

흙다짐공법에서 거푸집측압에 대한 기초적연구

An Basic Study on the Lateral Pressure to the Form for Rammed Earth Method

이정제* 광윤근** 황혜주*** 이종국****
 Lee, Jung Je Kwak, Yoon Keun Hwang, Hey Zoo Lee, Jong Kook

Abstract

The lateral pressure that functions on the form of the rammed earth method occupies an important part in the construction of the form. The following research constructed testing forms of 800mm×1200mm, that have the wall thickness of 200mm, 300mm, 400mm and 500mm to measure the lateral pressures according to the wall thicknesses. Research showed that compared to the concrete construction lateral pressures, the form results measured 2.3-8.9 times higher, and rather than thickness of the form, the distance between the rammer and mold and assuring time had direct relation to the lateral pressure of the form.

키워드 : 흙다짐공법, 거푸집, 측압
 Keywords : Rammed earth method, Form, Lateral pressure

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

환경문제에 대한 관심이 높아지면서 흙건축은 본래의 환경 친화적 속성 때문에 새롭게 인식되고 있고 시공방법이 개선되면서 도시환경을 개선할 수 대안 건축으로 여겨지고 있다.(임상훈, 2002) 따라서 최근 들어 흙건축 기술 개발에 관한 연구^{4),7),14),15)}들이 진행되고 있다.

흙건축에는 흙을 일정한 크기의 단위개체로 만들어 쌓는 방식인 단위 개체식, 일체로 만드는 일체식, 다른 벽체나 틀에 바르거나 붙이는 덧붙임식으로 나눌 수 있다(이정제, 2007). 여기서 일체로 만드는 일체식공법 중 흙다짐공법은 거푸집을 만든 후 그 속에 흙을 넣고 램머로 흙을 다지는 방법으로서 흙다짐 구조체의 형상을 유지하기 위하여 거푸집 공사를 필요로 한다. 거푸집공사는 구조체 공사비의 약48%를 차지하는 주요공정으로서 구조체 공사의 품질에 직접적인 영향을 미치고 있다(정상진, 1995). 거푸집 측압의 과대설계는 비경제적인 거푸집공사를 유발하고 반대로 과소설계는 거푸집의 붕괴에 이르는 등의 문제점을 갖기 때문에 거푸집의 측압은 거푸집설계에 있어서 중요한 부분을 차지한다. 현재 콘크리트공사의 경우 건축공사표준시방서, 콘크리트표준시방서, 가설공사 표준

시방서에 벽체 거푸집 설계용 측압을 규정하고 있으며, 거푸집의 측압에 관한 연구는 콘크리트 측압 산정에 관한 연구^{1),18)}, 고유동콘크리트 측압 평가 관한 연구^{3),9),11)}, 새로운 거푸집시스템 개발을 위한 연구^{5),8)}가 주를 이루고 있으나, 흙다짐공법의 측압에 관한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 현장조건과 동일한 실험실험을 통하여 흙다짐공법의 거푸집에 작용하는 측압의 크기와 분포형태는 파악하여 흙다짐거푸집설계를 위한 기초적인 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 먼저 측압을 측정하는 기존의 방법과 선행 연구에 사용된 기준을 토대로 하고, 현장에서 실제로 사용하는 공법을 적용하여 실제 실험을 설계하고, 이를 통하여 결과값을 도출한 다음 그 결과를 고찰하여 흙다짐공법의 거푸집 측압특성을 도출해 내도록 한다.

본 연구의 결과로 도출된 흙다짐 공법의 측압특성결과는 국내외에 흙다짐공법의 거푸집 측압특성에 대한 연구가 전무한 만큼 본 연구를 토대로 후속연구의 근거가 되도록 한다.

2. 실험개요

2.1 측압의 측정방법

거푸집의 측압 측정방법에는 보조 철물을 이용한 간접 계측법과 압력계를 이용한 직접계측법이 있다¹⁾. 보조 철물을 이용한 방법은 거푸집에 사용되는 보조 철물인 폼 타이에 변형계(strain gage)를 설치하여 폼타이가 거푸집

* 금오공과대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
 ** 금오공과대학교 건축학부 교수, 공학박사
 *** 목포대학교 건축학과 부교수, 공학박사
 **** 교신저자, 금오공과대학교 건축학부 조교수(ljk@kumoh.ac.kr)

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 지원을 받아 문화재보존기술개발연구(R&D) 사업의 일환으로 이루어졌음.

에 작용하는 측압을 모두 받는다고 가정하고 폼타이의 변형률값을 계측, 이를 환산하여 측압을 산출하는 방법이다. 압력계를 이용한 직접계측법은 거푸집면에 압력계를 설치하여 계측을 하는 방법이다. 거푸집의 측압을 측정할 선행연구(6,9,11,18)의 결과를 토대로 본 실험에서는 압력계를 이용한 직접계측법을 이용하여 지름 50mm, 두께 13mm의 토압계를 거푸집 면에 부착하여 계측하였고, 흙다짐작업시 램머의 다짐에 의한 토압계의 파손을 막기 위하여 목재를 사용 토압계 보호구를 만들어 장착하였다. 사용한 토압계와 보호구는 그림1과 같다.



a) 토압계 b) 보호구
그림 1. 측압측정 토압계와 보호구

2.2 사용재료

실험에 사용된 흙은 전남 영암군의 흙을 사용하였으며 흙:모래의 체적비를 3:1로 혼합하여 사용하였으며, 석회나 시멘트 같은 첨가제는 별도로 첨가하지 않았다. 그림2에는 최종적으로 사용된 흙의 입도 분포를 나타내었고, 표1에는 흙의 특성을 나타내었다. 흙의 입도 분석은 KS F 2502에 의거하여 잔골재 체가름시험을 통하여 75 μ m까지 분석하였고, 그 이하는 레이저 산란방식을 이용하는 입도 분석기 LS13320을 이용하여 0.040 μ m까지 입도를 측정하였다. 본 연구에 사용된 흙입자 분류와 흙의 입도분포는 그림2에 나타내었다.

