

대형다짐시험 및 표준다짐시험을 이용한 파쇄암 성토재의 다짐특성 연구

정재형^{1*} · 류상훈¹ · 최동엽² · 박광식² · 황성필¹

¹한국건설기술연구원, ²인천국제공항공사

The Study of Compaction Characteristics of Cataclasite Fill Material using Large and Standard Compaction Tests

Jae-Hyeung Jeong^{1*}, Sang-Hun Ryu¹, Dong-Yub Choi², Kwang-Sik Park², and Sung-Pil Hwang¹

¹Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Incheon International Airport Corporation

Received 19 August 2016; received in revised form 12 December 2016; accepted 17 December 2016

신축되는 공항은 미래 항공수요를 선점하고 주변지역 공항들과의 경쟁에서 앞서나가기 위해, 고품질의 활주로를 건설하고자 체계적으로 활주로 하부지반 건설에 임하고 있다. 본 연구에서는 여객계류장 운영시 하부 연약지반의 잔류침하를 최소화 할 수 있도록 시공관리하기 위하여 기존의 표준다짐시험의 단점을 보완하는 연구를 하고자 하였으며, 직경 100 mm 이하의 성토 재료를 사용한 4개소 현장에서 성토재료를 채취하여 표준다짐시험(KS F 2312), 대형원형몰드 다짐시험, 물치환 현장밀도시험(ASTM D 5030)을 수행하였다. 현장밀도시험과 표준 실내다짐시험의 상관관계를 회귀분석 하면, 유의수준(P-value) 0.05에서 신뢰할 수 없는 값을 나타내었으며, 현장밀도시험과 대형 실내다짐시험의 회귀분석 결과 상관관계수(R)가 0.8878로 상관관계가 높게 나타났다. 설계 및 시공에 사용되는 최대건조밀도를 평가할 때 성토재료의 최대치수를 고려하여 다짐시험방법이 선택되어야만 현장여건이 충실히 반영되어 전체적으로 균질한 품질의 시공이 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 대형다짐시험, 표준다짐시험, 현장다짐시험

The new airports apply the systematic runway foundation construction to build the high quality runways in order to take the leading position to win future aerial demands and stay ahead of competitors. This study is intended to supplement the weakness of existing standard compaction test to minimize residual settlement of lower weak foundation during operation of passenger berthage. The fill material was sampled from 4 construction sites using the fill material with diameter of 100mm or less, and the standard compacting test (KS F 2312), large circular mold compacting test, and water-replacement field density test (ASTM D 5030) were conducted. The regression analysis of correlation of the field density test and the standard indoor compaction test showed the unreliable value at P-value of 0.05, and the regression analysis of the field density test and the large indoor compaction test showed the high correlation with R value of 0.8878. It is judged that the construction of overall uniform quality can be assured as the site condition is truly reflected only if the compacting test method is selected in consideration of maximum size of fill material when evaluating the maximum dry density used in design and construction.

Key words: Large Scale Compaction Test, Standard Compaction Test, Field Density Test

*Corresponding author: jjhcivil@kict.re.kr

© 2016, The Korean Society of Engineering Geology

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

성토공의 품질확보를 위해서는 양질의 토공 재료를 확보하여 사용하는 것이 중요하며, 각각의 구조물과 사용 재료에 적합한 성토관리 기법이 적용되어야 한다. 성토공사의 특성상 상대적으로 편차가 큰 성토재료를 사용하여, 장대한 부지에 균일한 품질을 확보하고 경제성까지 고려되어야 하므로, 각 국의 학회, 감독기관 및 발주처에서는 최소한의 성토 시공 관리기준 및 품질기준을 제시하고 있다.

우리나라의 국토교통부에서는 도로 등에 있어서 상세한 품질기준과 성토관리기준을 제정하여 사용하고 있으며, 말파암, 재생골재, 선별토사 및 산업부산물을 성토재료로 활용할 수 있도록 하고 있다. 다짐 이후 실 사용기간에 발생하는 잔류침하를 억제하여야 하는 경우에는 성토재에 파쇄암 등을 사용하는 경우가 있으며, 성토 재료기준을 만족하지 못하는 경우에는 양질토사 및 골재와 혼합하거나 고화제를 이용하는 안정처리를 적용할 수 있도록 하고 있다.

