

농촌도로 노상토 재료의 공학적 특성과 CBR값의 관계 분석

Correlation Analysis Between Geotechnical Properties and CBR Values of Subgrade Materials in Rural Road Construction

손 태 균* · 권 무 남**
Son, Tae Gyun · Kwon, Moo Nam

Summary

This study was conducted to evaluate the relationships between the geotechnical properties and the CBR values of the subgrade materials used in the rural road construction. A total of 77 soil samples was investigated and tested from 45 agricultural and industrial sites in Kyungpook Province. The results obtained are as follows :

1. The maximum dry densities of the coarse grained soils are larger than those of the fine grained soils. The optimum moisture contents of the coarse grained soils are smaller than those of the fine grained soils.

2. The mean values of the modified CBR values of the soils classified by the USCS, are decreased in the order of GP-GM, SW-SM, GM, SC, SP-SM, ML, CL-ML. And, those classified by the AASHTO are decreased in the order of A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-3, A-4, A-6, A-7-6.

3. As passing percentage of No. 200 sieve is increased, the CBR Value of soils is decreased gradually.

4. As the optimum moisture contents of the soil is increased, the CBR values is decreased the maximum dry density of the soils increased, the CBR values increased.

5. The CBR values are decreased as Group-Index(GI) are increased. And Activity(A) is showed no relation with the CBR values.

6. The relation ships between the modified CBR value and standand proctor compaction CBR value at 95% compaction ratio can be expressed as the following equation : $Y(\text{CBR}_{\text{mod}}) = 2.3638 + 0.8922X(\text{CBR}_{25})$.

* 농어촌진흥공사 경상북도지사

키워드 : CBR, 수정CBR, 노상토, 군지수, 활성도

** 경북대학교 농과대학

I. 서 론

우리나라의 농촌개발사업은 농업용수개발, 경지정리, 배수개선, 개간, 간척, 유희지 개발 등을 대상으로한 농업생산기반 조성사업이 주로 시행되었다.

그리고 농촌의 농외소득 증대를 위하여 농공단지 및 농어촌 정주를 위한 생활환경 개선사업을 추진하고 있다.

이러한 사업을 추진하는 과정에서 농촌 도로는 주민의 생활 및 생산 활동에 필요한 기능을 제공하는 동시에 농산물의 원활한 유통 및 생활환경의 개선에 기여하는 기본적인 시설로서 농촌도로의 확충과 정비는 농어촌 종합개발사업의 중심적 과제가 되고 있다.^{3,18,42)}

농어촌 도로는 도로법상에 규정된 도로에 편중되어 새마을사업과 농어촌소득원 도로, 오지개발, 광산촌, 정주권, 도서, 낙도사업등에 포함되어 부분적이 산발적으로 추진되어왔으나 1991년 12월에는 농어촌도로정비법이 제정 공포되어 일관성 있는 도로망 구성과 농어촌 실정에 맞는 시설기준, 사업절차 및 관리방법에 대한 제도적 장치가 마련되었다.⁵⁾

도로공사의 계획 설계에 있어서 도로설치 예정구간의 지반과 성토 재료에 대한 조사시험은 도로의 포장두께 결정을 위해 중요한 사항이며 역청 포장두께 설계에 있어 흙의 성질에 의하여 경험적으로 정하는 방법인 PRI법이나 균지수(GI)에 의한 방법은 비교적 간편하나 흙의 물리적 성질만 고려하였으므로 통과하중이나 그 지방의 기상 상태와 경험에 따라 적절히 수정을 가하여야 하며,¹⁾ 평판재하 시험치를 이용하는 방법은 신설도로 지역에서는 시험의 시행이 어렵다.

그러므로 관입 저항시험의 일종인 기능력비(CBR : California Bearing Ratio) 시험결과를 이용한 미 공병단 방법, Wyoming주 방법, Colorado 방법 등이 역청 포장 뿐만 아니라 콘크

리트 포장에서도 미국은 물론 구주 각국과 우리나라에서 많이 쓰이고 있으나¹⁾ CBR 시험에 시간과 노력이 많이 소요되므로 정적 콘관입시험 결과를 이용하는 방법,¹⁰⁾ 일정한 구덩이의 구체를 일정한 높이에서 도로 노상부위에 낙하시켜 지면에 생긴 구덩이의 직경을 측정하거나 해머로 콘(cone)을 일정한 깊이까지 타입시켜 그 타입 회수로 현장CBR값을 간단히 추정하는 방법^{40,41)} 등이 국, 내외에서 발표된 바 있으나 이러한 방법은 일종의 현장 방법으로서 노상부위의 토질이 세립토가 아니면 시험의 시행이 곤란하다.

