

## 6 兵庫県朝来市調査結果

### 6-1 調査ルート状況

調査地の地質は、新生代古第三紀の山陰帯花崗岩類に属する花崗岩が主なものである。岩石は塊状で淡紅色を呈し、中粒から粗粒黒雲母花崗岩と斑状黒雲母花崗岩とがある。調査地が位置する粟鹿山山地は起伏量も大で山地斜面は急斜面である。急峻地形では、花崗岩ではなく、黒色泥岩・砂岩の固結堆積物からなっている。

#### ①平成 8 年開設路線(L=1300m) 施工後 15 年目

路盤が侵食を受けているため現状では、ホイール型車両では路線中間地点付近までしか侵入できない。幅員は 3.0~4.0m (待避所部分は 8.0m)、縦断勾配 6~16%であり、幾何構造の面からは小型自動車の走行は問題ない。近年は車両の走行が少ないようであり、路面にはコケが繁茂している箇所がみられる。地山傾斜が急であることから、切土を主体として路体が構築されているが、丸太積工が適用できる斜面では盛土もおこなわれている。稜線付近に開設された路線であることから、集水面積は小さいが、路面水の集中箇所では路面侵食が発生している。なお、本調査では平成 8 年開設路線を詳細調査の対象として調査を実施した。



写真 6-1 H8 開設路線

#### ②平成 21・22 年開設路線 (L=1200m) 施工後 1~2 年目

平成 8 年開設路線の対照調査地として、路面及びのり面の状況などの概況について調査を実施した。施工後 1~2 年目の路線であるが、のり面や路面に侵食が多く発生している。侵食対策として横断溝の設置間隔を 10m 程度としている区間もあるが、透水性に劣る土質のようであり、盛土のり面には雨裂が 30cm 間隔で発生している箇所もみられた。稜線付近に開設された路線であり、平成 8 年開設路線と同様に集水面積が小さな路線である。小型自動車の走行を前提して開設された路線であり、全幅員は 3.0m である。

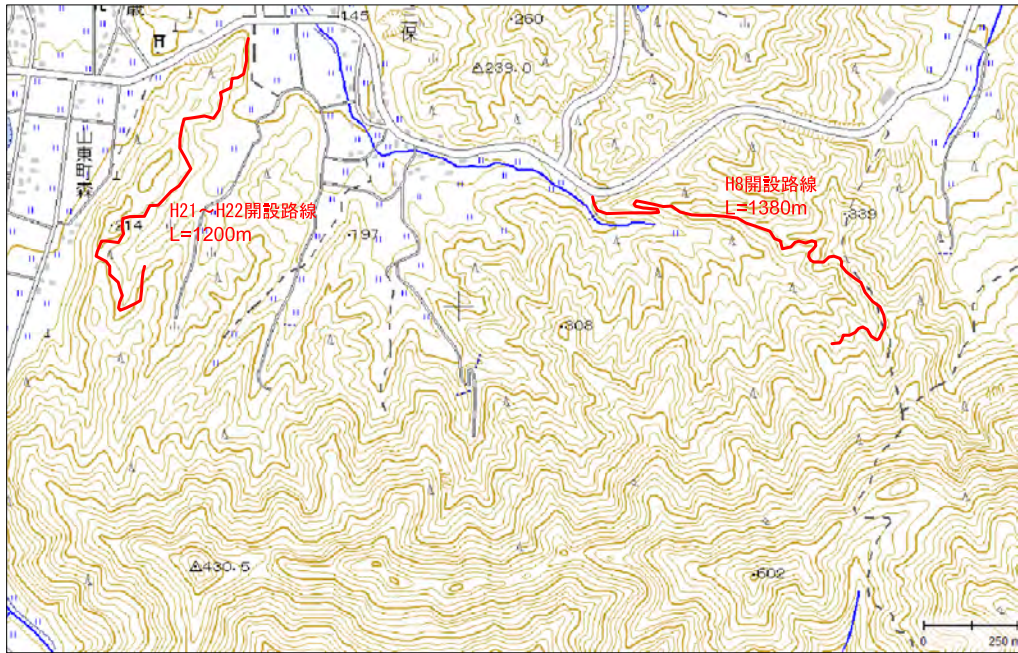


図6-1 調査地位置図(兵庫県朝来市)



