

軟弱地盤上での ALC 廃材の再利用に関する研究

岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 吉村優治
西濃建設(株) 技術開発課 正会員 和田 智

1. はじめに

現在、建設業の分野では資源の有効利用、環境保全の問題を考慮することが必須の条件に成りつつある。特に近年の都市開発の活発化、地下利用の増大等から、建設副産物（土砂、コンクリート・アスファルト塊、木材など）が増加しつつある。土地利用の高度化が進むにつれて、その処分場の確保は非常に困難となり、一部には不法投棄等環境保全上の問題も生じており、建設副産物問題は、建設業界の重要な課題となっている。これは筆者ら¹⁾が岐阜県内の建設会社に対して行ったアンケート調査結果にも顕著に表れている。たとえば、図-1は現場サイドが大学・高専の地盤研究室に望んでいる研究課題の割合を示したものであり、「建設残土、副産物の問題」が第一に挙げられており、その関心の高さを示している。

この建設副産物は、ほとんどが安全なものであり、その多くは建設資材等として再利用可能であるにもかかわらず、資源の有効な利用が十分図られていない状況が続いていた。しかし、平成3年10月に再生資源の利用の促進に関する法律が施行され、建設工事においては発注者、建設業者、国および地方公共団体がそれぞれの責務を分担して、建設副産物について再生資源の利用を促進するようになってきた²⁾。

最近では、コンクリート廃材、アスファルト廃材はその利用法がほぼ確立し、廃材が再利用されるようになってきている。しかしながら、まだ再利用法の確立していない建設副産物も多く、軽量気泡コンクリート製品、すなわち ALC (Autoclaved Light-weight Concrete) もその一つである。ALC 製品は、図-2に示すように近年急激に需要が高まりその生産量も増大しつつある。これに伴って ALC 廃材の増加が予想されるとともに、現在も製造過程でかなりの不良品が発生し、その廃棄処分が問題になっている。

これまで、筆者ら³⁾⁻⁵⁾は ALC 廃材が一般のコンクリート廃材と比較して軽量であるという特徴を活かし、軟弱地盤上の盛土あるいは埋戻に用いる軽量地盤材料として有効に再利用する可能性について検討し、超軟弱なピート地盤上で農道の路盤として利用した施工事例を紹介してきた。

本報告では、ALC 廃材の特徴を簡単に述べ、ALC 廃材を超軟弱なピート地盤上の農道の軽量路盤材および地盤沈下の著しい県道 (B 交通) の軽量路床に使用した施工事例を紹介する。なお、本研究で用いた ALC は旭化成工業(株)のヘーベル (商品名) である。

2. ALC およびその廃材の特性⁵⁾

2.1 ALC の特性

ALC は、その名のとおり、オートクレープ養生による軽量気泡コンクリート製品であり、ポルトランドセメントに、生石灰、珪石粉等を混ぜ、これに発砲剤 (AI 粉末など) を添加して得られる軽量 PC 板を、高温高圧養生 (180℃, 10 気圧, 8~10 時間処理) したものである。これは、スウェーデンで開発され、わが国では 1960 年代に製造が開始された。

ALC パネルは、高度の品質管理のもとで生産された工場量産品であるため、安定した物性と高い寸法精度を有する建築材量として外壁、間仕切、屋根、床などに広く採用されている。構造的には単独で機能を発揮するが、耐久性を保持し、美しく良質な建築物を実現するためには、それぞれの使用部位に適した表面仕上げ

Study on Recycled ALC-wasres on Soft Ground: Yuji Yoshimura(Gifu National College of Technology), Satoshi Wada (Seino Kensetsu Co.Ltd.)

を施す必要がある。

製品そのものは、面精度が高い・低収縮であるといった長所をもつ反面、水を吸いやすい・傷つきやすいといった弱点をもっている。また、細かい気泡が無数にあり、気孔率は体積で80%以上、見かけの比重は0.5~0.6程度と極めて軽量であるが、一般のコンクリート（圧縮強度約200

kgf/cm²）に比べると非常に低強度である（圧縮強度約40kgf/cm²）。

また、ヘーベルの化学成分は、表-1に示すとおりであり、主成分は珪酸カルシウム水和物である。

2.2 ALC廃材の物理的性質

写真-1はALC廃材である。製品としてのALCはパネル状の建築材料であるが、その廃材の比重などの性質は粒径の違いにより大きく変化する。その粒径による比重の変化を示したのが図-3（図中の試料A, B, C, D, E, Fの粒度は各々0.075mm以下, 0.075~0.42mm, 0.42~2mm, 2~10mm, 10~40mm, 40mm以上）であり、材料中の気泡径は0.2~0.6mm程度の割合が多いので、粒度範囲0.075~0.42mm, 0.42~2mmの試料C, Dを境に急激に減少している。軽量地盤材料としてALC廃材の再使用を考えると、軽量さと地下水位以深での施工の両面を考慮すれば、粒度10~40mmの試料E（比重≒1.0）が適当である。