그리고 현장 CBR 시험은 우리나라 도로포장 설계시공지침에서 KSF 2321에 규정한 방법외에 불교란 시료를 채취하거나, 현장의 교란토를 채취하여 현장함수비 조건으로 일정한 다짐에너지를 가한 후 수침시켜 실내에서 현장 CBR값을 구하는 방법을 규정하고 있다.¹³⁾

그러나 성토를 하여 노상을 구축해야 하는 경우에는 노상 성토 재료에 대한 실내 CBR 시험을 하여야 하며, 이는 선정된 토취장에서 노상토 재료를 채취하여 표준다짐시험(D방법)을 시행한 후 최적함수비 상태로 3조의 공시체(10회, 25회, 55회 다짐)를 만들어 4일간 수침시켜 시행하므로 현장 CBR시험보다 시간과 노력이 더 많이 소요될 뿐만 아니라 이를 간단히 하기 위한 방법은 Antiqua의 니화토나 점성토 이외는 발표된 바가 없는 것으로 생각된다.^{10,28)}

이에 본 연구에서는 경상북도지역에 조성된 45개지구의 농공단지 도로 노상토 재료 77점에 대한 시험 결과를 분석하여 도로 노상토 재료의 평가 및 포장두께 결정을 위한 CBR값의 추정방법을 제시하기 위하여 수행되었다.

II. CBR시험의 개요

아스팔트 포장의 노상토와 포장에 쓰이는 입

Table-1. Sampling Area for CBR Test

Project Area	No. of Sampling Site	No. of Sample	Project Area	No. of Sampling Site	No. of Sample
Sangju-shi	2	3	Youngil-gun	1	1
Sonsan-gun	3	2	Andong-gun	1	2
Kyongju-shi	4	6	Mungyong-gun	2	4
Yechon-gun	1	1	Yongpung-gun	2	3
Songju-gun	3	4	Uisong-gun	3	7
Ulchin-gun	1	3	Kunwi-shi	1	1
Sangju-gun	3	6	Kimchon-Shi	1	4
Youngju-Shi	2	4	Chilgok-gun	1	1
Youngchon-gun	1	2	Koryoung-gun	2	8
Talsong-gun	2	2	Kumnung-gun	2	3
Chongdo-gun	2	3	Ponghwa-gun	1	2
Andong-Shi	1	1			
Yongchon-Shi	3	4	Total	45	77

상 노반재료에 대하여 대형차량의 통행이 예상되지 않는 소규모적인 포장도로에서 과거의 실적등으로부터 설계CBR이나 수정CBR이 정확하게 추정되는 경우 등을 제외하고는 원칙적으로 CBR시험을 시행하여 설계CBR 및 수정CBR을 결정하는 것이 필요하다.^{12,17,39)}

CBR시험은 1938년 미국의 캘리포니아주 고속도로국의 O. J. Poter지에 의해 처음 보고된 후 1975년 영국규격 BS 1377-16에서 현재의 공식 명칭이 처음 사용된 일종의 관입시험³³⁾으로 하단면이 평탄한 직경 5cm의 강재 원통형 피스톤을 1분간 1mm의 속도로 공시체중에 관입시켜 그 저항력을 측정하는 것이다.

CBR은 피스톤이 2.5mm 관입될때의 하중(kgf)또는 하중강도(kgf/cm²)에 대한 백분율(%)로 다음과 같이 표시할 수 있다.^{1,2,6,17,20,33,40,42)}

$$CBR = \frac{\text{관입량 } 0.25\text{cm 일때의 하중(kgf)}}{1,370(\text{kgf})} \times 100$$

$$= \frac{\text{관입량 } 0.25\text{cm 일때의 하중강도(kgf/cm}^2\text{)}}{70(\text{kgf/cm}^2)} \times 100$$

III. 재료 및 방법

1. 재 료

경상북도내 45개 농공단지 조성 지구에 축조한 도로의 노상 성토재료 77점을 채취하여 흙의 물리성 및 CBR 시험용 재료로 사용하였으며, 지역별 시료 채취 내역은 표-1과 같다.