이러한 성토체에 토사 이외의 조립재 및 암버럭 등이 혼합해서 사용할 경우에는 토사 위주로 정리된 각종 기준을 적용할 수 없는 상황이 발생 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 여러분야에서 연구가 진행되었으며, 특히 댐 시공 분야에서 연구가 많이 이루어졌다. 도로하부 지반의 경우에는 대표적으로 Ham, T.G (2007)가 자갈이 함유된 화강풍화토 다짐특성 연구에서 재료의 특성에 따른 자갈의 혼합비율인 자갈혼합율의 영향을 밝히고 이상혼합이론을 이용해 자갈혼합율의 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 방법을 제안하였다. K-water (2001)에서는 지름 300 mm, 높이 600 mm의 대형 자동다짐 시험기를 제작하여 대형삼축시험기를 이용한 댐 재료의 전단강도특성을 연구하였다(Table 1). Song, J.W. et al. (2008)은 함수비, 세립분 함유량 및 암버럭의 최대입경을 각각 다르게 하는 대형다짐시험을 수행하여 암버럭 성토에 미치는 영향인자에 대한 연구를 수행하였다. Kim, D.S. et al. (2009) 역시 지름 480 mm, 높이 495 mm의 원통형 몰드를 제작하여 대형다짐시험을 통한 암버럭-토사 혼합성토재의 최대건조단위중량에 영향을 미칠 수 있는 인자들에 대한 평가를 수행하였다.

한국산업규격(KSF 2312) 및 ASTM, BS 등에 규정된 실

Table 1. The resources of large scale compaction test equipment (Ham, T.G., 2007)

Test type Conditions	Type 1	Type 2	Type 3
Mold	φ300 mm H600 mm	φ480 mm H495mm	φ350 mm H420 mm
Tamping	φ100 mm		φ150 mm
Tamping Weight	10 kg	11.7 kg	10.5 kg
Drop Height	450 mm	550 mm	450 mm

내다짐시험은 압성토 재료(φ100 mm 이하)를 다짐하는 경우에 한계가 있으며, 규정된 허용 최대입자(37.5 mm 이하)를 제외한 최대건조밀도 판정으로 인하여 오차가 발생된다. 특히 해상매립을 통하여 건설되는 공항의 경우 활주도가 연약지반의 상부에 위치하고 있으므로, 정밀한 다짐시공이 이루어져야 하며, 시공후 성토체의 단위중량 평가에 주의하여 연약지반의 과대한 잔류침하를 예측하고, 방지하여야 한다. 위에서 언급한 기존 연구들을 도로, 철도, 댐 등의 구조물에 적합하게 제시된 연구로서 최근 개정된 공항 건설기준에 맞지 않는 부분이 있으며, 다짐시공의 품질관리를 위해서는 현장 다짐조건에 맞는 실내다짐시험 방법이 검토되어야 한다. 본 연구에서는 공항 활주로 공사에서 적용 가능하도록 실내다짐시험, 실내다짐시험을 통한 추정식 및 현장다짐시험의 결과를 비교하여 합리적인 다짐시험법을 제시하고자 하였다.

시험방법

시험현장 개요

여객계류장으로 사용하고자 하는 지역은 부지조성 건설시 인근 야산을 절취하여 연약지반처리용으로 사용한 골재를 유용하여 매립하였으며, 현재 이 지역은 연약지반처리가 완료되어 노상까지 조성된 상태이다. 여객계류장 및 원격계류장의 노상두께는 미국연방항공청(FAA (1995), Federal Aviation Administration)에서 항공기 A380 기종 등의 하중을 반영하여 노상 깊이별 다짐도 기준이 2009년 9월에 변경되었으며, 변경기준은 Fig. 1과 같이 포장 하부 상부노상 0.65 m는 다짐도 100%, 하부노상 0.45 m의 다짐도는 95%이다.

암성토 재료(φ100 mm 이하)로 건설된, 여객계류장 부지의 4개(SGT-1~4) 지역에서 샘플을 채취하고 표준다짐시험(KS F 2312), 대형원형몰드 다짐시험, 물치환 현장밀도 시험(ASTM D 5030)을 적용하여 그 차이를 비교하였으며 Fig. 2는 시험위치를 나타낸다.

