도시 주거 취약층을 위한 친환경 조립형 흙블록 건축재 개발

Interlocking Stabilized Soil Blocks (ISSB)

인도네시아 주민 공동체의 참여적 접근 사례

BACKGROUND

인도네시아는 세계은행(World Bank)에 따르면 아시아에서 도시화가 빠르게 진행 되는 나라 중 하나이다. 현재 전체 인구의 56%인 1억 5,100만 명이 도시 지역에 거주하고, 이 수치는 2045년에 인구의 70% 이상인 2억 2,000만 명으로 증가할 것으로 전망된다. 주택 수요-공급 간의 격차가 1,350만 호에 달하며, 공공사업 주택부(PUPR)의 연간 40만 호 주택 공급으로는 빠르게 치솟는 도시 내 주택 수요를 채우는 것이 요원하다. 그 결과, 전체 인구의 22% 이상이 '캄풍(kampung)'이라 불리는 슬럼 등 주거 취약지대에 노출되어 있다. 주거 취약층은 단순히 협소하고 열악한 건물뿐만 아니라 지리적으로도 자연재해의 위험이 큰 강가나 해안에 거주한다. 이들은 공공 인프라와 사회 서비스에 접근하는 데 어려움을 겪고 있으며, 낮은 소득과 안정적이지 못한 일자리를 가지는 등 사회경제적으로도 취약하다. 게다가 국·공유지와 사유지를 비합법적(extra-legal)으로 점유하는 경우에는 정부로부터 대출이나 이주 보상 등 주거(개선) 보조 혜택을 받기도 쉽지 않다. 정부의 저렴 주택(affordable housing) 공급이 매우 제한적인 상황에서, 거주민 스스로가 시간을 들여서 조금씩 지어 나가는 자조 주택(self-help housing)은 인도네시아에서 여전히 가장 실용적이고 현실적인 대안으로 꼽힌다. 주택을 소유한 가구의 약 70%(도시 지역은 60%, 비도시 지역은 78%)가 자조 주택에 거주 중이다.



Indonesia's Housing Needs

151 million (56%) people live in urban areas (2018)

22% of urban population live in slums (2015)

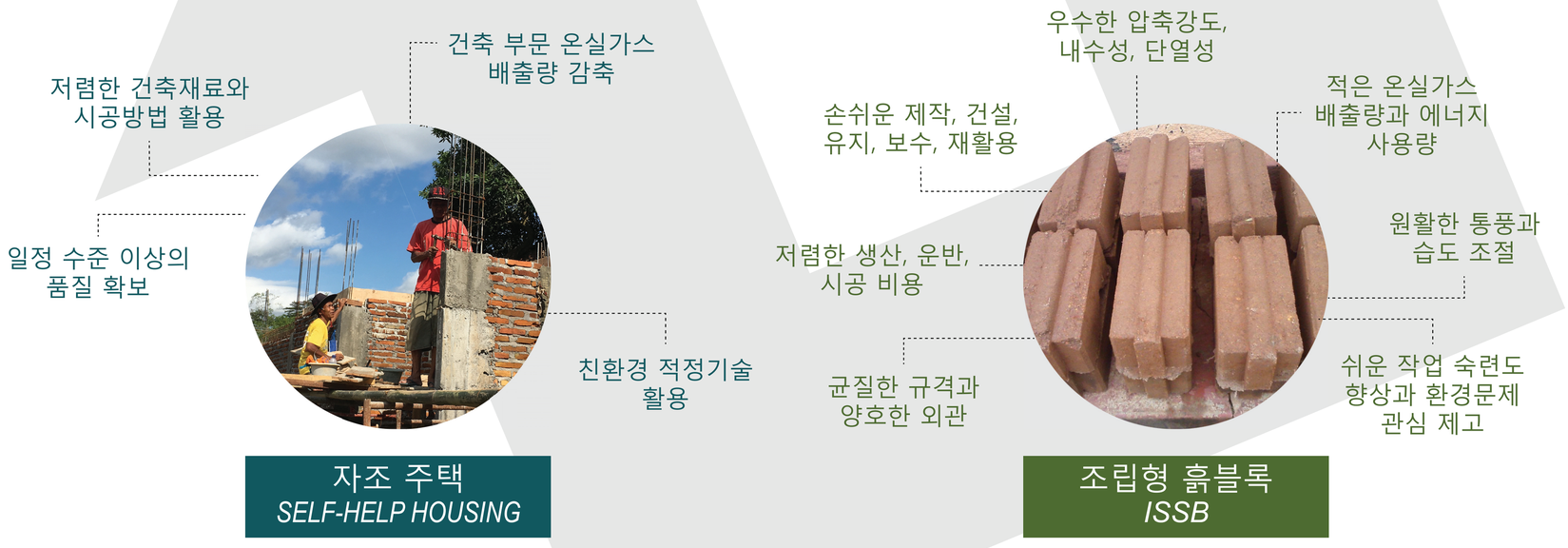
70% of homeowners live in self-help housing (2016)

