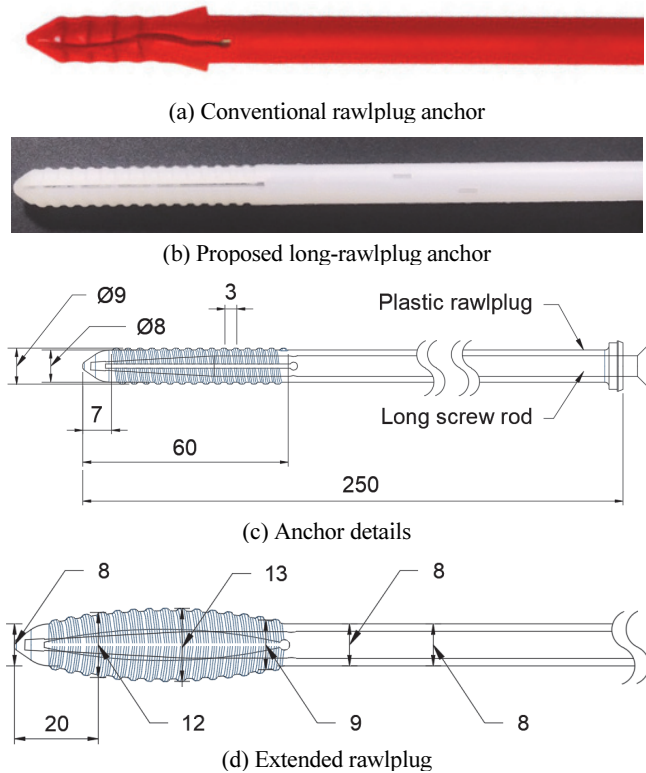


Fig. 2 Rawlplug anchor

2.2 실험계획

실험체 일람은 Table 2에 나타내었다. 실험체 명에서 18 및 27은 콘크리트 실험체 압축강도, 60 및 110은 긴 칼블럭앵커의 매입깊이이며 실험체 명 끝 숫자는 실험체 연번이다. 예를 들어 18-60-1은 긴 칼블럭앵커를 압축강도가 18 MPa 인 콘크리트 실험체에 60 mm로 매입하여 진행한 첫 번째 실험이다. 긴 칼블럭앵커의 인발실험을 위해서 $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$ 인 콘크리트 실험체를 총 8개 제작하였다. 긴 칼블럭앵커의 변위를 측정하기 위해서 실험체 거꾸집에 플라스틱 관과 철선을

Table 2 Details of concrete specimens

No.	Specimens	f_{ck} (MPa)	l_d (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)
1	18-60-1	18	60	8	1507
2	18-60-2				
3	18-110-1		110		
4	18-110-2				
5	27-60-1	27	60	8	1507
6	27-60-2				
7	27-110-1		110		
8	27-110-2				

Note] f_{ck} = designed compressive strength of concrete, l_d = bond length, d = anchor diameter, and $A_b (= \pi d l_d)$ = bond area.

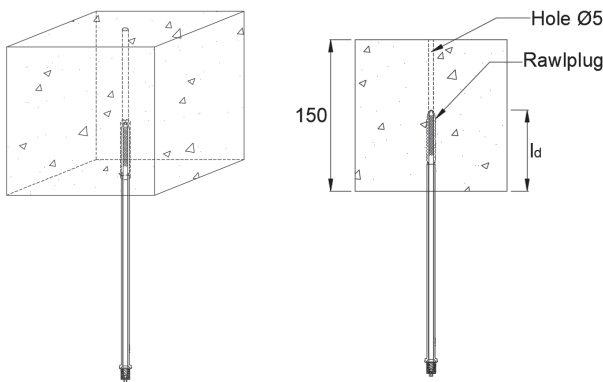


Fig. 3 Concrete specimen

사용하여 통로를 형성하였다(Fig. 3). 긴 칼블럭앵커의 머리와 LVDT(50 mm)를 연결하기 위해 두께 3 mm 아크릴 막대를 부착하였다. 콘크리트 실험체에서 플라스틱 관과 철선을 통해서 형성된 통로를 60 mm, 110 mm로 18 MPa, 27 MPa에 각각 2개씩 천공한 뒤 플러그를 삽입했다. 이후 충전 드라이버를 사용하여 긴 나사볼트(long screw rod)와 긴 플라스틱 플러그(long rawplug)를 일체화시키고 동시에 머리 부분을 확장시켜 실험체를 완성하였다.

