

입도조정기층 재료의 공학적 특성 평가 및 경험적 상관모형 개발

Evaluation of Engineering Characteristics of Aggregate Base Materials and Developing the Empirical Correlation Model

권 기 철	Kweon Gi-Chul	정희원 · 동의대학교 토목공학과 교수 (E-mail : gckweon@deu.ac.kr)
이 승 준	Lee Seung-Jun	정희원 · (주)삼영기술 주임 (E-mail : uridurie@nate.com)
이 응 세	Lee Ung-Se	정희원 · (주)서영엔지니어링 부사장 (E-mail : oslee@seoyeong.co.kr)

ABSTRACT

To evaluate the engineering characteristics of aggregate base materials, cyclic triaxial, CBR and permeability tests were performed for 15 samples. The CBR values of aggregate base materials have wide range from 32 to 110(average 81) and the amount of swelling in submerged conditions has below 0.04mm. The Modulus of aggregate base materials were significantly affected by volumetric stress, linear volumetric model was best for fitting. The modulus of aggregate base materials were determined within range of 100MPa~600MPa, 80~270 and 0.1~0.6 for model coefficient k_1 and k_2 respectively. The empirical correlation model was suggested that prediction the modulus from the basic properties obtained from particle size distribution test and compaction test. The coefficient of determination of the proposed correlation model was 0.423 for model coefficient k_1 , 0.920 for model coefficient k_2 and 0.872 for modulus with stress level.

KEYWORDS

aggregate base, crushed aggregate, modulus, correlation model, deformational characteristics

요지

입도조정기층 재료의 역학적 특성평가를 위하여 15개 시료에 대해 반복재하 삼축압축시험, CBR 시험, 투수계수시험을 수행하였다. 입도조정기층 재료의 CBR 값은 32~110 범위(평균 81)에서 매우 폭넓게 결정되었으며, 수침조건에서 팽창량은 0.04mm 이하로 나타났다. 입도조정기층 재료의 탄성계수는 체적응력의 영향을 매우 크게 받았으며 선형체적응력모델의 적용성이 가장 뛰어남을 확인하였다. 입도조정기층 재료의 탄성계수는 100MPa~600MPa, 모델계수 k_1 은 80~270, 모델계수 k_2 는 0.1~0.6 사이에서 결정되었다. 체가름시험과 다짐시험에서 결정된 지수물성치로부터 입도조정기층 재료의 탄성계수를 결정하는 경험모형을 제안하였다. 제안된 경험모형의 결정계수는 모델계수 k_1 결정에 있어서는 0.423, 모델계수 k_2 결정에 있어서는 0.920, 응력단계별 탄성계수 결정에 있어서는 0.872로 평가되었다.

핵심용어

입도조정기층, 쇄석골재, 탄성계수, 상관모형, 변형특성

1. 서론

현재 국내에서 적용되는 관련 시방서(도로설계기준 및 도로설계편람 등)에서는 아스팔트 포장에 있어서 입도조정, 시멘트 안정처리(WB), 역청안정처리(BB), 침투식 공법 등 다양한 기

층 재료를 포함하고 있다(건설교통부, 2000; 건설교통부, 2005; 한국도로공사, 2005). 새로운 기층재료의 개발에 대한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다(강성철 등, 2005; 이승우 등, 2004). 그러나 현재 국내에서는 도로의 종류에 무관하

게 대부분의 경우 역청안정처리기층(BB)이 아스팔트 포장의 기층으로 사용되고 있어 경제적이고 합리적인 설계가 되지 못하고 있다(국토해양부, 2009; 권기철 등, 2009).

다양한 포장조건에 따른 합리적인 포장 단면설계를 위해서는 입도조정기층의 활용 필요성이 크다. 많은 외국에서 입도조정기층(입상 쇄석기층)을 활발하게 적용하여 경제적인 포장 단면설계를 수행하고 있다(AASHTO, 2002; Memphis DOT, 2005; NH DOT, 2006; Wisconsin DOT, 2008). 국내에서는 입도조정기층 재료에 대한 물성정량화에 관한 연구가 미약하여 보다 활발한 적용의 장애요인이 되고 있다.

한국형 포장설계법은 경험적-역학적 포장설계법을 기반으로 개발되고 있어서, 경험적 방법에 기초한 입도조정기층 재료에 대한 물성 기준을 직접적으로 적용하기 곤란하다(국토해양부, 2009). 따라서 한국형 포장설계법에서 입도조정기층을 합리적으로 적용하기 위해서는 탄성계수를 중심으로 한 변형특성 규명이 매우 중요하다.

본 논문에서는 15종의 입도조정기층에 대한 다양한 시험을 통하여, 국내 입도조정기층 재료의 공학적 특성을 평가하였다. 이를 통하여 입도조정기층 재료에 대한 역학적 포장설계법의 구성모델 및 탄성계수 결정 경험모형을 제시하였다.