13.5 million extra homes needed (2014)

0.4 million new homes provided by the state annually (2014)

Source: World Bank (2019), Indonesian Central Bureau of Statistics (2016)

THEORETICAL FRAMEWORK



MATERIALS & METHODS

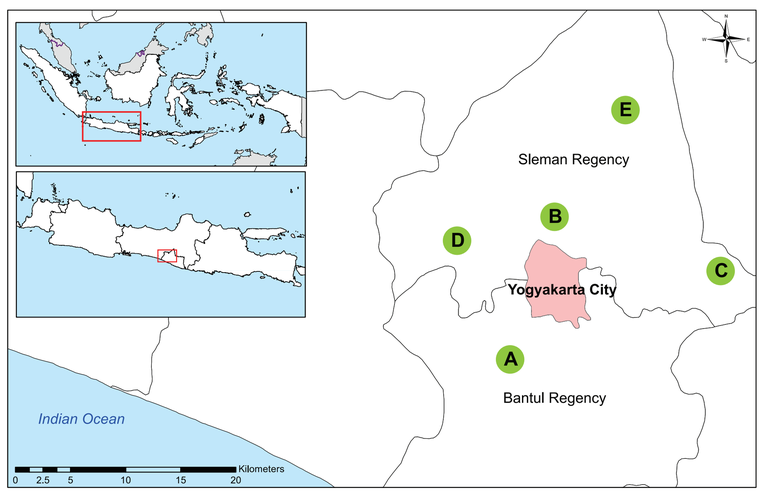
도시 개발로 외곽으로 쫓겨난 주거 취약층 공동체 40가구가 참여하는 공동 제작(co-creation) 형태를 지향

현지 NGO인 인도네시아커뮤니티건축가재단 (Yayasan Arsitek Komunitas Indonesia, ARKOM)과의 긴밀한 협업

2019년 12월 ~ 2020년 6월 동안 내부 연구모임, 토양 성질 분석, 배합 설계, 압축강도 시험, 제작 실습 수행

인도네시아 자바섬 중부 욕야카르타(Yogyakarta) 시





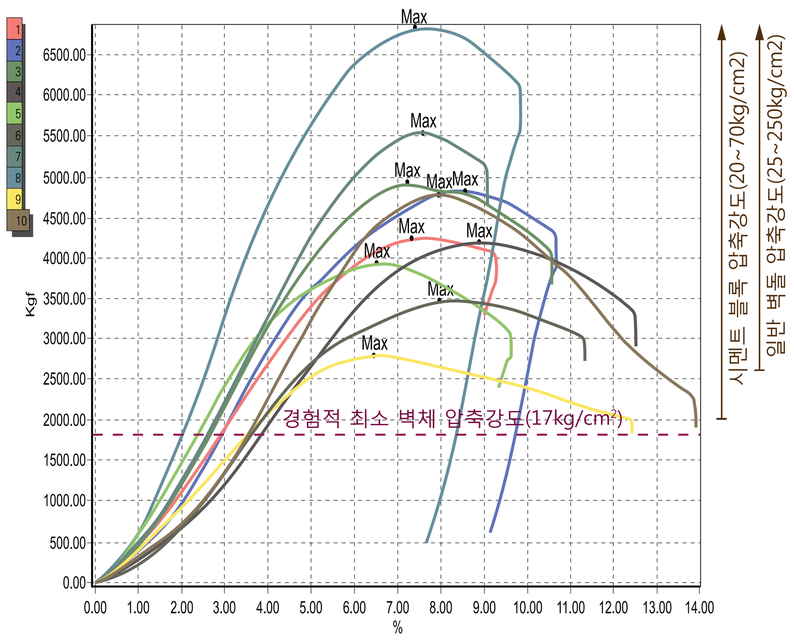
FINDINGS & ANALYSIS

흙 선정 & 분석 5개소의 흙을 분석하여 모래 함량 60% 이상, 진흙 함량 10% 이하인 양질의 흙을 확보하고, 필요 시 모래를 추가하여 함량비를 조절함