2. 시험 및 분석 방법

1) 시험방법

채취한 시료에 대한 시험 방법은 표-2와 같이 KSF, JIS, ASTM의 규정에 준하여 실시하였으며 흙의 분류는 표-3과 같이 통일분류법(USCS)과 AASHTO 분류법으로 실시하였다.

Table-2. Testing Methods

Items	Test Method
Specific Gravity	KSF 2308
Liquid Limit	KSF 2303
Plastic Limit	KSF 2304
Grain Size Analysis	KSF 2302
Compaction Test	KSF2312, ASTM D157-5, ASTM D2216, JISA 1210
Laboratory CBR Test	KSF 2320

Table-3. Classification of Soil Samples

Unified Soil Classification(USCS)		American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO)	
Symbol	Numbers of Sample	Symbol	Numbers of Sample
CL	16	A-1-a	1
CL-ML	1	A-1-b	11
ML	3	A-2-4	27
SC	9	A-3	1
SM	41	A-4	24
SP-SM	2	A-6	10
SW-SM	2	A-7-6	3
GM	2	-	-
GP-GM	1	-	-
Total	77	Total	77

2) 분석 방법

통일 흙분류(USCS) 및 AASHTO분류 결과 분류 명칭별로 수침 최대 CBR(OMC±1% 범위내에서 5층 55회 다짐)과 수침 수정CBR의 평균치, 범위, 표준편차를 구하여 도로 노상 성토재료로서의 가치를 판단할 수 있도록 하였으며 CBR 값에 영향을 미칠 것으로 예상되는 No.200체 통과율, 최적함수비, 최대건조밀도, 균지수, 활성도 및 25회 다짐 CBR과 최대(55회 다짐)및 수정 CBR값을 1:1로 대

응시켜 도시하고 이때 상관성이 인정되면 단순회귀분석을 하였고 단순회귀분석 결과를 T-test로 유의성을 검정하였다.^{7,8,14,15)}

IV. 결과 및 고찰

1. 흙의 공학적 분류 명칭별 다짐 특성

실내 CBR 시험 과정에서 얻은 시료별 다짐 특성(최적함수비 및 최대건조밀도)을 USCS 및 AASHTO분류 명칭별로 구분한 결과는 표-4, 5와 같다. 이 중 평균치만을 고찰해 보면 USCS분류 명칭에 있어서는 조립토인 GP-GM이 최적함수비(OMC)가 8.5%로 가장 낮은 반면에 최대건조밀도(γ_{dmax})는 1.977g/cm³로 가장 높게 나타났고, 세립토인 ML이 최적함수비가 17.87%로 가장 높은 반면, 최대건조밀도는 1.725g/cm³로 가장 작은 값을 보이고 있다.

또한 AASHTO 분류명칭에 있어서는 조립토인 A-1-a 흙이 최적함수비가 8.5%로 가장 낮고 최대건조밀도는 1.997g/cm³로 가장 높게 나타난 반면, 세립토인 A-7-6 흙은 최적함수비가 17.27%로 가장 높고, 최대건조밀도는 1.744g/cm³로 가장 낮게 나타났다. 이는 다짐

Table 4. Statistical Values of OMC & γ_{dmax} for Classified Soils by USCS

Group Symbols	Sample No.	OMC(%)			$\gamma_{dmax}(g/cm^3)$		
		R	X	SD	R	X	SD
CL	16	11.50~31.20	16.88	4.66	1.364~1.900	1.740	0.125
CL-ML	1	-	14.00		-	1.770	-
ML	3	14.60~20.60	17.87	3.04	1.670~1.810	1.725	0.075
SC	9	10.20~14.00	11.92	1.40	1.809~1.953	1.885	0.058
SM	41	8.40~14.50	10.89	1.82	1.771~2.015	1.911	0.061
SP-SM	2	8.00~ 9.50	8.75	1.06	1.900~2.000	1.950	0.061
SW-SM	2	12.00~12.10	12.05	0.07	1.845~1.850	1.848	0.004
GM	2	9.00~16.30	12.65	5.16	1.810~2.010	1.910	0.141
GP-GM	1	-	8.50	-	-	1.997	-
Total	77						

*R : Range, X : Mean, SD : Standard Deviation.

