

V-12 安山岩質～石英安山岩質骨材の無機系および有機系溶剤による乾湿繰り返し崩壊実験について

北海道工業大学 正会員 土居 繁雄
学生会員 中原 修
学生会員 大谷 昌弘

1. まえがき

最近、土木工事に用いられている骨材は、火成岩類の砕石が多く用いられている。道路舗装用の骨材も同じで、安山岩質や石英安山岩質の骨材が使用されており、これらの砕石のうち変質作用をうけて膨張性粘土鉱物を含む骨材が、有機系の融氷雪剤によって、短期間に崩壊またはいちじるしく劣化するという現象がおきている。

そこで、膨張性粘土鉱物を含む紫ろ輝石普通輝石安山岩について、有機系融氷雪剤とくに尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕およびエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液による崩壊現象について実験を行った。この結果について報告する。

2. 実験に用いた安山岩質骨材(砕石)の岩石特性

実験に用いた骨材の原石は、紫ろ輝石普通輝石安山岩である。実験に用いた紫ろ輝石普通輝石安山岩は暗灰青色を呈するもので、顕微鏡下の観察では、ハイアロピリテック組織を示している。斑晶鉱物は斜長石、普通輝石および紫ろ輝石であって、石基鉱物は微細な短柱状の斜長石、輝石類およびガラスから構成されている。

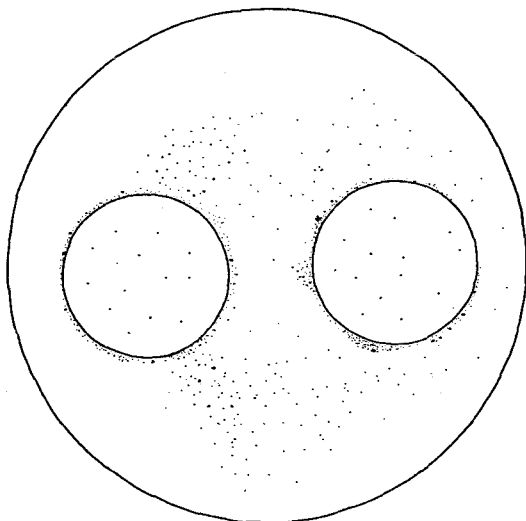
変質作用をみると、斜長石は炭酸塩鉱物化または、緑色粘土鉱物で置換されており、輝石類もまた緑色粘土鉱物化している。一方、石基のガラスの部分も不規則形態の緑色粘土鉱物が点紋状に生成されている。

3. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ および $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 30%溶液による骨材の乾湿繰り返し実験

この実験では、骨材の原石からコアビッカーとダイヤモンドカッターを用いて、直径29.7mm、厚さ2.0～3.0mmの供試体を作成し、これらの供試体を尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕およびエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液に長期間(約1ヶ月)浸して湿潤実験を行うとともに、乾湿繰り返し(7日間湿潤、7日間乾燥の繰り返し)実験を行ない、両者の崩壊度合を比較検討した。

まづ尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液に供試体を浸しつづけた場合は、第1図および写真1に示したように、供試体の周縁部から粉状の崩壊物が生成されるとともに、供試体の表面が発疹状に膨らみを生じる。さらに時間が経過するとともに、表面の膨らみが大きくなり、ついには崩壊する。さらに20日間経過以後では、第2図に示したように崩壊物はほとんどその量は増加しない。

尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液による乾湿繰り返し



第1図 紫ろ輝石普通輝石安山岩供試体を
〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液に浸して1日間
経過後の崩壊物の生成状態のスケッチ

実験では、7日間浸して、7日間乾燥後に再び $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液に浸した状態は、第3図に示したように、粉状の崩壊物を生成し、崩壊物の量は湿潤状態におけるときよりも多量である。

一方、エチレングリコール $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 30%溶液に供試体を浸しつづけた場合は、第4図に示したように、周縁部から粉状の崩壊物が生成し、時間が経過するにしたがい第5図に示したように、粉状の崩壊物が増加するとともに亀裂が生じる。さらに、27日間経過後には写真2に示したように崩壊物は増加し、完全に分離してしまう。

つぎにエチレングリコール $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 30%溶液による乾湿繰り返し実験では、7日間浸して、7日間乾燥した後に再び $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 30%溶液に浸して1日間経過後の状態は、第6図にみられるように亀裂が発生している。

