

軟岩材料を用いた盛土の品質管理

(株) アイコ 正会員 ○中村吉男
(財) 東海技術センター 正会員 小島淳一

1. はじめに

岩塊はロックフィルダムを始め、道路、鉄道などの路床、路盤、宅地造成あるいは各種護岸工事など、ほとんどの土木工事に欠くことのできない材料の一つである。通常岩塊は、硬岩と軟岩とに大別されるが、これについて大根¹⁾は地質学のおよび工学的観点から表-1のように分類している。この表では、岩の地質年代、成因、構成物質などの面から第三紀以前に生成された堆積岩のうち砂岩、泥岩（シルト岩を含む）、頁岩、凝灰岩などを軟岩、これ以外の火成岩、変成岩などを硬岩と呼び、硬岩や軟岩の風化したものを、それぞれ硬岩の風化岩（単に風化岩）および軟岩の風化岩（風化軟岩）と称している。

我が国においてこれら軟岩は、図-1²⁾に示すように全国的に広く分布しており、その割合は表-2³⁾にあるように全体の約19%に達する。また、軟岩はグリーンタフ以外の地域では、図-2⁴⁾のように大きな河川が存在する平野の周辺の丘陵地に分布することが多い。図-2は新第三紀以後に堆積した地層の関係を模式的に説明したものであり、洪積層が存在する台地を掘削すると下部には新第三紀層（軟岩）が存在する可能性が高く、都市およびその近郊に連たんする丘陵地における土木工事では絶えず軟岩に直面することとなる。

軟岩は拘束状態から解放し、自然条件下に放置されると容易にスレーキングや風化を起し強度が低下する。この現象は軟岩を締め固めて盛り立てた構造物においても見られることがあり、構造物内のスレーキングや風化作用により、構造物が沈下したり崩壊した例が実際に数多く報告されている^{5)・6)}。本報告は、軟岩を盛り立て材料に用いた宅地造成盛土において、盛土の品質管理基準値を強度低下の観点から設定し、施工管理の一環として行った各種現場試験・計器観測結果を報告するものである。

表-1 岩塊の分類¹⁾

分類 特性	硬岩	風化岩	軟岩	風化軟岩
岩種	火成岩, 変成岩		第三紀以前の新堆積岩	
一軸圧縮強度	300kgf/cm ² 以上	300kgf/cm ² 以下	300kgf/cm ² 以下 (100kgf/cm ² 以下が最も多い)	50kgf/cm ² 以下
吸水率	5%以下	5%以上	5%以下	5%以上
弾性波速度	2.5km/s以上	2.5km/s以下	1.0~2.5km/s	1.0km/s以下
骨材の安定性試験 (JIS A 1122)	5サイクルで12%以下	5サイクルで12%以上	サイクルで12%以上 (スレーキングしやすい)	1サイクルで粘土状になる
その他の特徴	・採取には発破を必要とする ・ボーリングのコアは棒状	・採取には主にリッパーを使用 ・ボーリングコアは数センチの岩塊や岩片となり、粘土分も含む	・採取は主としてリッパーで行う ・ボーリングコアは棒状となるが乾燥時にひび割れを起こす	・ボーリングコアは硬い粘土状で乾燥時にひび割れを起こす ・転圧によって粘土化する

2. 現場概要

現場は、岐阜県瑞浪市に位置する約36haの宅地造成現場である。開発地の地質状況は、図-3および表-3に示す通り下位より中世代・白亜紀の土岐花崗岩、新第三紀・中新世の瑞浪層群（軟岩類）、これらを覆う

ように新第三紀鮮新世～第四紀更新世の土岐砂礫層や段丘堆積物，崖錘堆積物，沖積層が分布している。本工事の土工量は1,520千 m^3 であり，このうち約70%の1,070千 m^3 は中新世の堆積物である瑞浪層群の砂質シルト岩およびシルト質砂岩である。