2. 시험시료 및 시험절차

국내에서는 입도조정기층을 매우 제한적으로 사용하고 있어서, 실제 현장에서 사용하고 있는 입도조정기층 재료를 채취할 수 없었다. 본 연구에서는 입도조정기층 재료의 골재원에 관한 시방기준에 합당한 3종의 쇄석골재를 사용하였다. 양산지역에서 채취된 골재원의 기초물성 특성을 표 1에 나타내었다.

입도조정기층 재료에 대한 시방기준은 마모율과 안정성에 대해 규정하고 있다. 표 1에 나타난 바와 같이 시방기준을 만족시키는 골재를 대상으로 하였다. 나머지 골재원의 기초물성 특성 또한 시방기준에 합당한 것이었으며, 골재원의 특성 차이는 크지 않았다.

표 1. 시험에 사용된 입도조정기층 골재원의 기초물성 (양산골재, 골재원 1)

구분	시방기준	입도 크기별 골재원 (양산골재, 골재원 1)					
		40mm	25mm	20mm	13mm	5mm	석분
조립율(%)	-	7.88	7.56	6.95	6.20	3.50	3.46
마모율(%)	40 이하	11.2	10.2	9.4	9.0	-	-
흡수율(%)	-	0.52	0.71	0.66	0.79	1.36	1.37
단위 용적질량(kg/L)	-	1.53	1.52	1.52	1.52	1.36	1.62
안정성(%)	20 이하	3.8	3.8	3.7	3.6	3.1	3.3
편장석률(%)	-	9.3	9.6	6.8	6.3	-	-

각각의 골재원에 대하여 시방입도 범위에서 다양한 입도분포를 갖도록 합성하여 입도조정기층 재료를 조제하였다. 사진 1

은 각각의 골재를 시방입도범위에 적합하도록 입도 조정된 시료를 나타내고 있다.



사진 1. 시험에 사용된 입도조정 쇄석골재

입도조정기층 재료의 입도분포는 그림 1과 같이, 시방에서 제안하는 입도범위의 상한계, 하한계, 중앙입도를 포함한 7종의 입도분포를 선정하였다. 골재원 1에 대해서는 모든 입도분포를, 골재원 2에 대해서는 5종의 입도분포를, 골재원 3에 대해서는 3종류의 입도분포에 대한 입도조정기층 재료를 조제하여 시험하였다.

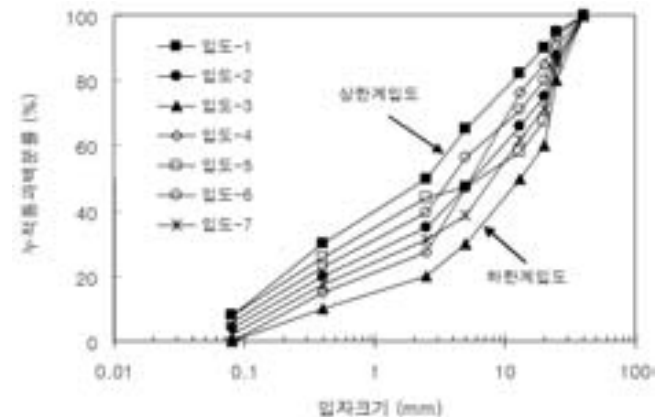


그림 1. 시험에 적용된 입도조정기층 재료의 입도분포

시험에 사용된 15종의 입도조정기층재료의 기초적 특성을 표 2에 정리하였다. 모든 입도조정기층은 AASHTO 분류로 A-1-a에 해당하였으며, 통일분류로는 SP, GW, GP에 해당하였다. 다짐시험은 KS F 2312의 E 다짐시험법을 적용하였다. 시편은 한국형 포장설계법에서 입상보조기층 재료에 대하여 적용하는 것과 동일하게 봉다짐으로 성형하였다(권기철 등, 2007; 국토해양부, 2009). 탄성계수 결정을 위한 삼축압축시험의 시편의 함수비는 다짐시험에서 결정된 최적함수비, 건조단위중량은 최대건조단위중량의 95% 조건이 되도록 하였다. 본 논문에서는 기초물성 특성 평가를 위하여, 골재특성시험, 입도시험, 다짐시험을 수행하였고, 역학적 특성 평가를 위하여

CBR시험, 투수계수시험, 정적반복재하 삼축압축시험을 수행하였다. 입도시험은 KS F 2502, 다짐시험은 KS F 2312, CBR 시험은 KS F 2320, 투수시험은 KS F 3233을 적용하였다. 탄성계수결정을 위한 정적반복재하 삼축압축시험은 한국형 포장설계법에서 입상 보조기층 재료에 대하여 적용하는 시험법과 동일한 방법을 적용하였다. 정적반복재하 삼축압축시험의 세부적인 시험장치 및 시험절차에 대해서는 (국토해양부, 2009; Kim 등 2002)에 상세히 서술되어 있다.

