

切込砂利の粒度およびシルト以下含有量と 室内 CBR について

小山道義* 平尾 晋** 高橋 毅***
佐々木政男**** 幸高久嘉*****

1. ま え が き

現在北海道では、道路の路盤材料として切込砂利、砂、火山灰が広く用いられている。しかし、路盤の支持力はこれらの材料の種類や粒度、74 μ 以下微粒分含有量、材料の物理的性質および締固め条件などの違いによって大きく変わってくるものである。

本報告は、これらの材料のうち、切込砂利について、その粒度、74 μ 以下含有量および突固め回数を変えた場合の室内 CBR 試験を行ない、これらの条件と CBR の関係について、2, 3 の考察を加えたものである。

2. 実験の概要

(1) 試 料

試料は当別川産の切込砂利を用いることとし、これにシルト以下微粒分の含有量を変えて試験するため、細粒部分

として土木試験所構内産の土を混合調整することとした。粒度は粗粒部分の粒度を ASTM: D-1241 規定の C 粒度の上, 下限, D 粒度の上, 下限に一致させた4種とし、それぞれについて、74 μ 以下微粒分の含有量を4,760 μ 以下に対し8~31%の範囲で4種ずつ選び計16種類とした。この場合、粗粒部分のそれぞれの粒度について4,760 μ フルイ残留分と通過分の割合 (G/S) および4,760 μ フルイ通過74 μ フルイ残留分について4,760 μ ~2,000 μ , 2,000 μ ~420 μ , 420 μ ~74 μ の割合は一定として、74 μ フルイ通過分の割合を変えた。このため、切込砂利は25.4mm~9.52mm, 9.52mm~4,760 μ , 4,760 μ ~2,000 μ , 2,000 μ ~420 μ および420 μ ~74 μ にフルイ分け、また、土は74 μ フルイ通過分を用いて、これらを予定粒度になるよう配合調整した。これらの粒度は図-1~4に、またそれぞれの粒度材料の比重は、表-1に示したとおりである。

粒 径 (mm)	25.4	9.52	4.76	2.00	0.42	0.075	4,760 μ 以下 74 μ 以下含有量 (%)
通過累計 百分率 (%)	100	85	65	47	25	6	9
	100	85	65	48	26	9	14
	100	85	65	49	27	11	17
	100	85	65	50	30	15	23

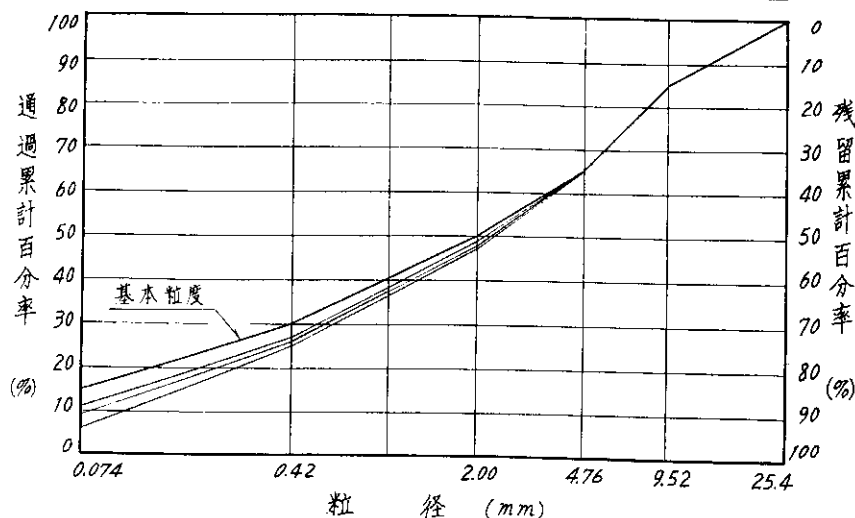


図-1 ASTM C 粒度上限最大粒径 25.4 mm

* 第2研究部長 ** 道路研究室長 *** 道路研究室副室長 **** 同室主任研究員 ***** 前同室 (現旭川開発建設部)

粒 径 (mm)	25.4	9.52	4.76	2.00	0.42	0.075	4.76mm以下全量
通過累計	100	50	35	24	14	3	8
百分率 (%)	100	50	35	25	15	5	14
	100	50	35	26	16	7	20
	100	50	35	26	18	9	26