Table-5. Statistical Values of OMC & γ_{dmax} for Classified Soils by AASHTO

Group Symbols	Sample No.	OMC(%)			$\gamma_{dmax}(g/cm^3)$		
		R	X	SD	R	X	SD
A-1-a	1	-	8.50	-	-	1.997	-
A-1-b	11	8.00~12.10	9.44	1.19	1.850~2.010	1.952	0.048
A-2-4	27	8.50~16.30	10.99	1.90	1.760~2.015	1.900	0.063
A-3	1	-	10.20	-	-	1.921	-
A-4	24	9.00~20.00	13.69	2.59	1.669~2.010	1.836	0.091
A-6	10	10.70~31.20	16.75	5.96	1.364~1.953	1.754	0.164
A-7-6	3	14.50~20.60	17.27	3.09	1.694~1.820	1.744	0.067
Total	7						

*R : Range, X : Mean, SD : Standard Deviation.

에너지를 일정하게 하였을 때 최대건조밀도는 조립토보다 세립토가 작고, 최적함수비는 조립토보다 세립토가 크다는 것을 알 수 있으며, Johnson & Sullberg(1960)¹⁶의 표준 Proctor 다짐시험 결과와 일치하고 있다.

2. 흙의 공학적 분류 명칭과 CBR의 관계

성토재료에 대한 조사시험에 있어 공학적인 측면에서 흙의 기본적인 성질을 판별하기 위한 기초항목중의 하나인 흙 분류 결과로 도로 노상토재료로서의 적합성과 개략적인 CBR값을 추정하기 위한 수단으로 분류명칭이 동일

한 흙의 수침 최대 및 수정 CBR에 대한 통계량에 대한 결과는 다음과 같다.

1) 통일분류법으로 분류된 흙과 CBR의 관계
표-6은 A. Gasagrande(1942)³⁵에 의해 제안되어 미 개척국과 공병단에 의해 수정 채택된 통일분류(Unified Soil Classification System)명칭별로 수침 최대 및 수정 CBR값의 대한 최소치, 최대치, 평균치 및 표준편차를 나타낸 것으로서 CL이 최대 CBR값의 평균치가 13.8%로 가장 작게 나타났고 GP-GM이 54.3%로서 가장 크게 나타났다. 수정 CBR값의 평균치도 CL이 9.3%로서 가장 작고 GP-GM, SW-SM, SM, SC, SP-SM, ML, CL-ML, CL순

Table-6. Maximum and Modified CBR Value for Various Kind of Soils Classified by USCS

Symbols	Number of Sample	Maximum CBR Value(%) (CBRmax)				Modified CBR Value(%) (CBRmod)			
		Min.	x	Max.	SD	Min.	x	Max.	SD
CL	16	5.3	13.8	23.3	5.4	3.4	9.3	16.3	3.3
CL-ML	1	-	21	-	-	-	11	-	-
ML	3	18.6	22.1	28.6	5.7	8	12.2	18	5.2
SC	9	17	32.7	68.6	20.5	10	18.2	33.5	10.2
SM	41	11.8	31.6	72.8	14.1	10	18.5	51	8.5
SP-SM	2	18	19	20	1.4	12	13	14	1.4
SW-SM	2	42.9	45	47	2.9	31	34	37	4.2
GM	2	35.1	35.7	36.2	0.8	25.5	27.8	30	3.2
GP-GM	1	-	54.3	-	-	-	37.8	-	-
Total	77								

Table-7. Maximum and Modified CBR Value for Various Kind of Soils Classified by AASHTO.

Symbols	Number of Sample	Maximum CBR Value(%) (CBRmax)				Modified CBR Value(%) (CBRmod)			
		Min	x	Max	SD	Min	x	Max	SD
		A-1-a	1	-	54.3	-	-	-	37.8
A-1-b	11	18	36.5	72.8	19.7	12	22.1	51	11.5
A-2-4	27	15	31.1	68.6	13.3	11	18.9	44	9.1
A-3	1	-	30.5	-	-	-	18	-	-
A-4	24	5.3	25.4	60.1	13.1	3.4	14.9	31.5	6.6
A-6	10	5.8	17.6	50.5	12.7	5.2	11.2	30	7.1
A-7-6	3	8.4	14.6	18.6	5.4	6.7	9.2	10.7	2.2
Table	77								

으로 감소하였다. 이러한 결과는 조립토일수록 CBR값이 크게 나타났으나 조립토라도 입도가 불량하거나 점성토의 경우는 CBR값이 낮아짐을 알수 있다.