2.3 재료 특성

본 논문에서 사용된 콘크리트 실험체의 배합은 Table 3와 같다. 콘크리트의 목표설계 압축강도는 18 MPa과 27 MPa이다. 굵은 골재는 10 ~ 20 mm를 사용하였으며, 잔골재는 자연사를 사용했다. 물-시멘트 비는 59%였으며, 유동성 확보 및 콘크리트 다짐을 용이하게 하기 위해 감수제를 각 강도마다 0.5% 추가하였다. 콘크리트 압축강도 시험용 공시체는 부착 실험체 제작과 함께 타설하였으며, $\varnothing 100 \times 200 \text{ mm}$ 공시체를 제작하였다.

2.4 기력 및 측정 상세

완성된 실험체를 UTM 위에 올리기 전 UTM위에 로드셀을 설치하여 하중을 측정하도록 하였다(Fig. 4(a)). 완성된 실험체 위에는 LVDT(50 mm)를 연결하여 앵커의 변위를 측정하도록 했다. 긴 칼블럭앵커에 연결철물을 설치하여 UTM으로 하중을 가하였다(Fig. 4(b)). 이때 UTM 하중 재하속도는 1

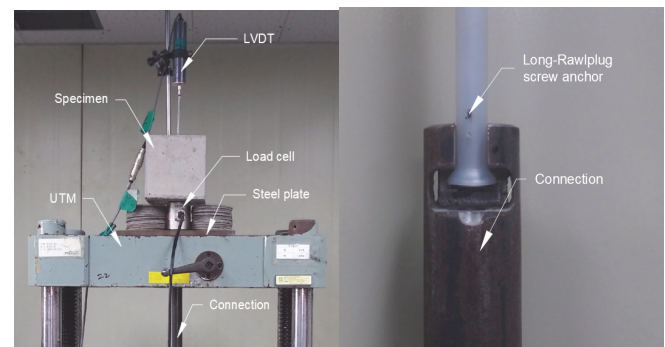


Fig. 4 Anchor test set-up (pull-out)

Table 3 Mix proportions of concrete mixtures

Type	f_{ck} (MPa)	W/C (%)	S/A (%)	Unit weight (kg/m^3)				AE (%)
				W	C	S	G	
OPC-18	18	58.9	51.1	171	290	925	884	0.5
OPC-27	27	43.0	47.3	179	416	797	887	0.5

Note] f_{ck} = designed compressive strength of concrete, W/C = water-to-binder weight, S/A = fine aggregate-to-total aggregate ratio by volume, W = water, C = ordinary portland cement, S = sand, G = gravel, and AE = air entraining and water reducing agent.

mm/min로 일정하게 유지하였다. 콘크리트 실험체와 가력 프레임 사이에 철판을 쌓아올려 편심의 영향을 최소화하였다.

3. 시험결과

3.1 압축강도 실험결과

Fig. 5는 설계기준강도(f_{ck}) 18 MPa, 27 MPa의 28일 응력-변형률을 나타내고 있으며, 각 공시체의 최대 압축강도(f_{cm}), 최대압축강도 시 변형률 값(ϵ_c), 탄성계수(E_c), 쪼갬인