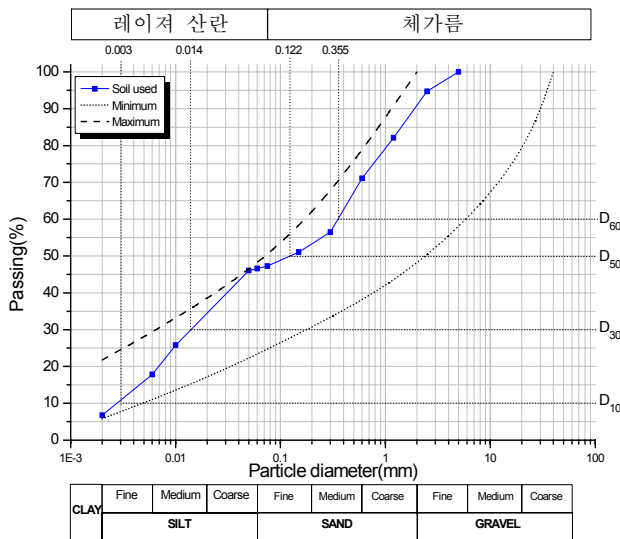


그림 2. 흙의 입도 분포

흙의 입도분석결과 그림2와 같이 흙다짐에 적합한 입도 확인을 위한 Peter(2005)의 최적입도 분포와 비교하여 보면 최대최소곡선안에 들어오고 대체적으로 점토가 부족한 대신 실트가 많음을 알 수 있다. 그러나 Clay(5~10%), Silt(10~30%), Sand&Gravel(45~80%)로 제시한 기준에는 실트가 41%로 부족함을 알 수 있다.

표 1. 흙의 특성

Validity diameter: D_{10}	3 μ m
Validity diameter: D_{30}	14 μ m
Validity diameter: D_{60}	355 μ m
Clay	5.35%
Silt	41.27%
Sand	48.11%
Gravel	5.27%
함수비	12.6%
건조단위중량	1839.8 kg/m^3
28일 압축강도	0.57MPa

사용된 흙의 특성은 표1과 같으며 함수비는 12.6%로 8-14%의 허용범위를 만족시켰다. 건조단위중량은 1839.8 kg/m^3 으로 Peter(2001)가 제시한 1700~2200 kg/m^3 을 만족하였다.

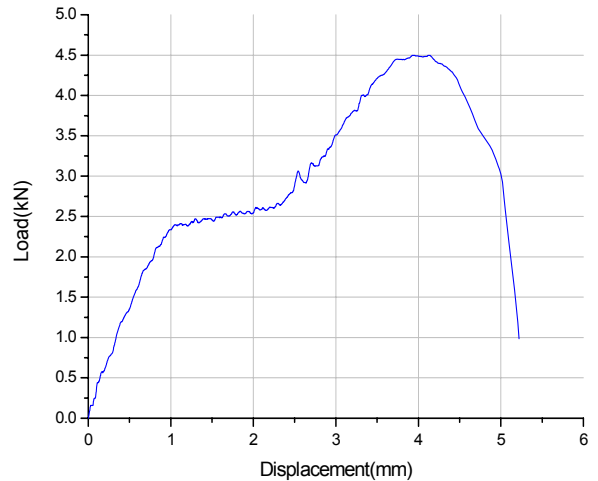


그림 3. 하중-변위 그래프

압축강도는 $\varnothing 100 \times 200$ mm 원주형 공시체를 제작하여 상온에서 양생 후 KS F 2405에 의거하여 28일 압축강도를 측정하였다. 하중-변위 그래프는 그림1에 나타내었으며 압축강도는 0.57MPa로 예상한 압축강도보다 적게 나왔다.

시료의 화학성분을 분석하기 위하여 X선 형광 분석기(XRD)를 이용하여 실험을 실시하였고 결과는 표2에 나타내었다. 시료의 주 성분은 Al_2O_3 와 SiO_2 이었으며 일부 F_2O_3 가 포함되어 있음을 알 수 있다.

표 2. 성분분석

구분	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	F ₂ O ₃
조성비율	33.7%	49.2%	2.7%	2.09%	9.77%

2.3 예비 시험체 및 본 시험체 설계

본 연구는 벽체의 두께에 따른 흙다짐공법에서의 거푸집에 작용하는 측압의 크기를 측정하는 것이다. 본 실험에 앞서 측압의 범위와 형태를 알아보기 위하여 예비실험을 실시하였다. 시험체는 두께 12mm합판과 40mm×50mm 각재를 사용하여 172mm×300mm×150mm의 크기로 제작하였다. 그림4에서와 같이 측압계는 시험체 하단 중앙에 보호구와 같이 설치되었다. 흙의 다짐으로부터 거푸집의 벌어짐을 막기 위하여 4개의 300mm 클램프로 거푸집의 측판을 조였다.