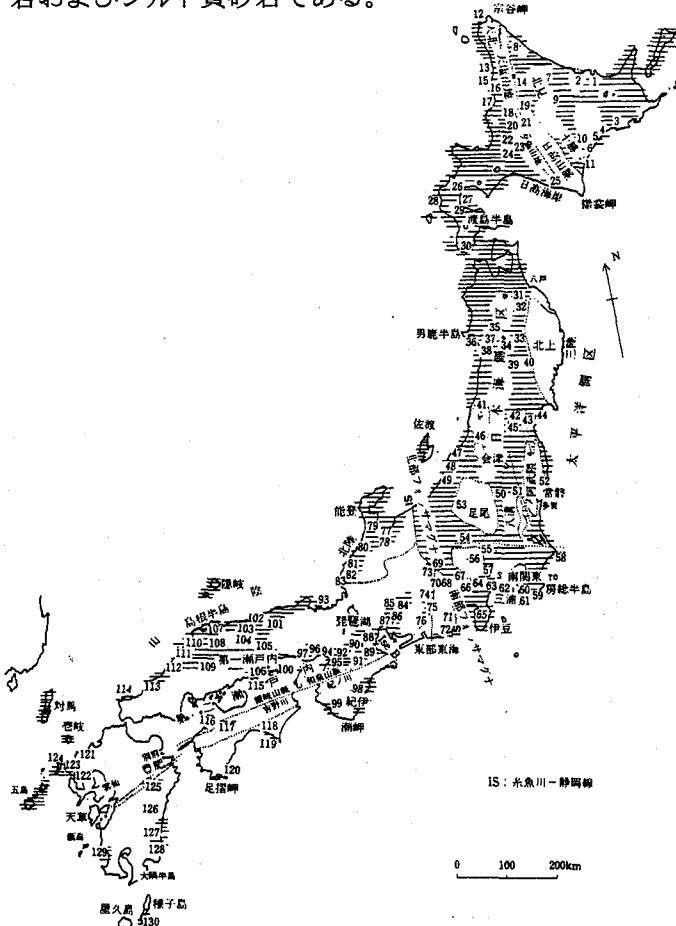


図-1 日本の新第三紀系の分布²⁾

表-2 日本における地層の分布面積百分率³⁾

地質の分類	百分率 (%)	地層の例
新生代層	沖積層 } 洪積層 }	有楽町層
		東京層，成田層群，関東ローム層，熱田層群，大阪層群など
	新第三紀 } 古第三紀 }	三浦層群，神戸層群，日南層群，御坂層群など
		石狩層群，白水層群，御坂層群など
中生代層	白亜紀層	和泉層群，小仏層群，関門層群(硯石統)など
	ジュラ紀層	手取層群，鳥の巣層群など
	三疊紀層	美弥層群など
古生代層	12.2	秩父古生代層，秋吉台石灰層，青梅石灰層など
時代未詳中生代層 (時代未詳の古第三紀層 および同古生代層を含む)	5.3	
新生代火山岩類	20.4	富士熔岩(沖積世)，阿蘇熔岩(洪積世)など
酸性深成岩類	13.3	
塩基性深成岩類	1.6	
雲母片岩その他片岩類， 片麻岩類，千枚岩類	3.6	三波結晶片岩類，御荷鈴結晶片岩類，飛騨片麻岩，傾家片麻岩，三群結晶片岩類など
	100.0	

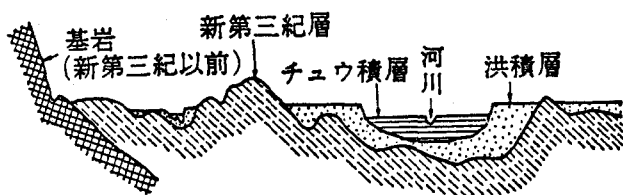


図-2 新第三紀層地質概念図⁴⁾

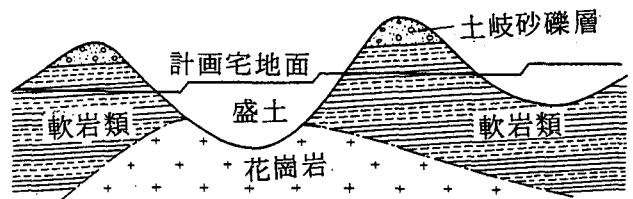


図-3 開発地地質概要図

3. 軟岩材料の採取粒度および締固め特性

盛土構造物を構築する上での技術的課題として，盛土斜面のすべり破壊に対する安定性の確保と築堤後の盛土地盤の残留沈下を許容値内に抑制することが重要な論点となる。このためには，種々の条件（密度，含水比等）で締固められた築堤材料のせん断強さや圧縮性などの力学的特性を十分把握する必要があるが，それ以前の問題として，締固め特性に及ぼす材料の粒度組成の影響を確実に理解しておかなければならない。

表-3 地質層序表

時代	柱状図	地質名	記 事
第四紀	荒新世	造成土・盛土	礫，砂および粘土よりなる。
		沖積層	礫まじりシルト～シルト。 (現河床・氾濫原堆積物)
	更新世	崖錘堆積物	礫まじりシルト，粘土質砂礫よりなる。
新第三紀	鮮新世	段丘堆積物	礫まじりシルト～シルト質砂礫，シルト層よりなる。
	中新世	土岐砂礫物 (瀬戸層群)	主に粘土質砂礫からなる。調査地域南部山頂付近に分布。
中生代	白亜紀	瑞浪層群	主に砂質シルト岩，シルト質砂岩からなる褐炭の薄層を挟む。
		土岐花崗岩	粗粒のものが多く，瑞浪層群との境界面はかなりの凸凹あり。

特に軟岩や風化岩は材料採取、まき出し、転圧の各工程で破碎されて粒度が著しく変化し、その度合いは採取方法、転圧重機械の種類や重量あるいは岩塊の硬軟等によって著しく異なるのでこの種の材料を扱う場合は材料の粒度変化（岩塊の細粒化特性）をよく理解した上でせん断強さ、圧縮性等の工学的性質を検討することが大切である。

3.1 軟岩材料の粒度特性

軟岩材料の粒度組成は施工工程で著しく変化するが、細粒化は比較的規則的に起こるので、その粒度分布はTalbot（タルボット）の提案した式(1)を用いて表現すると便利である。

$$P = (d/D_{max})^n \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

ここに、

P:通過質量百分率(%), d:任意粒径

D_{max} :最大粒径, n:粒度分布を表す指数

軟岩を盛土材料として採取する場合、通常油圧リッパが用いられるが、軟岩はクラックや節理が少ないことから採取時の粒度組成は、大塊かつ均等係数の小さい状態で採取される傾向にある。しかし、実際には、リッパの根入れを浅くし、本数を多くすることで貧配合となる粒度組成を回避することができる。図-4は一軸圧縮強度（ q_u ）が20～100kgf/cm²の軟岩を油圧リッパを用いて採取し、これをブルドーザでまき出した後の粒度範囲(A)とタンピングローラーを用いて転圧した後の粒度範囲(B)、および各種転圧ローラーを組み合わせる締め固めた後の粒度範囲(C)を示したものである⁷⁾。図で明らかなように、まき出し後の粒度範囲は Talbot式の指数で $n=0.3\sim 0.6$ 、タンピングローラーで転圧した後は平均的に $n=0.3$ 、複合転圧後は $n=0.2\sim 0.3$ の範囲である。nの値は岩の硬軟やき裂の発生状況、風化の程度などによって異なるものと考えられるが、他の軟岩の試験結果^{8) - 10)}でも概ね上記と同様な結果が得られている。これらの結果から、軟岩に対して、まき出し、転圧等の外力を与えることによって起こる粒度変化の特徴として、以下の事項が挙げられる。