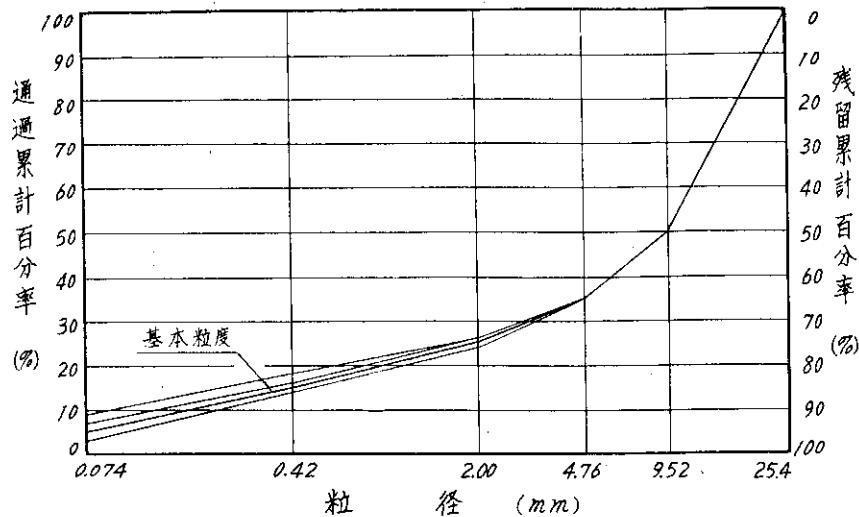


図-2 ASTM C 粒度下限最大粒径 25.4 mm

粒 径 (mm)	9.52	4.76	2.00	0.42	0.075	4.76mm以下全量
通過累計	100	85	70	45	25	29
百分率 (%)	100	85	68	39	16	19
	100	85	67	36	12	14
	100	85	66	34	8	9

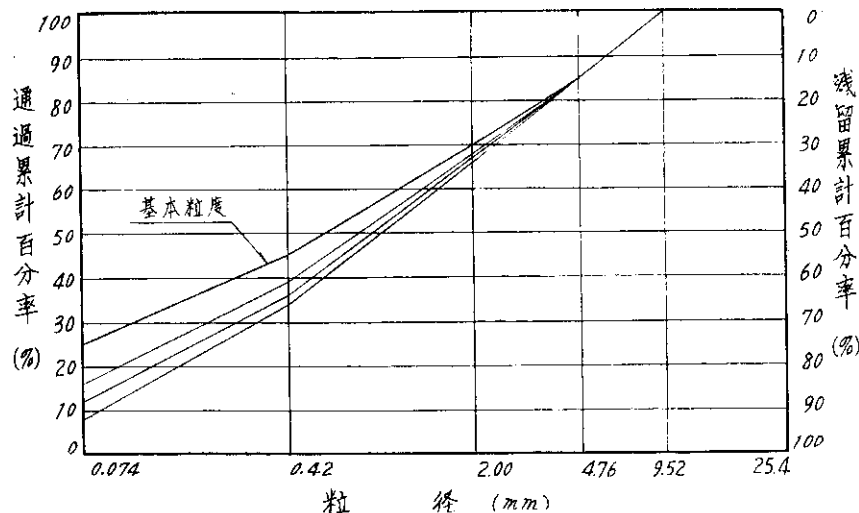


図-3 ASTM D 粒度上限最大粒径 9.52 mm

(2) 実験の方法

実験は、JIS A 1211 に示される CBR 試験方法のうち、乱した土の供試体の室内試験、第 1 方法 (動荷重成形供試体による方法) によった。ただし、JIS に規定されている 19.1 mm フルイ残留分の置換えは行わず、25.4 mm まで含まれる試料そのまま試験した。試験はまず各粒度材料ごとに、各層 55 回、5 層突固めの場合の最適含水比および最大乾燥密度を求め、この最適含水比に従って、突固め条件を各層 55、40、25、10 回ずつ 5 層に突固めた供試体を作

製することとした。試料は供試体 1 個分ずつ調整し、同一粒度材料、同一突固め条件の供試体を 6 個作製して、3 個は非水浸 CBR 試験に、3 個は水浸 CBR 試験に供した。

3. 実験の結果と考察

表-1 は各粒度材料の各層 55 回、5 層突固めの場合の最適含水比、最大乾燥密度と各層 10、25、40、55 回 5 層突固め供試体の非水浸、水浸 CBR 試験結果を示したものである。ここで、CBR 試験の結果は 3 個の供試体の平均値で

粒 径 (mm)	25.4	9.52	4.76	2.00	0.85	0.425	0.075	4.75mm以下を 75μ以下にふるった量
通過累計 百分率 (%)	100	60	50	39	23	7	1.4	
	100	60	50	40	25	10	20	
	100	60	50	41	27	13	26	
	100	60	50	42	29	16	31	