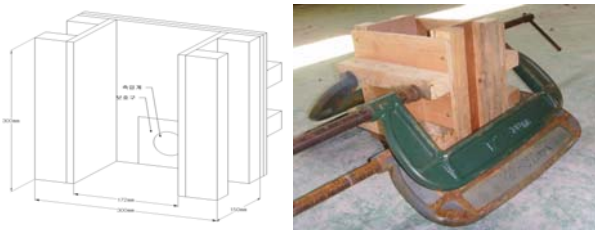


그림 4. 예비실험용 시험체 상세

본 시험체는 국내 현장에서 흙다짐 거푸집으로도 쓰이고 있는¹⁰⁾ 유로폼을 사용하였고 시험체의 크기는 800mm×1200mm이며 두께에 변수를 두었다. 2003년에 제정되어 규정이 상세하고 정밀한 미국의 뉴멕시코 흙건축 법규에는 흙다짐 벽체의 최소 두께는 외벽이 457.2mm (18inch), 내벽이 304.8mm(12inch)으로 규정하고 있고²⁾ 실제 국내에서 많이 시공되는 벽체두께는 내벽이 200mm 외벽이 400mm이기 때문에 시험체 별로 두께는 시험체 별로 200mm, 300mm, 400mm, 500mm으로 하였다. 각 시험체는 유로폼을 기본으로 하여 조립되었고 외부 상단과 하단에는 50mm×150mm 각재 2개씩 양쪽에서 10mm볼트를 이용하여 조였다. 시험체의 중간에는 4개의 토압계 P1 ~ P4가 거푸집하단 150mm에서 부터 300mm간격으로 설치되었고, 그 옆에 거푸집의 변위를 측정하기 위하여 4개의 LVDT L1 ~ L4가 설치되었다.

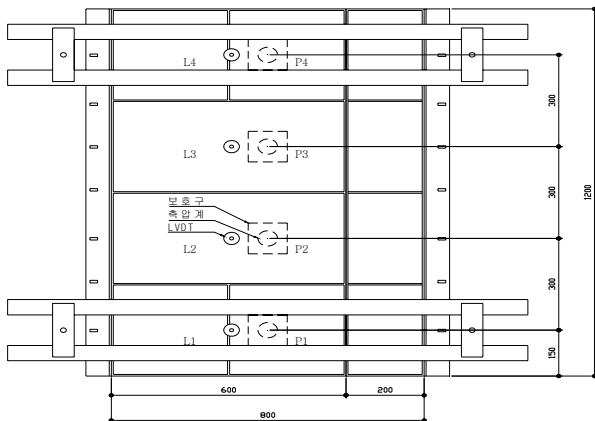


그림 5. 본 시험체 상세

표 3. 시험체 규격

시험체명	크기(mm)	램머	공기압축기 출력(kW)
P0	172×300×150	MR-18	1.9
RT2	800×1200×200	MR-25	7.5
RT3	800×1200×300	MR-25	7.5
RT4	800×1200×400	MR-25	7.5
RT5	800×1200×500	MR-25	7.5

2.4 실험방법

흙다짐공법에서 흙다짐을 하는 방법은 압축공기를 사용하는 램머를 사용하였으며 예비실험에는 2kg의 MR-18 램머를 사용하였고 본 실험에는 MR-25를 사용하였다. MR-18의 경우 램머의 공이가 고무로 되어 있어 예비 실험결과 다짐층 두께를 나타내는 무늬가 일정하지 않았다. 따라서 본 실험에서는 MR-25의 램머에 1.5kg의 90mm×140mm 철판으로 된 공이를 부착하여 실험하였다. 램머의 규격은 표6과 같고 타격수는 MR-18이 30회/s(1800BPM), MR-25가 초당13.3회/s(800BPM)를 가지나 실제 다짐시에서는 작업자가 누르는 힘에 의해 훨씬 적은 타격수를 보였다. 사용하는 공기압축기(air compressor)의 출력에 따라 다짐력이 달라질 수 있으므로 예비실험에서는 출력이 1.9kW(2.5HP), 본 실험의 경우 7.5kW(10HP)인 공기압축기를 사용하였다. 매 다짐시 마다 붓는 흙의 양은 높이 약10cm정도로 일정하게 하였으며 램머를 흙을 다지는 순서는 Joseph(2001)이 제시한 거푸집면 있는 테두리부분을 먼저 다지고 그 뒤 내부를 다지는 순서로 하였으며 이는 그림6에 도시하였다.

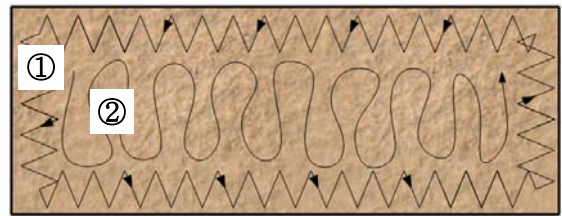


그림 6. 램머의 다짐순서

데이터의 측정은 예비실험에서 0.05초 간격으로 측정되는 즉, 초당 20개의 데이터를 얻을 수 있는 동적데이터를 이용하여 컴퓨터로 저장하였으며 본 실험의 경우 1초 간격으로 데이터를 측정하여 저장하였고 다짐완료 후에는 30초 간격으로 데이터를 측정하여 저장하였다.