표 2. 입도조정기층 재료의 시편성형 조건

구 분	입도특성				다짐특성		시편조건 (삼축압축시험)		
	#4 통과율 (%)	#200 통과율 (%)	곡률 계수 C_c	균등 계수 C_u	OMC (%)	γ_{max} (t/m^3)	함수비 (%)	다짐도 (%)	
골재원 1	1-1	64	8	0.8	50	2.7	2.28	2.8	95.4
	1-2	50	4	5.0	125	3.8	2.29	3.8	95.8
	1-3	30	0	15.6	250	3.1	2.21	3.1	95.1
	1-4	46	0	26.7	94	3.0	2.19	3.1	95.7
	1-5	46	8	0.9	175	3.4	2.21	3.8	95.6
	1-6	56	6	0.9	46	8.7	2.33	7.6	95.9
	1-7	39	2	2.1	72	7.1	2.27	6.8	94.0
골재원 2	2-1	64	8	0.8	50	4.5	2.18	4.2	96.0
	2-2	50	4	5.0	125	3.4	2.20	4.1	95.9
	2-3	30	0	15.6	250	5.3	2.16	5.1	94.0
	2-4	46	0	26.7	94	3.6	2.11	4.3	95.6
	2-5	46	8	0.9	175	3.8	2.17	3.7	95.8
골재원 3	3-1	64	8	0.8	50	6.1	2.25	5.8	95.0
	3-2	50	4	5.0	125	7.6	2.37	7.3	93.4
	3-7	39	2	2.1	72	6.4	2.20	6.8	95.3

3. 쇄석기층 재료의 역학적 특성 및 구성모델

관입저항치를 결정하는 CBR 값은 32~110 범위(평균 81)에서 매우 폭넓게 결정되었다. 본 연구에서 적용된 입도조정기층 재료의 평균적인 CBR 값은 입상보조기층의 품질기준(CBR 30 이상)보다 월등히 크게 나타났고, 입도조정기층의 품질기준(CBR 80 이상)을 평균적으로는 만족하는 것으로 나타났다. 따라서, 평균적 관점에서, CBR을 입력물성치로 적용하는 설계법을 적용하는 경우에는 설계 CBR을 80으로 적용하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 국내의 노상토 및 입상보조기층 재료의 경우 탄성계수와 CBR 값의 신뢰성있는 상관관계가 없음이 보고되고 있다(권기철 등, 2000). 본 연구의 입도조정기층의 경우에서도 CBR 값과 탄성계수의 연관성은 발견할 수 없었다.

입도조정기층 재료에 대한 팽창시험 결과, 4일 수침조건에서의 팽창량은 0.04mm 이하로 매우 작게 평가되었으며 대부분

의 팽창은 수침 후 2시간 이내에 발생하였다. 이러한 특성은 입상재료의 전형적인 결과로 수침조건에서 매우 안정적인 거동특성을 보임을 나타내는 것이다. 즉, 입도조정기층 재료에 대한 수분영향은 없는 것으로 나타났다.

실내시험(강성벽형 정수두 및 변수두 투수시험)에서 결정된 입도조정기층 재료의 투수계수는 $2.44 \times 10^{-6} \sim 2.69 \times 10^{-4}$ (cm/sec)로 나타났다. 이러한 투수계수는 예상 보다 작은 것으로 향후 실제 현장의 투수계수와 실내시험의 차이 등에 대한 보다 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 한편, 2002 AASHTO 에서는 배수성 기층으로서 기능수행을 위해서는 투수계수가 1000ft/day(3.53×10^{-1} cm/sec) 이상을 요구하고 있으며, 이러한 관점에서 보면 기존의 입상 보조기층 재료는 배수기층으로서의 역할 수행을 기대하기 힘들 것으로 예상된다.

그림 2는 입도조정기층 재료의 반복재하 삼축압축시험에서 결정된 구속응력 단계별 응력-변형률 곡선 일례를 나타낸 것이다. 입도조정 기층 재료의 경우에는 축차응력이 증가하면서 탄성계수가 증가하는 응력경화(stress hardening)의 경향이 뚜렷하게 나타나고 있다. 전체적으로는, 국내의 입상보조기층의 경우와 매우 유사하게 결정됨을 확인할 수 있다.