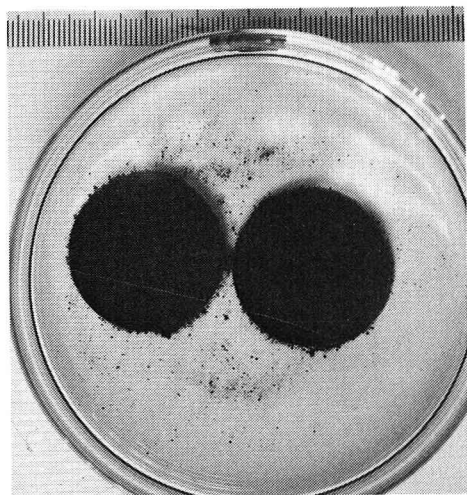
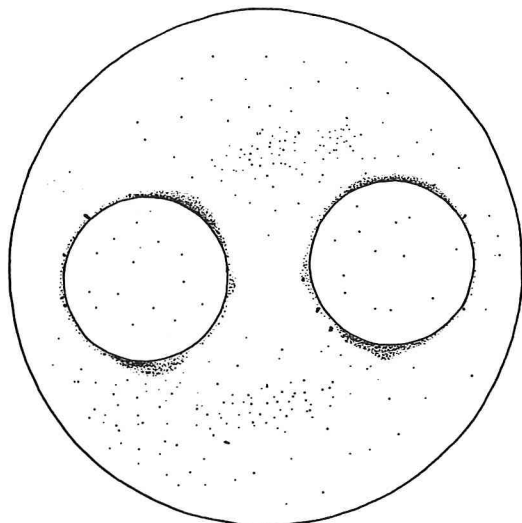
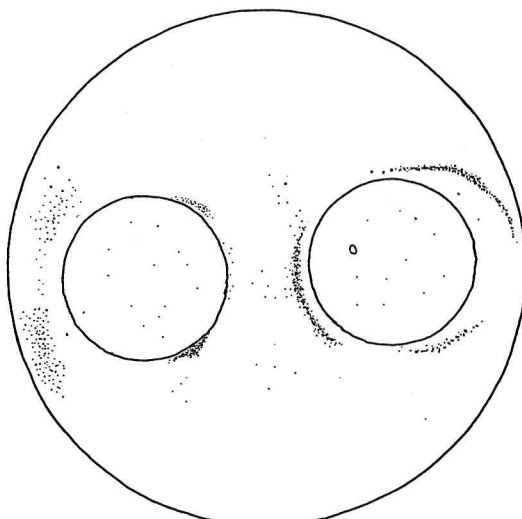


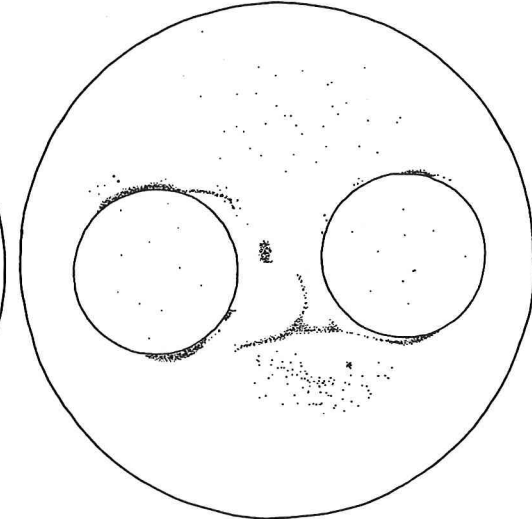
写真1 紫ろ輝石普通輝石安山岩供試体を
 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液に浸して8日間
経過後の崩壊状態



第2図 紫ろ輝石普通輝石安山岩供試体を
 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液に浸して20日間
経過後の崩壊物の生成状態のスケッチ

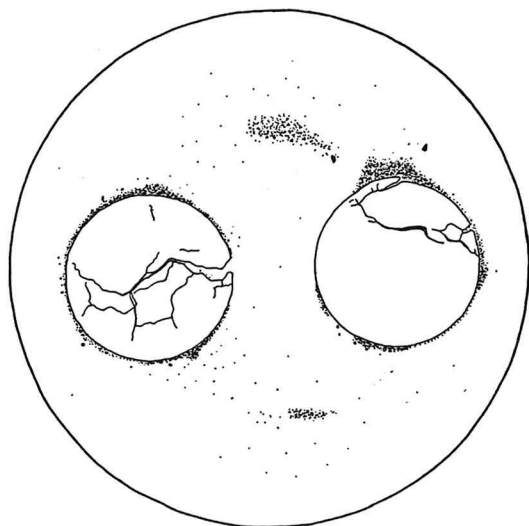


第3図 紫ろ輝石普通輝石安山岩供試体を
 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液に7日間浸して
7日間乾燥後再び浸して1日間経過後の
崩壊物の生成状態のスケッチ