표 4. 램머 규격

모델명	피스톤경 (mm)	스트로크 (mm)	타격수 (BPM)	전장 (mm)	중량 (kg)	공기 소비량 (m ³ /min)	호스경 (mm)	호스경 (PT)
MR-18	18	50	1800	340	2	0.4	9.5	3/8
MR-25	25.4	100	800	1165	8	0.7	12.7	1/2

측압계와 LVDT가 설치된 시험체의 흙다짐 작업을 위해 매회 10cm의 평균적으로 1분안에 흙이 부어졌으며, 흙을 평평히 고른뒤, 평균적 1분30초 동안 다짐 작업이

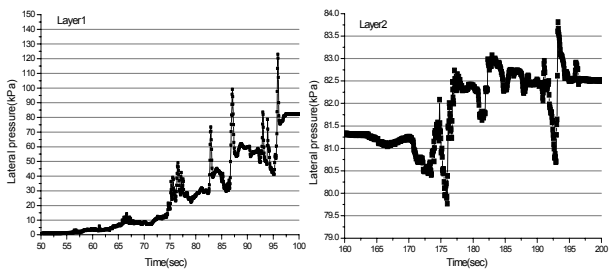
진행되었다.

3. 실험결과 및 분석

본 연구에서는 흙다짐공법의 시공시 거푸집에 작용하는 측압의 크기와 변형을 측정하기 위하여 높이 1.2m로 제작한 벽체거푸집에 대하여 벽체의 두께별 거푸집의 측압을 측정하여 분석하였다.

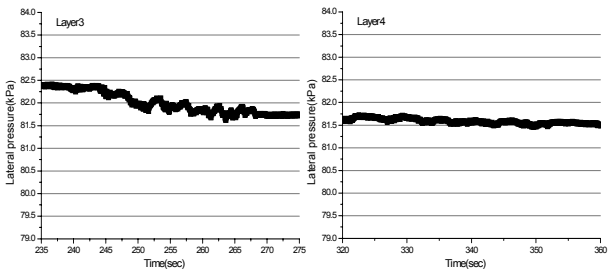
3.1 측압

본 실험에 앞서 실험한 예비시험체 P0의 측압은 다짐작업이 진행됨에 따라 점차적으로 높아짐을 알 수 있었고 1단 다짐시 최대측압은 123kPa이었다. P0의 실험결과 2층 다짐시까지 측압이 큰 폭으로 변동하였지만 3층과 4층으로 갈수록 측압의 변동폭이 작아졌다. P0의 층별다짐작업시 측압을 그림7의 a)~d)에 나타내었으며 e)에는 전작업의 측압을 나타내었다. 다짐작업완료 후 측압은 점차 감소하여 26시간 후에 0.2kPa까지 떨어졌다.