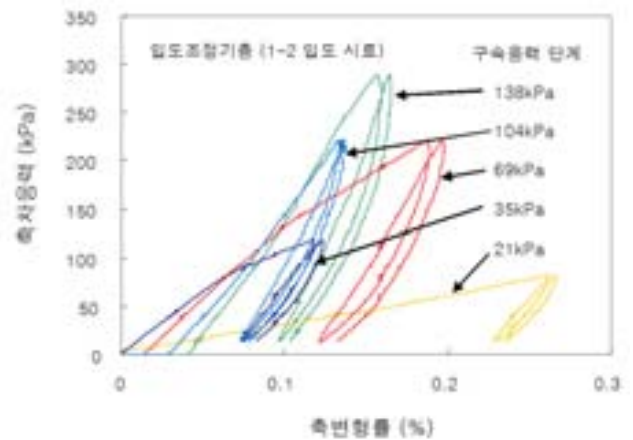
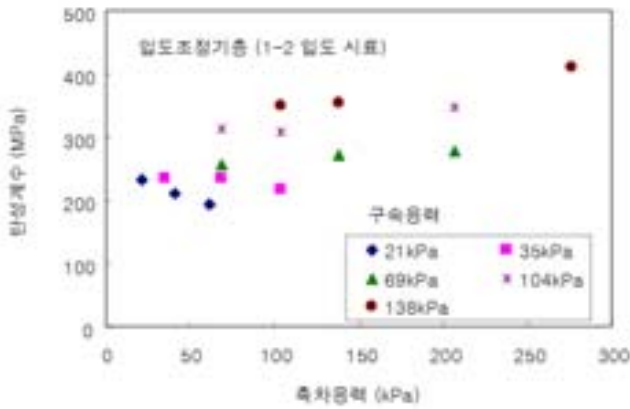
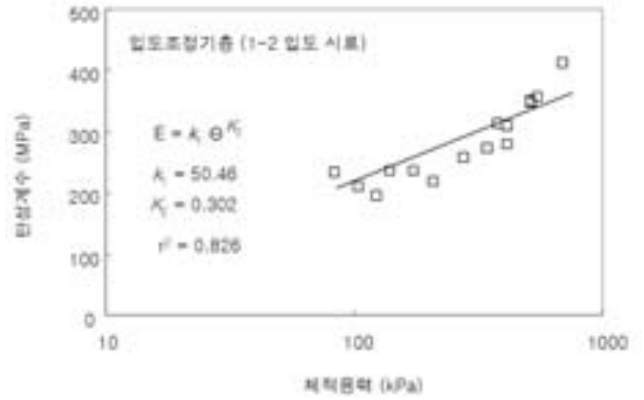


그림 2. 입도조정기층 재료의 응력-변형률 관계 (1-2 입도시료)

그림 3은 입도조정 기층 재료의 축차응력 및 체적응력에 따른 탄성계수 변화 일례를 나타낸 것이다. 그림 3(a)를 살펴보면 낮은 구속응력 단계에서는 축차응력이 증가하면서 탄성계수가 감소하고 높은 구속응력 단계에서는 축차응력의 증가에 따라서 탄성계수가 증가하는 경향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 낮은 구속응력단계에서는 구속응력의 영향보다는 축차응력의 영향이 보다 크게 작용한 결과로 판단된다. 체적응력에 따른 탄성계수의 변화(그림 3(b))는 매우 좋은 선형의 상관성을 보이고 있음을 알 수 있어, 입도조정기층의 탄성계수는 체적응력의 영향을 크게 받고 있음을 확인할 수 있다.

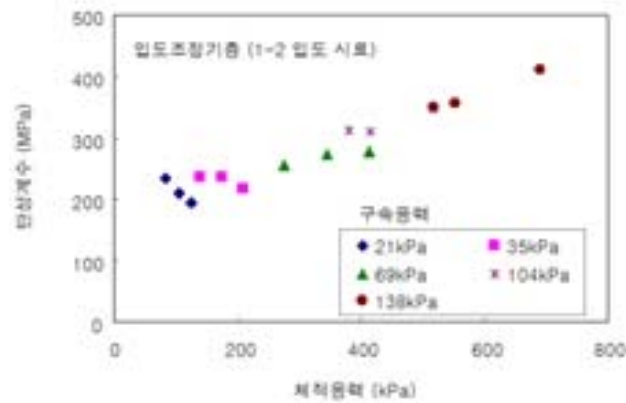


(a) 축차응력에 따른 탄성계수 변화



(b) 대수영역

그림 4. 쇄석기층 재료의 체적응력에 따른 탄성계수 변화



(b) 체적응력에 따른 탄성계수 변화

그림 3. 입도조정기층 재료의 응력조건에 따른 탄성계수 변화 일레(1-2 시료)