写真 6-2 H21・22 開設路線と侵食の状況

## 6-2 現況調査結果

### 6-2-1 現況調査

平成8年開設路線の諸元は表 6-1 のとおりである。幾何構造の調査は、H8 開設路線において16測点で行った。後述する衝撃力試験等は、これらの測点のうち4測点で実施した。

表 6-1 各ルート of 諸元(朝来)

調査区	幅員 m	縦断勾配 %	切土高 m	切土のり勾 配度	盛土高 m	盛土のり勾 配度	地山勾配 度	土質	構造物	排水施設	林相	備考1
平成8年開設路線	3.6 3.0-8.0	10.5 1-16.0	3.2 0-6.9	60 44-71	3.2 1.7-8.1	39 33-49	33 12-46	上層赤色粘 性土 下層 礫質土	丸太積工	銅製横断溝	スギ・ヒノキ16~26cm 1100本/ha 一部天然生林	

道路の構造や横断面形状から判断すると、小型自動車の走行も前提としていることから、作設方法は林道に近い作設方法がとられたと考えられた。したがって、のり面勾配もほぼ一様なものであり、地形傾斜の急峻な箇所では、切土高が 3m を超える箇所が連続している。切土のり面、盛土のり面には 3~8 年生のアカマツが実生で生育している。道路開設からは 15 年が経過しており、開設後 7 年が経過した時点からアカマツが生育しだしたことがわかる。

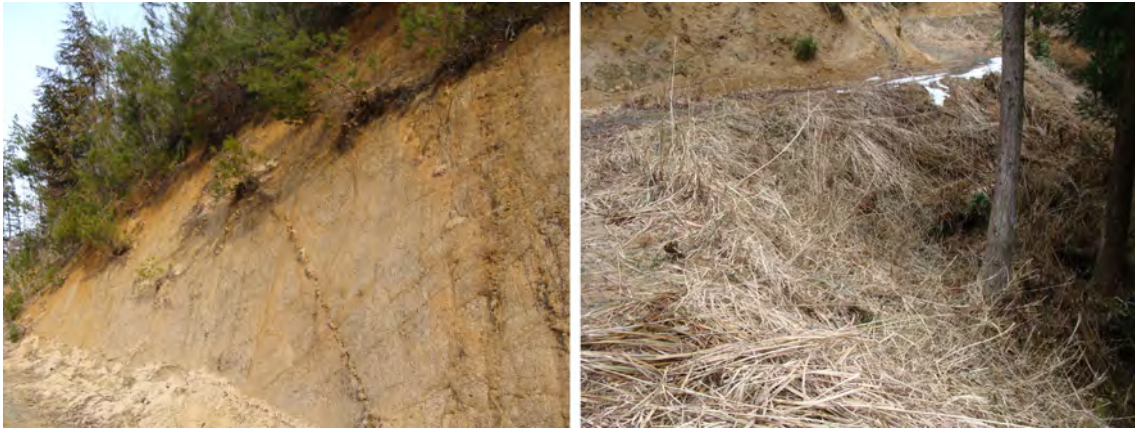


写真 6-3 切土のり面に進入したアカマツ（5年生）と盛土のり面の状況

主な構造物は丸太積工、丸太柵工が利用されていた。施工後15年経過していることから、木製構造物は地山との接触部を中心に腐朽が進んでいる状態であった。丸太積内の土砂の流亡や腐朽の進行による丸太積の倒壊が発生している。丸太積工自体で土圧を受ける構造であり、積み上げの勾配も急であるため、丸太積工の周囲に生育しているススキやアカマツの根系による緊縛力によって盛土が安定を図られるわけではなく、木製構造物の修復が必要な状態である。



写真 6-4 丸太積工の状況

路面水については、交換が可能であるU型鋼製横断溝により処理されている。ただし、スムーズに横断溝へ流入していない箇所が多く、侵食が著しく発達している状況である。特に、簡易な施設が設けられている場合が多い作業道では、メンテナンスを怠ると道路自体の機能損失が進み易いため、排水施設の破損については、速やかな補修が必要である。