이는 입도가 불량하면 흙의 조직이 느슨해져 강도가 떨어지고, 흙의 소성은 점토의 흡착 수막에 의해 생기므로 점토 성분이 많을수록 소성변형이 커지기 때문이다.¹⁶⁾ 또한 저소성 점토(CL)는 수정CBR값이 평균치가 10% 미만으로 도로공사표준시방서에서 규정한 상부 노상토재료로서 부적합하기 때문에 노상토재료로의 선정과 시공에 있어서 신중한 검토가 요망된다.

2) AASHTO분류법으로 분류된 흙과 CBR의 관계

표-7은 도로 노상토재료의 적합성을 판단하기 위하여 Hogentogler(1929)에 의해 고안된 PR 분류법을 개정한 AASHTO분류 명칭별로 수침 최대 및 수정 CBR값의 최대치, 최소치, 평균치 및 표준편차를 나타낸 것으로서 A-7-6이 최대 CBR값의 평균치가 14.6%로서 가장 작게 나타났고, A-1-a가 54.3%로서 가장 크게 나타났다. 수정 CBR값의 평균치도 A-7-6이 9.2%로 가장 작고, A-1-a가 37.8%로 가장 크게 나타났다. AASHTO 분류 명칭별 수정 CBR 평균치의 크기는 A-1-a, A-1-b, A-2-4,

A-3, A-4, A-6, A-7-6순으로 감소되어 도로 재료로서의 가치도 이 순서와 동일함을 알 수 있었으며 수침 수정 CBR값이 10%미만인 흙은 A-7-6로서 세립토(No.200체 통과율 35% 이상)중 점토질 흙인 A-6, A-7은 노상토재료로 부적합하다는 것을 알수 있다.

3. 흙의 물리적, 공학적 성질과 CBR의 관계

현장 조사시 채취한 도로 노상토재료에 대한 실내시험 결과중 CBR값에 영향을 미칠 것으로 예상되는 No.200체 통과율, 균지수(GI), 활성도, 다짐 시험을 통한 최대건조밀도(γ_{dmax}) 및 최적함수비(OMC)와 수침최대 CBR(55회 다짐) 및 수정 CBR과의 관계를 회귀분석을 통해 상관성을 확인해 본 결과는 다음과 같다.

1) No.200체 통과율과 CBR의 관계

No.200체 통과율은 세립자(74 μ 이하)의 분포 비율로 표시되며 세립자의 함유량과 CBR의 관계는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 No.200체 통과율이 클수록 CBR값은 작아지는 경향을 보였다.

이는 No.200체 통과율이 CBR값에 영향을 미치는 요인이며⁶⁾ 흙의 공학적 분류명칭과 CBR의 관계에서와 같이 흙의 분류명칭별 CBR값의 통계량이 세립토일수록 작아졌음이

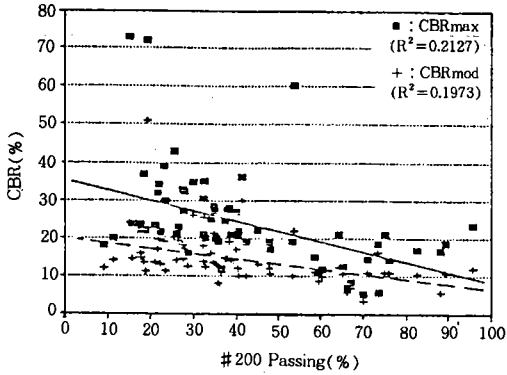


Fig. 1. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and No.200 Sieve Passing

확인되었다.

2) 최적함수비(OMC)와 CBR의 관계

Fig. 2는 최적함수비와 CBR과의 관계를 도시한 것으로서 OMC가 클수록 CBR값은 대체로 감소되어 OMC의 크기가 흙의 입경에 관련 되고, 동시에 CBR값에도 영향을 미치고 있음이 확인되었다.

Johnson & Sullberg(1960)¹⁶가 시험 발표한 토질별 건조밀도-함수비곡선에 의하여 최적함수비의 크기에 따라 흙의 조, 세립 여부를 개략적으로 판단할 수 있으며, 이는 조립토에서는 간극율이 작은 반면에 세립토에서는

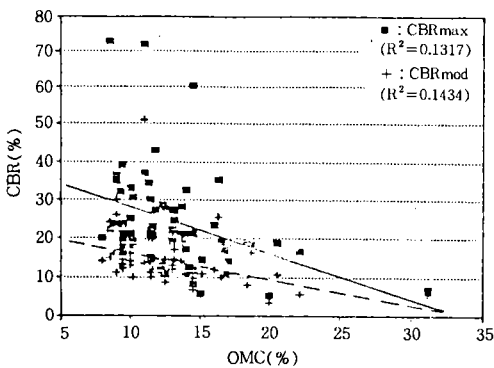


Fig. 2. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and OMC

간극율이 크고, 간극율이 크면 다짐 에너지에 의한 토입자간의 상호 활동을 돕는 간극수량이 증가하기 때문이라 여겨진다.

