

(1). まえがき

コンクリート砕石中に混入していた蛇紋岩の風化変質鉱物が原因で Popout が発生した。この Popout について、その発生原因とコンクリートに及ぼす影響について検討した。発生原因の究明では、岩石鉱物学的な面から、地質調査、顕微鏡観察(実体、偏光、電顕)、X線回折等を行い、また、コンクリート実験では、長さ変化、膨張量測定、ひびわれ観察および強度試験を行なった。

(2). Popout について

一般に Popout が生じる原因としては、①骨材とセメントのアルカリとの化学反応による膨張性物質の生成—アルカリシリカ反応、アルカリ炭酸塩反応—、②硫化物(硫化鉄₂)および硫酸塩(石膏₂)の鉱物がセメントと反応し、エトリンガイトの生成、③ CaO(軟質スラグなど)、MgO(ドマイトなど)の水和による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の生成、④膨潤性の粘土鉱物(モンモリロナイトなど)の含水膨張、⑤多孔質な骨材の吸水膨張および水分の凍結、などであってセメントの反応により起る現象(①②)とセメントとは無関係に起る現象(③④⑤)とに分けられる。

今回の Popout は、④「変質鉱物生成に伴う体積増加」であって、やはり後者に属するものと思われる。

(3). Popout の観察

肉眼観察: Popout の状態を写真-1 に示した。Popout 剥離面の中心部には、茶褐色(稀に緑色¹⁾)の繊維状鉱物あるいは褐色の粉末斑点状の鉱物が見られた。これらの鉱物は必ず蛇紋岩砕石に付着していた。

蛇紋岩上の変質鉱物およびその生成のために生じたクラックを写真-2 に示した。

顕微鏡観察: 偏光顕微鏡写真を写真-3 に、走査電顕写真を写真 4~12 に示した。写真 4~12 に見られるように、Popout 面の鉱物の形態は、繊維状、針状、板状、塊状、粒状と変化に富んでいる。

これらの鉱物は蛇紋石鉱物である Chrysotile, Antigorite, Lizardite であり、またその随伴鉱物である Brucite, Calcite, Aragonite, Magnetite 等であり、また更に上記の鉱物の変質して生成された含鉄炭酸塩土鉱物群 (Coalingite, Pyroaurite, Sjögrenite, Brugnatellite, Hydrotalcite 等) の一種あるいは数種であると思われる。この詳細は大塚寅雄氏の指導を得て検討中である。蛇紋岩破壊の原因を Brucite から Coalingite の生成によるとする説²⁾があるが、この試料の X 線回折の結果では、これらの回折線は明瞭には認められなかった。しかし、写真 8~10 の菱面体を Brucite とし、繊維状あるいは針状結晶を Coalingite とすると上記の説に当てはまる。また、Coalingite 生成は空気 (O_2, CO_2) の作用による点もコンクリート実験 (Popout が水中養生では現われず、空中養生の表面から数 mm 以内に現われる) 結果とはよく一致した。

(4). コンクリート実験

長さ変化: 変質鉱物が多量に付着している蛇紋岩を破碎して供試体 ($25 \times 25 \times 28.5 \text{ mm}$) を作成した。試験方法は ASTM C227 に準拠した。その結果を表-1 に示した。異常な膨張は示さなかった。

