

軟弱粘土による築堤のための多段式サンドイッチ工法 (続報)

九州大学工学部 正員 山内豊聡

九州工業技術試験所 正員 三浦哲彦

1. まえがき 高含水比の軟弱粘土を急速施工の盛土材料として用いるために考案した多段式サンドイッチ工法について、これまでに、ヘドロを使った基礎的実験¹⁾とその原理に基づく現場築堤試験²⁾を行ない、所期の成果が得られたことを報告してきた。本報は、さきの現場試験で試みた方法に二、三のくふうを加えて、その効果とさらに高め、合わせて材料面での節減を計り、山土を用いた場合に比べてもなお安価にヘドロによる堤防を急速施工できる見通しを得られたことを述べるものである。現場築堤試験は、昨年に引き続いて九州地方建設局武雄工事事務所により、六角川沿岸片白において昭和43年1月5日から同年3月30日にわたって行なわれた。観測およびデータの解析と解釈について筆者らが協力した。

2. 試験堤の概要 現場一帯の地盤は、約20cm厚さの畑土の下におよそ1mの風化粘土が存在し、その下に典型的なヘドロが深く続いている。試験堤は、生石灰の挿入方法を変えて、つぎの2種類の多段式サンドイッチ工法により施工された(図-1)。(a) 生石灰全面法(盛土全面に敷き広げた一様厚さ(5cm)の生石灰と上下2枚のカードボード(段ボール)ではさんでサンドイッチ状にしたもの)、(b) 生石灰不連続法(厚さ5cm、幅1mの生石灰を横断方向に帯状に敷いたものを2.5mピッチで並べ、その上下に段ボールをおいたもの)。(a)は昨年の試験堤で行なった生石灰・カードボード併用法と構造様式は同じであるが、層数を減りしてヘドロ/層の厚さを増したことと、カードボードの材質をポリ塩化ビニールから段ボールに変えた点で異なる。つぎに、現場試験に先だって行なった室内実験において、生石灰の膨張圧を三次元的にヘドロに作用させたものは、一次的に作用させたものに比べてかなり効果的にヘドロからの脱水を促進させることが確認された。(b)はこの結果を現場試験に応用したもので、生石灰相互の位置を盛土完成時の縦断面でちどりになるよう配置し、生石灰の吸水膨張圧をヘドロに有効に伝達せしめて高い脱水効果を期待すると同時に、(a)に比べて材料費を大幅に節減することを狙ったものである。段ボールは厚さ6mm、広さ160cm×200cmの市販品(面に直角方向の透水性を

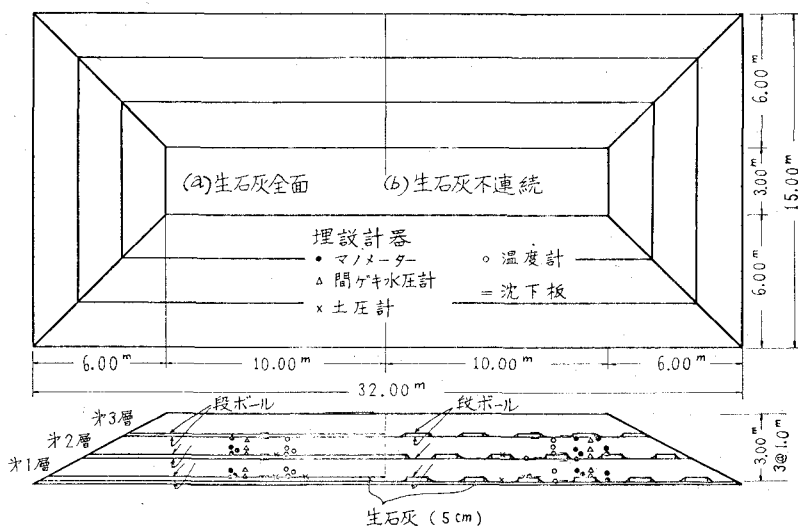


図-1 試験盛土の平面図と縦断面図

考慮して防水加工していないもの)を、所要の広さに張り合わせて用いた。ヘドロ1層のマキダシ厚は1mとし、日をおいて3層まで積み重ね、でき上りの天端高を3mとした。試験堤に用いたヘドロの物理的性質は表-1に示すとおりであった。なお、本試験堤は昨年築造された試験堤に隣接してつくられ、規模および用いたヘドロの性質等もほぼ同じであるところから、両者の観測データはそのまま比較検討することができた。