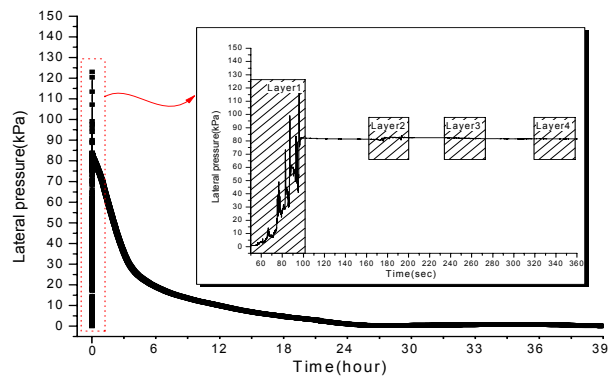
a) 1층다짐시 측압

b) 2층다짐시 측압

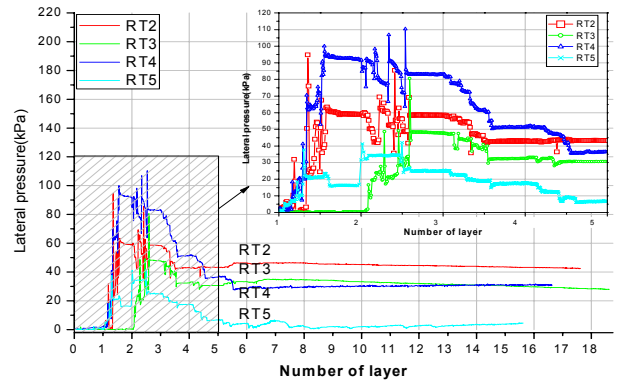


c) 3층다짐시 측압

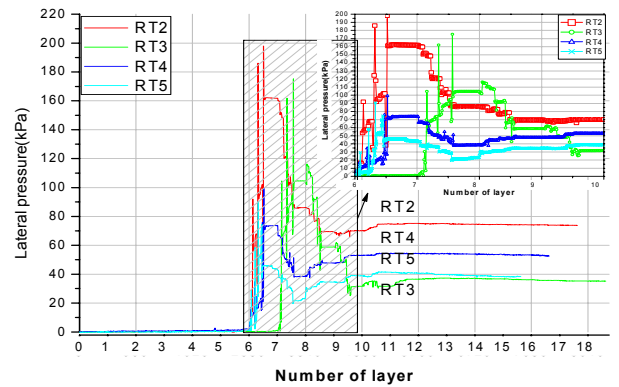
d) 4층다짐시 측압



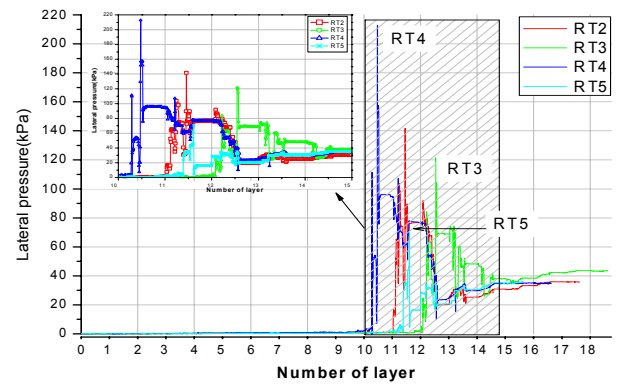
e) P0의 전체 측압
그림 7. P0의 측압



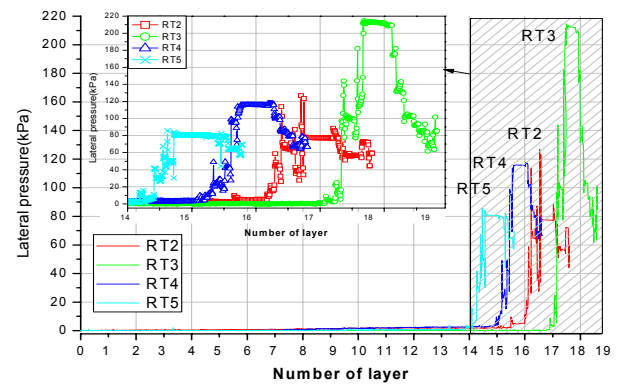
a) P1의 측압



b) P2의 측압

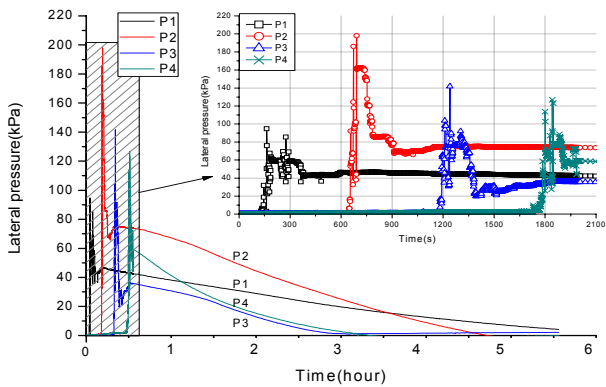


c) P3의 측압

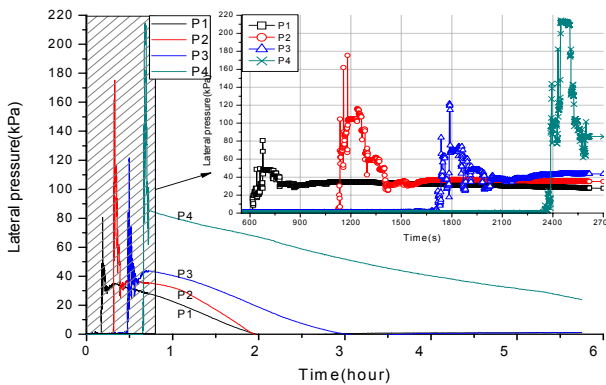


d) P4의 측압

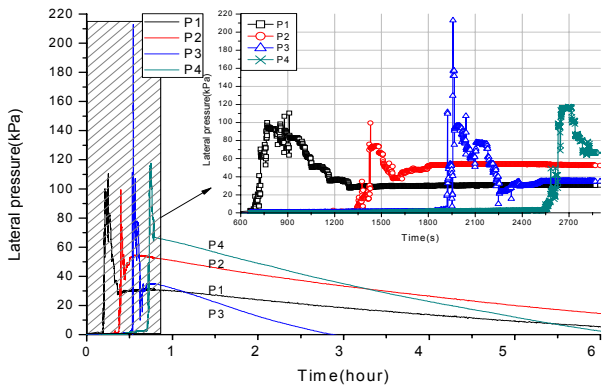
그림 8. 측압계별 측압



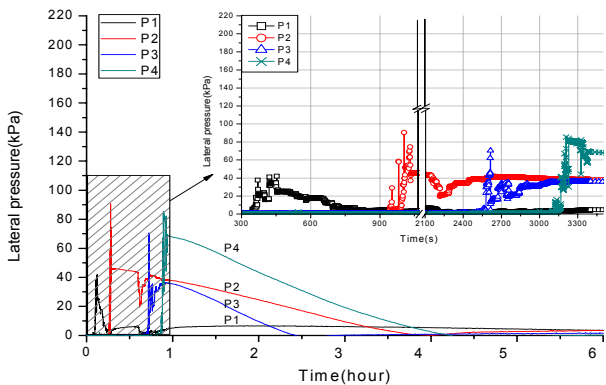
a) RT2



b) RT3



c) RT4



d) RT5
그림 9. 시험체별 측압

그림8은 시험체에 설치된 측압계 P1~P4별로 다짐작업시 다짐층수에 따른 측압을 비교하여 나타내었고, 그림9에는 다짐작업시 시험체별 측압과 다짐작업완료 후 양생기간동안 시간에 따른 측압변화를 그래프로 나타내었다.