Site	Original Composition					Soil Modification				Final	
						Added Sand (g)	New Composition				
	Soil Bulk Density (g/㎤)	pH	Soil (g)	Sand (g)	Clay (g)		Soil (g)	Sand (g)	Clay (g)	Sand (%)	Clay (%)
A	1.086	6.8	1,000	300	76	800	1,800	1,100	76	61	4.2
B	1.562	5.4	1,000	792	67	-	1,000	792	67	79.2	6.7
C	1.111	5.7	1,000	261	195	1,000	2,000	1,261	195	63	9.7
D	1.282	6.3	1,000	531	67	300	1,300	831	67	64	5.1
E	1.562	6.5	1,000	862	63	-	1,000	862	63	86.2	6.3

배합설계 & 압축강도 1:6, 1:8, 1:10의 3가지 배합비를 적용하여 총 10개의 흙블록을 제작하여 압축강도를 시험한 결과, 벽체 압축강도에 부합하는 것을 확인함



제작 생산 기계를 사용하여 제작 생산하는 경우, 소요 인력과 소요 시간에서 생산성 우위가 입증되나 품질 등에서 다른 단점도 마찬가지로 발견됨



240mm × 120mm × 120mm
2.5 ~ 3kg

Cement Mixer

Press Machine

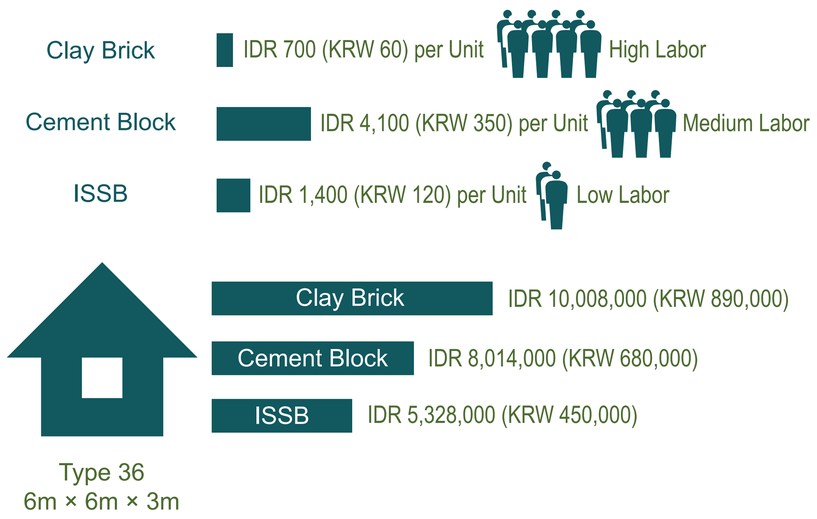
Cement Mixer — 2~5 min. | Granular | Friable | Grained | Diesel | Wastes

Hand Mix — 10~15 min. | Pluffy | Strong | Smooth

Press Machine — 1~2 min. | Very Strong | Time & Location Limited | Diesel

Hand Press — 2~4 min. | Strong | Tme & Location Unlimited

가능성 & 과제 기존의 구운 벽돌이나 시멘트 블록과 비교하여 재료, 운반, 제작 시에 뚜렷한 경제적 효과가 확인되었으며, 부가소득 창출 효과도 기대됨



CONCLUSION

AN ALTERNATIVE *for* THE URBAN POOR

이 연구는 열악한 주거 여건에 놓인 개발도상국의 주거 취약층에게 **조립형 흙블록**이 기존의 벽돌이나 시멘트 블록의 좋은 **대안**이 될 수 있음을 조명하고 있다.

조립형 흙블록이 본격적으로 자조 주택 건축재로 적용되는 경우, 건축재 생산 및 시공 운반 시에 발생하는 온실가스를 상당량 줄이는 **환경적 효과**가 예상된다.

또한, 조립형 흙블록의 활용으로 건축 비용 및 물류 비용이 절감되고 조립형 흙블록의 생산 판매를 협동조합 형태로 커뮤니티 비즈니스화하는 경우에 주거 취약층의 부가 소득이 창출되는 **사회경제적 효과**도 예상된다.