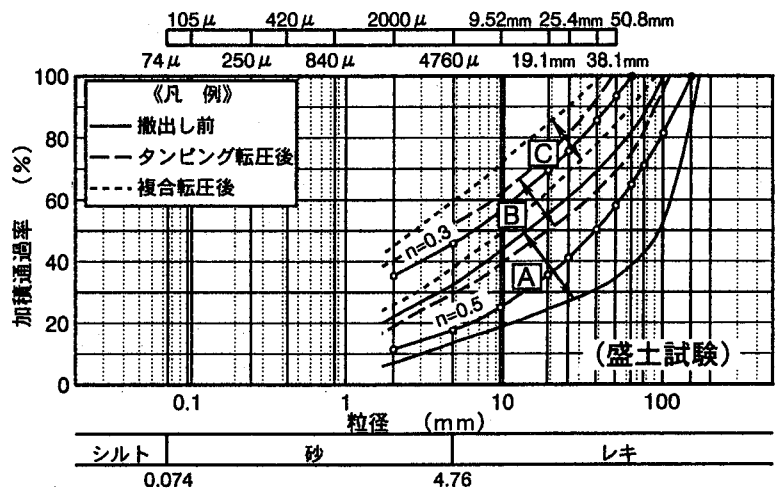


図-4 軟岩材料の細粒化

① 細粒化は粒度分布が平行移動する形（相似粒度）で起こる。

② まき出し後のnの値は、リッピング等の採取方法を工夫することで $n=0.4\sim 0.6$ の範囲となる。また、通常の転圧によって細粒化した材料では $n=0.3$ である。

③ 転圧によって土層全体を $n\leq 0.2$ の粒度状態にするのはかなりの困難を伴う。

軟岩の転圧過程における粒度変化がこのような特徴を示すことは工学的に重要な意味を持つ。例えば、軟岩をフィルダムなどの不透水性材料として使用する場合、nの値と透水性の関係を求めておくことによって、許容最大粒径を決定することができる。また、後述するように、締め固め後のスレーキングや風化による強度低下に対してもn値との関係を整理しておくことによって適正な品質管理手法を決定することができる。

3.2 軟岩材料の締め固め特性

岩塊を締め固めた際、密度の大きさは主として材料の粒度組成に支配されることが知られている。このことから硬岩の岩塊を盛り立て材料とするロックフィルダムなどでは、工学的性質を判定するための締め固め度は、相対密度によって評価されるのが通常である。これに対し、軟岩は締め固めによって細粒化するため、締め固め

後の工学的性質は岩塊材料というより、むしろ礫まじりの土質材料としての性質が強く現れるため、この種の材料の締固め度は一般には密度や空気含有量を基準として判定される¹⁰⁾。

礫質材料の締固め特性は、例えばWalker-Holtz (ウォーカ・ホルツ) の提案した方法により明らかにされているが、軟岩に対してこの方法を適用するのはあまり好ましくない。この方法は、締固め後の全体または土(−4.76mm)のみの密度によって締固め度を判定するものであり、そのためには土分と岩塊分とを洗浄などによって分離しなければならない。しかし、実際問題として細粒分と岩塊分とを精度よく分離することはかなり面倒である。更に、盛土の締固め度は、通常プロクターの最大乾燥密度(ρ_{dmax})と対比して、いわゆるD値で評価されるが、最大乾燥密度を求めるための試験粒度として、採取直後、まき出し後、あるいは締固め後のいずれを用いるかが問題となってくる。したがって、Walker-Holtzの方法によって締固め度を判定することは必ずしも妥当とは考え難い。このようなことから、軟岩盛土の締固め度を判定する一つの方法として、軟岩礫粒子の乾燥密度を基準とした次の方法が考えられる。すなわち、締固め後の乾燥密度と軟岩礫粒子の乾燥密度とを対応させるものであり、所要の締固め度(E値)を次式で表す。

$$E \text{ 値} = (\text{締固め乾燥密度} / \text{軟岩礫粒子の乾燥密度}) \times 100 (\%) \dots\dots (2)$$

一般にE値を用いた施工管理において $E \geq 80 \sim 85\%$ となるよう規制¹⁰⁾することが多く、また室内の締固め試験結果によれば、空気間隙率(v_a)15%以下に締め固めればE値80~85%以上となり $v_a \leq 10\%$ になる密度はE値85~90%以上に相当することが確認されている。

4. 軟岩盛土材料の強度低下特性¹¹⁾

軟岩材料は、乾湿繰返し作用を受けることによって細粒化するとともに、強度低下を起こす。軟岩盛土の強度低下は粒度分布、締固め条件に加えて岩塊が周囲から受ける拘束圧に作用されると考えられる。そこで、これらの諸条件を考慮した室内実験を行って盛土材料の強度低下特性を調べ、盛土構造(ゾーニング)と施工管理基準値の設定方法について検討を行った。

4.1 試料および試験方法

試験に用いた試料は開発地近傍から採取した瑞浪層群に属する凝灰質砂岩であり、その基本物性値を表-4に示す。試験は、直径150mm、高さ350mmの二割りモールドを用い、この中に軟岩材料を静的に締固め、鉛直荷重 $p_v = 0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ を作用させた状態(図-5)でコンクリート骨材の安定性試験と同様な方法で行った。すなわち、供試体を硫酸ナトリウム溶液に24時間浸したのち炉乾燥(110℃)する過程(試験中は鉛直変位を測定)を1サイクルとして5サイクル繰り返す(以下風化試験と呼ぶ)。風化試験終了後、供試体を取り出し $B.P = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_s' = 1.0, 2.0, 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ で約1日等方圧密し、軸ひずみ速度0.25%/minのひずみ制御で三軸圧縮試験を行った。なお、供試体の締固め条件は表-5に示す通りであり、実施工を想定し粒度分布(図-6)はタルボットの式(1)で、締固め密度は式(2)のE値で評価した。

表-4 基本物性値

液性限界	w_L	78.5	%
塑性限界	w_p	29.7	%
塑性指数	I_p	48.8	%
土粒子の密度	ρ_s	2.627	g/cm^3
自然含水比	w_n	38.6	%
礫粒子の乾燥密度	ρ_f	1.338	g/cm^3
吸水率	Q	37.0	%
一軸圧縮強さ	q_u	86~201	kgf/cm^2
モンモリロナイト含有量	M_o	9~14	%

表-5 風化試験条件

鉛直荷重	$p_v = 0.5, 1.0$	kgf/cm^2
粒度分布	$n = 0.4, 0.5, 0.6$	
締固め度 E 値	85%	($\rho_{df} = 1.137 \text{ t/m}^3$)
	90%	($\rho_{df} = 1.204 \text{ t/m}^3$)