表-1 ヘドロの性質	
自然含水比(%)	110~130
自然単位体積重量(t/m^3)	1.31~1.39
自然間ゲキ比	0.29~0.39
土粒子の比重	2.61~2.63
液性限界(%)	100~130
塑性指数(%)	61~86

3. 築堤費について 当地方では一般に築堤材料として山土が使われている。築堤経費の比較のため、ヘドロを用いた多段式サンドイッチ工法による築堤単価(土量/ m^3 当り)を、山土による同規模の築堤単価を100として表わしたのが表-2である。ただし、この試験研究はあくまで原理的な開発の段階で行なっているので、昨年度使用のカードボード¹⁾といい、今年度の段ボール²⁾といい、あり合わせの材料を用いており、この経費は実用段階のものでないこととお断りしたい。今後本工法の目的に合った段ボールの供給について関係者の協力が望まれる。

表-2 試験における築堤経費の比較				
	山土	昨年度・生石灰・カードボード法	(a)生石灰全面法	(b)生石灰不連続法
堀削・運搬	65.0 ¹⁾	12.5	12.5	12.5
横取り	—	8.4	8.4	8.4
敷きならし・奥の等	10.3	10.3	10.3	10.3
生石灰	—	73.5	55.2	21.4
カードボード	—	48.7	13.0	9.7
捨土	8.2 ²⁾	—	—	—
諸掛	16.5	30.7	19.5	13.0
合計	100.0	184.1	118.9	75.3

注) 1. 山土の運搬距離は10kmとして計算されたもの
2. 搬入山土の2割相当量の生石灰・ヘドロを5km先に捨土の場合

4. 施工実績 築堤用ヘドロの堀削はフラムシェル(バケット容量0.5 m^3)で行ない、約150mの距離をダンプトラックで運搬した。ヘドロの積み込みは2台のフラムシェルを使って(a)、(b)を同時に行なうたがその施工速度はおおよそ130 m^3 /日/台であった。段ボールの敷き込み、張り合わせならびに生石灰の搬入、敷きならしは約10名の人力により行ない、その作業能力はおおよそ80~100 m^2 /10人・時であった。また、ヘドロの敷きならし、土羽打ちも人力による。本試験堤の施工に関して問題となつたのはつぎのような点である。1) 盛土前に生石灰、段ボールが氷と接触することは避けなければならないので、雨期の施工は困難である。

2) 機械作業、人力作業と問わず、ヘドロの取り扱いには作業員の熟練を要する。

5. 計器による観測 堤体内に埋設した計器類(図-1)による諸値の測定結果およびコーン支持力の経時変化を図-2~5に示す。つぎにそれらの特徴的な変化について述べる。