第4図 紫ろ輝石普通輝石安山岩供試体を
 $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 30%溶液に浸して1日間
経過後の崩壊物の生成状態のスケッチ

さらに、乾湿を2回繰り返して3回目に浸して1日間経過後の状態は第7図に示したように、粉状の崩壊物が増加し、亀裂が多く発生し分離する。



第5図 紫輝石普通輝石安山岩供試体を
〔HO(CH₂)₂OH〕30%溶液に浸して8日間
経過後の崩壊物生成および亀裂の
発生状態のスケッチ

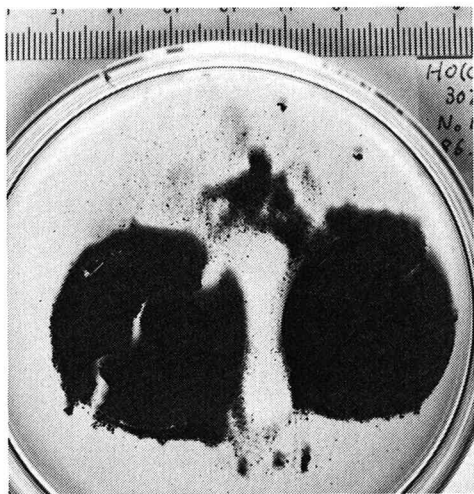
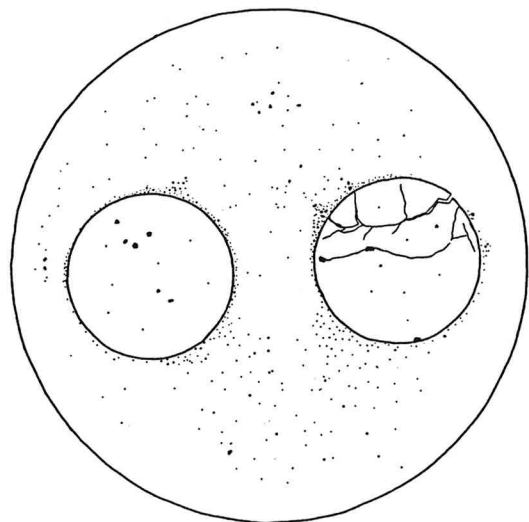
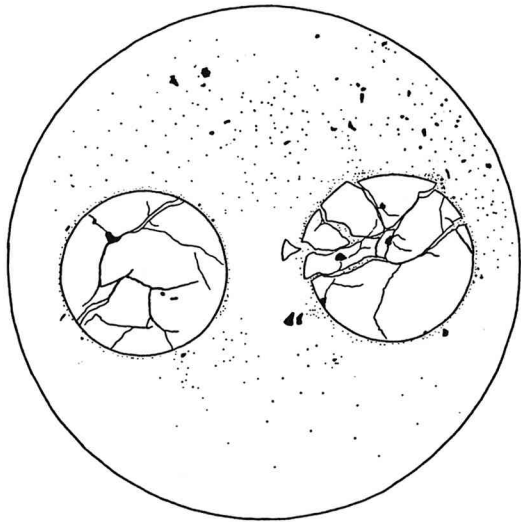


写真2 紫輝石普通輝石安山岩供試体を
〔HO(CH₂)₂OH〕30%溶液に浸して27日間
経過後の崩壊状態



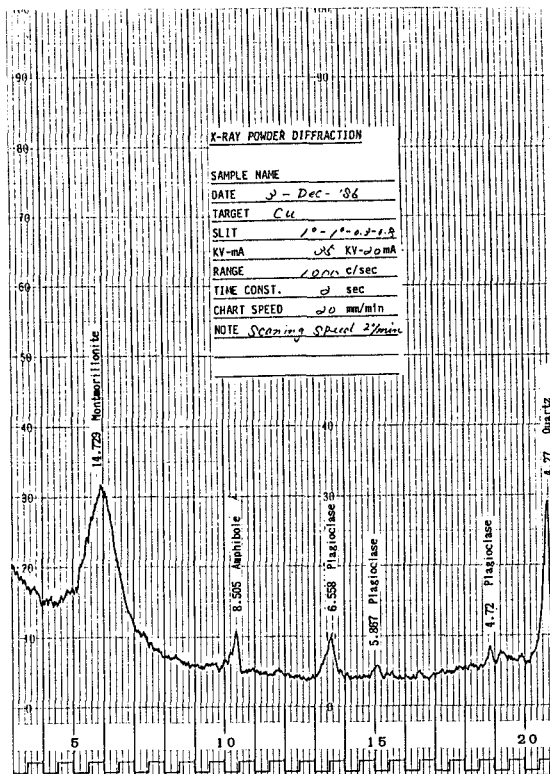
第6図 紫輝石普通輝石安山岩供試体を
〔HO(CH₂)₂OH〕30%溶液に7日間浸して
7日間乾燥後再び浸して1日間経過後の
状態のスケッチ