그림 4는 체적응력에 따른 탄성계수의 변화를 나타낸 것이며, 동일한 시험결과를 선형영역(그림 4(a))과 대수영역(그림 4(b))에서 표현한 것이다. 일반적으로 체적응력의 영향은 대수함수로 모델하는 것이 일반적이다. 그러나 포장 공용하중 범위에서는 대수함수 보다 식 (1)과 같은 선형함수의 적용성이 더욱 우수한 것으로 나타나 한국형 포장설계법에서 입상보조기층 재료의 구성모델로 채택하고 있다(국토해양부, 2009).

$$E = k_1 + k_2 \cdot \theta \quad (1)$$

여기서, E = 탄성계수(MPa)

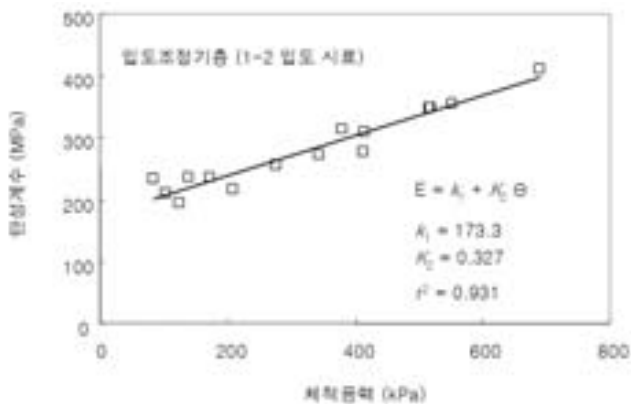
θ = 체적응력 (= $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$) (kPa)

k_1, k_2 = 모델계수

본 연구에서 수행된 모든 입도조정기층 재료에 대한 응력단계에 따른 탄성계수의 변화를 선형체적응력모델, 대수체적응력모델, 그리고 체적응력과 축차응력을 동시에 고려한 모델(Uzan 모델)을 적용하여 모델계수와 결정계수를 표 3에 정리하였다. 그림 4 및 표 3에 나타난 바와 같이 입도조정기층의 경우에는 식 (1)과 같은 선형함수의 적용성이 가장 우수한 것으로 나타났다. Uzan 모델의 경우에 결정계수가 선형모델에 비하여 미소하게 크지만 축차응력의 미소한 영향을 추가적으로 고려해야하는 단점이 있다. 식 (1)의 구성모델은 한국형 포장설계법에서 입상보조기층 재료에 대해서 적용하는 것과 동일하다.

표 3. 입도조정기층 재료의 구성모델 모델계수 및 결정계수

구분	$E = k_1 + k_2 \theta$			$E = k_1 \cdot \theta^{k_2}$			$E = k_1 \cdot \theta^{k_2} \cdot \sigma^{k_3}$				
	k_1	k_2	γ^2	k_1	k_2	γ^2	k_1	k_2	k_3	γ^2	
골재원 1	1-1	151.7	0.521	0.95	24.42	0.45	0.90	143.9	0.85	-0.0009	0.95
	1-2	176.2	0.314	0.91	50.46	0.30	0.83	195.7	0.15	0.0002	0.95
	1-3	168.2	0.583	0.97	27.43	0.45	0.93	170.8	0.56	0.00003	0.97
	1-4	229.5	0.471	0.86	53.52	0.35	0.84	194.4	0.74	-0.0004	0.88
	1-5	185.9	0.404	0.88	39.07	0.37	0.91	149.5	0.68	-0.00004	0.91
	1-6	92.3	0.207	0.71	24.84	0.33	0.62	99.4	0.15	0.00008	0.71
	1-7	194.6	0.302	0.43	60.53	0.28	0.41	162.2	0.55	-0.00004	0.45
골재원 2	2-1	186.4	0.329	0.83	53.24	0.30	0.75	179.5	0.38	-0.00007	0.83
	2-2	207.7	0.232	0.72	78.19	0.23	0.70	188.8	0.38	-0.0002	0.74
	2-3	260.4	0.33	0.62	102.0	0.23	0.47	273.8	0.23	0.0001	0.62



(a) 선형영역

<그림 계속>

<표 계속>

골재원	입도분포	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수	탄성계수
2-4	87.7	0.382	0.94	11.31	0.51	0.92	78.7	0.45	-0.0001	0.94	
	184.2	0.438	0.81	35.93	0.39	0.84	135.4	0.82	-0.0005	0.84	
3-1	130.8	0.261	0.87	28.68	0.36	0.89	102.2	0.48	-0.0003	0.90	
	122.6	0.265	0.82	29.15	0.35	0.78	113.1	0.34	-0.00001	0.83	
3	171.9	0.213	0.75	52.55	0.27	0.85	133.1	0.51	-0.0004	0.83	
평균	170.0	0.34	0.80	44.75	0.34	0.78	154.7	0.48	-0.0002	0.82	