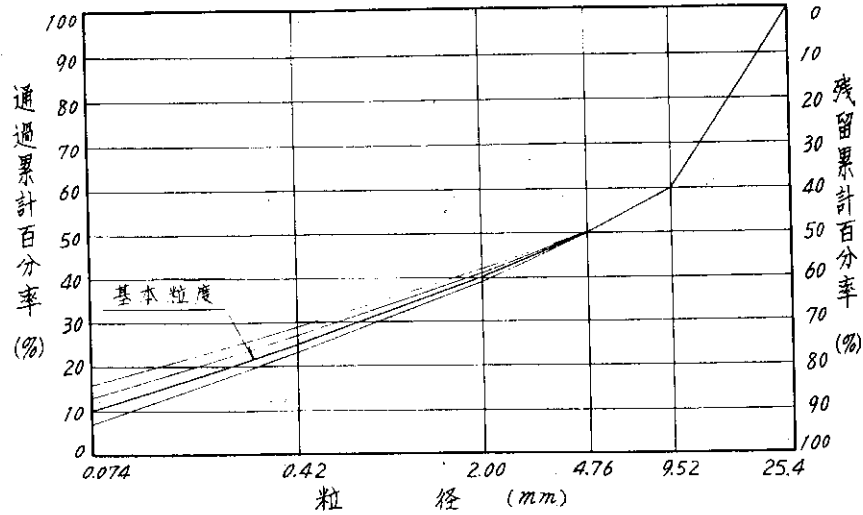


図-4 ASTM D 粒度下限最大粒径 25.4 mm

表-1 室内 CBR 試験結果の成績一覧表

粒度区分	G/S	4,760μ以下に 含まれる74μ以下含有 量 (%)	比重	最適 含水比 (%)	最大 乾燥 密度 (g/cm³)	条 件 非水浸 & 水 浸	突 固 め 回 数 (回)							
							10		25		40		55	
							乾 燥 密 度 (g/cm³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm³)	CBR (%)
C 粒 度 上 限	35/65	9	2.64	8.0	2.13	非水浸	2.04	25	2.11	45	2.12	48	2.13	28
						水 浸	2.05	23	2.10	26	2.12	23	2.13	23
		14	2.64	8.0	2.16	非水浸	2.06	23	2.11	39	2.14	48	2.15	74
						水 浸	2.06	23	2.10	33	2.14	36	2.15	47
		17	2.64	8.5	2.14	非水浸	2.05	20	2.11	20	2.13	21	2.14	22
						水 浸	2.05	26	2.10	39	2.13	29	2.15	26
		23	2.64	9.5	2.06	非水浸	1.88	8	2.06	5	2.07	5	2.08	5
						水 浸	1.88	5	1.97	5	2.00	6	2.02	6
C 粒 度 下 限	65/35	8	2.64	6.0	2.25	非水浸	2.09	43	2.16	58	2.22	117	2.24	164
						水 浸	2.10	57	2.16	88	2.22	117	2.25	142
		14	2.64	6.2	2.25	非水浸	2.05	26	2.16	64	2.22	72	2.25	103
						水 浸	2.05	18	2.16	53	2.22	64	2.25	88
		20	2.64	6.3	2.25	非水浸	2.08	41	2.16	78	2.22	137	2.27	69
						水 浸	2.09	29	2.17	59	2.23	66	2.25	63
		26	2.64	6.4	2.24	非水浸	2.11	27	2.18	109	2.21	106	2.24	84
						水 浸	2.10	58	2.18	58	2.24	78	2.24	57

粒度区分	G/S	4,760 μ 以下に含まれる74 μ 以下含有量 (%)	比重	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm ³)	条 件 非水浸 & 水 浸	突 固 め 回 数 (回)							
							10		25		40		55	
							乾 燥 密 度 (g/cm ³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm ³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm ³)	CBR (%)	乾 燥 密 度 (g/cm ³)	CBR (%)
D 粒 度 上 限	15/85	9	2.64	9.0	2.06	非水浸 水 浸	1.92	19	2.00	38	2.05	43	2.06	49
							1.92	11	1.99	16	2.04	24	2.06	31
		14	2.64	9.0	2.11	非水浸 水 浸	1.90	17	2.00	46	2.05	56	2.10	85
							1.93	10	2.01	21	2.06	27	2.10	33
		19	2.63	9.5	2.06	非水浸 水 浸	1.97	15	2.04	27	2.06	23	2.06	22
							1.98	16	2.05	24	2.05	24	2.06	23
		29	2.58	11.0	1.97	非水浸 水 浸	1.73	5	1.84	6	1.94	5	1.97	7
							1.73	2	1.84	2	1.94	2	1.96	2
D 粒 度 下 限	50/50	14	2.65	6.3	2.23	非水浸 水 浸	2.07	28	2.15	79	2.21	78	2.24	98
							2.09	21	2.17	60	2.22	76	2.24	73
		20	2.65	6.4	2.20	非水浸 水 浸	2.09	29	2.18	66	2.21	80	2.21	44
							2.07	24	2.19	58	2.22	64	2.22	70
		26	2.65	6.5	2.21	非水浸 水 浸	2.04	30	2.17	103	2.19	77	2.21	106
							2.07	25	2.17	68	2.20	63	2.21	40
		31	2.65	7.0	2.19	非水浸 水 浸	1.99	30	2.09	64	2.16	48	2.19	36
							2.05	23	2.16	22	2.18	37	2.19	29