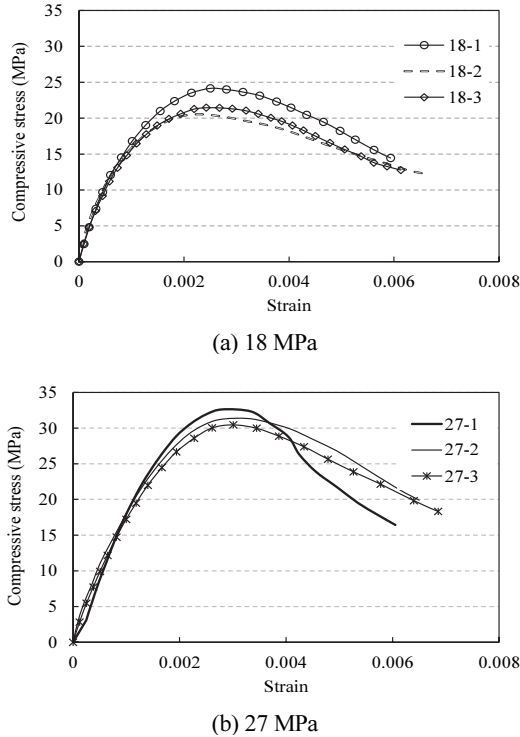


Fig. 5 Stress-strain curve of concrete

Table 4 Mechanical properties of concrete specimens

f_{ck} (MPa)	No.	f_{cm} (MPa)	ϵ_c	E_c (MPa)	f_{sp} (MPa)
18	1	24.1	0.0025	19,195	1.31
	2	22.5	0.0023	18,624	1.27
	3	21.5	0.0024	18,167	-
	Ave	22.7	0.0024	18,372	1.29
27	1	32.6	0.0028	23,866	3.16
	2	31.2	0.0028	22,983	2.45
	3	30.5	0.0030	21,113	-
	Ave	31.4	0.0029	22,654	2.81

Note] f_{ck} = designed compressive strength of concrete, f_{cm} = measured compressive strength of concrete, ϵ_c = strains at the peak stress, E_c = measured elastic modulus, and f_{sp} = split tensile strength.

장강도(f_{sp})를 Table 4에 정리하였다. 18 MPa의 경우 각 공시체의 f_{cm} 이 24.1 MPa, 22.5 MPa, 21.5 MPa이 나왔으며, ϵ_c 은 0.0025, 0.0023, 0.0024가 나왔다. f_{cm} 은 평균 22.7 MPa이며, 이때 발생한 ϵ_c 이 0.0024이므로 이 실험을 통해서 나온 압축강도는 타당하다고 판단된다. 마찬가지로 27 MPa의 경우도 f_{cm} 은 평균이 31.4 MPa일 때 ϵ_c 이 0.0029이므로 타당하다고 볼 수 있다.

3.2 콘크리트 압축강도에 따른 뽑힘강도 평가

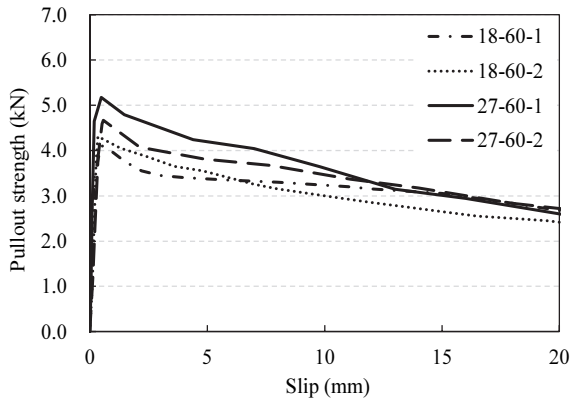
Table 5는 각 실험체의 최대 뽑힘강도(P_{max}), 슬립량(Δ_{peak})과 파괴유형을 나타냈다. 모든 실험체의 파괴유형은 뽑힘파괴(pullout failure)이며, 콘크리트 블록에 큰 손상은 없었다. 칼블럭앵커 인발실험 결과를 살펴보면, l_d 가 60 mm이고 f_{ck} 가 18 MPa일 때 평균 P_{max} 는 4.3 kN이다. l_d 가 60 mm이고 f_{ck} 가 27 MPa일 때 평균 P_{max} 는 5.1 kN이다. 한편 l_d 가 110 mm이고 f_{ck} 가 18 MPa일 때 평균 P_{max} 는 3.95 kN이다. l_d 가 110 mm이고 f_{ck} 가 27 MPa일 때 평균 P_{max} 는 5.6 kN이다. 이는 콘크리트 실험체의 f_{ck} 가 27 MPa인 경우가 18 MPa인 경우보다 뽑힘강도가 더 크다는 것을 나타낸다.