RT2시험체의 18번째 층에서 다짐이 완료된 후 모서리부분, 토압계가 있는 가운데부분, 모서리부분의 순으로 다짐을 실시하였고 그 결과 모서리부분 다짐시 측압이 하락하였으며 가운데 부분 다짐시 측압이 상승하였고 다시 모서리부분 다짐시 측압이 하락하는 결과를 보였다. 다짐시 거푸집에 작용하는 측압은 계단형을 이루며 다짐이 이루어질 때 마다 큰 폭으로 높아졌다가 급격히 낮아진 것을 볼 수 있다. 이는 흩이 다져진 이후 거푸집에 바로 전달된 램머의 충격력으로 생각된다. 첫 번째로 측압이 상승한 이후의 패턴을 살펴보면 측압은 다짐램머가 거푸집 끝에서 가운데에 있는 토압계 근처에 왔을 때 낮아졌다가 토압계 위치에 왔을 때 큰 폭으로 높아졌으며 그 이후에는 일정한 측압을 유지하는 패턴을 보인다. 이는 토압계 근처의 다짐으로 인한 거푸집이 변형이 측압을 낮추었을 것으로 생각된다. 흩다짐 작업은 거푸집면이 있는 테두리부분을 먼저 다지고 그림6의 ②와 같이 수평왕복하면서 다짐을 실시하였다. 실험시 거푸집의 측압은 중앙에서 거푸집 벽쪽으로 가까이 갈수록 증가하는 결과를 보였다.

1층의 다짐 이후의 패턴을 살펴보면 시험체 RT2, 4, 5의 P1시험체를 제외하고 전체적으로 측압이 크게 낮아지는 것을 볼 수 있는데 이것 역시 다음층을 다질시 그 층의 거푸집의 변형으로 인하여 밑층의 측압이 하락하는 것으로 생각된다. 여기서 제외된 P1토압계의 경우 토압계가 있는 2번째 층 다짐이 완료되었을 때 센서가 완전히 묻히지 않아 3번째 층을 다질 때 영향을 미친 것으로 보인다. 다짐층이 높아질수록 측압이 낮아지는 폭은 작아지며 3개층까지 낮아지는 것을 볼 수 있으며 그 이후의 층에서는 다짐시 측압의 변동은 있으나 그 차이가 크지 않았다. 시험체 RT5의 경우 14분~32분 사이에 다짐작업이 공기압축기의 이상으로 중단되었으며 측압은 일정하게 하락하는 것을 그림9에서 볼 수 있으며 실험이 다시 시작하였을 때 측압이 낮아졌다가 일정 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

표 5. 다짐작업시 최대측압

	RT2(kPa)	RT3(kPa)	RT4(kPa)	RT5(kPa)
P1	94.81	80.61	110.36	41.98
P2	197.91	175.23	99.71	90.53
P3	141.73	121.65	212.89	90.53
P4	126.76	214.56	117.66	85.51

흩다짐 다짐작업시 시험체별 거푸집에 작용하는 측압의 최대값은 표5와 같으며 RT3, RT4에서 214.56kPa, 212.89kPa로 다른 시험체에 비해 다소 높은 측압이 발생하였다.

각 시험체의 깊이에 따른 최대측압의 관계를 그림10에 나타내었다. 여기서 RT2, RT5 시험체의 경우 깊이 700mm 최대측압을 보임을 알 수 있다. 거푸집에 작용하는 측압은 대체적으로 거푸집에 작용하는 토압은 RT2, RT3, RT4, RT5 순으로 즉 벽체의 두께가 두꺼워질수록 측압이 낮아지는 것을 볼 수이다. 여기서 RT3의 P4, RT4의 P3, P1의 측압이 다른 부위에 비해 높게 나타난 이유는 다른 시험체에 비해 센서부위에서 더 많은 시간 다짐이 있었던 것으로 나타났다. RT5의 시험체가 측압의 변동이 다른 시험체에 비해 측압의 변동이 적었던 이유는 벽체의 두께가 두껍기 때문에 다짐시 거푸집 벽면에서 다지는 시간이 상대적으로 적었기 때문이다.

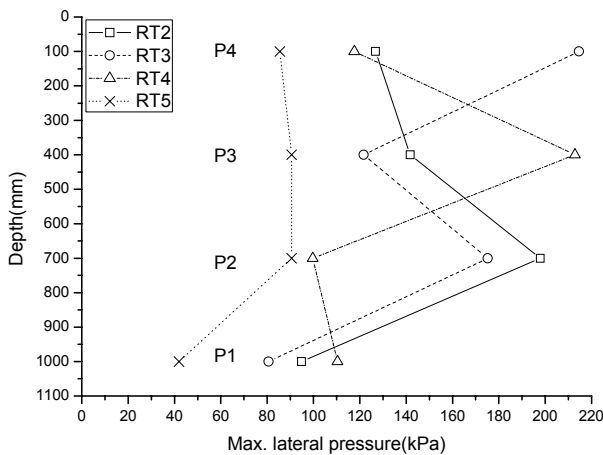


그림 10. 깊이에 따른 토압의 분포

본 실험에서 측정된 흠다짐공법의 거푸집에 작용하는 최대측압은 건축공사표준시방서¹⁷⁾에 규정된 콘크리트 설계용 측압 중 최대값 39.2kPa에 비해 2.3~5배, 콘크리트 표준시방서¹⁸⁾에 규정된 설계용 측압 24kPa에 비해 3.8~8.9배 높은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