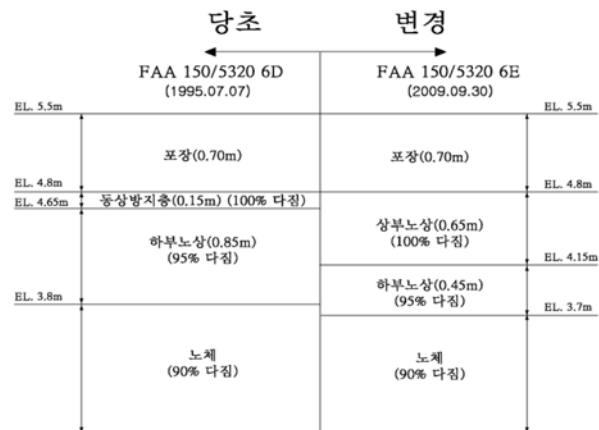


Fig. 1. Change standard for compaction of subbase.

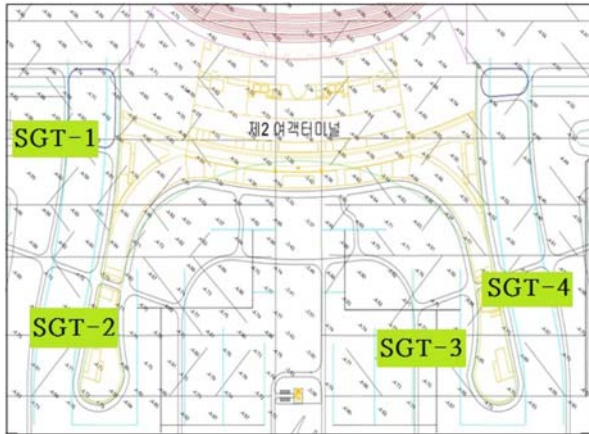


Fig. 2. Test site in study area.

Table 2. The type of compaction test

Type	Weight of rammer (kg)	Diameter of mold (cm)	Number of layers	Compaction Cycle
A	2.5	10	3	25
B	2.5	15	3	55
C	4.5	10	5	25
D	4.5	15	5	55
E	4.5	15	3	92

실내다짐시험

다짐시험은 현장에서 최대건조밀도를 얻기 위한 개략적인 지침으로 성토에 사용하기 위한 재료 선정 및 도로, 성토, 댐 등 흙 구조물의 다짐관리, 다짐방법을 선정하기 위해 수행한다. 표준 실내다짐시험은 현장에서 필요한 다짐에너지를 고려하여, E 다짐방법을 적용하였다(Table 2). KS F 2312 규격을 따라서 37.5 mm 체를 통과한 흙에 대하여 건조 밀도-함수비 곡선, 최대 건조 밀도 및 최적 함수비를 측정하였다.

$$D = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \times 100 \tag{1}$$

여기서, D : 다짐도(%)

ρ_d : 현장에서 측정된 건조밀도(gf/cm³)

ρ_{dmax} : 다짐시험에서 구한 최대건조밀도(gf/cm³)

표준 실내다짐시험은 입경 37.5 mm 이상의 재료를 제외 (E 다짐시험 기준)함으로써 최대건조밀도의 산정에 현장과 다른 오차가 발생 할 수 있으므로. 본 연구에서는 현장여건을 최대한 반영할 수 있도록 대형 실내다짐시험을 실시하였다(Fig. 3). Kim D.S. et al. (2009)에서 밝힌 것과 같이, 대형 실내다짐시험은 전세계적으로 기준이 정립되어 있지 않으나, K-water (2001)의 연구를 참고하여 원형몰드 재원을 내경 350 mm, 높이 292 mm으로 하고, 대형 실내다짐시