写真 6-5 排水施設の状況及び侵食状況

### 6-2-2 衝撃加速度試験及び簡易貫入試験

切土主体として路体が構築されている路線であることから、切土箇所及び盛土箇所より測定地点を定めた。これらの測点において、キャスポル、簡易貫入試験により、内部摩擦角、粘着力、コーン指数、地盤反力係数、CBR、N 値を求めた。測定箇所は、表 6-2 の通りである。なお、測定箇所は 1 測線について山手、中央、川手の 3 箇所を測定した。調査は、幾何構造の調査を実施したうちの 4 測点でおこなった。

表 6-2 試験箇所の状況(朝来)

調査点	土質	備考1	備考2
162	上層粘性土 下層花崗岩	切土	外カーブ。路盤よい。のり面にアカマツ侵入(5年生)。のり面マサ混りで固い。
174	粘性土(砂質分含む)	切土	外カーブ。側溝なし。のり面水分多い。
186	上層粘性土 下層花崗岩	盛土	のり面アカマツ有り6~8年生。路盤よい。マサ主体。風化少ない。
199	粘性土(砂質分含む)	盛土	全断面盛土により構築。

#### ①衝撃加速度試験

キャスポルにより、内部摩擦角、粘着力、コーン指数、地盤反力係数、CBR を求めた結果は表 6-3 の通りである。図 6-2 のうち 162、174 は切土主体、186、199 は盛土主体の部分である。なお、CBR については、換算式<sup>1</sup>により室内 CBR に換算した値も参考として示した。

<sup>1</sup> 社団法人地盤工学会、土質試験の方法と解説、P285

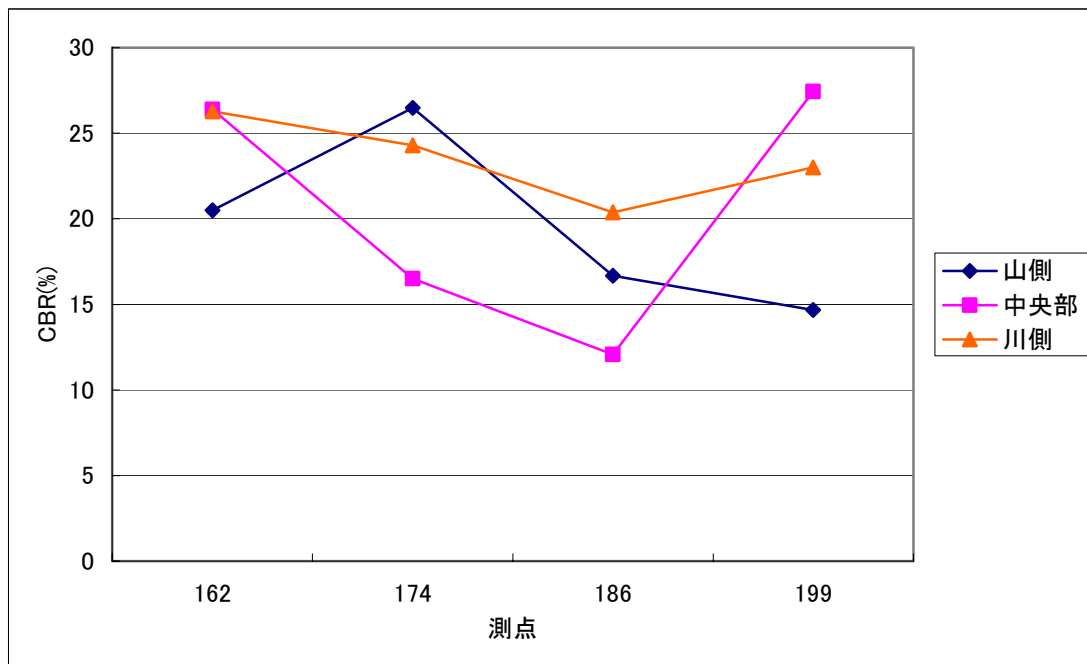


図 6-2 キャスポルによる CBR 測定値(朝来)

表 6-3 衝撃加速度試験結果(朝来)