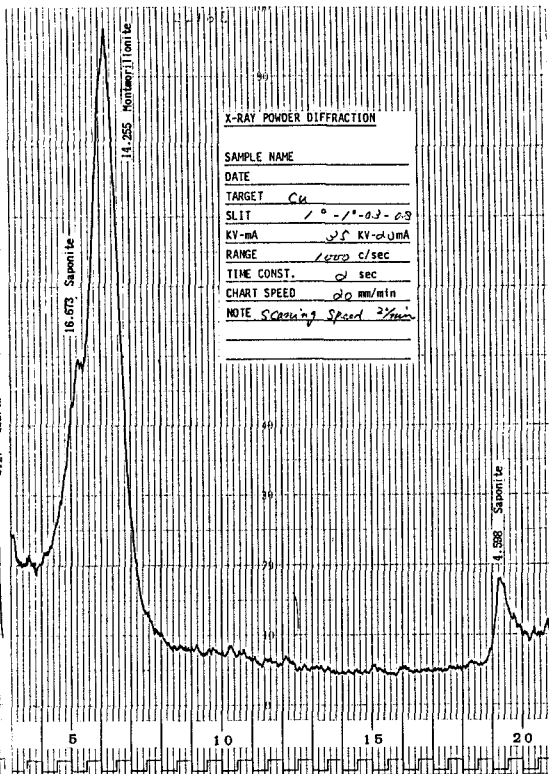
第7図 紫輝石普通輝石安山岩供試体を
〔HO(CH₂)₂OH〕30%溶液に7日間湿潤、
7日間乾燥を2回繰り返して3回目に湿潤して
1日間経過の崩壊状態のスケッチ

4. 崩壊物のX線回折分析

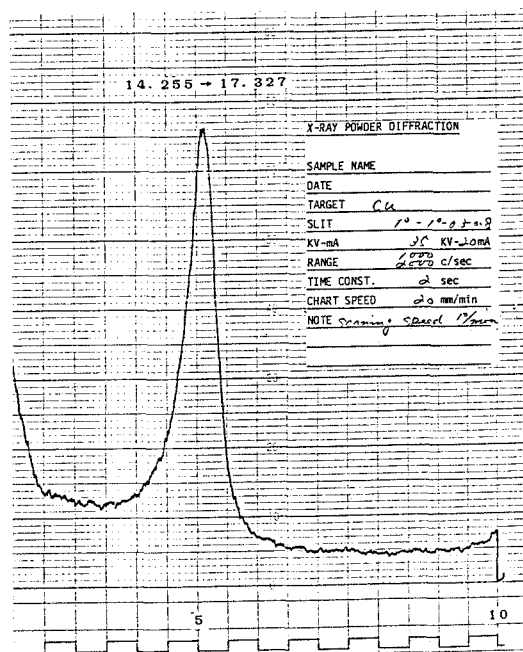
前項でのべた紫輝石普通輝石安山岩の原石のX線回折の結果は、第8図のX線回折図で見られるように斜長石、石英、角閃石および膨張性粘土鉱物のSmectiteが検出され、このうち膨張性粘土鉱物のSmectiteの格子面間隔d(001)は14.729Åである。