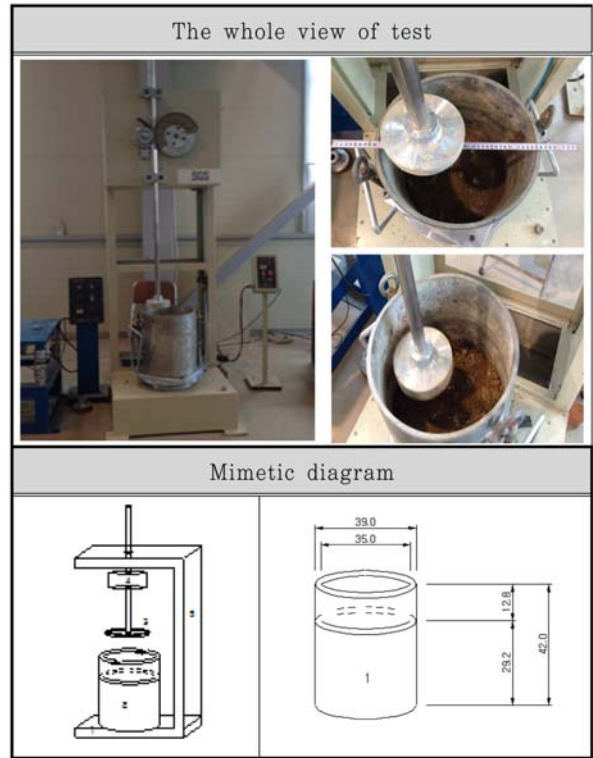


Fig. 3. Schematic diagram of large scale compaction test equipment

Table 3. Characteristic of large scale compaction test equipment

Mold Diameter (cm)	35.0
Mold Height (cm)	29.2
Mold Volume (cm ³)	28093.7
Rammer Weight (kg)	10.5
Drop Height (cm)	45.0
Compaction E (kgf·cm/cm ³)	25.3

험의 다짐에너지를 표준 실내다짐시험에 적용한 에너지와 동일한 다짐에너지(E다짐 방법과 동일 에너지)를 적용하였다(Table 3).

$$E = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} = \frac{10.5 \times 45 \times 501 \times 3}{\pi \times 35^2 / 4 \times 29.2} \approx 25.3 \text{ cm} \cdot \text{kg} / \text{cm}^3 \tag{2}$$

여기서, E_c : 다짐에너지(cm·kg/cm³)

H : 낙하고(cm)

N_B : 다짐회수

N_L : 다짐층수

V : 시료의 체적(cm³)



Fig. 4. Procedure of field compaction.

현장밀도시험

현장밀도시험은 현장에서 시공관리의 기준이 되는 중요한 인자로서 본 연구에서는 실내다짐시험에서 획득한 최대건조 밀도와 비교하기 위하여 모래치환법을 이용한 현장밀도시험을 사용하지 않고, 물치환법을 가용할 수 있는 ASTM D 5030의 규정대로 수행하였다. 일반적으로 건설공사 노체 및 노상 공종에서의 다짐장비는 진동롤러와 타이어롤러를 많이 이용하고 쇠석이나 암버력의 경우 머캐덤롤러를 이용하고 있다. 특히, 노면의 다짐 마무리나 다짐도를 높이기 위해 롤러 다짐장비를 서로 조합하여 현장다짐을 수행하고 있다. 본 시험 현장은 노상 암성토 구간으로 진동롤러와 타이어롤러를 조합하여 현장다짐을 실시하였으며, SAKAI 사의 TS650C 모델의 타이어롤러(12.7 ton)와 DYNAPAC 사의 CA512 모델의 진동롤러(15.6 ton)를 사용하였다. 다짐시험은 3개의 Case로 단계별로 실시하였으며, Case 1은 진동롤러 2회, 타이어롤러 2회, Case 2는 진동롤러 3회, 타이어롤러 3회, Case 3은 진동롤러 4회, 타이어롤러 4회를 수행하였다. 다짐시 롤러의 속도는 4 km/h를 초과하지 않도록 작동하였으며, 진동수는 RPM 2,200으로 수행하였다.

다짐시에 적용된 타이어롤러의 경우 제원표 상의 운전 총 중량(물 및 철재 만재하였을 경우)이 25 ton이나 실제 적용된 중량은 액세서리와 물을 제거한 12.7 ton이다. 진동롤러는 롤러 축에 진동을 전달하여, 다짐의 효율을 높이는 장비로서, 롤러의 가진력(Centrifugal Force)이 중요한 요소가 된다. 일반적으로 가진롤러의 무게와 가진력은 유효 다짐깊이에 영향을 주며 큰 다짐장비는 골재 및 암버력의 다짐에 적합하다. 본 시험 현장은 100 mm 이하의 골재가 적용된 곳이기 때문에 현장 토공재료에 적합하고 다짐시험의 정밀도를 높이는 차원에서 용량이 큰 다짐장비(15.6 ton)를 적용하였으며, 최대 전압을 줄 수 있도록 23 Hz의 진동 모드를