項目	全体平均			切土部			盛土部		
	山手	中央	川手	山手	中央	川手	山手	中央	川手
φ(度)	29.95	30.57	32.32	32.29	31.07	33.4	27.6	30.07	31.23
c	108.36	112.84	125.54	125.43	116.51	133.41	91.28	109.16	117.66
qu	1537.09	1616.02	1839.14	1837.26	1680.66	1977.73	1236.91	1551.38	1700.54
K30	92.52	97.95	113.31	113.17	102.39	122.85	71.87	93.51	103.77
CBR	19.59	20.6	23.49	23.49	21.44	25.29	15.68	19.76	21.69
換算CBR	11.75	12.36	14.09	14.09	12.86	15.17	9.41	11.86	13.01

qu:コーン指数、K30:地盤反力係数

切土高が極端に高くない断面の箇所を切土断面の調査地点としたが、乱していないまさ土の地盤であることから、盛土により路体が構築されてする地点と比較すると、高い値となっている。ただし、盛土箇所における測定値についても、qu は 1200kN/m<sup>3</sup> を超えており、トラックが走行しても何ら問題のない値を示している。

なお、写真からもわかるように、調査地では固結した花崗岩の露出はなく、指で削ることのできる程度の硬さのものであった。表層 0.5~1.5m の深さには、赤色系の砂質分を多く含む粘性の土が堆積しており、盛土材は赤色系粘性土とまさ土の混合による場合もある。

## ②簡易貫入試験

衝撃力試験を実施した箇所と同じ箇所において、それぞれ山手側、中央部、川手側を測定した。図 6-4 は切土、盛土箇所より最高値と最低値を示した箇所の調査結果を図化したものである。

P162 は全て切土断面であることから、換算 N 値の分布を見ても、20 以上の地盤となっていることがわかる。一方、P199 は全断面が盛土によって構築されていることから、深さ 30~40cm の部分が換算 N 値 10 の境界となっている。表部部分では、比較的締まった状態となっても、盛土が下方に向かうにつれて、やや締固めが不足しているという調査結果となった。ただし、路盤の沈下や盛土面のはらみはみられなかった。

# 簡易貫入試験の値 (朝来P162)

P162

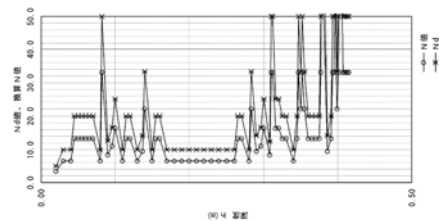
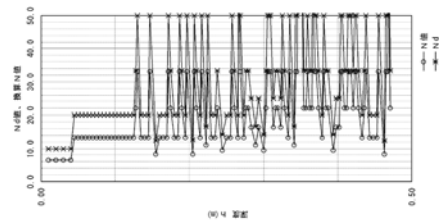
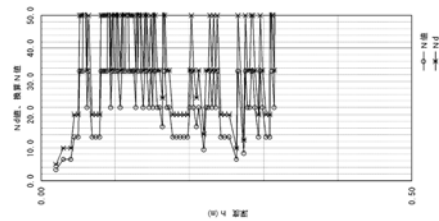
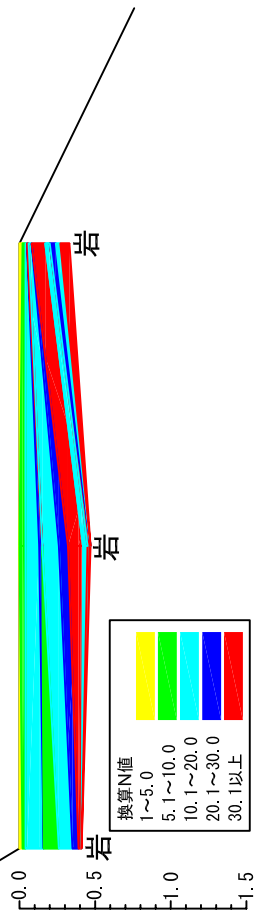
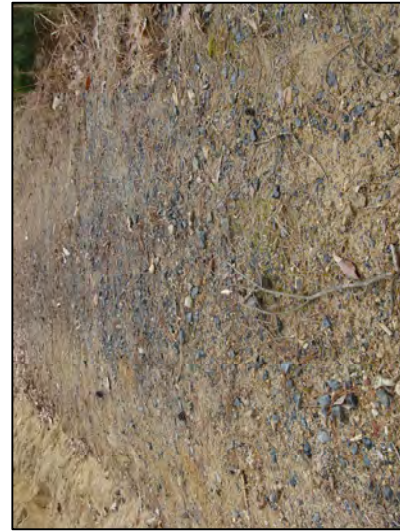