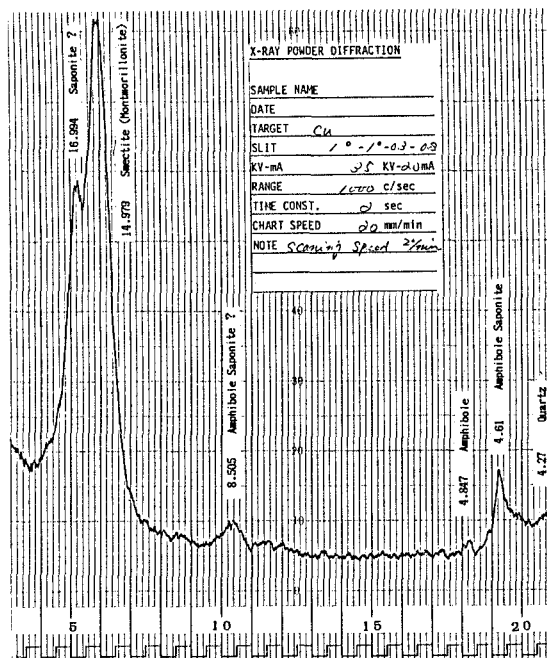
第8図 紫そ輝石普通輝石安山岩（骨材原石）のX線回折図



第9図 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液との反応で生成された粉状崩壊物の自然乾燥状態におけるX線回折図



第10図 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 30%溶液との反応で生成された自然乾燥状態の粉状崩壊物を $[\text{H}_2\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ で処理した場合のSmectiteのd (001)



第11図 $[\text{H}_2\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 30%溶液との反応で生成された粉状崩壊物の自然乾燥状態におけるX線回折図

つぎに、紫ろ輝石普通輝石安山岩の骨材原石と、尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液との反応で生成された粉状崩壊物のX線回折分析の結果は、第9図に示したとおりである。すなわち、自然乾燥状態では斜長石、石英、角閃石および膨張性粘土鉱物として格子面間隔 $d(001)$ が16.673 Å と14.255 Å の2種類のSmectiteがみられる。前者のSmectiteはSaponiteであり後者のSmectiteはMontmorilloniteと判断される。

この粉状崩壊物をエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕で処理した場合には、Montmorilloniteと思われる格子面間隔 $d(001)$ は、第10図に示したように14.255 Å から17.327 Å に拡大される。

また、紫ろ輝石普通輝石安山岩の骨材原石とエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液との反応で生成された、粉状崩壊物のX線回折分析の結果は、第11図に示したとおり自然乾燥状態では、斜長石、石英、角閃石および膨張性粘土鉱物のSmectiteが検出される。

膨張性粘土鉱物のSmectiteは、格子面間隔 $d(001)$ が16.994 Å と14.979 Å の2種類がみられる。前者のSmectiteはSaponiteであり、後者のSmectiteはMontmorilloniteと思われる。

また、この粉状崩壊物をエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕で処理した場合には、Montmorilloniteと思われる格子面間隔 $d(001)$ は、14.979 Å から17.158 Å に拡大される。

以上もべたことから、紫ろ輝石普通輝石安山岩（碎石）には、膨張性粘土鉱物のSmectiteが含まれていることが明かである。

5. 粉状崩壊物の電子顕微鏡による検討

紫ろ輝石普通輝石安山岩骨材（碎石）と、尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液およびエチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液との反応で、生成された粉状崩壊物を電子顕微鏡で観察すると次のとおりである。その形態は、写真3および写真4にみられるように、不定形の薄膜状の集合体をなしている。

一方、成分量（Concentration）をみると、尿素〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液と骨材（碎石）との反応で、生成された粉状崩壊物に含まれているSmectiteは、写真5および写真6でみられるようにSiとFeの量が多く、ついでMg、Alという順に含まれていて、さらに微量のCaと、ごく微量のKが含まれている。

また、エチレングリコール〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液と骨材（碎石）との反応で、生成された粉状崩壊物に含まれているSmectiteは、SiとFeが多く、ついでMg、Al、Caという順に含まれているほか、ごく微量のKが含まれている。

両者ともFeの含有量が多く、Mgに富むSmectiteである。つまり、このSmectiteはFeを多量に含むSaponiteであるといえよう。

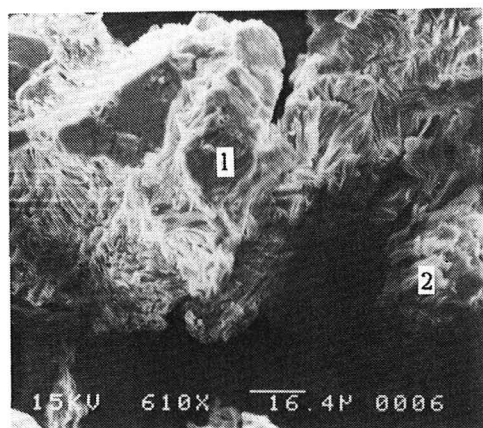


写真3 〔 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 〕30%溶液との反応で生成された粉状崩壊物に含まれているSmectiteの電子顕微鏡写真