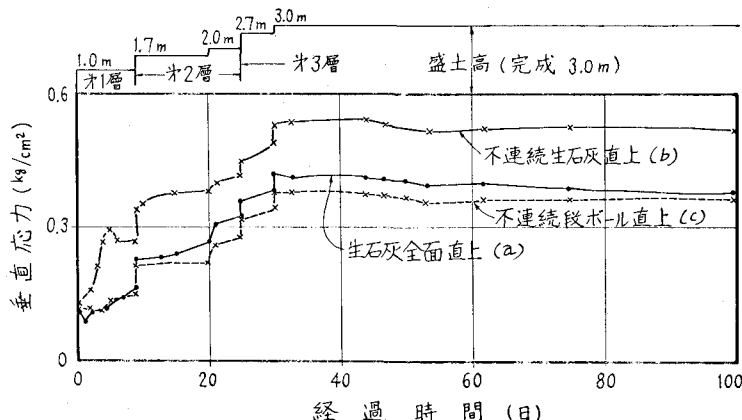


図-2 盛土底面の垂直応力の経時変化

(1) 垂直応力の変化(図-2). 堤体底面に設置した土圧計のうち、生石灰不連続法の段ボール上においた土圧計(c)の指示量は、上載ヘドロによる垂直応力のみを表わしていると考えられる。生石灰全面法に埋設した土圧計(a)はオ2層を盛土したところから(c)よりいくぶん高い圧力を示し始め、60日を過ぎて再び(c)に漸近している。これは一様な厚さの生石灰層に台形の盛土荷重がかかることによって中央部と法尻部で生石灰の膨張に時間的差を生じるためと思われる。一方生石灰不連続法の生石灰上の圧力(b)は、(c)に対して約 0.16 kg/cm^2 の増加が認められる。この圧力差はまえにも述べたように生石灰の配置の形によるもので、生石灰の膨張圧は効果的にヘドロ層へ伝えられたと考えられる。したがって、この方法のねらいは達せられたといえよう。

(2) 間ゲキ水压の低下はマわめてゆるやかであった。

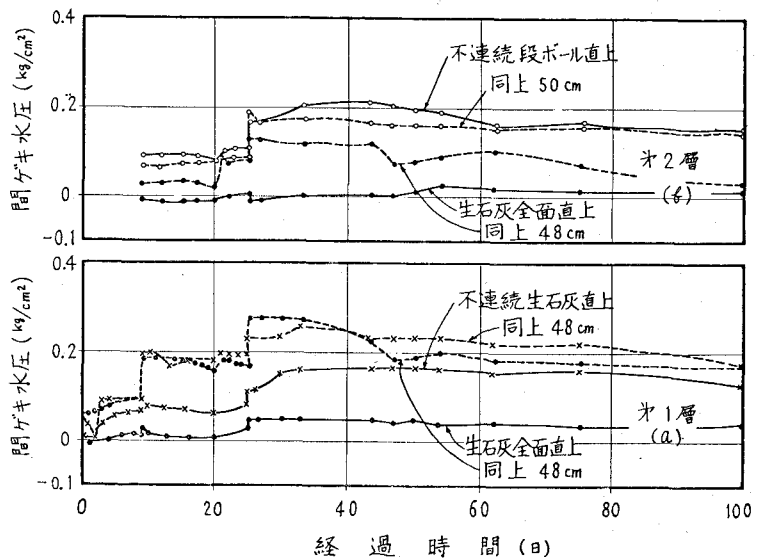


図-3 各層の間ゲキ水压の経時変化

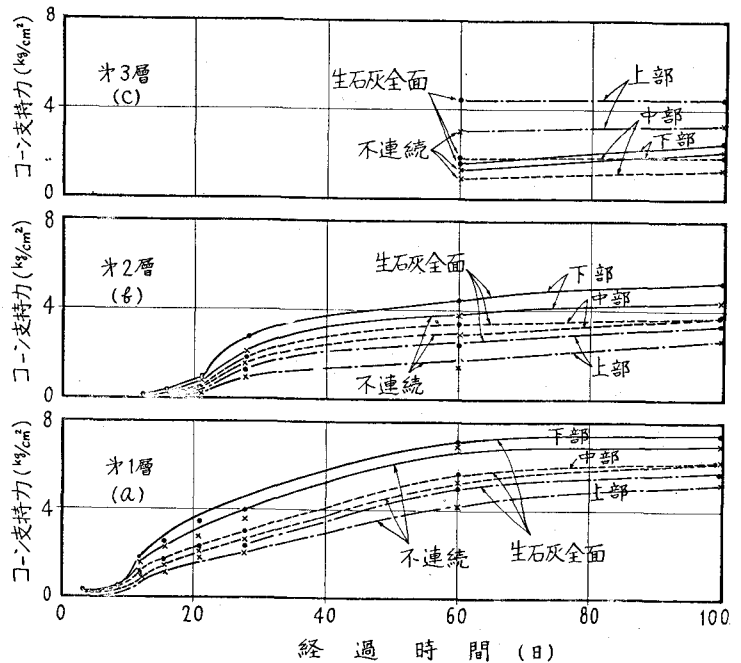


図-4 各層のコーン支持力の経時変化

(図-3). これを昨年の試験堤(生石灰・カードボード併用法)の間ゲキ水压の挙動と比較するとその差は著しい。これは、排水層として用いたカードボードの透水性の差と、ヘドロ層の厚さの違い(75cm→100cm、すなわち圧密時間は約1.8倍となる)によるものである。オ2層盛土後15日目に段ボール終端部を観察したところ、生石灰とはマでない部分の段ボールからはわずかながら水の浸出が認められた。以上のことから、本試験堤で用いた段ボールは、盛土荷重によってその“波”がかな