3) 최대건조밀도(γ_{dmax})와 CBR의 관계

Fig. 3에서 보는 바와 같이 분포상태가 Fig. 4와 거의 대칭으로 나타났다. 이는 OMC가 큰 흙은 최대건조밀도가 상대적으로 감소하여 CBR과의 관계는 최적함수비와는 반대로 正(+)의 상관이 있음을 보여준다.

이러한 현상은 흙의 밀도가 높으면 조직이 치밀하여 관입 저항력이 커지기 때문이며, 이는 Gibba와 Haltz(1957)가 그의 상대밀도

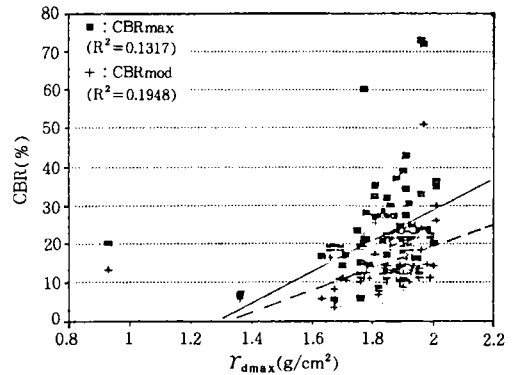


Fig. 3. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and γ_{dmax}

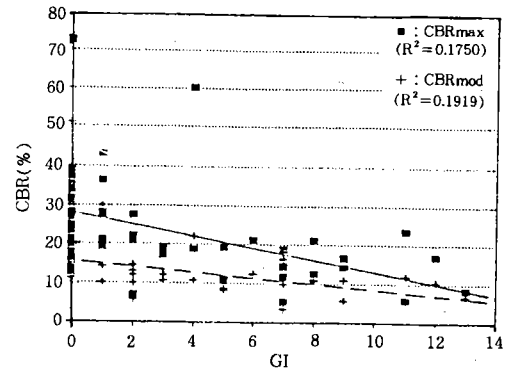


Fig. 4. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and GI

(Dr)에 따른 표준관입시험치(N)의 변화 연구에서 상대밀도가 증가하면 표준관입시험치(N)가 증가됨을 입증한바 있다.²³⁾

4) 균지수(GI)와 CBR의 관계

AASHTO분류를 위한 균지수는 도로 노상 재료의 평가에 쓰이는 0-20의 정수로 CBR과의 관계는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 균지수(GI)가 클수록 CBR값은 감소하는 경향을 보여 村山 등(1958)의 간이 CBR시험에 관한 시험 연구 결과와 일치하였으며, 또한 균지수는 도로포장두께 설계 방법중의 하나인 D. J. Steels(1945)에 의한 방법과 Colorado방법에서 이용되고 있다.⁴⁰⁾

5) 활성도(Activity)와 CBR의 관계

Skempton(1953)은 소성지수(PI)와 2μ보다 가는 입자들의 함유율(%)사이의 관계를 나타내는 직선의 기울기를 활성도라하여,³⁸⁾

$$\text{활성도(A)} = \frac{\text{소성지수(PI)}}{2\mu\text{보다 가는 입자의 중량백분율(\%)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

로 정의하고 흙의 팽창성을 판단하는 기준으로 활주로나 도로 등의 건설재료를 판단하는

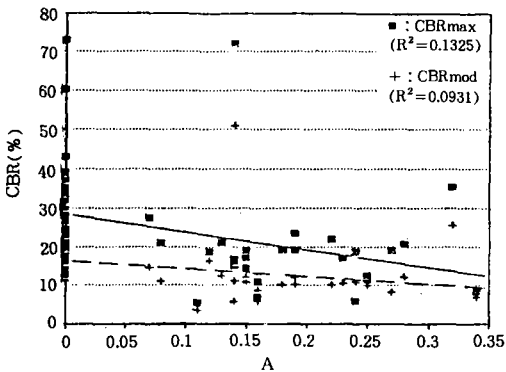


Fig. 5. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and Activity

데 사용되고 있다. 그러나 본 연구에서는 식 (1)의 2μ보다 가는 입자의 중량백분율 대신에 측정이 간편한 #200 통과율로 바꾸어 CBR값과의 상관성을 확인해 본 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 활성도(A)와 CBR간에는 상관성이 거의 없는 것으로 나타났다.