다짐작업완료 후 양생기간의 측압변화를 살펴보면 측압은 다짐이 완료된 이후 서서히 사라지는 것을 볼 수 있었으며 높이가 올라갈수록 측압이 사라지는 시간이 오래 걸리는 것을 알 수 있다. RT2 시험체의 P4의 경우 18층번째 층에서 마지막에 모서리부분의 다짐작업으로 인한 측압의 하락으로 인하여 양생기간 측압의 하락이 다른 시험체에 비해 급격함을 알 수 있다. 이는 모서리부분의 다짐으로 인한 거푸집의 변형이 가운데 부분의 측압 하락으로 이어지고 이는 양생기간의 급격한 측압하락을 도모한다는 것을 알 수 있다. 측압이 1kPa이하로 되어 거의 없어질 때까지의 시간이 시험체 토압계별로 2~26시간으로 그 차이가 크게 나타난 이유도 일부 시험체의 토압계 주변의 다짐으로 인한 거푸집의 변형으로 측압이 급격히 하락한 것으로 추측된다.

따라서 다짐작업시 거푸집의 변형은 변형지점의 다짐 측압에 의한 직접적인 변형과 인접한 부분의 거푸집변형에 의한 간접적인 변형으로 나누어진다. 직접적인 변형은

측압의 상승을 일으키며 간접적인 변형은 측압의 하락과 양생기간의 급격한 측압하락을 일으킨다는 것을 알 수 있다.

3.2 변위

그림11에는 거푸집에 설치된 LVDT L1~L4에서 측정된 거푸집의 변위를 나타내었다. 그림11의 그래프에서 거푸집의 변위가 +방향으로 큰 떨림을 보이는 이유는 흠다짐 작업시 거푸집의 진동이 LVDT에 전달되어 LVDT가 +방향으로 진동하였기 때문이며 그 떨림은 그림11에 표시된 것과 같이 LVDT 근처 작업시 더 심하게 나타났다.

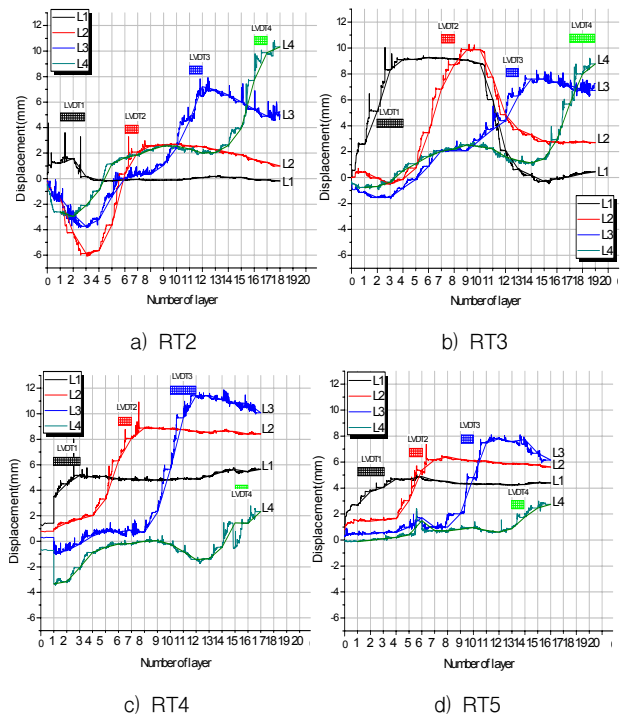


그림 11. 시험체별 변위

정확한 변위를 표시하기 위하여 다짐작업이 끝나고 다음층 작업을 위해 흠을 붓기 전까지의 변위만을 별도로 그래프로 표시하였다. 시험체의 변위를 보면 1층 다짐작업시 대부분의 시험체에서 L2, L3, L4의 변위가 -값을 나타낸 것을 통하여 저층의 다짐으로 인한 위쪽의 거푸집이 거푸집 안쪽으로 변형을 일으킨 것을 알 수 있다.

시험체별 변위를 보면 센서가 있는 부분의 층을 다질 수 변위는 증가하지만 그 이후 층을 다질수록 변위가 감소하는 것을 알 수 있으며 이는 상부의 흠다짐이 하부층의 거푸집에 작용하는 측압을 줄여 준다는 것을 알 수 있다.

표 6. 변위계별 최대변위

센서 \ 시험체	RT2	RT3	RT4	RT5
L1	1.58	9.26	5.65	4.87
L2	2.70	9.87	8.88	6.40
L3	7.20	7.60	11.42	7.79
L4	10.33	8.78	2.33	2.75

각 시험체에 부착된 LVDT별 최대변위는 표6과 같다. 각 시험체의 최대변위는 RT4(11.42mm), RT2(10.33mm), RT3(9.87mm), RT5(7.79mm) 순으로 나뉘었으며 이는 가설 표준시방서¹⁹⁾에서 정하고 있는 거푸집의 변형기준 C급(13mm)에는 만족하나 B급(6mm)에는 만족하지 못하는 것을 알 수 있으며 현장에서 사용하기 위해서는 거푸집의 보강이 필요하다.

4. 결론

본 연구는 흙다짐거푸집설계를 위한 기초적인 자료를 제공하기 위하여 현장조건과 동일한 실물실험을 통하여 흙다짐공법의 거푸집에 작용하는 측압의 크기와 분포형태를 파악하였다. 본 연구에서 도출된 결과는 다음과 같다.