그림 5는 본 연구에서 적용한 입도분포 및 골재원에 따른 모 든(15종) 시료의 체적응력에 따른 탄성계수 변화를 나타낸 것이다. 한국형 포장설계법 연구에서, 국내 입상보조기층 재료의 탄성계수는 개략적으로 50MPa~400MPa 범위에 존재하는 것으로 보고되고 있으며(국토해양부, 2009), 본 연구에서 시험한 입도조정기층 재료의 탄성계수는 100MPa~600MPa 범위로 확인되었다. 그림 5에 나타난 바와 같이 동일한 입도조정 기층 재료에 있어서도 경험하는 공용하중 범위에서 200MPa 이상 탄성계수가 변화한다. 따라서 하나의 탄성계수 값을 사용하여 포장 구조해석을 수행하는 경우에는 쇄석기층 재료가 경험하는 대표적인 응력조건을 결정하는 것이 매우 중요함을 확 인할 수 있다.

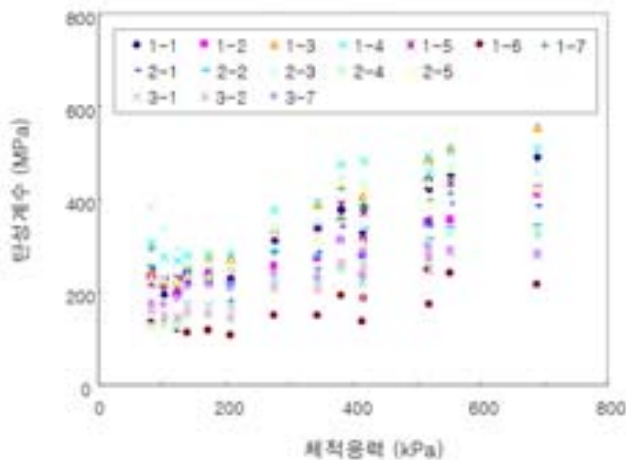


그림 5. 입도분포에 따른 입도조정기층 재료의 탄성계수 변화

그림 5 및 표 3의 결과로부터 국내 입도조정기층 재료의 탄 성계수 범위, 선형체적응력모델에서 모델계수 k_1 범위, 모델계 수 k_2 범위를 결정하면 표 4와 같았다.

표 4. 입도조정기층 재료의 탄성계수, k_1 계수, k_2 계수의 범위

구 분	범 위
탄성계수 (MPa)	$100 \leq E \leq 600$
k_1 계수	$80 \leq k_1 \leq 270$
k_2 계수	$0.1 \leq k_2 \leq 0.6$

4. 입도조정기층 재료의 설계입력변수 결정 경험모형

역학적-경험적 포장설계법에서 포장 하부구조재료의 기본 입력물성치 중 가장 핵심 입력변수는 탄성계수를 중심으로 한 변형특성과 관련한 것이다. 정적반복재하식 삼축압축시험을 이 용한 탄성계수 결정 기법은 한국형 포장설계법에서 하부구조 재료의 설계입력변수 결정의 기본 시험으로 채택하고 있다. 그 러나 이러한 대체 M_R 시험법의 경우에도 시험수행에 다른 일 정한 노력을 필요로 하여, 중요도가 상대적으로 작은 도로 포 장의 설계에 있어서는 실제적인 적용성이 떨어진다. 따라서 보 다 간편한 방법으로 설계 회복탄성계수를 결정하기 위하여 입 도분포, 다짐특성, 연경도 특성과 같은 기초적인 시험결과로부 터 설계 회복탄성계수를 결정하는 다양한 경험모형이 개발되어 있다(kim 등, 2001).

입도조정기층 재료의 탄성계수는 응력의존적인 물성치로서, 응력의존 구성모델을 사용하여 설계 회복탄성계수를 표현한다. 따라서 경험모형은 응력의존 구성모델의 모델계수를 기초물성 치로부터 추정하는 경험모형의 형태로 개발되어야 한다.

경험모형 개발을 위한 다중회귀분석의 회귀 독립변수(기초 물성치는)는 OMC, 최대건조단위중량, 균등계수, 곡률계수, 50% 통과율 입자크기(D50), 95% 통과율 입자크기(D95), #200체 통과율(P200), #4체 통과율(P4) 등 모두 8개로 선정 하였다. 다중회귀분석에서 변수의 선택에 따른 F값, 결정계수 및 각 변수의 P-값을 검토하여, 각 변수의 독립변수로서의 유효성을 판단하였으며, 모든 변수가 독립변수로서 일정한 유효 성을 가지고 있음을 확인하였다.