6) 25회 다짐 CBR과 수정 및 최대CBR의 관계

Fig. 6은 최적함수비 조건에서 25회 다짐한 CBR값과 수정 및 최대 CBR값에 대한 상관성을 나타낸 것으로서, 25회 다짐 CBR값이 큰 흙일 수록 최대 CBR값과 수정 CBR값이 직선적으로 증가하는 것으로 나타났다.

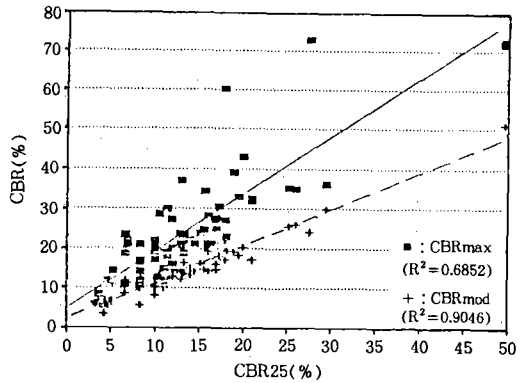


Fig. 6. Relationship between Maximum CBR (CBRmax), Modified CBR(CBRmod) Values and CBR25 for Testea soils

V. 결 론

본 연구는 경상북도내에 조성된 45개 농공단지 지구의 도로 노상성토재료에 대한 평가와 아울러 흙의 물리적 공학적인 성질과 도로 포장두께 설계를 위한 CBR값과의 상관성을 분석하여 앞으로 본격적으로 전개될 농가소득 기반확충사업이나 농촌환경 개선사업의 핵심적시설인 농촌도로 포장의 설계, 시공 및 유지관리 사무의 생역화 및 기초자료를 제시하기 위하여 수행되었으며 그 결과를 요약하면

다음과 같다.

1. 표준다짐시험 결과, 조립토의 최대건조밀도는 세립토보다 더 크게 나타났고 최적함비는 작게 나타났다.

2. 통일분류법으로 분류된 흙에 대한 수정 CBR값의 평균치는 GP-GM, SW-SM, GM, SC, SP-SM, ML, CL-ML, CL순으로 감소하였고, AASHTO분류법으로 분류된 흙에 대한 수정 CBR값의 평균치는 A-1-a A-1-b, A-2-4, A-3, A-4, A-6, A-7-6순으로 감소하였다.

3. No.200체 통과율이 높은 흙일수록 대체로 CBR값은 감소하는 경향을 보였다.

4. 최적함수비(OMC)가 큰 흙일수록 CBR값은 감소하였으나 최대건조밀도가 높은 흙은 반대로 CBR값이 증가하였다.

5. 균지수(GI)가 클수록 CBR값은 감소하였고, 활성도(A)는 CBR과 거의 관계가 없는 것으로 나타났다.