図6-3 簡易貫入試験の値 (朝来P162)

# 簡易貫入試験の値 (朝来P199)

P199

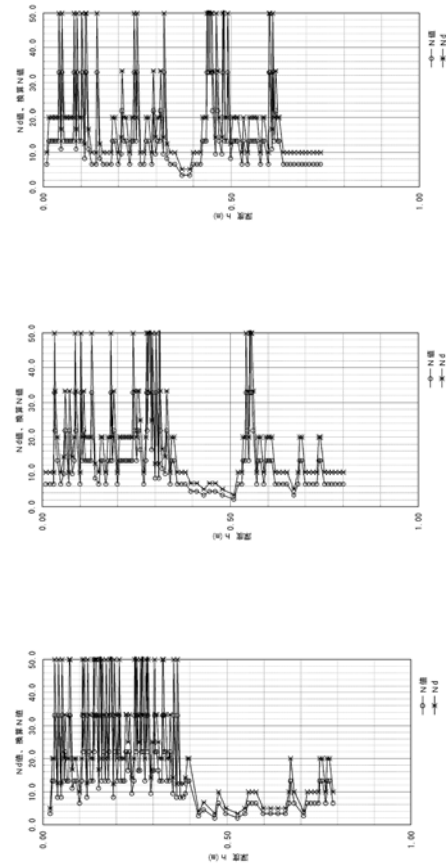
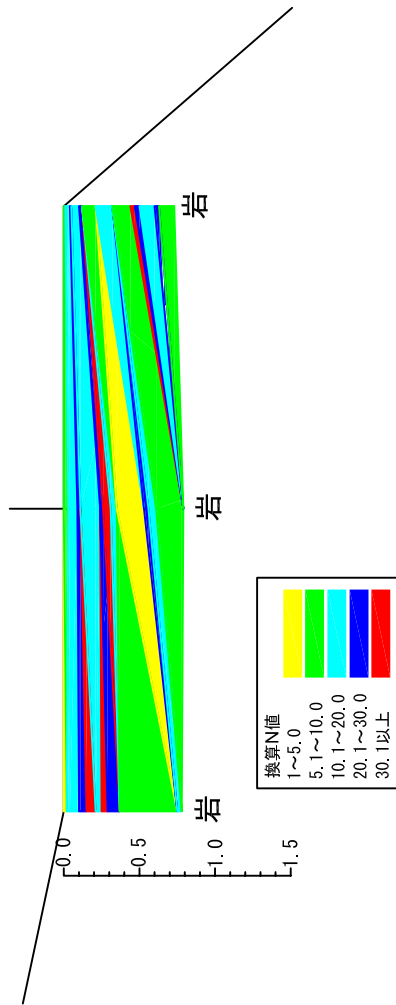


図6-4 簡易貫入試験の値 (朝来P199)

### 6-2-3 室内土質試験

路盤材として用いられていると想定される土層より室内土質試験の試料を採取した。試料の構成は、平成8年施工箇所、平成21年施工箇所から、それぞれ1試料を採取した。



写真 6-6 H1 試料採取箇所 (H8 開設路線 まさ土)