2.3 ALC廃材の力学的諸性質

一次的に破碎したALC板製品の不良品を最大粒径40mm用の骨材プラント（西濃建設㈱アスコンセンター所有）で破碎したとき、粒径10mm以上とそれ以下が質量比で1:3の割合（以下、1:3混合試料と呼ぶ）で産出される。一方、破碎したALC廃材を路盤材あるいは路床として再利用するために、種々の粒度に対して水（含水量はALCとの質量百分率で表す）とセメント（添加量はALCとの質量百分率で表す）を添加した締固め供試体についての予備実験の結果^{3)・6)}、この1:3混合試料が密度および強度の点で優れていることがわか

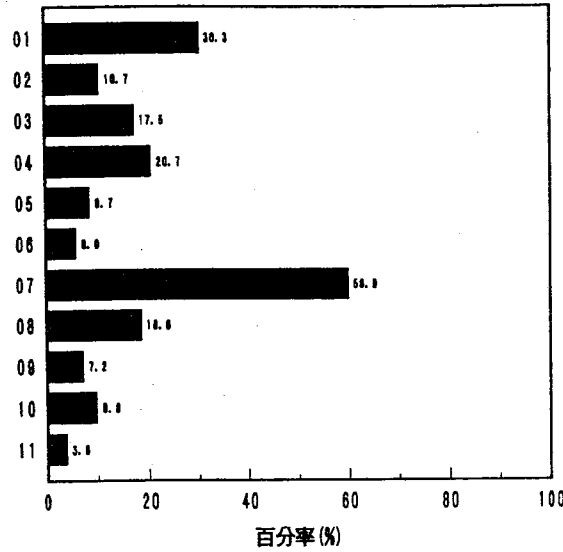


図-1 大学・高専の地盤研究室に望む研究課題

- 01: 地盤の支持力問題
- 02: 土圧の問題
- 03: 盛土・斜面の安定（せん断破壊）の問題
- 04: 地下水、透水の問題
- 05: 圧密（沈下、変形）の問題
- 06: 地震時の液状化の問題
- 07: 建設残土、副産物の問題
- 08: 落石、土石流、斜面崩壊の問題
- 09: 地すべりの問題
- 10: 雪崩、凍上などの問題
- 11: その他

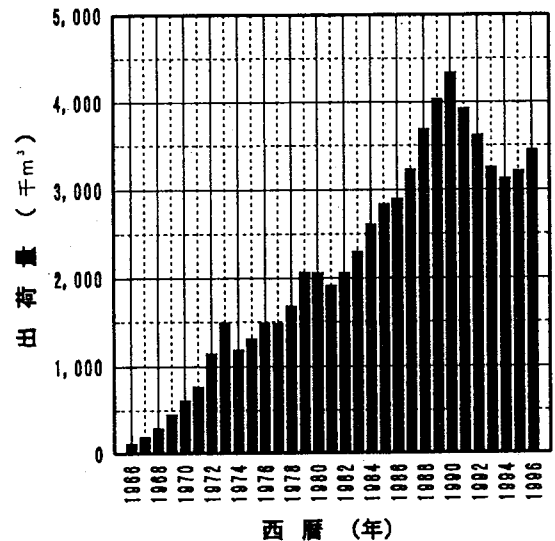


図-2 気泡コンクリート製品出荷高の経年変化

表-1 ヘーベル（旭化成(株)）の化学成分

成分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	その他	H ₂ O*
比率 (%)	50.0	25.0	2.5	2.0	1.5	4.0	15.0