示したが、3個の結果のうち1つが、かけはなれた値のときは、その1個を除いた2個の平均値を示した。なお4日水浸後の膨張量は各試料とも乾燥密度に影響するほどの量ではなかったので省略した。

(1) 74 μ 以下含有量と最適含水比および最大乾燥密度の関係

図-5は供試体作製に先立って行なった突固め試験(突固め条件:各層55回,5層突固め)の結果から、4,760 μ 以下に対する74 μ 以下含有量と最適含水比および最大乾燥密度との関係を粗粒部分の粒度別に示したものである。この図から次のようなことがいえる。

i) 最適含水比は各粒度とも、74 μ 以下含有量がある範囲まではほとんど変わらず、74 μ 以下含有量とその値より大きくなると、74 μ 以下含有量が増すと最適含水比も大きくなる傾向がある。

この実験の範囲では、C、D粒度下限の場合が最適含水比の値が一番小さく、かつ74 μ 以下含有量26%まではほとんど同じ値となっている。ついでC粒度上限、D粒度上限の順に大きい値となっており、どちらの粒度とも74 μ 以下含有量が14%より多くなると最適含水比は増加する。

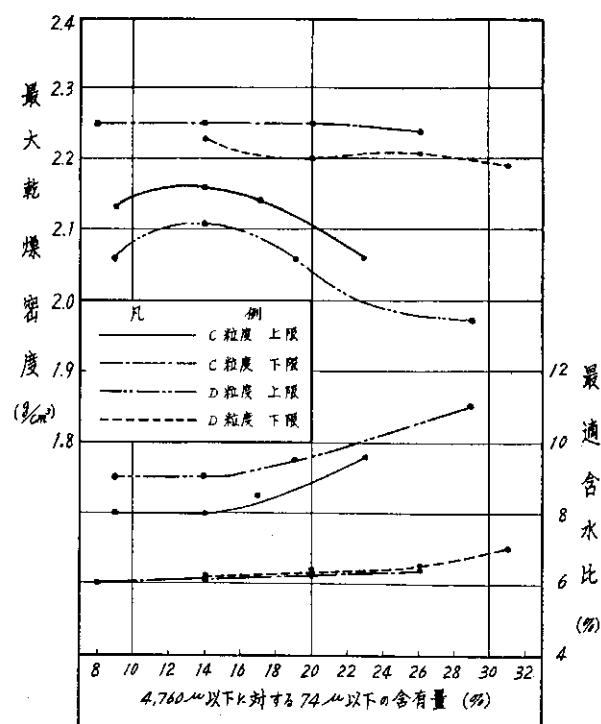


図-5 74 μ 以下含有量と最適含水比および最大乾燥密度との関係

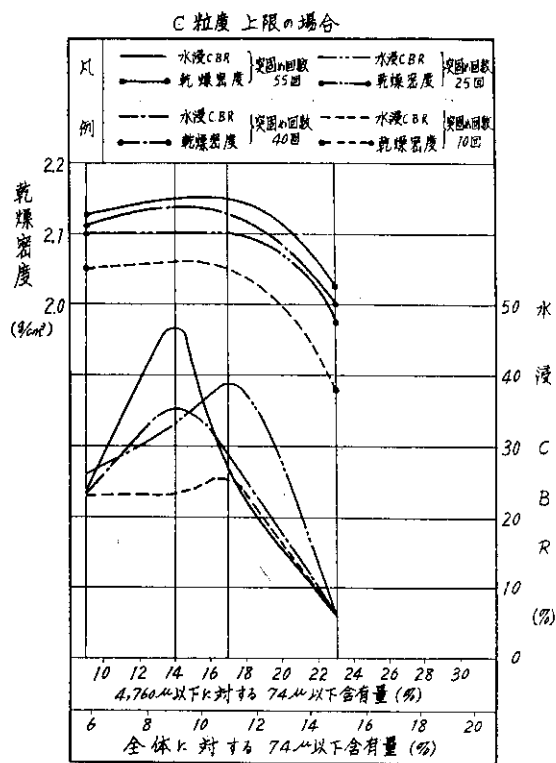