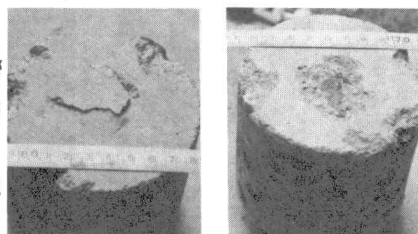


写真-1 Popout

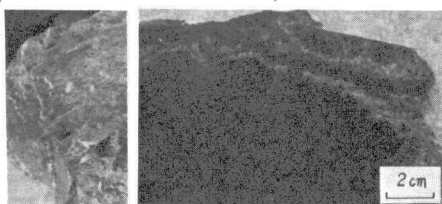


写真-2 蛇紋岩上の変質鉱物及びクラック

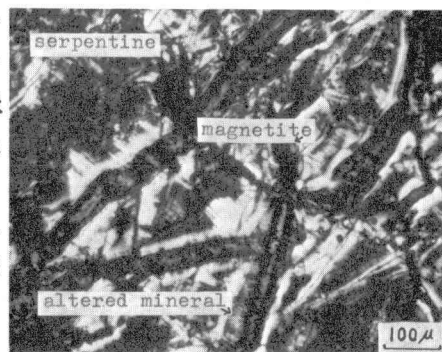


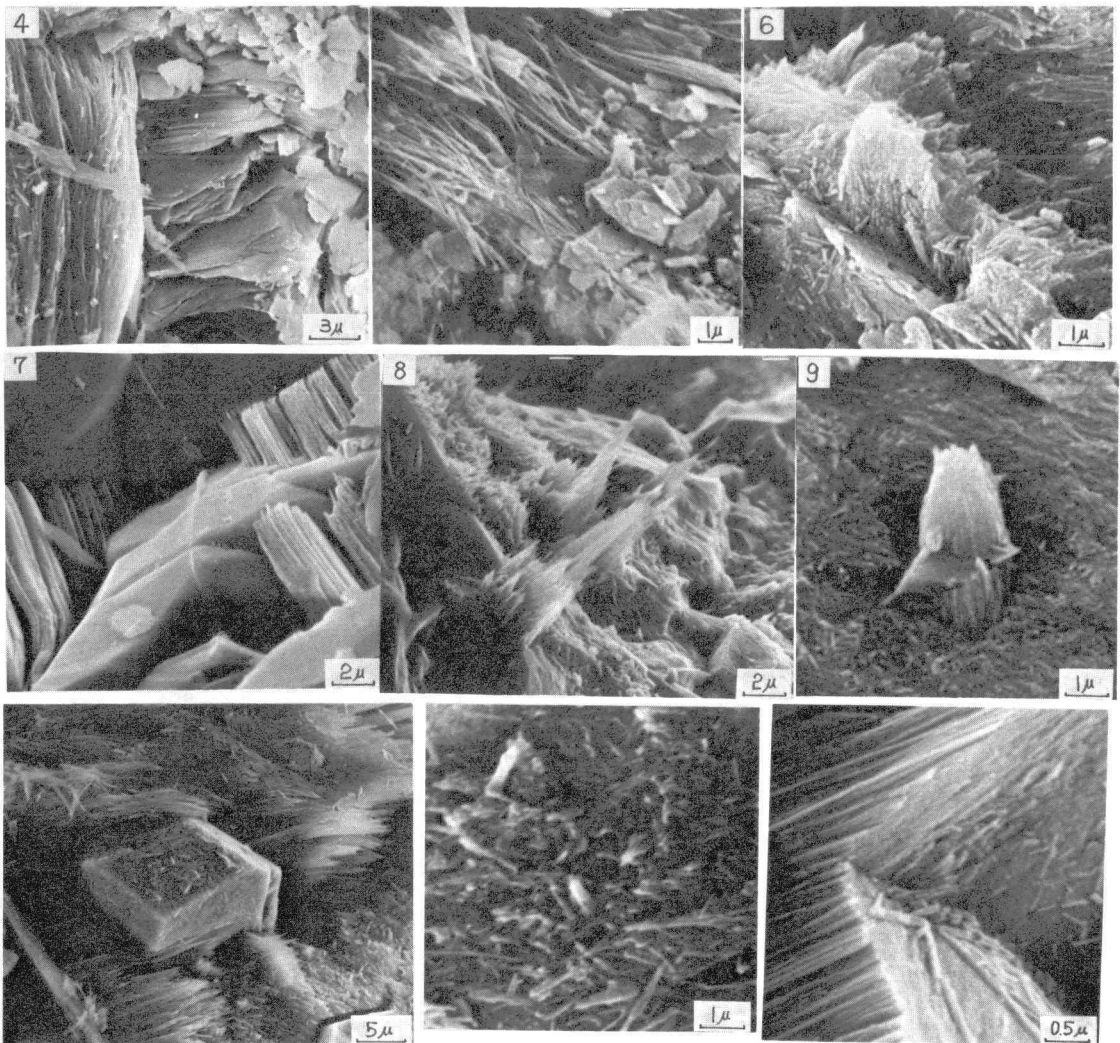
写真-3 偏光顕微鏡写真

膨張試験：15x15x53cm供試体に変質蛇紋岩(50~70mm)を表面から9mmまでの位置に、変質部分を上にして埋込み、膨張量(平面度測定器1/100mmダイヤル計)、及びひびわれ発生を調べた。各1mm間隔の位置で4個ずつ計40個作成し、7日間水中養生後、湿空中(湿度80%)に静置した。2ヶ月後に1個Popoutの徴しが見われた。5ヶ月後も同数で、その膨みが大きくなった。

強度試験：Popoutを生じた碎石製品を用いてコンクリートを作成し強度試験を行なった。結果の一部を表-2に示した。同時に作成した他の骨材と比較したが同じ傾向を示した。

(5). あとがき このPopoutはセメントとは無関係の現象で、岩石自体の局所的な変質問題と思われた。変質作用は空気の供給の下で起こり変質部分がコンクリート内部に閉じ込められた場合には、周辺に影響を及ぼすだけの膨張圧は作用しないようである。

写真4~12. Popout の走査電子顕微鏡写真



1) 前通産省名古屋地質調査所長, 岩見勘雄 2) F.A.Munpton, H.W.Jaffe & C.S.Thompson Amer.Mineral.50, 1965

表-1 モルタル膨張試験結果(%)

骨材名	1w	2w	3w	4w	6w	8w	10w	3M	4M	6M	8M	12M
蛇紋岩 碎石	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
花崗岩 砂	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
輝緑凝灰岩 碎石	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
チャート	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
チャート(NaOH 6% 処理)	0.04	0.07	0.13	0.25	0.40	0.47						

表-2 圧縮強度 (Kg/cm²)

骨材の種類	セメント	7D	28D	6M	12M	18M
Popout 碎石	普通	248	313	308	321	334
普通 碎石	〃	194	272	265	278	—
山砂利(チャート)	〃	156	231	240	251	—
Popout 碎石	中濃熱	209	273	276	348	361
普通 碎石	〃	174	272	343	369	384
山砂利(チャート)	〃	123	218	232	313	327