첫째, 거푸집에 작용측압은 다짐이 진행됨에 따라 일정하게 증가하다가 큰폭으로 상승하였다가 하락하는 패턴을 보인다. 길이방향의 다짐에서 램머가 측압계 근처에 왔을때 간접적인 거푸집의 변형으로 인하여 측압이 하락하는 결과를 보였다. 또한 두께 방향의 다짐에서는 램머가 거푸집에 근접할수록 측압이 증가하는 것을 알 수 있다.

둘째, 거푸집의 다짐층수가 증가할수록 거푸집에 작용하는 측압은 상승과 하락을 반복하지만 전체적으로 하락하는 흐름을 보인다. 다짐층이 높아질수록 측압이 변동하는 폭은 작아지며 3개층까지 직접적으로 영향을 미치며 그이후의 층에서는 변동은 있으나 그 차이가 크지 않다.

셋째, 흙다짐완료 후 거푸집에 작용하는 측압은 흙다짐벽체의 양생이 진행됨에 따라 일정한 속도로 감소하게 되며 일정시간이 지난 이후 1kPa이하로 되어 측압이 사라지게 됨을 알 수 있다.

넷째, 흙다짐시 거푸집의 변형은 변형지점의 다짐측압에 의한 직접적인 변형과 인접한 부분의 거푸집변형에 의한 간접적인 변형으로 이루어짐을 알 수 있다. 즉, 직접적인 변형은 측압의 상승을 일으키며 간접적인 변형은 측압의 하락과 양생기간의 급격한 측압하락을 일으킨다는 것을 알 수 있다.

본 연구는 거푸집두께에 따른 흙다짐거푸집에 작용하는 측압을 측정된 것으로 거푸집의 변형에 따른 측압의 변화, 흙의 다짐이 작업자의 숙련도에 따라 달라짐은 본 연구의 한계이다 따라서 측압에 영향을 미치는 거푸집의 변형, 사용한 램머의 종류 및 다짐관의 크기, 다짐시간, 사용재료등과 같은 요인에 따른 흙다짐 공법의 거푸집측압에 대한 다양한 연구는 차후 연구과제로 남겨두었다.

참고문헌

1. 김무한, 강지훈(2000), 거푸집 측압 및 수화열 계측, 콘크리트학회지, 제12권4호, pp.35-39
2. 김정규(2008), 미국 흙건축 법규의 법제화 유형 및 규제내용 분석, 한국생태환경건축학회 논문집, v.8 n.3., pp.19-27

3. 김종우, 이대근, 김기수(1996), 고유동콘크리트의 거푸집측압예측을 위한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 96 가을 학술발표회 논문집 ,pp.295-300
4. 김진일, 황혜주(2008), 황토결합재 배합에 따른 표면질감 개발, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집, pp.189-193
5. 김호수, 홍석일, 강남구(2007), 이중단열재 및 메탈웹를 이용한 벽체용 거푸집시스템의 구조내력평가, 대한건축학회 논문집(구조계), v.23 no.3, pp.29-36
6. 신영수(1995), 벽체의 거푸집 측압 측정, 콘크리트학회지, v.7 no.3, pp.90-99
7. 신훈, 송민정, 백건중, 장길수(2007), 황토벽과 전통창호의 실내 온습도 조절효과에 관한 Mock-up 실험연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, pp.193-198
8. 안재철, 오상균, 강병희(2001), Aluminum 합금재 Frame을 이용한 벽체거푸집공법의 성능평가에 관한 연구, 한국건축시공학회지, v.1 no.1, pp.135-142
9. 이상익, 이성행, 정경섭(1999), 고유동성 콘크리트의 거푸집설계를 위한 측압의 평가, 충북대학교 건설기술연구소 논문집, v.18 n.2, pp.11-19
10. 이종국, 이정재(2007), 거푸집 선정기준에 의한 흙다짐용 거푸집 시스템의 특성 비교분석, 한국생태환경건축학회 논문집, v.7 n.6, pp.91-97
11. 이준구, 박광수, 김한중, 배수호(2000), 초유동 콘크리트의 재료적 특성과 거푸집 측압에 관한 실험적 연구, 한국농공학회지, v.42 no.1, pp.83-99
12. 임상훈, 서용철(2002), 흙건축에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, v.2 n.2, pp.45-50
13. 정상진, 안용선(1995), 콘크리트구조물 거푸집의 설계 및 사례 -거푸집공사의 시공 및 재료, 콘크리트학회지, 제7권 4호, pp.26-34
14. 황혜주, 강남이, 서은희(2008), 전통마감기법을 활용한 친환경 발수제 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.24 n.6, pp.43-50
15. 황혜주, 이종국, 양준혁(2008), 황토결합재의 기초물성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.24 n.1, pp. 79-86
16. 건축공사 표준 시방서
17. 콘크리트 표준시방서
18. S Phillip, W David, P Paul(1994), formwork pressures in tall walls with extended set concrete, Concrete international: design & construction, v.16 no.11, pp.26-34
19. P Walker, R Keable, J Marton, V Maniatidis(2005), rammed earth, BRE bookshop
20. P Walker, CPEng, Standards Australia(2001), The Australian Earth building Handbook, Standards Australia international
21. M Joseph(2001), Earthbuilder's Encyclopedia, Southwest Solar Adobe School

투고(접수)일자: 2008년 11월 5일

심사일자: 2008년 11월 12일

게재확정일자: 2009년 1월 3일