固結度が高く、指で触るとやすりのような感じである。指で崩すこともできる。もともと含水比は低いようであり、手にとっても、水っぽさがあまりない。



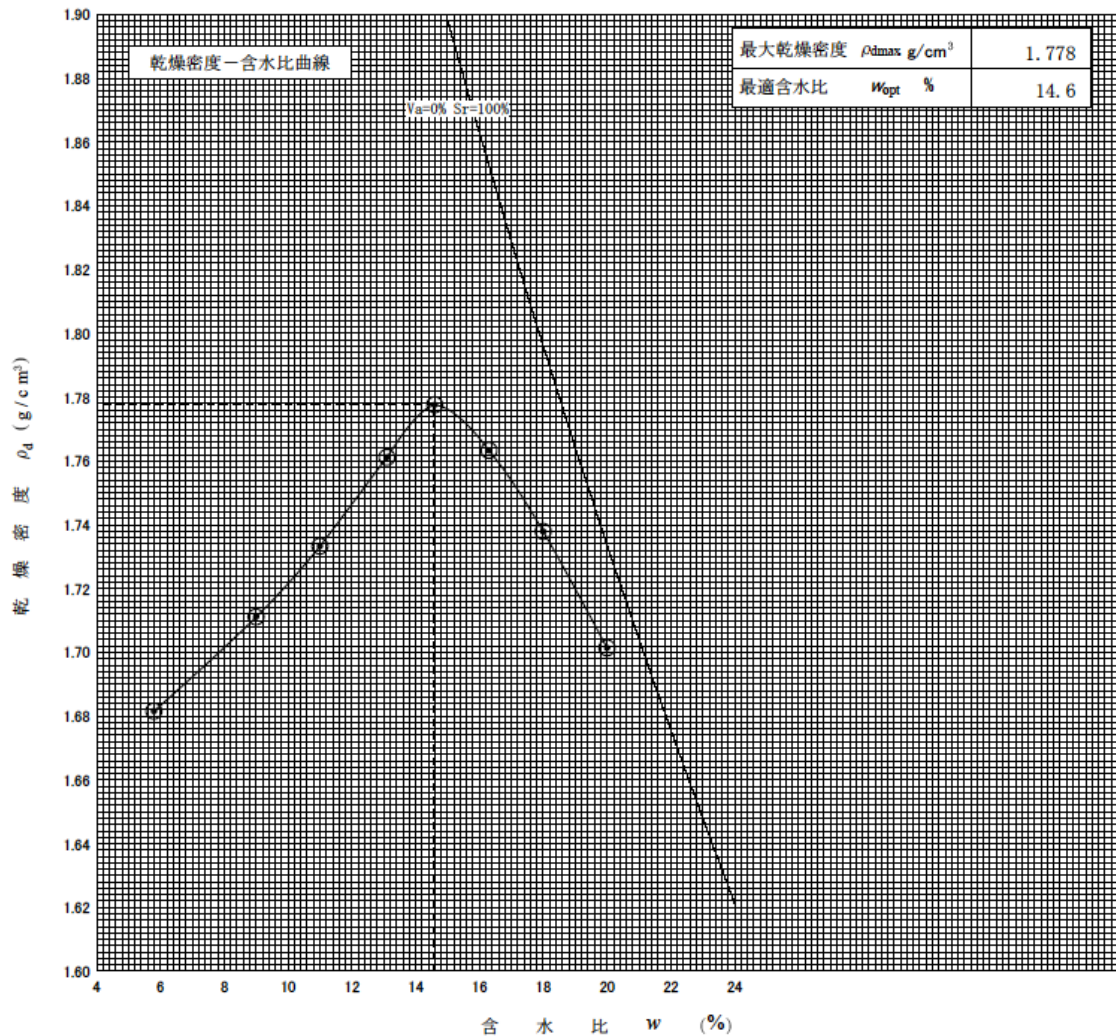
写真 6-7 H2 試料採取箇所 (H21 開設路線 まさ土)

H8 路線と比較すると、固結度が低く、簡単に指で削り取ることができる。水分含有量は低い。

室内土質試験の結果のうち、土構造の安定計算の因子である内部摩擦角( $\phi$ )と粘着力(C)の結果をみると、H1 及び H2 とともに、礫分、砂分の粒度組成が高いことから、内部摩擦角は  $34^\circ$  を超える高い値となっている。

設計 CBR の値も、礫分、砂分の値が高いことから、20%を超える値となっており、路盤材としては、まさ土は優良な盛土材といえる。

突き固めによる土の締固め試験の結果は図 6-5 及び図 6-6 に示すとおりである。H1、H2 のいずれも最適含水比と自然含水比の差は 1%台の値であり、自然状態のものが最適含水比よりも低いという結果であった。この結果より、まさ土については、粘性分を含む土を混入しなければ、特に含水状態を意識せず施工できると考えられる。