* 水和物からの水



写真-1 ALC廃材

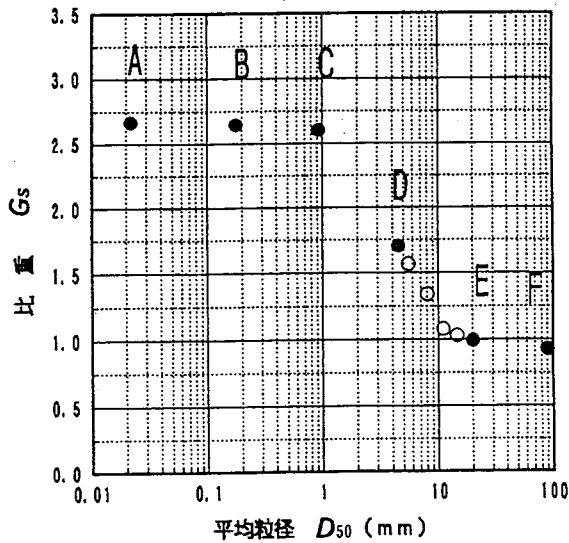


図-3 平均粒径による比重の変化

っている。ここでは、本報告の施工で実際に用いた1:3混合試料の主な密度特性、一軸圧縮強度特性について述べる。

本研究では、大型のペロフラムシリンダーにより静的な圧力 σ を一定時間加圧して試料の締固め特性を把握した。その結果を示したのが図-4であり、明確な最適含水状態は見られず、乾燥密度 ρ_d はほとんど含水比 w に依存しない。また、飽和密度は 1.2g/cm^3 程度であり、十分に軽量であると言える。なお、図中の ρ_{sat}^* は粒子の内部に閉じこめられた気泡も飽和した場合の密度である。別途行った試料Eの吸水試験では、約3時間で粒子内部の気泡は飽和し、その吸水率は約16%であった。

試料の粒径を考慮し、一軸圧縮強度特性は直径 $\phi = 150\text{mm}$ 、高さ $H = 300\text{mm}$ の大型供試体で検討したので、ここではその代表的な結果を報告する。図-5はセメント添加量を変化させた含水比 w の場合の28日強度を示したものである。強度はセメント添加量が増えるほど増加しており、ALC廃材を対象とする地盤の必要耐力に見合ったセメント量を添加すれば、その目的に適合する強度を期待することができる。また、図-6は含水比 w を変化させたセメント添加量20%の場合の28日強度を示したものである。なお、 w が70%以下では供試体の作成が困難であり、90%以上では供試体作成時にモールドから水が流れ出るなどして含水比調整が不可能であった。強度にはばらつきが見られるものの、 w が増えるほど増加しており、調整可能な w の範囲内では、高含水比状態で高強度を発揮すると言える。

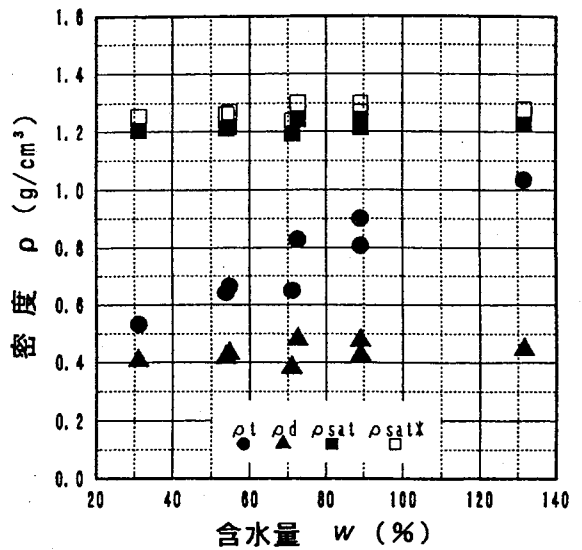


図-4 1:3混合試料の締固め試験結果 ($\sigma = 0.4\text{kgf/cm}^2$)

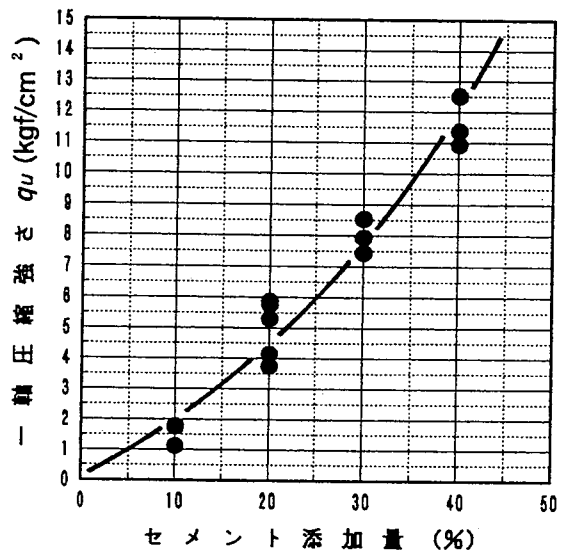


図-5 セメント添加量の違いによる強度変化 ($w=80\%$, 養生日数28日)