칼블럭의 l_d 가 60 mm, 110 mm일 때의 뽑힘강도-변위 그래프를 Fig. 6에 나타내었다. 기울기의 계산을 통해서 실험체의 f_{ck} 가 증가함에 따른 초기 미끄러짐을 비교했다. 먼저 그래프에서 P_{max} 까지의 그래프를 선형으로 가정한다. 이후 기울기의 계산을 통해서 각 실험체 기울기의 평균을 구했다. 18 MPa

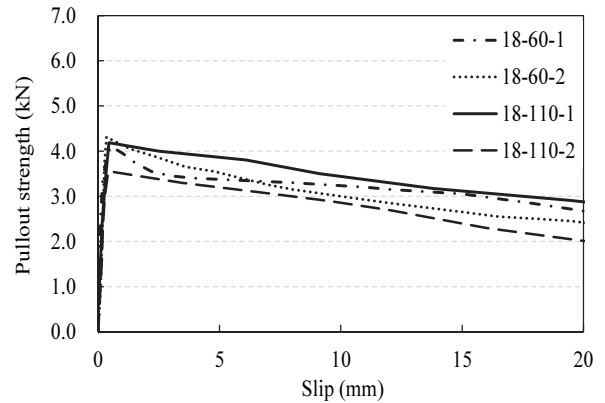
Table 5 Summary of measured pullout strength-slip curves of rawplug anchor

No.	Specimens	Test result		
		P_{max} (kN)	Δ_{peak} (mm)	Failure mode
1	18-60-1	4.2	0.673	PF
2	18-60-2	4.4	0.342	PF
	Ave	4.3	0.508	PF
3	18-110-1	4.3	0.443	PF
4	18-110-2	3.6	0.418	PF
	Ave	3.95	0.431	PF
5	27-60-1	5.4	0.487	PF
6	27-60-2	4.8	0.576	PF
	Ave	5.1	0.532	PF
7	27-110-1	4.9	0.414	PF
8	27-110-2	6.3	0.582	PF
	Ave	5.6	0.498	PF

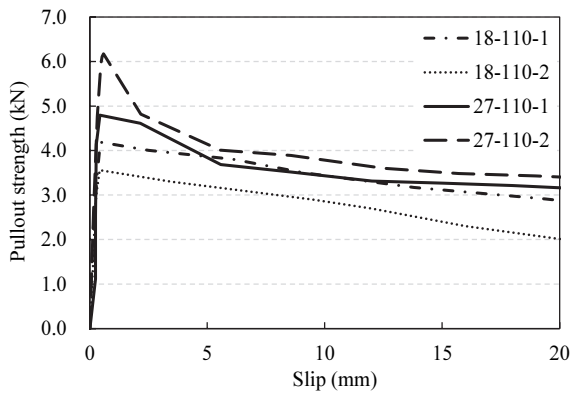
Note] P_{max} = peak pullout strength, Δ_{peak} = displacement at peak, and PF : Pullout failure



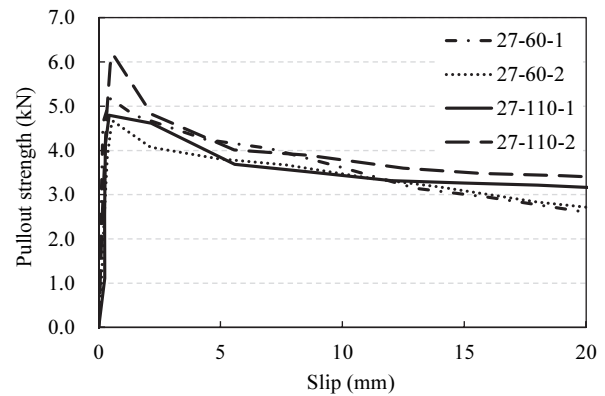
(a) Embedded length of 60 mm



(a) 18 MPa



(b) Embedded length of 110 mm



(b) 27 MPa

Fig. 6 Comparison of pullout strength according to embedded length

Fig. 7 Comparison of pullout strength according to concrete compressive strength

및 27 MPa은 각각 기울기가 9.36 MPa/mm 및 10.52 MPa/mm 가 나왔다. 여기서 우리는 실험체의 f_{ck} 가 18 MPa에서 27 MPa로 증가됨에 따라 초기 미끄러짐이 감소됨을 확인 할 수 있다.