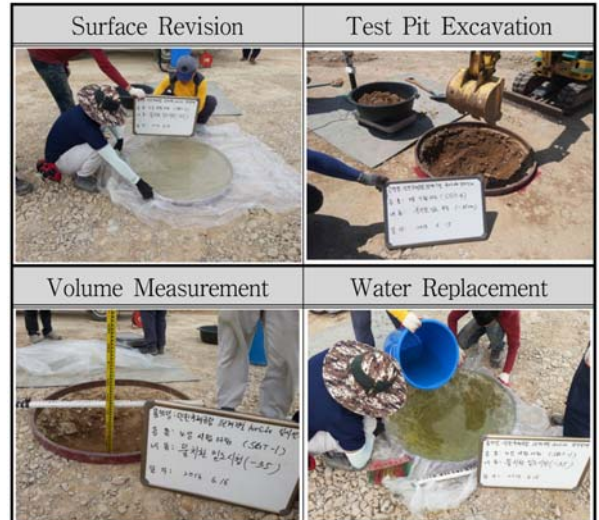


Fig. 5. Procedure of field density test.

적용하였다. 진동롤러의 다짐전압은 진동에 의한 다짐을 주된 목적으로 하고 있어, 가진력을 고려하여 산정하였다.

다짐시험 Case 별로 현장밀도시험(물치환법)을 각 3회씩 실시하였고, 시험방법은 ASTM D 5030 규격을 따르며, 시험 과정은 Fig. 5와 같다. 굴착전 표면보정을 위해 측정된 금속 ring의 굴착표면의 이수량(M1)과 시험굴에 투입된 이수량(M2)을 각각 구하여 실제 시험굴의 체적을 계산하고, 시험굴에서 굴착한 재료의 중량(M)을 측정하였다. 시험굴 조립재료의 중량(M), 치환공의 체적(V)으로부터 습윤밀도(ρ), 건조밀도(ρ_d) 및 간극비를 계산하였다.

$$\text{시험굴의 체적}(V) = (M2 - M1) / w \tag{3}$$

$$\rho_t = \frac{M}{V}, \rho_d = \frac{\rho_t}{1 + w/100}, e_b = \frac{G_b \cdot \rho_w}{\rho_d} - 1 \tag{3}$$

여기서, w : 함수비(%)

e_b : 절건비중에 의한 간극비

G_b : 재료의 비중

실내다짐시험 결과를 활용한 현장밀도 추정식

앞에서 설명한 것과 같이 한국산업규격(KSF 2312) 및 ASTM, BS 등에 규정된 실내다짐시험은 허용 최대입자(37.5 mm 이하)만을 사용함으로써, 규정의 토공재료를 혼합하여 사용한 경우에는 실내시험 결과와 현장의 상황에 차이를 보일 수 있다. 이를 보완하기 위해서 ASTM에서는 규정의 골재가 다소 혼합된 경우에 사용할 수 있는 추정식을 제안하고 있다. 이 추정식은 골재의 혼입율 30% 정도까지 사용될 수 있으나, 골재 부분의 건조밀도를 별도로 측정하여야 하고, 골재 혼입율이 많은 경우에는 오차가 크다고 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 골재 혼입율이 다소 크더라도

도 일정한 결과를 제시할 수 있는 Hsu와 Saxena (1991)의 식을 적용하여 실내실험을 통한 현장밀도를 추정하였다.

$$\rho_t = \frac{1}{(1+e)[P/(G_g \cdot \rho_w) + (1-P)/(G_s \cdot \rho_w)]} \quad (4)$$

$$e = e_0 + A \cdot P + B \cdot P^2 + C \cdot P^6 + D \cdot P^4 \quad (5)$$

(A = -0.2162395, B = -1.059384867, C = 2.3532976, D = -1.084146133)

여기서, P : 굵은골재 혼입율(37.5 mm 이상)

e₀ : 실내실험에 의한 간극비

G_g, G_s : 재료의 비중

37.5 mm 이상의 골재 혼입율을 사용하여 모래질 골재 및 실트질 골재의 두 종류 토공재료에 대하여 표준다짐에너지 및 수정 다짐에너지를 적용한 경우의 현장 간극비를 실험식으로 추정할 수 있다. 본 연구에서는 모래질 골재에 대하여 수정다짐에너지를 적용한 경우의 추정식을 사용하였다.