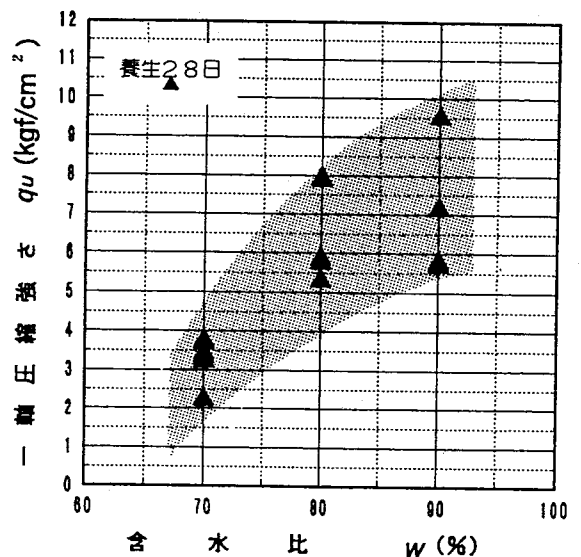


図-6 含水比 w の違いによる強度変化 (セメント添加量20%, 養生日数28日)

3. ALC廃材を軟弱地盤上の農道の路盤に使用した施工事例

施工現場は岐阜県揖斐郡谷汲村深坂地区で、代表的な柱状図は図-7に示すとおりであり、ピートが厚く堆積する超軟弱地盤である。また、この柱状図の物理的性質は表-2に示すとおりである。この地区は稲作水田地であり、岐阜県営圃場整備事業の一環として行われている整備事業のうち、農道の改良にALC廃材を用いた地盤改良を実施したものである。施工手順等の詳細については別報⁴⁾を参照されたい。

当地区では、平成3年度に図-8の横断面に示す「丸太枠組ALC工法」が試験施工を兼ねて実施され、施工性、沈下量、建設副産物再利用の点で優れており、本工法が採用されることになった。ここでは、2.3で述べたようにALC廃材の1:3混合試料に、当現場での想定最大荷重が施工時の材料運搬用の4tトラックの接地圧であるため、セメントを質量比で16%添加し、高含水比状態で攪拌した後に施工した。

平成3年7月から平成7年11月までの施工実績は、図-9に示すとおり約6,500m³、総延長にして約4,500mである。SD-16地点(平成3年施工)での沈下曲線を図-10に示すが、施工後約半年で沈下はほぼ終了し、全沈下量は100~200mm程度である。なお、当地区で従来行われていた「丸太枠組ソダ工法」では平成7年11月までに図-9のA点(平成元年施工)で約600mm、B点(平成2年施工)で約400mmの沈下があった。

表-2 地盤の物理的性質(図-9のC地点)

深度 (m)	G_s	w_p (%)	ρ_t (g/cm ³)	e	L_i (%)
1.0~1.8	1.661	1021.8	1.016	16.69	68.4
3.0~3.8	1.770	1163.8	0.984	21.76	88.8
5.0~5.8	2.141	391.2	1.132	8.30	26.9
7.0~7.8	2.463	261.2	1.196	6.44	13.5
10.9~11.7	2.397	246.9	1.210	7.71	19.7

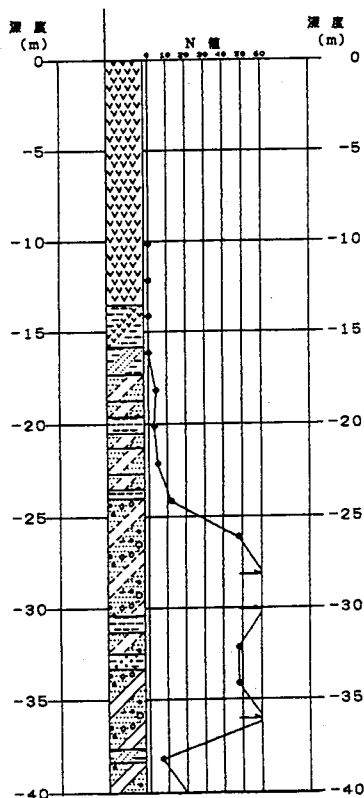


図-7 代表的なボーリング柱状図
(図-9のB地点)