図-6-1 74μ以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR との関係

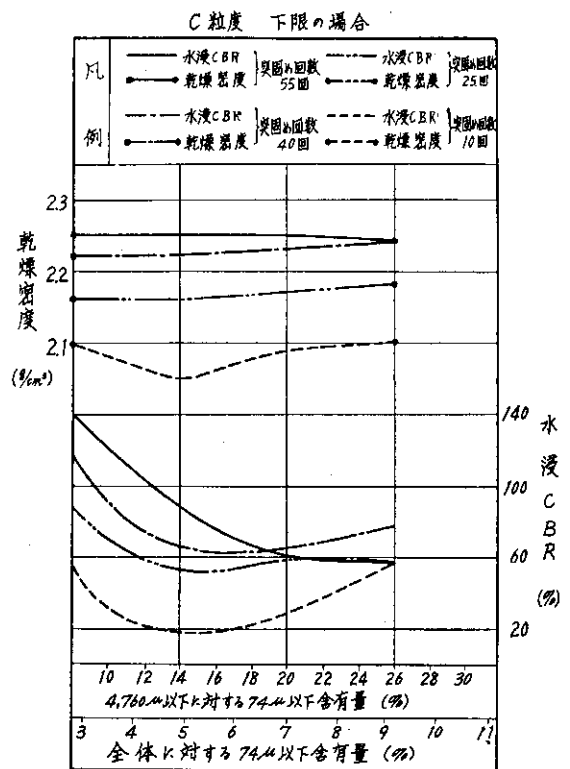


図-6-2 74μ以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR との関係

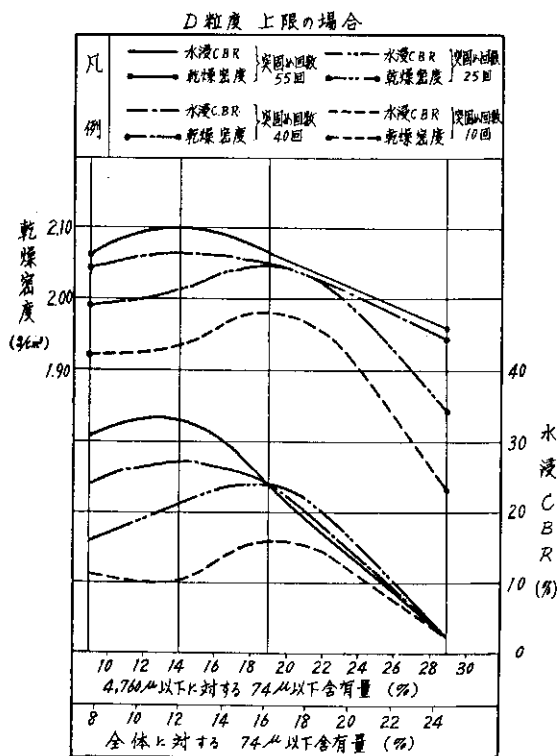


図-6-3 74μ以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR との関係

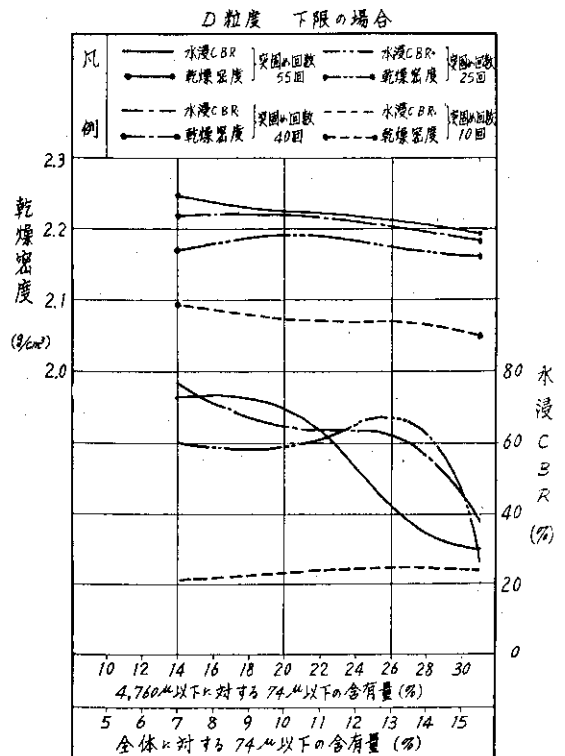


図-6-4 74μ以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR との関係

ii) 最大乾燥密度は、粒度によって異なり、その値は C 粒度下限、D 粒度下限、C 粒度上限、D 粒度上限の順に小さくなっている。

74 μ 以下含有量と最大乾燥密度は、粒度によって異なった傾向を示し、この実験の範囲では、C、D 粒度下限の最大乾燥密度は、74 μ 以下含有量の違いによってあまり変わらないが、C、D 粒度上限は、74 μ 以下含有量が増加するに従って、最大乾燥密度は増加し、74 μ 以下含有量 14% 付近を頂点として、さらに 74 μ 以下含有量が増加すると最大乾燥密度は減少する傾向がみられる。