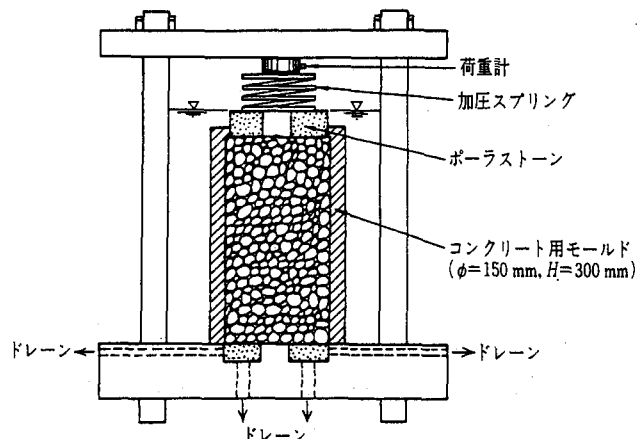


図-5 風化試験装置

4.2 試験結果

(1) 風化試験における体積変化

図-7は風化試験中の供試体の体積変化を示したものであり、いずれの試料も初期の乾燥過程で急激な収縮沈下が見られる。その後の乾湿繰返しに伴う体積変化と拘束圧、粒度分布、締固め度の間には次の相関が認められる。① $p_v=1.0\text{kgf/cm}^2$ (○, ●印) では膨張が抑制され体積の変動が小さい。② $p_v=0.5\text{kgf/cm}^2$ (□, ■印) の試料で代表されるように膨張量は n の増加に伴い大きくなる。③E85試料はE90試料に比べ体積の変動が大きく乾湿の影響を受け易い。膨張量が大きい $n=0.5, 0.6$, E値=85%, $p_v=0.5\text{kgf/cm}^2$ の試料(□印)は細粒化が他の試料に比べ著しく、強度低下も大きいことから、膨張を抑制することが劣化防止につながるものと判断される。

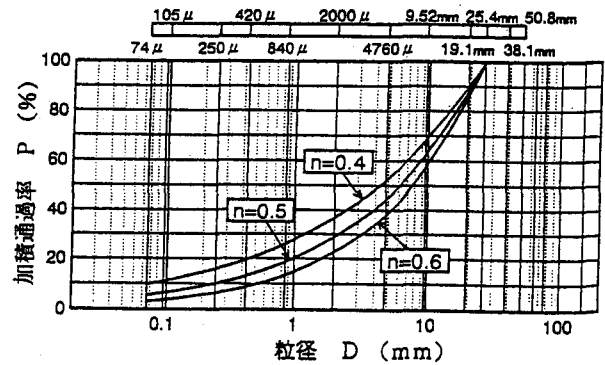


図-6 試験試料の粒度分布

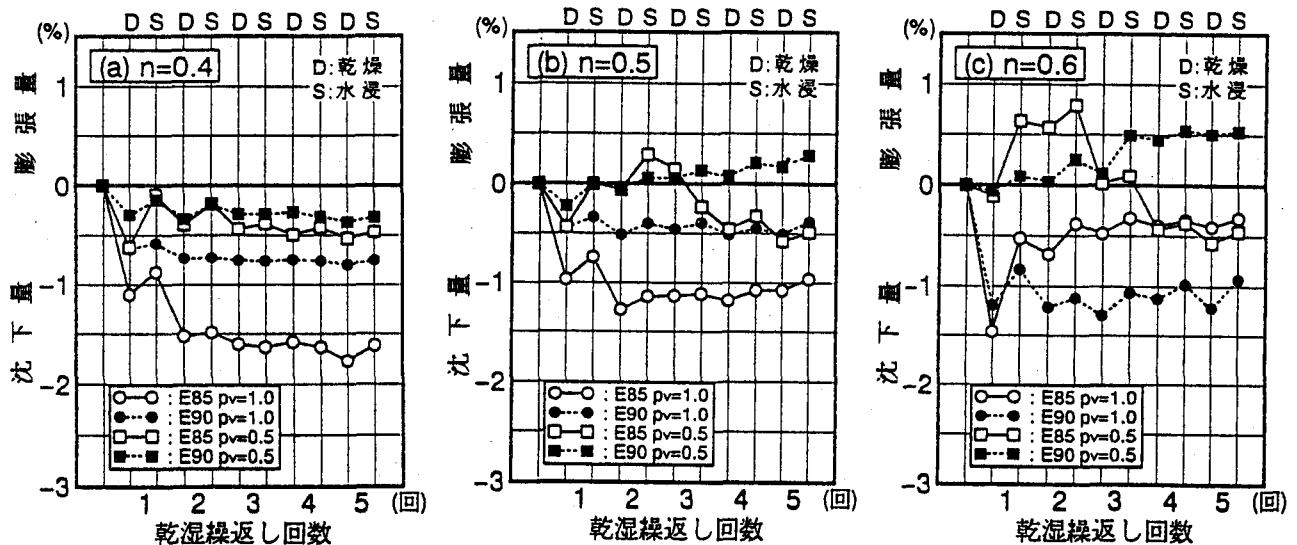


図-7 風化試験時の体積変化

(2) スレーキングによる強度低下

図-8はタルボット指数 n と強度比 R （風化試験前後の軸差応力の比）の関係を示したものである。図で明らかなように、細粒分が多く締固め密度が高い試料ほど、また風化試験時の鉛直荷重が大きいほど強度低下が小さくなる。図では $n=0.4, 0.5$ の一部の試料で $R > 100\%$ となり、風化試験後の強度が風化試験前の強度を上回っているが、これは風化試験中の粒子破碎に伴う密実化に起因するものと推察される。また岩塊の比重・吸水試験によると、強度低下が小さい試料($R \geq 70\%$)の岩塊の吸水率はインタクトな岩塊の吸水率と大差なく、岩塊自体のスレーキングはそれほど進行していないものと考えられる。図-9は n と R の関係から $R=80, 90, 100\%$ となる n を読みとり、鉛直荷重と n の関係として整理したものであり、現場で発生する材料の粒度組成(n)と所要の締固め度(E値)から推定した強度低下率を確保するための拘束力、すなわち覆土の厚さを定めることができることを示している。