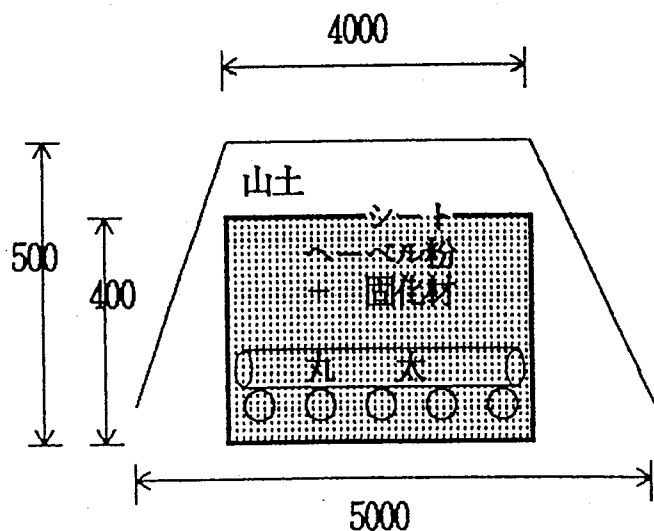


図-8 丸太枠組ALC工法

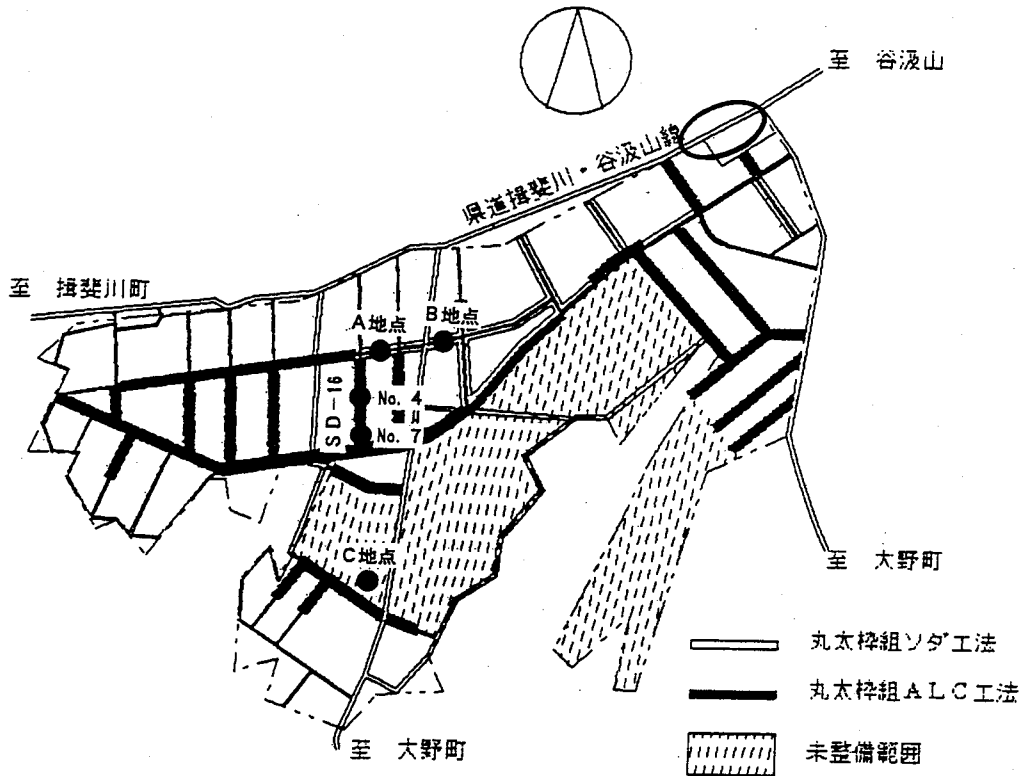


図-9 岐阜県揖斐郡谷汲村深坂地区

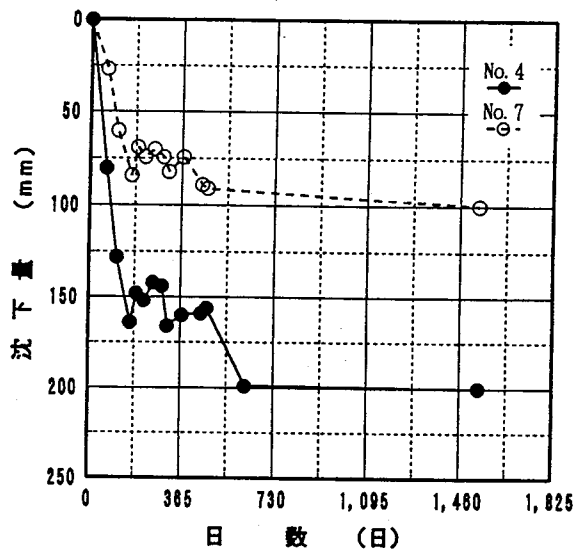


図-10 沈下曲線の一例 (図-9のSD-16地点)