最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ g/cm <sup>3</sup>	最適含水比 $W_{opt}$ %	自然含水比 $W_n$ %	備考
1.655	18.1	15.2	

図 6-5 乾燥密度-含水比曲線(朝来 : H1=H8 路線 まさ土)

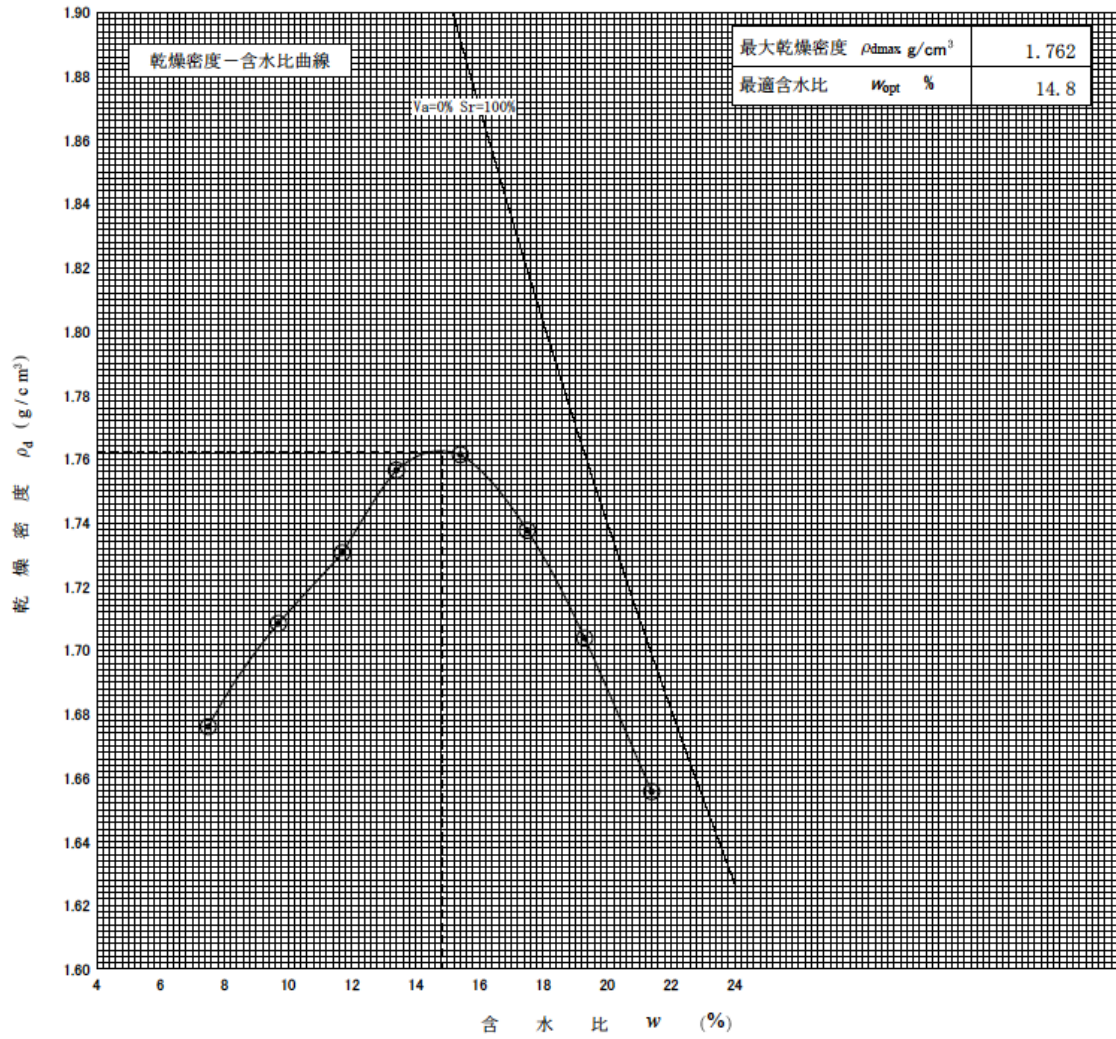


図 6-6 乾燥密度-含水比曲線(朝来 : H2=H21 路線 まさ土)