(2) 74 μ 以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR の関係

図-6-1~4 は、74 μ 以下含有量と乾燥密度および水浸 CBR との関係を粗粒部分の粒度、突固め回数別に示したものである。図から次のことがいえる。

i) C 粒度上限の場合

乾燥密度は突固め回数によって支配されるが、各層の突固め回数がいずれの場合も 74 μ 以下含有量が増加するにしたがって乾燥密度はわずかではあるが大きくなり、ある 74 μ 以下含有量で乾燥密度は最大となって、74 μ 以下含有量がそれ以上大きくなると乾燥密度は急激に小さくなる傾向がある。

水浸 CBR の場合も同様で、74 μ 以下含有量が増加すると、水浸 CBR も大きくなり、ある 74 μ 以下含有量のときに最大となって、74 μ 以下含有量がそれ以上大きくなると水浸 CBR は小さくなる。水浸 CBR が最大となる点の 74 μ 以下含有量は突固め回数の違いによって変わる。

ii) C 粒度下限の場合

74 μ 以下含有量と乾燥密度との関係をみると、74 μ 以下含有量が変わってもこの実験の範囲では乾燥密度に大きな差はなかった。突固め回数 10 回の場合には 74 μ 以下含有量 14% で乾燥密度が一番小さな値を示したが、74 μ 以下含有量 8, 20, 26% の場合は乾燥密度がそれぞれ 2.10, 2.09, 2.10 とほとんど差はなかった。

74 μ 以下含有量と、水浸 CBR の関係をみると、突固め回数によって傾向は異なるが、本実験の範囲では、74 μ 以下含有量が増すと水浸 CBR は次第に小さくなり、ある点で最小値となって、それ以上 74 μ 以下含有量が増すと水浸 CBR は再び増加する傾向がみられ、この範囲内で水浸 CBR の最大値が求められなかった。

iii) D 粒度上限の場合

74 μ 以下含有量と乾燥密度の関係をみると 74 μ 以下含有量が増加するに従って、乾燥密度は大きくなり、ある 74 μ 以下の含有量のとき、乾燥密度は最大となって、それ以上 74 μ 以下含有量が大きくなると乾燥密度は再び小

さくなる。乾燥密度が最大となる 74 μ 以下含有量は突固め回数の違いによって異なる。突固め回数の多い場合には乾燥密度が最大となる 74 μ 以下含有量は少なく、突固め回数が少くなると乾燥密度が最大となる 74 μ 以下含有量は多くなる。そのときの乾燥密度は突固め回数 55, 40, 25, 10 回の順に大きな値を示す。

74 μ 以下含有量と水浸 CBR の関係は 74 μ 以下含有量が増加するに従って水浸 CBR は次第に大きくなり、ある 74 μ 以下含有量で水浸 CBR は最大となって 74 μ 以下含有量がそれ以上大きくなると水浸 CBR は再び減少する。

水浸 CBR が最大となるときの 74 μ 以下含有量は突固め回数の違いによって異なるが、その値は突固め回数が同じときの乾燥密度が最大となった 74 μ 以下含有量と一致する。

iv) D 粒度下限の場合

74 μ 以下含有量と乾燥密度との関係は、各突固め回数ともほぼ同様な傾向が見られ、この実験の範囲では突固め回数が、55, 40, 10 回の場合は、74 μ 以下含有量が 14% のとき乾燥密度が最大で、74 μ 以下含有量が増加すると乾燥密度はわずかではあるが減少する。

74 μ 以下含有量と水浸 CBR との関係は、突固め回数によってその傾向は異なっている。突固め回数が 55 回、40 回の場合は、本実験の範囲では、74 μ 以下含有量が増すと水浸 CBR は減少する傾向にあり、水浸 CBR が最大となる 74 μ 以下含有量は確認できなかった。突固め回数が 25, 10 回の場合では、水浸 CBR は、74 μ 以下含有量が 26% のときに最大となる曲線となった。しかし、突固め回数 10 回の場合では、74 μ 以下含有量の違いによる水浸 CBR の差はわずかであった。

乾燥密度~74 μ 以下含有量曲線と水浸 CBR~74 μ 以下含有量曲線との間には、はっきりした関係は見られなかった。

(3) 突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR の関係について

図-7-1~4 は、突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR との関係を粗粒部分の粒度および 74 μ 以下含有量別に示したものである。図から次のことがいえる。

i) C 粒度上限の場合

突固め回数と乾燥密度は、この実験の範囲では 74 μ 以下含有量の多少にかかわらず、突固め回数が多くなれば乾燥密度は大きくなる関係がある。しかも、74 μ 以下含有量 23% の場合を除き、9%, 14% および 17% の場合では、得られた最大乾燥密度は 74 μ 以下含有量にほとんど関係なく、突固め回数によってきまる。