り圧潰されたにもかかわらず、透水機能は失われていないと思われる。

(3) コーン支持力について、WES型コーンペネトロメーターを用いて各方法によるヘドロの改良効果を比較検討した。図-4は1回に6~12点の貫入試験を行ない、各層を深さ方向に3等分して各部のコーン支持力の平均値を求めたものである。深さによって差違はあるが、概して不連続法は生石灰全面法の80~90%の改良効果があったことが認められる。また両者を昨年の現場試験の結果と比較すると経過日数の浅いほど生石灰・カードボード併用法と本試験堤との支持力の差は大きいが、日を追って両者の差はなくなり80日目ではほぼ同程度の支持力を示すようになる。段ボールの波を強化して透水機能の低下を防ぐは段ボールを用いても十分実用に耐えると思われる。

(4) 含水比の変化について、図-5にみられるように生石灰全面法がややすぐれているが、不連続法に用いた生石灰量は全面法の約4割にすぎないこと(表-2)を考慮しなければならぬ。

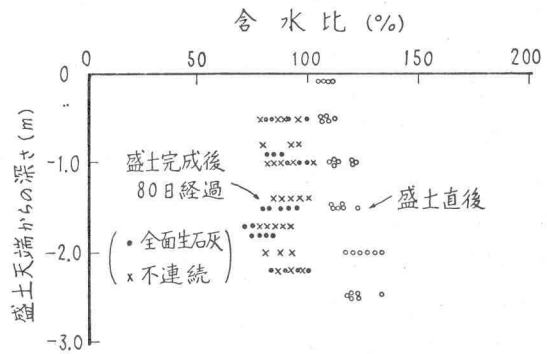


図-5 盛土深さ方向の含水比変化

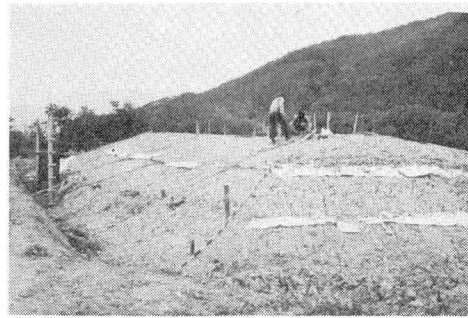


写真-1 試験盛土の状態

6. 結論 多段式サンドイッチ工法は、軟弱粘土の盛土工法としてきわめて有用であることがこれまでの現場築堤試験によって明らかにされてきた。特に、生石灰と不連続に配置することは、それがこの工法の原理にもっとも通った方法であるのみならず、生石灰およびカードボードの大幅な節減にもつながる。今回の現場試験において、上記の生石灰不連続法による築堤単価は計画段階の算定で山土による場合の僅か75%という低廉な価格であった。軟弱な土を対象とするこの種の工事では、その土に通した機械を開発して作業をできるだけ動力化すること、施工方法(たとえば、次層を盛土する時期の選定はこの工法においてとくに重要なことと思われる)の確立などがカードボードの材質の検討とともに今後の課題点である。

- 文献**
1. 山内・三浦：軟弱粘土による築堤のための多段式サンドイッチ工法，第22回土木学会年次学術講演会講演概要，Ⅲ，昭. 42. 5.
 2. 山内・三浦：多段式サンドイッチ工法による現場盛土試験，第2回土質工学研究発表会講演集，昭. 42. 11.

付記 この現場試験は五洋建設(株)によって施工され、また小野田セメント(株)の生石灰が使用された。建設者と始め、関係者に深く謝意を表すものである。