6. 다짐을 95%에 대응하는 도로 노상 성토 재료의 수정 CBR값과 최적함수비 조건으로 25회 다짐하여 구한 CBR값의 관계식은 다음과 같으며

$$Y(\text{CBR}_{\text{mod}}) = 2.3638 + 0.8922X(\text{CBR}_{25})$$

이때 $R^2 = 0.9$ 이상의 높은 상관 관계를 보이므로 이를 이용한 도로노상토 수정 CBR값의 추정이 가능한 것을 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강병익. 도로공학 p.178-192, 창지사, 1985.
2. 권진동. 도로공학 p.178-188, 형설출판사, 1987.
3. 서승덕 외 7인. 농지공학 p.29, 향문사, 1993.
4. 지광하. "농도의 기능과 효과", 농공기술 제38호 p.29-41, 농어촌진흥공사, 1993.
5. 오세훈. "농어촌도로정비사업 추진체계" 농공기술 제38호 p.3, 농어촌진흥공사, 1993.
6. 임병조 외 1인. 토질시험법 p.165-182, p.235-240, 형설출판사, 1985.
7. 강병서. 다변량 통계분석 p.258-304, 학현사, 1993.
8. 박준열. 토목계획학 p.63-208, 영남대학출판부, 1984.
9. 이우현. "하요성 포장 두께 설계법에 대한 고찰", 대한토목학회논문초록집 p.27-28, 사단법인 대한토목학회, 1982.
10. 김익주. "cone penetrometer에 의한 현장 CBR값의 한 추정 방법", 대한토목학회논문초록집 p.31, 사단법인 대한토목학회, 1982.
11. 도덕현. "화강암질풍화토의 CBR특성", 대한토목학회논문초록집 p.134-135, 사단법인 대한토목학회, 1982.
12. 도로공사표준시방서 p.47-52, 사단법인 한국도로협회, 1985.
13. 도로포장 설계 시공 지침, p.22, 건설부, 1991.
14. 조재영 외 1인. "통계실험분석법", 향문사, 1979.
15. 송문섭 외 3인. "SAS를 이용한 통계자료 분석". 자유아카데미, 1992.
16. 김팔규 외 9인. 최신토질역학상론 p.32-38, 학연사, 1988.
17. 농도계획 및 설계, p.226-229, 농업진흥공사, 1984
18. 농업토목핸드북, 상권, p.340-341, 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1992.
19. KSF 2312, ASTM D698, D1557, JIS A1210, 흙의 다짐시험 방안.
20. KSF 2320, KSF 2321, CBR 시험 방법.
21. ASTM D157-5, D2210. 흙의 다짐, 삼축

- 및 CBR시험용 시료조제 기준
22. T. William Lambe, Robert V. Whitman, "Soil Mechanics, SI Version." p.34-39, 연합출판, 1986.
 23. Braja M. Das, "Principles of Geotechnical Engineering.", p.68-83, 구미서관, 1990.
 24. Braja M. Das, "Principles of Foundation Engineering.", p.13-18, 구미서관, 1991.
 25. Earth Manual p.760, Compaction Test for Soil Containing Gravel.
 26. D. J. Maclean, B.Sc. and H. W. W. Pollitt, B.Sc.(1952), "Fundamental Soil Problems in Military Road and Airfield Construction." Geotechnique, Vol.3
 27. Davis, E. H.(1949), "The California Bearing Ratio Method for the Design of Flexible Road and Runway." Geotechnique, Vol.1, p.249-263.
 28. B. K. Menzies, G. Loby and N. E. Simons.(1974), "A Correlation of Index Tests and Road Performance Experience of and Antiqua Marl." Geotechnique, Vol. 24.
 29. Black. W. P. M.(1961), "The calculation of Laboratory and In-situ Values of California Bearing Ratio from Bearing Capacity Data." Geotechnique, Vol.11, No.1
 30. Black. W. P. M.(1962), "A Method of Estimating the California Bearing Ratio of Cohesive Soils From Plasticity Data." Geotechnique, Vol.11, No.4
 31. HMSO(1952), Transport and Road Research Laboratory, "Soil Mechanics of the Road Engineers".
 32. Jean-Pierre Giroud, M. Asce and Laure Noiray(1981). "Geotextile Reinforced Unpaved Road Design." Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol.107.
 33. K. H. Head(1981). "Manual of Soil Laboratory Testing." Vol.2, p469-508, Pentech Press.
 34. Casagrande, A.(1932), "Research of atterberg limits of Soils", Public Roads, Vol.13, No.8, P.121-136.
 35. Casagrande, A.(1948), "Classification and Identification of Soils" Transactions, ASCE, Vol.113, p.901.
 36. Johnson, A. W. and Sallberg, J. R. (1960), "Factors That Influence Field Compaction of Soils", highway Research, Bulletin No.272.
 37. Liu, T. K.(1967), "A Review of Engineering Soil Classification Systems", Highway Research Record No. 156, National Academy of Science, Washington D. C., p.1-22.
 38. Skeption, A. W.(1953), "The Colloidal Activity of Clays", Proceedings, 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, Vol.1, p.57-66.
 39. 砂川徹男, 上原方性, "安定處理レた島尻層岩士のCBR特性", 일본토목학회논문집 제 370호/3-5, 1986.
 40. 村山朔郎, 植下協, 山本順一, "路床土地特力比試驗とろの簡易試驗に關する研究", 일본토목학회논문집 제 2호, 1958.
 41. 永石義隆, 原口井朗, "現場CBR値推定のにめの簡易貫入試験の 應用例", 日本農業土木學會誌 제55권 제2호, 1987.
 42. 農村道路, 日本農林水産省構造改善局 監修, 1983.

(접수일자 : 1995년 5월 20일)