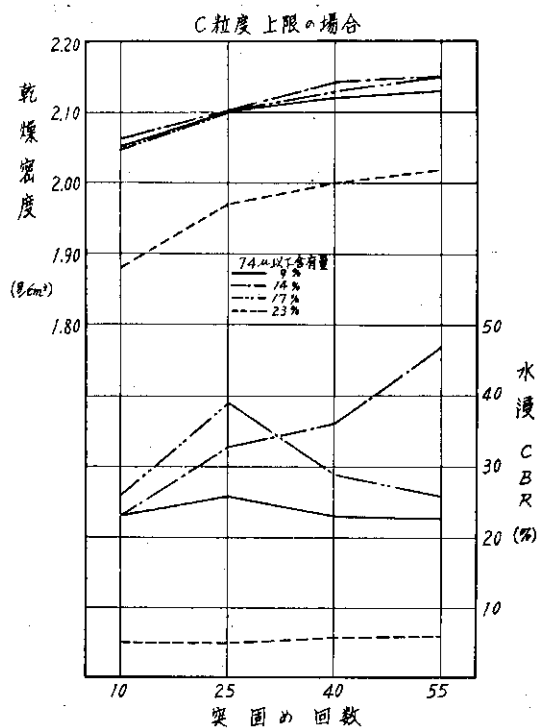


図-7-1 突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR の関係

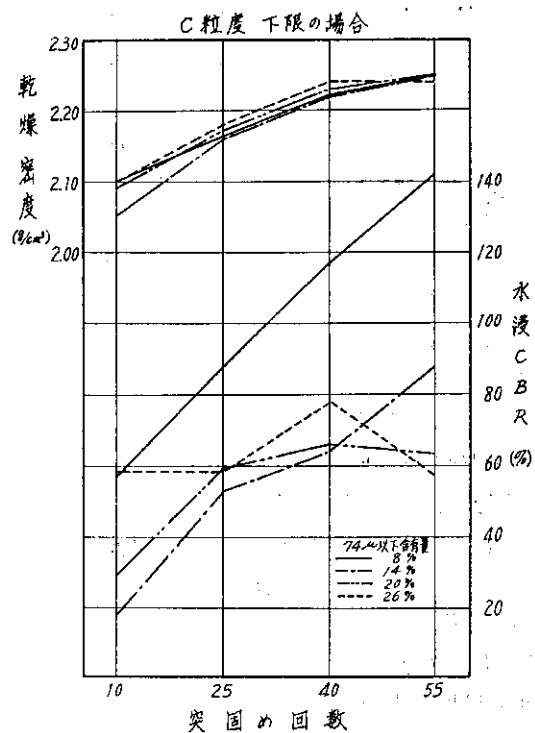


図-7-2 突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR の関係

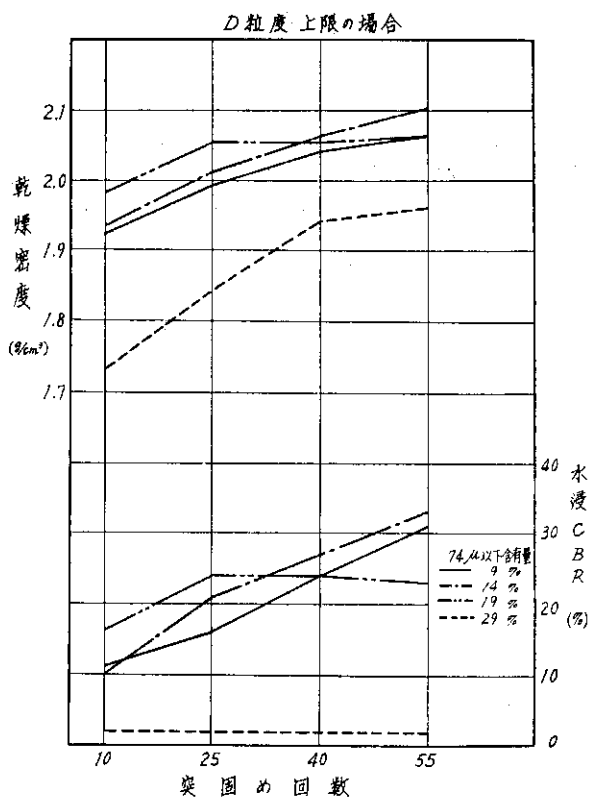


図-7-3 突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR の関係

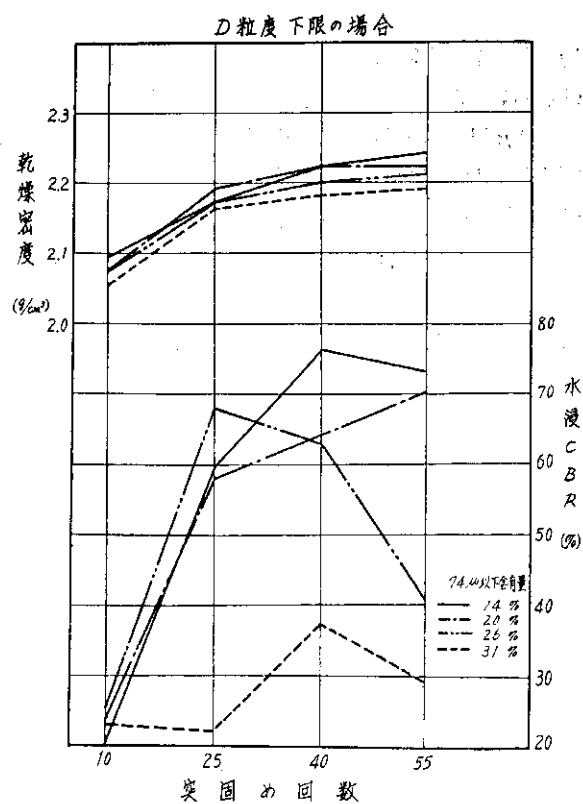


図-7-4 突固め回数と乾燥密度および水浸 CBR の関係

突固め回数と水浸 CBR との関係は、 74μ 以下含有量の多少によってその傾向は一樣でない。 74μ 以下含有量が 23% の場合には突固め回数が変わっても水浸 CBR はあまり変わらず、その値は 5~6% であった。 74μ 以下含有量が 14% の場合は本実験の範囲では突固め回数が増せば、水浸 CBR も増す関係にあり、 74μ 以下含有量が 9%、17% の場合には、突固め回数 25 回のとき水浸 CBR が最大となった。

ii) C 粒度下限の場合

突固め回数と乾燥密度は、この実験の範囲では突固め回数が多くなれば乾燥密度も大きくなる関係がある。

突固め回数が同じ場合の乾燥密度の値は、この実験の範囲では 74μ 以下含有量の多少によってあまり差はない。

突固め回数と水浸 CBR との関係は、 74μ 以下含有量の多少によって一樣でない。 74μ 以下含有量が 8%、14% の場合には、突固め回数が増せば水浸 CBR は大きくなる関係がみられ、 74μ 以下含有量が 20%、26% の場合には突固め回数 40 回で水浸 CBR が最大となった。

iii) D 粒度上限の場合

突固め回数と乾燥密度はこの実験の範囲では、 74μ 以下含有量の多少にかかわらず、突固め回数が多くなれば乾燥密度は大きくなる傾向がある。