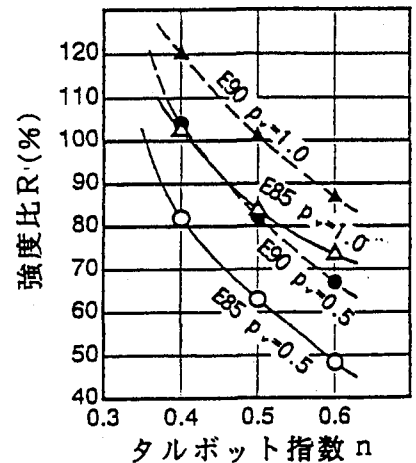


図-8 タルボット指数と強度比の関係

5. 盛土断面および品質管理基準の設定^{1,2)}

設計における盛土断面，特に発生材料によるゾーニングは盛土斜面の長期安定を図る上で重要な要素である。一般に本地区のような大規模宅地開発等の造成工事においては開発区域内で切盛のバランスをはかることを原則としており，掘削材料の大部分を開発区域内で処理（盛土）することになる。本地区における掘削土量の内訳は表-6に示した通りであり，各材料の工学的特性と土量を考慮して盛土標準断面を設定した

（表-7、図-10）。すなわち，法先部にはせん断強度が高く，透水性の大きい花崗岩類（ゾーン3）による盛土を行い，風化やスレーキングにより強度低下をきたす軟岩類（ゾーン2）は盛土内部に配置し盛土表層部を不透水性材料（段丘堆積物，土岐砂礫層：ゾーン1）により覆土する計画とした。

図-9によれば，風化作用により強度低下を起こさないための拘束圧力は， $R=100\%$ として E 値 $\geq 90\%$ ， $n=0.5$ の場合， $p_v=0.95\text{kgf/cm}^2$ ，すなわち約5mの覆土が必要となる。しかし，本地区においては覆土として使用できる段丘堆積物および土岐砂礫層は土量的に厚さ2.5m程度が限度であり，ある程度の軟岩盛土の強度低下を考慮した断面設定が必要となった。断面設定においては，斜面勾配，盛土の強度が主たる要素になるが，斜面勾配については開発基準による斜面勾配（盛土の場合1:1.80）を採用することとした。

盛土の強度は図-9で示されるように粒度組成（タルボット指数），締固め度（E値）および風化作用による強度低下等によって異なるので，各要素の組合せによって数多くの断面が考えられるが，本地区の軟岩（ $q_u=50\sim 120\text{kgf/cm}^2$ ）のようにリッピングによって採取する材料の場合は採取粒度をある程度予測することができる。そこで，設計においては，3.1節に示した軟岩盛土の実績を考慮しタルボット指数 $n \leq 0.6$ を，また締固め度は締固め試験結果より $v_a \leq 10\%$ を想定しE値85%および90%とした。

図-11は盛土の安定計算結果の一例であり，盛土のせん断強度はゾーン2の施工条件（n値，E値）とその条件毎の強度低下を考慮した設計強度を採用している。安定計算は，常時および地震時（ $K_h=0.12$ ）について簡便分割法により行い，最終的に図-12に示した施工条件で許容安全率（常時 $F_s \geq 1.50$ ，地震時 $F_s \geq 1.20$ ）を満足することが判明した。

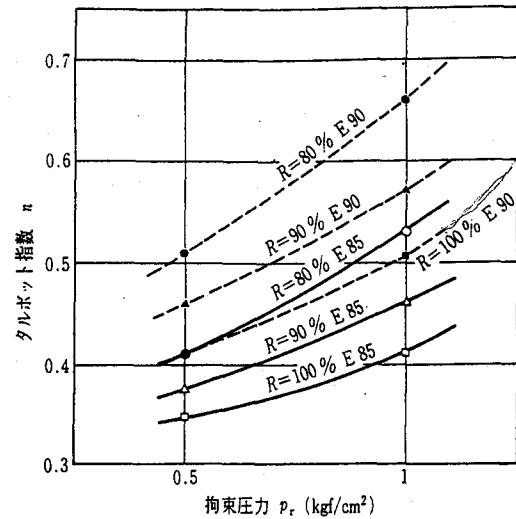


図-9 タルボット指数と鉛直荷重の関係

表-6 掘削土量内訳

地層名	掘削土量 (m³)
段丘堆積物	62,000
土岐砂礫層	177,000
軟岩類 (瑞浪層群)	1,068,000
花崗岩	213,000
合計	1,520,000

表-7 ゾーン区分と材料

ゾーン名	材 料	摘 要
ゾーン1	段丘堆積層 土岐砂礫層	植生土 拘束荷重
ゾーン2	軟 岩 類	
ゾーン3	花 崗 岩	法先崩壊防止 排水ゾーン

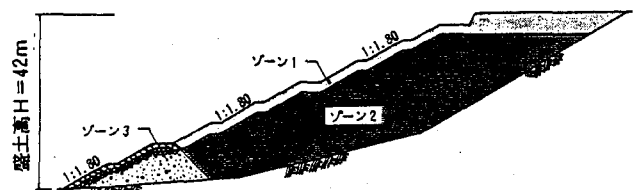


図-10 盛土標準断面図

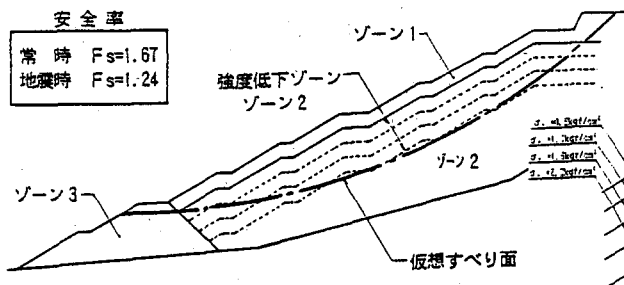


図-11 安定計算断面図

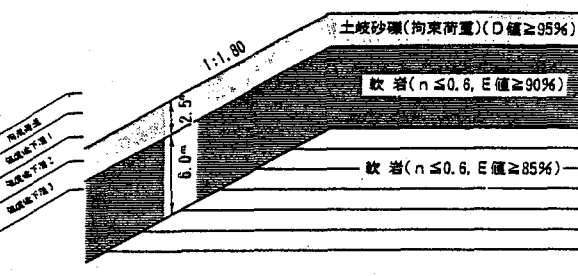


図-12 ゾーン2の施工条件

6. 現場試験および計測結果

上記の設計条件を満足するためには材料採取時の粒度組成が重要である。ショベルやリッピングによる採取実験(予備実験)の結果、リッピングが最も効果的であることが判明した。このため、①リッピングによる採取粒度($n=0.6$ 以下)、②所要の締固め度(E値85%、および90%)を満足するための転圧仕様を確認するために現場試験を実施した。