시험결과 및 분석

성토재료의 물리적 특성

여객계류장 부지의 4개(SGT-1~4) 지역에서 샘플 채취 한 성토재의 기본 물리적 특성은 Table 4과 같으며, 체가름 시험 결과를 매립재료의 시방규격에 따라서 평가하면, 평균적으로 재료 기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

표준 실내다짐시험과 대형 실내다짐시험 비교

Table 5는 표준 실내다짐시험과 대형 실내다짐시험 수행 결과를 나타내고 있다. 표준 실내다짐시험의 최적함수비는 5.6~6.0%의 분포를 보이며 평균값은 5.8%이고, 최대건조단위중량은 2.196~2.223 g/cm³의 범위를 보이며, 평균값은 2.209 g/cm³이다. 대형 실내다짐시험의 최적함수비는 4.6~5.2%의 분포를 보이며 평균값은 5.0%이고, 최대건조단위중량은 2.258~2.281 g/cm³의 범위를 보이며, 평균값은 2.271 g/cm³이다. Hsu와 Saxena (1991)의 식을 적용하여 골재혼입율(37.5 mm 이상)을 고려하여 추정한 최대건조단위중량은 2.34~2.43 g/cm³의 범위를 보이고 있어서, 골재 혼입에 따라서 증가한 것으로 파악되었으며, 상대적으로 골재 혼입율이 높은 SGT-1, SGT-3의 경우에서 증가폭이 크게 나타났다.

표준 실내다짐시험의 결과는 대형 실내다짐시험의 결과보다 최적함수비가 높고 최대건조단위중량이 낮게 나타났다. 이는 표준 실내다짐시험의 경우 19.0 mm (A, C, D 다짐시험 기준), 37.5 mm (B, E 다짐시험 기준) 이상의 재료를 제거하고 시험을 수행함으로써 토질변화에 따른 영향으로 판단된다.

Table 4. Physical properties of fill materials

Division		SGT-1	SGT-2	SGT-3	SGT-4	Mean
W _n (%)		3.3	3.7	3.5	4.2	3.7
Specific gravity		2.671	2.670	2.669	2.673	2.671
Atterberg Limits (%)	LL	NP	NP	NP	NP	
	PL	NP	NP	NP	NP	
	PI	NP	NP	NP	NP	
Grain size distribution finer than (%)	100.0 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	
	75.0 mm	90.5	93.3	91.2	92.9	
	53.0 mm	78.9	87.5	79.9	85.7	
	37.5 mm	58.2	74.5	68.2	72.9	
	26.5 mm	46.8	63.6	57.4	62.6	
	19.0 mm	39.2	57.8	50.2	53.3	
	9.5 mm	27.0	46.8	42.7	43.3	
	4.75 mm	21.2	37.6	36.4	34.4	
	2.00 mm	16.3	28.2	28.2	25.8	
	0.425 mm	9.6	15.0	14.9	13.3	
	0.075 mm	5.9	9.1	9.4	8.1	
	0.002 mm	-	-	-	-	
USCS		GP-GM	GW-GM	GW-GM	GW-GM	

Table 5. Compare of compaction test

Division	Standard Compaction Test		Estimate by General Formula	Large Scale Compaction Test	
	OMC (%)	ρ _d max (g/cm ³)	γ _d max (g/cm ³)	OMC (%)	γ _d max (g/cm ³)
SGT-1	5.6	2.223	2.43	4.6	2.269
SGT-2	5.9	2.204	2.41	5.1	2.258
SGT-3	6.0	2.196	2.38	5.2	2.276
SGT-4	5.7	2.211	2.34	5.1	2.281
Average	5.8	2.209	2.39	5.0	2.271

실내다짐시험과 현장밀도시험 비교

물치환 현장밀도시험(ASTM D 5030)은 현장에서 최대건조밀도를 구하기 위하여 SGT-1~4 지역에서 각 Case별로 3 회씩 수행하였다. Case 3에서 최대건조밀도에 도달한 것을 확인할 수 있었으며, 현장밀도시험을 통하여 획득된 최대건조밀도는 2.301~2.324 g/cm³의 범위를 나타내었다. 성토공사의 특성상 상대적으로 편차가 큰 성토재료를 사용하여, 장대한 부지에 균일한 품질을 확보하고 경제성까지 고려되어야 하므로, 실내다짐시험 및 현장다짐시험을 통하여 획득된 최대건조밀도는 시공관리에 있어서 대단히 중요한 인자이다. 공항의 활주로 부지조성공사 당시 다짐시험 결과를 토대로 제시된 다짐관리 기준(지지력 기준)과 미국연방공항공청(FAA) 다짐관리 기준(다짐도 기준)을 적용하였을 경우 4 개 지역 모두에서 다짐도 101.9~102.3%을 보였으며, 다짐