4. ALC廃材を県道の舗装補修工事の軽量路床に使用した施工事例

施工現場は3.と同じく岐阜県揖斐郡谷汲村深坂地区を横切る県道251号線(揖斐川・谷汲山線)の深根付近(図-9の○印)約60mであり、その柱状図は図-11に示すとおりであり、図-7に示した柱状図に比べればピート層は若干薄くなっているものの、地盤沈下が著しい地盤である。なお、この道路の交通量はB交通である。

写真-2は当地域の補修前の状況であり、局部的に沈下している様子が見られる。また、写真-3、図-

12 (a)はその代表的な横断面であり、おそらく沈下によって発生した段差をアスファルトコンクリートのオーバーレイのみで補修してきたために、表層が極端に厚くなり、この嵩上げがさらに沈下を助長してきたと思われる。

舗装補修工事は、「平成8年度工第9号県単舗装補修工事」として行われ、その代表的な横断面は図-12 (b)に示すとおりであり、3.と同様のALC廃材を100～120cmの路床として再利用した。このとき原土であるピートに加わる上載応力は現況(図(a)の断面)の約 3.3tf/m^2 から約 2.5tf/m^2 に減少する。仮にこれまでのように沈下量分だけをアスファルトコンクリートにより嵩上げしたとすると、ピートに加わる上載応力は逆に約 3.6tf/m^2 へ増加する。

舗装補修工事は、写真-4に示すように片側規制で行い、養生を含めても平成8年6月14日～9月27日の約3ヶ月で終了している。写真-5は舗装補修完了時のものであり、平成9年5月1日現在(完了から約7ヶ月)で、沈下および側方変位はほとんど見られない。