6.1 現場試験

(1) 破碎試験

リッピングによる破碎は、表-8の仕様で行い、各ケースについて現場ふるい試験を実施し、リッピングにより採取された材料のタルボット指数を算定した。土質試験結果は図-13に示した通りであり、所要のタルボット指数 $n \leq 0.6$ を満足する採取方法はCase 1-1, 2-1, 2-2であるが、掘削量の増大に伴い n 値の増大が予想されること、経済的にCase 2-2が安価であることを考慮し「3本爪50cm根入れ」を施工仕様とした。

(2) 転圧試験

転圧試験は、表-9に示した重機を使用し、撒出し厚さ(t)を40, 50, 60cmの3種類、転圧回数(N)を0, 6, 8, 10の4種類、合計12種類の転圧仕様により実施した。密度試験結果は、図-14に示した通りであり、所要密度E値85%、90%を満足する転圧仕様を整理すると、表-10が得られ、これから試験値のばらつき、経済性を考慮し、表-10の◎印を転圧仕様とした。

(3) 盛土品質管理試験結果

軟岩類の品質管理はE値85%、90%を管理基準とし管理方法を図-15に示す。

(a) 軟岩塊の乾燥密度・吸水率および圧縮強度

軟岩塊の乾燥密度と吸水率の関係は図-16に示すとおりであり、本地区で発生する軟岩材料の吸水率は、 $Q=10 \sim 70\%$ の広範囲に分布する。吸水率が25.3~37.2%の

表-8 リッピング仕様

Case 1-1	----	2本爪格子掛け2回+D9ブレードによる圧砕(2回走行) (リッパの根入れ30cm)
Case 1-2	----	2本爪格子掛け2回+D9ブレードによる圧砕(2回走行) (リッパの根入れ50cm)
Case 2-1	----	3本爪格子掛け1回+D9ブレードによる圧砕(2回走行) (リッパの根入れ30cm)
Case 2-2	----	3本爪格子掛け1回+D9ブレードによる圧砕(2回走行) (リッパの根入れ50cm)

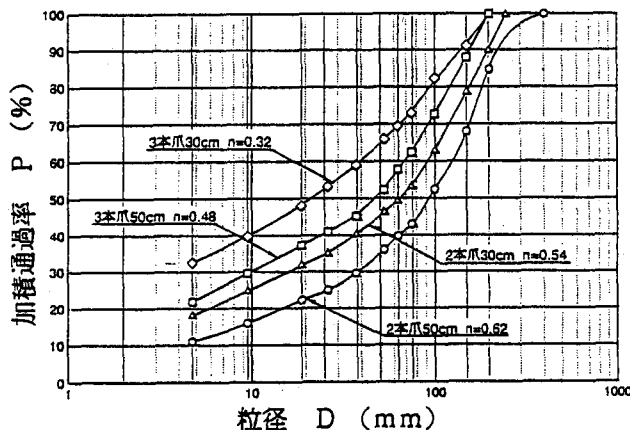


図-13 リッピングによる採取粒度

表-9 転圧試験使用機械

用途	機種	重量 (ton)		全長 m	全幅 m	接地圧 or 起動力 kgf/cm ²	転圧幅 m	速度 km/hr
		自重	全装備					
まき出し	ブルドーザー	21.4	25.8	4.72	3.16	0.91 × 2 0.41	0.91 × 2 1.820	0~ 11.2
転圧	振動ローラー	9.5	9.5	5.38	2.37	9.1 t	2.134	0~12

表-10 所要の密度が得られる転圧仕様

所要密度	まき出し厚	転圧回数	摘要
E値85%	40 cm	6 回	
	50 cm	6 "	◎
	60 cm	8 "	
E値90%	40 cm	8 "	
	50 cm	8 "	◎

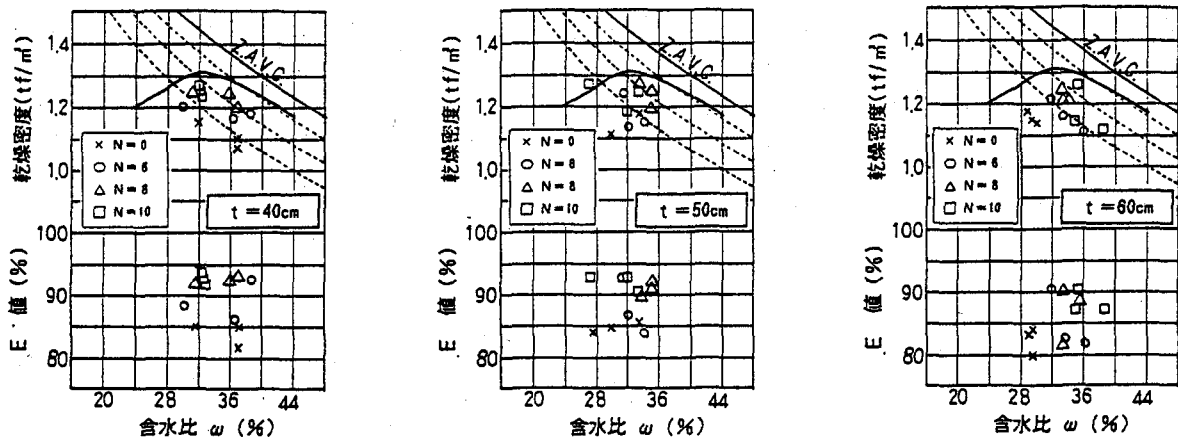


図-14 含水比～乾燥密度・E値の関係

軟岩塊の圧縮強度は、 $qu=50.1\sim 83.8\text{kgf/cm}^2$ であり、 $Q\geq 40\%$ の軟岩塊は風化が著しく、供試体の整形(コアリング)が困難であり概して脆い(指圧で破碎し得る程度)ことから、施工管理上 $Q\geq 40\%$ の材料を強風化、 $Q<40\%$ の材料を弱風化材料と区分した。