3.3 긴 칼블럭앵커의 매입깊이에 따른 뽐힘강도

긴 칼블럭앵커의 f_{ck} 가 18 MPa이고 l_d 가 60 mm일 때 평균 P_{max} 는 4.3 kN이다. f_{ck} 가 18 MPa이고 l_d 가 110 mm일 때 평균 P_{max} 는 3.95 kN이다. 한편 f_{ck} 가 27 MPa이고 l_d 가 60 mm일 때 평균 P_{max} 는 5.1 kN이다. f_{ck} 가 27 MPa이고 l_d 가 110 mm일 때 평균 P_{max} 는 5.6 kN이다. 이는 콘크리트 실험체의 l_d 는 뽐힘강도와 무관하다고 판단된다. 따라서 긴 칼블럭앵커는 전체 길이에 걸쳐 마찰이 작용하지 않고 긴 플라스틱 플러그의 나사산 부분에만 국부적으로 작용한다는 것을 알 수 있다.

칼블럭의 f_{ck} 가 18 MPa 및 27 MPa일 때의 뽐힘강도-변위 그래프를 Fig. 7에 나타내었다. f_{ck} 에 따른 초기 기울기를 비교하기 위해 기울기를 계산했다. 60 mm 및 110 mm는 각각 기울기가 9.63 MPa/mm 및 10.24 MPa/mm가 나왔다. 여기서 실험체의 l_d 가 60 mm에서 110 mm로 증가됨에 따라 초기 미끄러짐이 감소됨을 확인 할 수 있다.

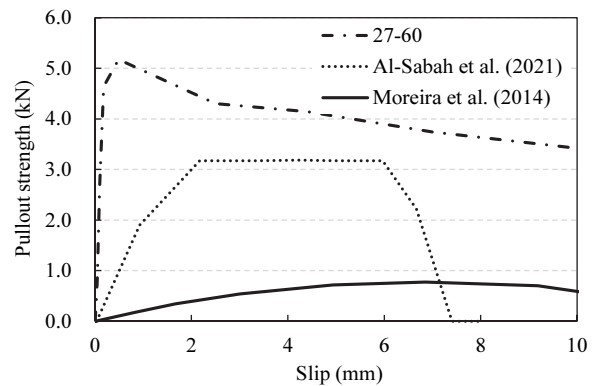


Fig. 8 Pullout strength-slip curve of rawplug and twisted anchor

3.4 기존 앵커와의 뽐힘강도-변위 그래프 비교

Fig. 8은 Al-Sabah et al. (2021)의 스크류 앵커, Moreira et al. (2014)의 나선앵커와 본 논문의 제안된 긴 칼블럭앵커의 뽐힘강도-변위 그래프이다. Al-Sabah et al. (2021)과 Moreira et al. (2014)의 앵커인발실험에서는 변위를 가력측에서 측정한 반면, 본 연구에서는 가력측 반대쪽에서 변위를 측정하였다. 최대 뽐힘강도 발현 시점의 변위를 비교해보면, 긴 칼블럭앵커

의 슬립량이 가장 적다. 이는 기존 앵커들은 지속적인 하중을 받을 때 최대 뽑힘강도에 도달할 때까지 상대적으로 많은 슬립이 발생했다는 것을 의미한다. 따라서 제안된 긴 칼블럭앵커은 기존에 사용되는 나선앵커나 스크류앵커와 다르게 초기 슬립을 제어할 수 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 치장조적벽의 내진 보강을 위해 개선된 긴 칼블럭앵커를 제안하였으며, 인발실험을 통해 콘크리트 강도 및 매입깊이에 따른 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도를 평가하였다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 긴 칼블럭앵커의 매입깊이가 일정할 때 콘크리트 실험체의 압축강도를 18 MPa, 27 MPa로 변화시켜 앵커인발 실험을 진행한 결과 압축강도가 증가할수록 뽑힘강도도 증가하는 것을 알 수 있다.
- 2) 콘크리트 압축강도가 일정할 때 긴 칼블럭앵커의 매입깊이를 60 mm, 110 mm로 늘려서 시험을 진행한 결과 최대 뽑힘강도는 매입깊이에 큰 영향을 받지 않는 것으로 분석된다. 하지만 그래프의 기울기 비교를 통해서 초기 슬립이 감소하였으나, 그 차이는 미미하다. 칼블럭앵커의 정착되는 원리는 플라스틱 플러그의 이형돌기가 콘크리트 표면에 마찰력을 작용시켜 인발에 저항하기 때문에 매입깊이가 뽑힘강도에 크게 영향이 없는 것으로 사료된다.
- 3) 제안된 긴 칼블럭앵커의 매입깊이보다 나사산 길이가 뽑힘강도를 결정하는 주요인자이다. 따라서, 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도를 증가시키기 위해서 나사산 길이를 늘리는 것이 타당하다고 판단된다.
- 4) 나선앵커, 스크류앵커, 제안된 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도-변위 비교 그래프로부터 긴 칼블럭앵커는 기존 앵커와 다르게 최대 하중 발현시까지 슬립량이 상대적으로 많이 적었다. 즉, 긴 칼블럭앵커가 다른 보강 철물에 비해 초기 슬립 제어가 우수하다고 판단된다.