도시 주거 취약층의 자조 주택 건립을 촉진하고 **정부 주거개선 프로그램과의 연계**를 통해서 인도네시아의 주거 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

전문가와 주민들 간의 협력으로 구조적, 기술적, 환경적, 경제적 요건들을 탐색하여 **균형점**을 찾아내고, 공동체 기반 **교육훈련 센터**를 설립하고 지속 운영하며 **기술 표준화**와 **대중화**를 달성하는 것이 향후 과제이다.

박재현 | jaehpark@ucla.edu

University of California, Los Angeles 도시계획학과

前 WFK 과학기술지원단(인도네시아)

Agrawal, A. (1981). Mud, Mud: The Potential of Earth-Based Materials for Third World Housing. Earthscan, London. Bredenoord, J. (2016). Sustainable Housing and Building Materials for Low-Income Households. Journal of Architectural Engineering Technology, 5(1). Bredenoord, J., Kokkamhaeng, W., Janbunjong, P., Nualplod, O., Thongnoy, S., Khongwong, W., Ngernchuklin, P., and Mahakhant, A. (2019). Interlocking Block Masonry (ISSB) for Sustainable Housing Purposes in Thailand, with Additional Examples from Cambodia and Nepal. Engineering Management Research, 8(2), pp. 42-53. Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., and Vitoux, F. (1991). Building with Earth. The Mud Village Society, New Delhi. Euginia, C., Omboto, P., and Mulongo L. (2019). Evaluation of Adoption of Interlocking Soil Technology in Development of Adequate and Sustainable Housing Projects in Nandi County, Kenya. International Journal of Scientific Research and Management, 7(8). Gooding, D. E. and Thomas, T. H. (1995). The Potential of Cement-Stabilised Building Blocks as an Urban Building Material in Developing Countries. DTU Working Paper No. 44. University of Warwick: Coventry. Grubbauer, M. (2017). In Search of Authenticity. City, 21(6), pp. 789-799. Hadjri, K., Osmani, M., Baiche, B., and Chifunda, C. (2007). Attitudes towards Earth Building for Zambian Housing Provision. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering Sustainability, 160(3), pp. 141-149. Heath, A., Maskell, D., Walker, P., Lawrence, M., and Fourie, C. (2012). Modern Earth Masonry – Structural Properties & Structural Design. The Structural Engineer, 90(4), pp. 38-44.

Houben, H. and Guillaud, H. (1994). Earth Construction: A Comprehensive Guide. Intermediate Technology Publications, London. Indonesian Central Bureau of Statistics (2016). 2016 Housing and Settlement Statistics. Indonesian Central Bureau of Statistics, Jakarta. IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. Jarju, M. (2019). Interlocking Stabilised Soil Blocks (ISSB) for Sustainable Construction in The Gambia. Minke, G. (2013). Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser Verlag: Basel. Prastyatama, B. and Maurina, A. (2018). Kinerja Struktural Interlocking Compressed Earth Block dengan Serat Ijuk sebagai Stabilisator. Jurnal Teknik Arsitektur ARTEKS, 3(1), pp. 27-36. Roberts, M., Gil Sander, F., and Tiwari, S. (eds.)(2019). Time to ACT: Realizing Indonesia's Urban Potential. World Bank, Washington, DC. Tunas, D. and Peresthu, A. (2010). The Self-Help Housing in Indonesia: The Only Option for the Poor? Habitat International, 34(3), pp. 315-322. Turner, J. (1972). Freedom to Build: Dweller Control of the Housing Process. Macmillan, New York. UN-Habitat (2009). Interlocking Stabilised Soil Blocks: Appropriate Earth Technologies in Uganda. UN-Habitat, Nairobi. UN-Habitat (2014). Sustainable Building Design for Tropical Climates: Principles and Applications for Eastern Africa. UN-Habitat, Nairobi. UNIDO (2015). Mud Stabilized Blocks: Production and Use – Technical Manual. UNIDO, Vienna. van Noorloos, F., Cirolia, L. R., Friendly, A., Jukur, S., Schramm, S., Steel, G., and Valenzuela, L. (2019). Incremental Housing as a Node for Intersecting Flows of City-Making: Rethinking the Housing Shortage in the Global South. Environment & Urbanization.