(b) 粒度特性

図-17に転圧後の粒度曲線を示す。弱風化材料のタルボット指数は、 $n=0.10\sim 0.44$ の範囲にあり平均的に $n=0.3$ であった。

(c) 実施工の締固め密度

図-18は実施工で計測した密度と含水比の関係を示したものであり、同図には代表試料で行った大型締固め試験($\phi 300\text{mm}\times h225\text{mm}$ モールド、 $D_{max}=63.5\text{mm}$)を併記してある。また、図-19は締固め度(E値)を盛土標高毎に整理したものである。これらの図によると、軟岩材料は風化程度や粒度特性の相違により締固め密度は著しく異なるが岩塊の乾燥密度で評価した締固め度のばらつきは小さいことが分かる。一般に盛土の品質管理において締固め度はD値、C値を指標とした管理がなされるが締固め度を算定する際、分母と分子のばらつきや整合性(粒度が同じで材質も同じ材料を用いて試験する必要があること)に留意する必要があるとされていることから、軟岩材料でD値等の管理を行う場合はかなりの頻度で締固め試験を行う必要があるものと考えられる。

6.2 沈下計測

盛土材料がスレーキングを起こす材料であり、盛土高さが最大35mにおよぶ高盛土であることから盛土完了後の残留沈下が懸念された。このため高盛土部4ヶ所にクロスアーム沈下計を設置し盛土の沈下挙動観測を行った。

図-20は盛土表層部に近いクロスアーム沈下計(C-1: 盛土高H=28.1m)の沈下量を盛土完了時点からの経時変化として示したものであり、同図には降雨量および沈下量と経過日数の双曲線近似結果が併記してある。同図に示す通り、沈下量は降雨とは無関係であり双曲線近似が適用できることが分かる。当該盛土は、表層部を土岐

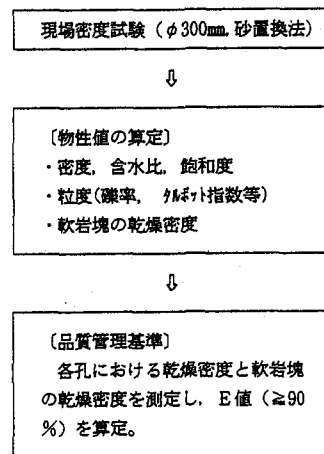


図-15 軟岩盛土品質管理方法

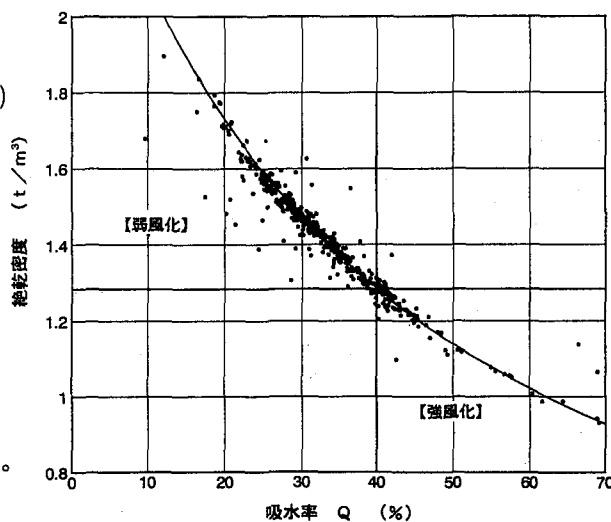


図-16 軟岩塊の吸水率と乾燥密度の関係

砂礫材料，段丘堆積層でカバーしており，また十分に転圧された盛土であることから降雨浸透による水浸沈下は無視し得る程度と考えられる。

また，盛土完了後の時間～沈下量関係の双曲線近似から最終沈下量を予測すると，残留沈下量(ΔS)は5.3 cm～10.2cmであり，供用時点までに予測される沈下量を差し引いて以降の残留沈下量を算定すると，0.4～1.3 cm程度($\Delta S/H \leq 0.1\%$)程度と考えられ，当初懸念された残留沈下量を比較的小さくすることができた。

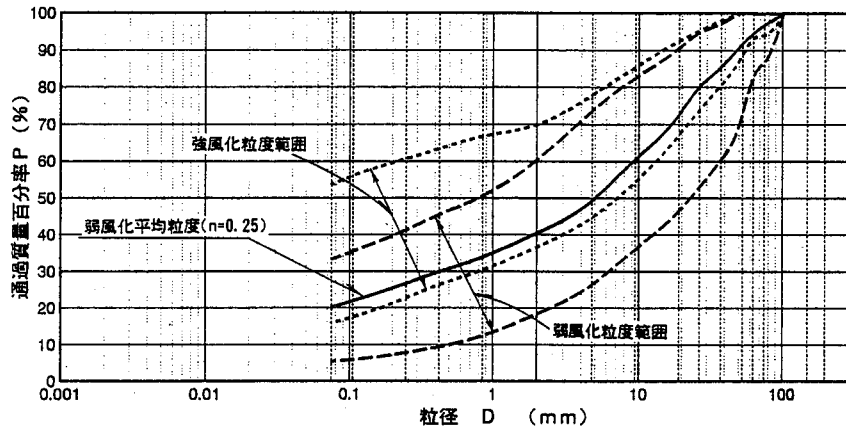


図-17 軟岩材料の実測粒度(転圧後)