최종적으로 식 (2)와 같이 지수물성치로부터 구성모델 모델 계수를 결정하는 경험모형을 다중회귀분석을 통하여 결정하였 다. 경험모형의 안정성 확보를 위하여 각 계수 및 최종적으로 결정되는 탄성계수의 범위를 제한하였다.

$$k_1 = 11680.1 - 137.0(MDEN) - 6.4(OMC) - 65.4(C_c) + 14.0(C_u) - 412.8(D50) - 133.0(D95) - 81.7(P200) - 110.8(P4) \quad (2(a))$$

$$k_2 = 5.1045 + 1.2414(MDEN) - 0.0535(C_c) + 0.008(C_u) - 0.2208(D50) - 0.0947(D95) - 0.0769(P4) \quad (2(b))$$

여기서, $MDEN$ =최대건조단위중량 (t/m^3)

OMC =최적함수비(%)

C_c =곡률계수

C_u =균등계수

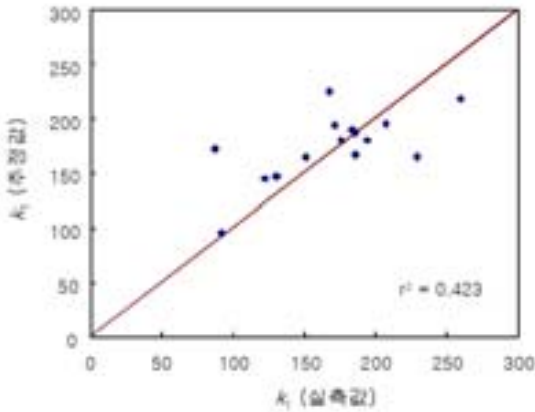
$P4$ =#4체 통과율(%)

$P200$ =#200체 통과율(%)

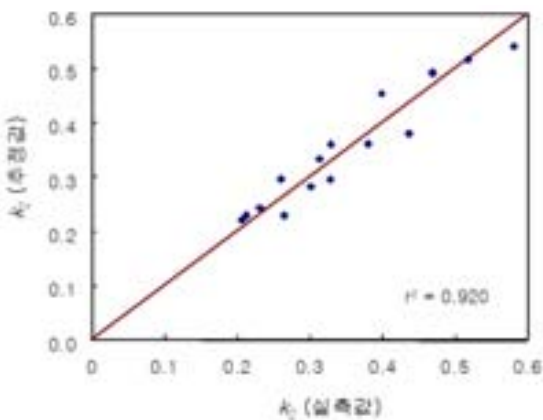
$D50$ =50% 통과율에 해당하는 입경(mm)

$D95$ =95% 통과율에 해당하는 입경(mm)

식 (2)와 같이 제안된 경험모형을 적용하여 결정된 선형체적응력모델의 모델계수와 실제 측정된 모델계수를 비교하여 그림 6에 나타내었다. 모델계수 k_1 결정에 있어서는 0.423, 모델계수 k_2 결정에 있어서는 0.920의 결정계수를 나타내고 있다. 경험모형 결정에 사용된 데이터의 수(15개 시료)가 다소 부족하고, 경험모형이 개발된 자료에 대하여 비교하는 한계는 있지만, 개발된 경험모형이 비교적 잘 모델계수를 추정하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 체적응력의 탄성계수에 대한 영향을 나타내는 모델계수 k_2 는 매우 신뢰성있게 결정하고 있음을 알 수 있다.



(a) 모델계수 k_1 추정의 적합성



(b) 모델계수 k_2 추정의 적합성

그림 6. 제안된 경험모형을 적용한 모델계수 추정

식 (2)와 같이 제안된 경험모형을 적용하여 결정된 모델계수를 사용하여 예측된 탄성계수와 실제 측정된 탄성계수를 비교하여 그림 7에 나타내었다. 그림 7은 시험에 사용된 15개 시료를 모두 포함한 것이다. 추정된 탄성계수의 결정계수는 0.872로 매우 의미 있는 값을 나타내고 있다. 이러한 결과로부터 식 (2)와 같이 제안된 체가름시험과 다짐시험에서 결정된 지수물성치로부터 입도조정기층 재료의 탄성계수를 결정하는 경험모형의 신뢰성을 확인하였다.