본 연구에서는 적은 표본으로 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도를 평가하였다. 추후 추가 앵커인발실험이 필요하며, 노후 콘크리트구조물을 고려하여 저강도콘크리트 대상으로도 앵커인발실험을 수행되어야 할 것으로 판단된다.

요 지 : 2017년 경주지진은 블록이나 벽돌의 전도 및 탈락을 발생시켜 많은 인명피해 및 재산피해를 야기했다. 이에 칼블럭앵커나 치장벽 보강 나선앵커를 활용한 보강기법들이 제시되었지만 길이가 짧거나 시공오차에 대한 대응의 어려움 등 문제가 발생하였다. 따라서 본 연구는 기존의 칼블럭앵커를 개선한 긴 칼블럭앵커를 제안하고 뽑힘강도 평가 실험을 수행하였다. 실험 변수는 콘크리트 압축강도와 매입깊이로 설정하였다. 앵커 인발시험결과, 긴 칼블럭앵커의 뽑힘강도는 콘크리트 실험체의 압축강도가 증가함에 따라 증가하였으며, 긴 칼블럭앵커의 매입깊이는 큰 영향이 없었다. 오히려 나사산 길이가 뽑힘강도에 더 큰 영향이 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 조적벽, 뽑힘강도, 긴 칼블럭앵커, 콘크리트 압축강도, 앵커 매입 깊이

감사의 글

본 연구 2021년 정부(행정안전부)의 재원으로 국립재난안전연구원의 재난안전 기술사업화(과제번호: No. 2021- MOIS32-042-01010100-2021)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

1. Kim, T. J. (2017), Pohang Earthquake and Seismic Design and Construction, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 17(4), 14-17.
2. Yoon, B. (2018). Nonstructural Elements Resulting From Pohang Earthquake and Direction of Future Seismic Design Nonstructural Elements, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 62(4), 23-28. (in Korean)
3. KDS 14 20 54 (2016), Standard for Durability Design of Concrete Structures, Korea Concrete Institute, Korea.
4. Hur, M. W., Chae, K. H., An, Y. S., and Park, T. W. (2019), An Performance Evaluation of Post-installed Anchor according to the Effective Embedment Length, *Journal of the Korean Institute of Educational Facilities*, 26(4), 19-25. (in Korean)
5. Al-Sabah, S., Alam Sourav, S. N., and McNally, C. (2021), The Post-installed Screw Pull-out Test: Development of a Method for Assessing In-situ Concrete Compressive Strength, *Journal of Building Engineering*, 33, 101658
6. Lorenzo, M., and Patrick, F. (2014, July), Bond Strength of Anchor Pins for Earth Block Masonry, *In Proceeding of the 9th International Conference on International Masonry Society*.
7. Moreira, S., Ramos, L. F., Csikai, B., and Bastos, P. (2014), Bond Behaviour of Twisted Stainless Steel Bars in Mortar Joints, *In Proceeding of the 9th International Conference on International Masonry Society*.
8. Jia, P., Hu, L., Feng, G., Bo, C., Zhou, J., Zhang, M., and Zhou, Y. (2017), Design and Synthesis of a Castor Oil Based Plasticizer Containing THEIC and Diethyl Phosphate Groups for the Preparation of Flame-retardant PVC Materials, *Journal of the Royal Society of Chemistry*, 7, 897-903.

Received : 10/12/2021

Revised : 11/22/2021

Accepted : 12/09/2021