# 土質試験結果一覧表（基礎地盤）

調査件名 平成22年度森林吸収量の確保と森林資源の循環利用の両立に向けた森林整備手法に関する調査事業

整理年月日 2011年 1月20日

整理担当者 島田 直樹

試料番号 (深 さ)	H1 ( m )	H2 ( m )			
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>				
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>				
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.654	2.669		
	自然含水比 $w_n$ %	12.7	13.2		
	間隙比 $e$				
	飽和度 $S_r$ %				
粒度	石分 (75mm以上) %				
	礫分 <sup>1)</sup> (2~75mm) %	12.3	3.6		
	砂分 <sup>1)</sup> (0.075~2mm) %	83.7	91.5		
	シルト分 <sup>1)</sup> (0.005~0.075mm) %	2.3	2.7		
	粘土分 <sup>1)</sup> (0.005mm未満) %	1.7	2.2		
	最大粒径 mm	19.000	4.750		
	均等係数 $U_c$	5.731	6.275		
	50%粒径 $D_{50}$ mm	0.9765	0.8245		
コンシステンシー特性	液性限界 $w_L$ %	NP	NP		
	塑性限界 $w_p$ %	NP	NP		
	塑性指数 $I_p$	NP	NP		
分類	地盤材料の分類名	分級された礫まじり砂	分級された砂		
	分類記号	S-GP	SP		
圧密	試験方法				
	圧縮指数 $C_c$ 圧密降伏応力 $p_c$ kN/m <sup>2</sup>				
一軸圧縮	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>				
せん断	試験条件	CD	CD		
	全応力	$c$ kN/m <sup>2</sup>	55.6	88.1	
		$\phi$	38.3	34.2	
有効応力	$c'$ kN/m <sup>2</sup>				
	$\phi'$				

特記事項

1) 石分を除いた 75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。

[ 1kN / m<sup>2</sup> ≒ 0.102kgf / cm<sup>2</sup> ]

# 土質試験結果一覧表 (材料)

調査件名 平成22年度森林吸収量の確保と森林資源の循環利用の両立に向けた森林整備手法に関する調査事業

整理年月日 2011年 1月20日

整理担当者 山田四郎

試料番号 (深 さ)	H1 ( m )	H2 ( m )			
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>				
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>				
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.654	2.669		
	自然含水比 $w_n$ %	12.7	13.2		
	間隙比 $e$				
	飽和度 $S_r$ %				
粒度	石分 (75mm以上) %				
	礫分 <sup>1)</sup> (2~75mm) %	12.3	3.6		
	砂分 <sup>1)</sup> (0.075~2mm) %	83.7	91.5		
	シルト分 <sup>1)</sup> (0.005~0.075mm) %	2.3	2.7		
	粘土分 <sup>1)</sup> (0.005mm未満) %	1.7	2.2		
	最大粒径 mm	19.000	4.750		
	均等係数 $U_c$	5.731	6.275		
	50%粒径 $D_{50}$ mm	0.9765	0.8245		
コンシステンシー特性	液性限界 $w_L$ %	NP	NP		
	塑性限界 $w_p$ %	NP	NP		
	塑性指数 $I_p$	NP	NP		
分類	地盤材料の分類名	分級された礫まじり砂	分級された砂		
	分類記号	S-GP	SP		
締固め	試験方法	E-b	E-b		
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ g/cm <sup>3</sup>	1.778	1.762		
	最適含水比 $w_{opt}$ %	14.6	14.8		
CBR	試験方法	E法	E法		
	膨張比 $r_e$ %	0.080	0.096		
	貫入試験後含水比 $w_2$ %	18.6	14.4		
	平均 CBR %	24.34	22.78		
コーン指数	突固め回数 回/層				
	コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup>				

特記事項

1) 石分を除いた75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。

[ 1kN / m<sup>2</sup> ≒ 0.102kgf / cm<sup>2</sup> ]