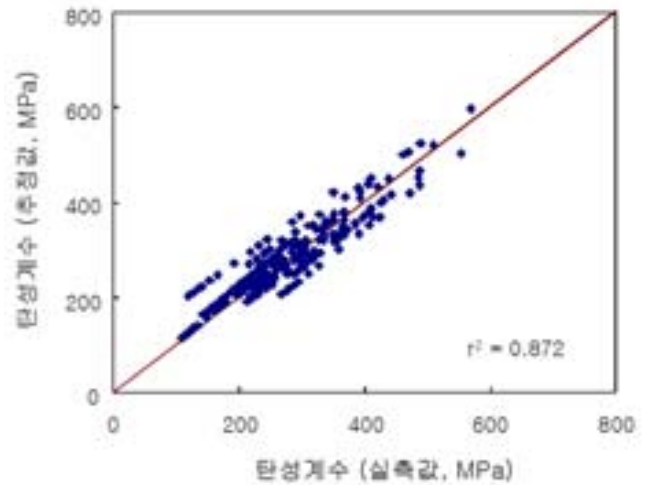


그림 7. 경험모형에서 결정된 탄성계수와 실측된 탄성계수 비교

5. 결론

본 연구에서는 15종의 입도조정기층 재료에 대한 시험을 통하여 공학적 특성을 평가하고, 탄성계수에 대한 구성모델 및 경험적 상관모형을 제안하였다. 세부적인 결론은 아래와 같다.

1. 관입저항치를 결정하는 CBR 값은 32~110 범위(평균 81)에서 매우 폭넓게 결정되었다. 팽창시험 결과, 4일 침 조건에서의 팽창량은 0.04mm 이하로 매우 작게 평가되었으며 대부분의 팽창은 수침 후 2시간 이내에 발생하였다. 이러한 특성은 입수재료의 전형적인 결과로 수침조건에서 매우 안정적인 거동특성을 보임을 확인하였다.
2. 입도조정 기층 재료의 경우에는 체적응력 및 축차응력이 증가하면서 탄성계수가 증가하는 응력경화(stress hardening)의 경향이 뚜렷하게 나타났다. 입도조정기층 재료의 응력-변형률 곡선의 특성은 입상보조기층의 경우와 매우 유사하게 결정되었다.
3. 입도조정기층 재료의 탄성계수는 체적응력에 매우 큰 영향을 받고 있음을 확인하였다. 포장 공용하중 범위에서는 대수함수 보다 선형함수(식 (1))의 적용성이 가장 우수한 것으로 나타났다.
4. 본 연구에서 시험한 입도조정기층 재료의 탄성계수는 100MPa~600MPa 범위에서 결정되었으며, 모델계수 k_1 은 80~270, 모델계수 k_2 는 0.1~0.6 사이에서 결정되었다.
5. 체가름시험과 다짐시험에서 결정된 지수물성치로부터 입도조정기층 재료의 탄성계수를 결정하는 경험모형을 식 (2)와 같이 제안하였다. 모델계수 k_1 결정에 있어서는 0.423, 모델계수 k_2 결정에 있어서는 0.920의 결정계수

를 나타내었으며, 최종적인 탄성계수 결정에 있어서는 0.872로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과제 2009AA149(순환골재의 도로포장 적용성 평가)의 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사를 드립니다.

참고 문헌

강성철, 이강원, 조윤희 (2005), “반사균열을 억제한 시멘트 안정처리 기층 재료개발” 한국도로학회논문집, 제7권 2호, pp. 33-43.

건설교통부 (2000), “도로설계편람”

건설교통부 (2005), “도로설계기준”, 한국도로교통협회

국토해양부 (2009), “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구: 설계입력변수 정량화, 쇄석기층 물성정량화” KPRP-109.

권기철, 김동수 (2000), “현장공진주시험을 이용한 보조기층 재료의 대체 MR 시험법”, 한국도로포장공학회논문집, 제2권, 제2호, pp. 149-161.

권기철, 황창일 (2007), “시편 성형기법에 따른 국내 다짐 노상토의 변형특성” 한국도로학회논문집, 제9권, 제4호, pp. 55-63.

권기철, 최준성, 이승준 (2009), “쇄석기층 적용에 따른 시공기준 분석” 동의대학교 산업기술연구지 제23권, pp. 5-10.

이승우, 전범준, 김종원 (2004), “저수축 시멘트 안정처리 기층의 특성분석” 한국도로학회논문집, 제6권 2호, pp. 61-70.

한국도로공사 (2005), “고속도로공사 전문시방서 토목편 (제 8장 동상방지층 보조기층 기층공사)”.

AASHTO (2002), “AASHTO Guide for Design of New and Rehabilitated Pavement Structures”, AASHTO, Washington D.C.

Kim, D. S., Kweon, G. C. and Lee, K. H. (2001), “Alternative Method of Determining Resilient Modulus of Subgrade Soils Using Static Triaxial Test”, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol 38, No. 1, pp. 107-116.

Memphis DOT (2005), “Standard construction specification 2005”, Memphis DOT, (<http://www.memphistn.gov>)

NH DOT (2006), “Standard construction specification Division 300 2006”, NH DOT, (www.nh.gov)

Wisconsin DOT (2008), “Standard construction specification 2008”, Wisconsin DOT, (www.dot.state.wi.us)

접 수 일 : 2010. 3. 17
심 사 일 : 2010. 3. 24
심사완료일 : 2010. 5. 12