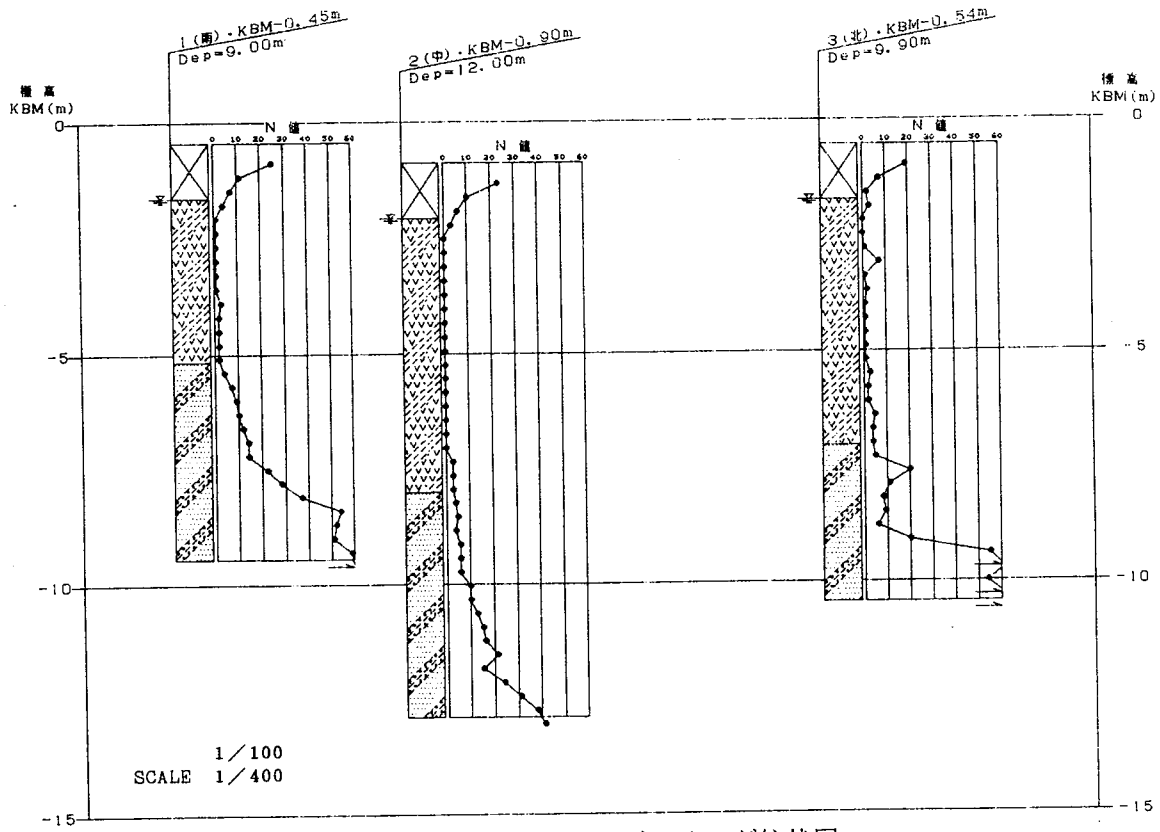


図-11 県道沿いのボーリング柱状図



写真-2 舗装補修前の県道

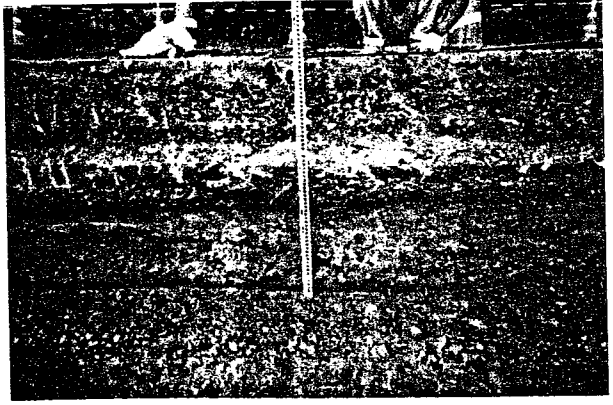


写真-3 舗装補修前の断面

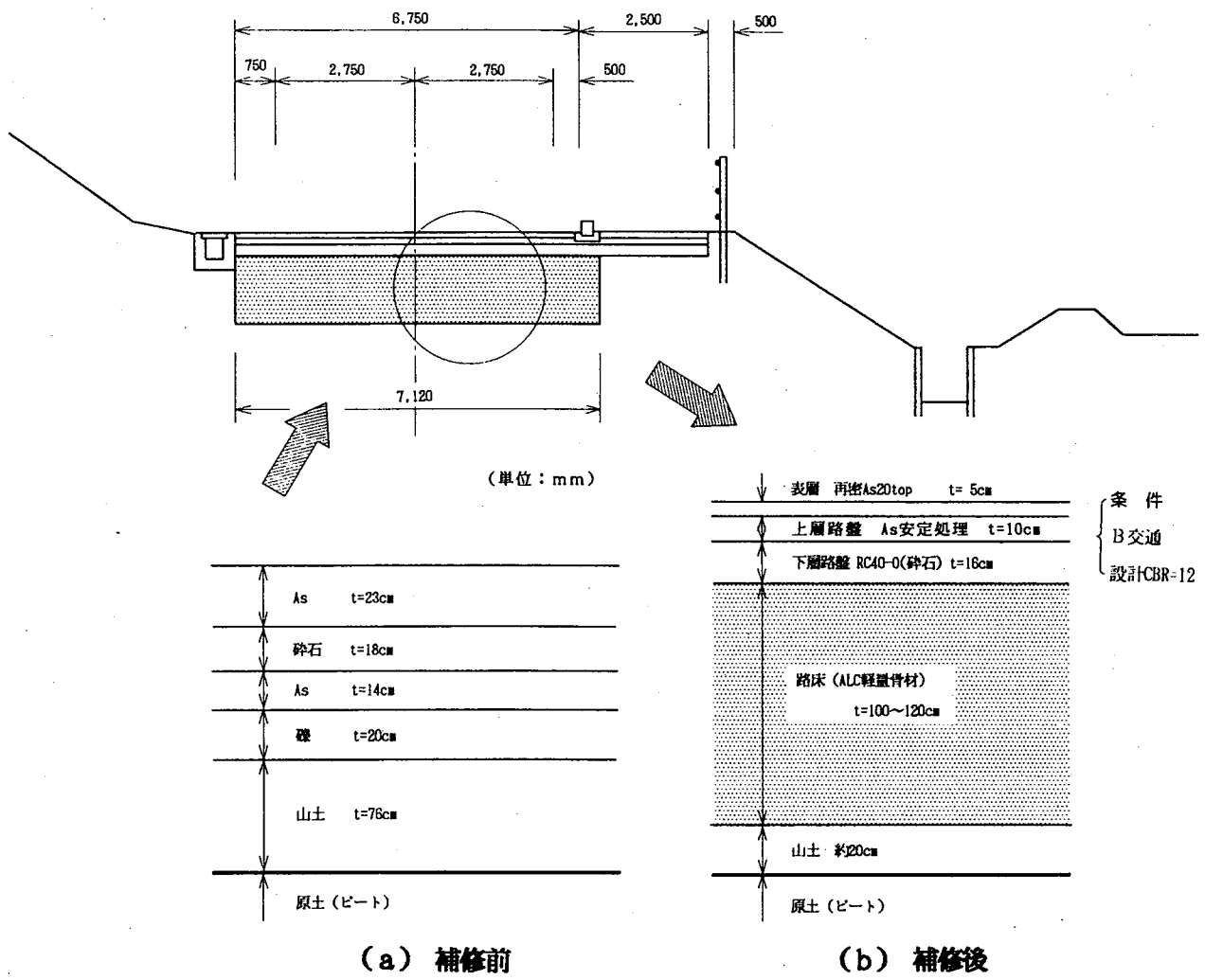


図-12 県道の横断面図

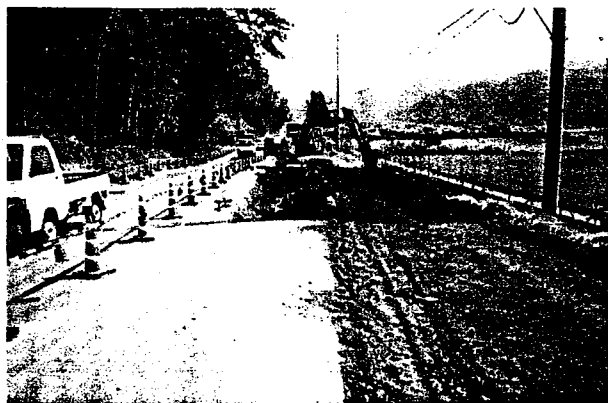


写真-4 舗装補修中工事施工中



写真-5 舗装工事完了時

5. おわりに

本報告では、ALC 廃材の工学的性質を簡単に紹介し、さらにその軽量さを活かし、ALC 廃材を軽量地盤材料として超軟弱なピート地盤上の農道の路盤および舗装補修工事の軽量路床としての再利用した施工事例を紹介した。今後、本報告で紹介した施工がALC 廃材を軽量地盤材料として有効にリサイクルできる工法として定常的に活用されるために、技術面の改善はもちろんのこと、地域性やALC 廃材の確保などの諸問題を解決していかなばならないと考えている。また、さらにALC 廃材の新たな再利用方法を検討する予定である。