Table 6. compare of maximum dry density by test method

Site	Standard Compaction Test ρ_d max (g/cm ³)	Large Scale Compaction Test ρ_d max (g/cm ³)	Estimate by General Formula ρ_d max (g/cm ³)	Field Density Test ρ_d max (g/cm ³)	
SGT-1	2.223	2.269	2.43	2.314	2.322
				2.340	
				2.312	
SGT-2	2.204	2.258	2.41	2.283	2.301
				2.342	
				2.296	
SGT-3	2.196	2.276	2.38	2.313	2.329
				2.338	
				2.336	
SGT-4	2.211	2.281	2.34	2.331	2.324
				2.313	
				2.329	

관리 기준을 모두 만족하였다.

실내다짐시험과 현장다짐시험의 상관성을 분석하기 위하여 다짐관리 기준을 모두 만족한 Case 3의 현장밀도시험과 실내다짐시험(표준다짐시험, 대형다짐시험)에서 획득된 최대 건조밀도의 상관관계를 회귀분석으로 분석하였다(Table 6). 현장밀도시험과 표준다짐시험의 회귀분석 결과 유의수준(P-value) 0.05에서 신뢰할 수 없는 값을 나타내었으며, 상관계수(R) 역시 0.0282로 매우 낮은 값을 나타내었다(Fig. 6). 현장밀도시험과 대형다짐시험의 회귀분석 결과 유의수준(P-value) 0.05에서 유의하다고 할 수 있으며, 상관계수(R)는 0.8878로 상관관계가 높게 나타났다. 이는 대형실내다짐시험이 100 mm 이하의 토공 재료가 적용된 현장을 잘 반영하고 있음을 보여주는 것이며, 설계 및 시공 등에 대형 실내 다짐시험의 결과를 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다. Hsu와 Saxena (1991)의 식을 적용하여 골재혼입율을 고려하여 추정된 최대건조단위중량이 가장 크게 나타났으며, SGT-3, SGT-4에서는 현장시험의 값에 유사한 경향을 보이는 부분도 있으나 적용된 상수가 국내 토질에 적합한지에 대한 신뢰성 검토가 요구된다. 현장시험의 특성상 많은 비용이 소요되어 표본 수 4개로 분석하였으며, 표본 수가 더 증가된다면 보다 신뢰할만한 결과 값이 나올 것으로 판단된다.

이러한 결과는 토질에 따라 다짐의 특성이 달라지는 점이 원인일 것으로 판단된다. 본 논문에 사용된 표준 실내다짐시험에서는 E 다짐시험을 적용하여, 37.5 mm 이상의 입자를 제거하였다. 일반적으로 토질에 따라 다짐곡선은 다음과 같은 영향을 받는다. 첫째, 최적함수비와 최대건조중량이다. 조립토 일수록 최적함수비는 감소하고 최대건조중량은 증가한다. 둘째, 곡선의 형태에 영향을 받는다. 조립토 일수록 급경사를 나타내며 세립토 일수록 완경사를 나타낸다. 셋