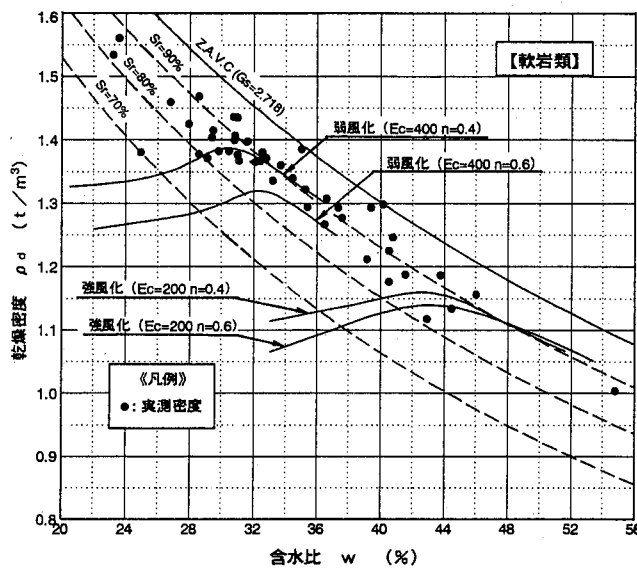


図-18 軟岩材料の実測密度および締固め特性

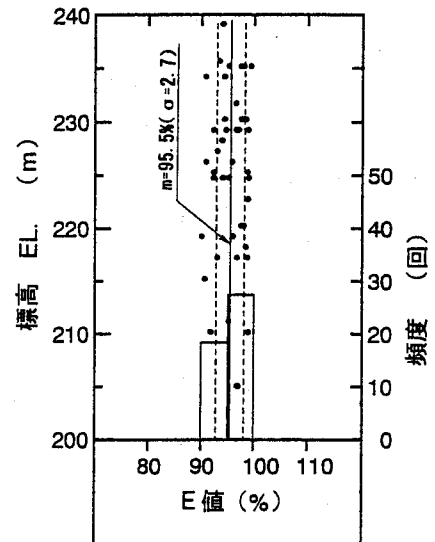


図-19 軟岩材料の品質管理試験結果

7. あとがき

近年，都市機能の集中化や分化のなか，一方では都市拡散が著しく，職住分離により住宅地域は都市圏外へと，その離心的性格を強めている。その結果として宅地開発が丘陵部から低山地へと進入せざるを得なくなっており，その開発規模もますます大型化し，従来の土砂地盤の造成から岩石地盤の造成が大きな課題となっている。我が国においては第三紀堆積岩が約19%を占めると言われており，本地区のように風化やスレーキング劣化し易い軟岩を盛土材料として使用する機会が今後ますます増えることが予想される。従来，この種の材料の盛土は，①風化作用の影響が少ない位置に使用する，②材料を出来る限り破碎細粒化し，高密度に締固める，③細粒土と混合する等の工法を採用してきたが，軟岩の風化作用に伴う劣化特性を実験的に把握し，適切な安定解析を行うことによって，ある程度の劣化を考慮した設計・施工が可能であるものと考えている。

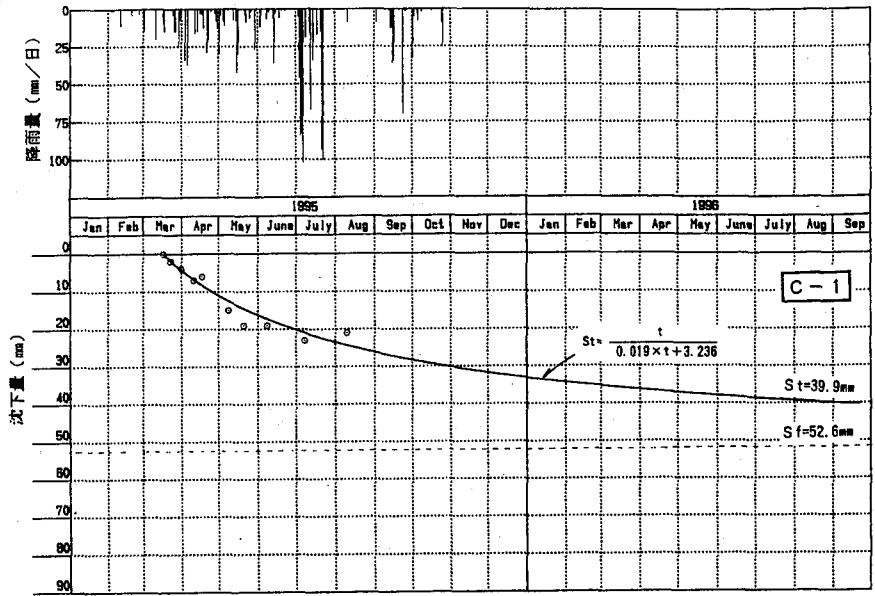


図-20 盛土完了後の時間～沈下量の関係

【参考文献】

- 1) 大根義男：盛立て材料としての岩塊の諸問題, 土と基礎, Vol. 32, No. 7, pp. 3~8, 1984
- 2) 木村敏雄・速水格・吉田鎮男：日本の地質, 東京大学出版会, p. 180, 1993
- 3) 土質工学会編：土質・基礎工学のための地質学入門, 入門シリーズNo. 3, p. 59, 1979
- 4) 土質工学会編：日本の特殊土, 土質基礎工学ライブラリー, No. 10, p. 320, 1974
- 5) 島博保・今川史朗：スレキング材料(ぜい弱岩)の圧縮沈下と対応策, 土と基礎, Vol. 28, No7, pp. 45~52, 1980
- 6) 浅田秋江：1978年宮城県沖地震による宅地造成地被害の土質工学的検討, 第15回土質工学研究発表会講演集, pp. 1333~1336, 1980
- 7) 磯貝洋尚：築堤材料としての泥岩の特性, 第2回地盤研究会, 泥岩の工学的性質とその取り扱いについて, 土質工学会中部支部講演会要旨, 1971. 9. 18
- 8) 三重企業庁：山村ダム工事誌, 1975
- 9) 石川県：岩坂ダム事業誌, p. 33, 1985
- 10) 軟岩一調査・設計・施工の基本と事例一, 土木学会, p. 62, 1984
- 11) 中村吉男・大山英治・大根義男・成田国朝：スレキングに伴う軟岩材料の強度低下について, 土木学会第49回年次学術講演会概要集, 1994
- 12) 大山英治・中村吉男・大根義男・成田国朝：堆積軟岩を使用した高盛土の調査・設計および施工, 土質工学会, 堆積軟岩による盛土の工学的諸問題に関するシンポジウム発表論文集, pp. 213~220, 1995