謝 辞：ALC 廃材を農道の地盤および県道 251 号線舗装補修工事の路床に再利用する本報告の工法を採用して頂いた岐阜県揖斐土地改良事業所および岐阜県揖斐土木事務所に、心から感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 吉村優治・小畑浩子：東海地方の地盤特性に関するアンケート調査結果の分析，第9回地盤工学シンポジウム論文集，地盤工学会中部支部，1997.7.
- 2) 建設省建設経済局建設業課監修：建設業とリサイクル，大成出版社，1992.2.
- 3) 吉村優治・和田智：地盤材料としてのALC 廃材の再利用に関する研究，第7回地盤工学シンポジウム論文集，地盤工学会中部支部，pp.75～82，1995.7.
- 4) 和田 智・吉村優治：ALC 廃材を利用した軟弱地盤上の農道の地盤改良，第5回調査・設計・施工技術報告会発表論文集，地盤工学会中部支部・中部地質業協会・建設コンサルタンツ協会中部支部，1996.6.
- 5) 吉村優治・和田智：ALC 廃材の工学的性質と軽量地盤材料としての再利用に関する研究，第8回地盤工学シンポジウム論文集，地盤工学会中部支部，pp.33～40，1996.7.
- 6) 吉村優治・酒井貴広・窪田祐享・和田智：ALC 廃材の再利用に関する基礎的研究（第二報），平成6年度土木学会中部支部講演概要集，pp.361～362，1995.3.