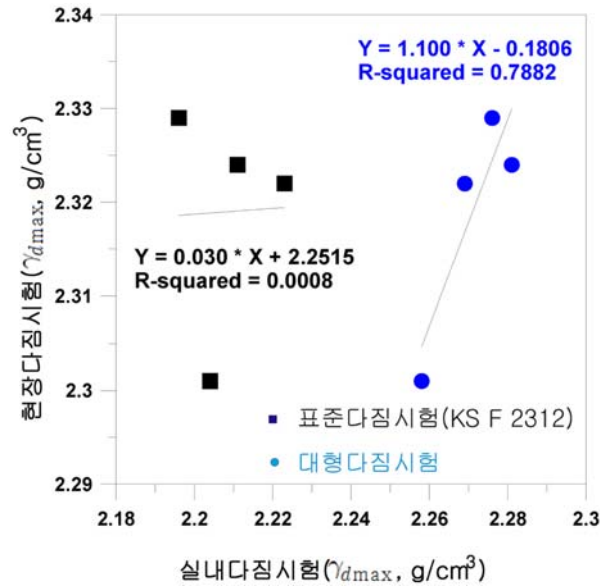


Fig. 6. Correlation of indoor compaction test versus field compaction test

째, 입도의 영향을 받는다. 조립토의 경우, 양입도인 경우 최대건조중량이 빈입도보다 크며, 세립토의 경우 소성이 증가할수록 최대건조중량이 감소하게 된다. 즉, 사용되는 흙의 입자 크기에 따라 최적함수비, 최대건조중량 및 다짐곡선의 형태 등이 달라지기 때문에 실제 현장에서 사용되는 재료와 차이가 발생하는 문제가 발생하게 되어 비교적 입자가 큰 재료인 과쇄암의 경우 표준 실내다짐시험 보다 대형 실내다짐시험의 결과가 더 현장에 적합 할 것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 100 mm 이하의 성토재료를 사용한 현장에서 실내다짐시험(표준 및 대형) 결과의 신뢰성을 분석하기 위하여 표준다짐시험, 대형다짐시험 및 현장 다짐(Case 1~3)을 통한 물치환 현장밀도시험을 수행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 표준다짐시험(KS F 2312) 보다 대형다짐시험의 최대 건조단위중량이 높고, 최적함수비가 낮게 나타났다. 이는 성토재료에 포함된 다량의 37.5 mm 이상 100 mm 이하 조립 골재에 의해 발생하는 것으로 판단된다.
2. 현장밀도시험과 표준 실내다짐시험의 회귀분석 결과 상관계수(R)는 0.0282로 매우 낮은 값을 나타내었으며, 현장 밀도시험과 대형 실내다짐시험의 회귀분석 결과는 상관계수(R)는 0.8878로 상관관계가 높게 나타났다. 이는 대형실내다짐시험이 100 mm 이하의 토공 재료가 적용된 현장을 잘 반영하고 있음을 보여주는 것이며, 설계 및 시공 등에 대형 실내 다짐시험의 결과를 적용하는 것이 바람직하다고 판단 된다.

3. 우리나라 국토교통부에서는 말파압, 재생골재, 선별토사 및 산업부산물 등의 다양한 성토재료를 활용할 수 있도록 하고 있으며, 각 현장에서 현장의 특성을 반영하여 기준을 만족하는 범위에서 현장관리기준을 적용할 수 있도록 하고 있다. 암성토 재료($\phi 100$ mm 이하)의 다짐시공 시 품질관리를 위해서는 실내다짐시험 중 대형다짐시험이 보다 현장 여건을 충실히 반영하는 것으로 판단되며, 이에 따라 경제성을 확보 및 전체적으로 균질한 품질의 시공이 기대되는 장점이 있을 것으로 판단된다.

References

- FAA, 1995, Airport pavement design and evaluation, FAA AC 150/5320-6D
- Ham, T. G., 2007, An experimental study on compaction characteristics of gravel-mixed decomposed granite soil, Journal of the Korean Geotechnical Society, 23(11), 59-66 (In Korean with English abstract).
- Hsu, T. S. and Saxena, S.K. (1991), A general formula for determining density of compacted soils with oversize particles, Soils and Foundations, 31(3), 91-96.
- Kim, D. S., Park, S. Y., Song, J. W., Kim, S. I., and Song, J. J., 2009, A Study on the compaction characteristics of crushed rock-soil mixture for railway subgrade, Journal of the Korean Society for Railway, 12(2), 183-189 (In Korean with English abstract).
- K-water, 2001, A study on the shear strength characteristics of dams using large triaxial tests, Report of K-water, 3-22 (In Korean).
- Song, J. W., Song, J. J., Kim, D. S., and Park, Y. S., 2008, Experimental study on the compaction characteristics of rock fill for railway, 2008 Conference on the Korean Society for Railway, Seoul, 147-156 (In Korean).
- 정재형**
한국건설기술연구원 지반연구소
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283
Tel: 031-910-0378
Fax: 031-910-0211
E-mail: jjhcivil@kict.re.kr
- 류상훈**
한국건설기술연구원 국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283
Tel: 031-910-0444
Fax: 031-910-729
E-mail: rsh80@kict.re.kr
- 최동엽**
인천국제공항공사 계류장시설팀
22382 인천시 중구 공항로 424번길 47
Tel: 031-741-5251
Fax: 031-741-2210
E-mail: dychoi12@naver.com
- 박광식**
인천국제공항공사 계류장시설팀
22382 인천시 중구 공항로 424번길 47
Tel: 031-741-5787
Fax: 031-741-2210
E-mail: ccess0318@naver.com
- 황성필**
한국건설기술연구원 지반연구소
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283
Tel: 031-910-0774
Fax: 031-910-0211
E-mail: hsp@kict.re.kr