74μ 以下含有量 9%、14% の場合に得られた乾燥密度は 74μ 以下含有量にほとんど関係なく突固め回数によってきまる。 74μ 以下含有量 19% の場合では、得られた乾燥密度は突固め回数 10 回のときを除きほとんどその差がない。 74μ 以下含有量 29% の場合に得られた乾燥密度は、各突固め回数とも他の 74μ 以下含有量よりかなり小さな値を示している。

突固め回数と水浸 CBR の関係は、 74μ 以下含有量によ

って一樣ではないが、 74μ 以下含有量が 9%、14% の場合は突固め回数が多くなると水浸 CBR は大きくなっており 74μ 以下含有量が 19% の場合は突固め回数 10 回のときを除き、突固め回数 25、40、55 回のときでは水浸 CBR の差はほとんどない。 74μ 以下含有量 29% の場合では突固め回数が変わっても水浸 CBR は変わらず、その値は 2% であった。

iv) D 粒度下限の場合

突固め回数と乾燥密度は、突固め回数が増せば乾燥密度も大きくなる傾向にあるが、突固め回数 25~55 回の範囲ではその変化はわずかである。また、この実験の範囲では 74μ 以下含有量が変わっても突固め回数が同じであれば、乾燥密度はあまり変わらない。

突固め回数と水浸 CBR の関係は 74μ 以下含有量の多少によって異なり、この実験の範囲では、水浸 CBR が最大となった突固め回数は、 74μ 以下含有量 20%、14%、26% の順に、55 回、40 回、25 回であった。

74μ 以下含有量 31% の場合は他と異なって水浸 CBR は突固め回数にかかわらず低い値を示した。

4. む す び

以上、切込砂利の粒度、 74μ 以下含有量および突固め回数を変えた場合の室内 CBR 試験結果について 2、3 の考察を行なった。

切込砂利の路盤材料としての適否は、本実験で行なった試験のほか、凍結融解の繰返しを受けた場合の性状、さらに、実際現場での施工条件や、道路築造後の交通荷重による影響なども考慮して決めなければならず、今後も研究を要することと思われる。