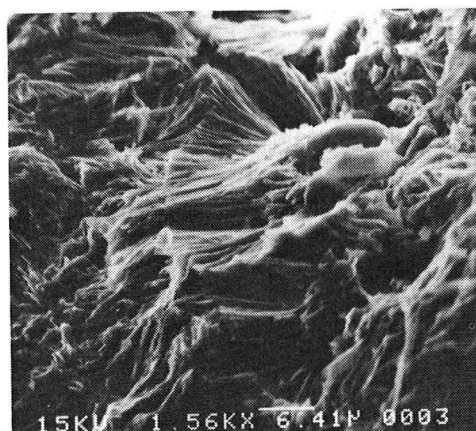


写真4 〔 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ 〕30%溶液との反応で生成された粉状崩壊物に含まれているSmectiteの電子顕微鏡写真

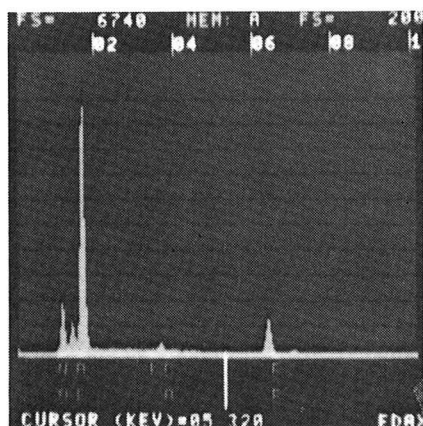


写真5 写真3における1部分のConcentration

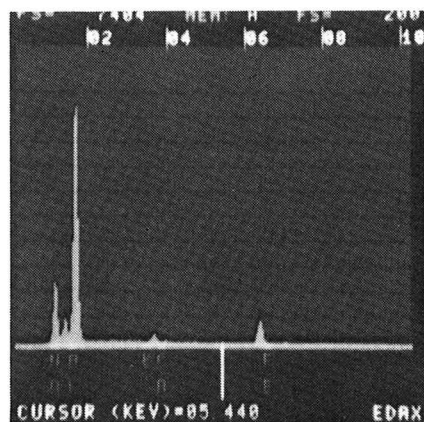


写真6 写真3における2部分のConcentration

6. 考 察

紫ろ輝石普通輝石安山岩骨材（碎石）の $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ および $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ の30%溶液による乾湿繰り返し実験の結果、つぎのように考察することができる。

骨材（碎石）の崩壊は、骨材（碎石）中に含まれている膨張性粘土鉱物のSmectiteに属する鉄を含むSaponiteおよびMontmorilloniteの格子面間隔、つまり層間に $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ または $[\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]$ 溶液が浸入することによって、格子面間隔が増大されるSwelling作用によっておきる現象である。

また、溶液に浸け放しにした場合の崩壊現象よりも、乾湿繰り返しの場合における崩壊現象の方がより顕著であるということができる。

参 考 文 献

- (1)熊谷茂樹・鈴木哲也・山西信雄（1984）：舗装用碎石の膨潤崩壊について，土木試験所月報 No.376
- (2)土居繁雄（1985）：尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 溶液による舗装用骨材とくに安山岩質碎石の崩壊機構，土木学会第40回年次学術講演概要集 第V部門
- (3)土居繁雄（1985）：凍結防止剤および融氷雪剤による舗装用骨材の崩壊機構，寒地技術シンポジウム，'85講演論文集
- (4)鈴木哲也・熊谷茂樹（1985）：有機系融雪剤による安山岩骨材の崩壊について，応用地質Vol.28 No.4
- (5)土居繁雄他4名（1986）：融氷雪剤による骨材の崩壊機構について，昭和60年度土木学会北海道支部論文報告集
- (6)Shigeo Doi(1986):Degradation Mechanism of Paving Aggregate,Especially of Andesitic Crushed stone by Urea $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ Solution, Memoirs of Hokkaido Institute of Technology No.14
- (7)土居繁雄・針谷 有（1986）：有機系融氷雪剤による安山岩質粗骨材の崩壊について，第30回材料研究連合講演会前刷集
- (8)土居繁雄・針谷 有（1986）：有機系融氷雪剤による安山岩質骨材の崩壊物質について，土木学会第41回年次学術講演会講演概要集 第V部門
- (9)飯田隆一（1978）：土木工学における岩盤力学概説