

論 文

[1128] 電気抵抗法による硬化モルタル及びコンクリートのAAR評価

正会員○田代 忠一（山口大学機能材料工学科）

植木 康知（山口大学大学院）

1. はじめに

電気抵抗法によるアルカリ骨材反応の評価に関する研究は、内外を通じて筆者の研究のみであり、また、研究も緒に着いたのみである。しかしながら、現在迄の研究結果〔1、2〕によると骨材とセメントとの組み合わせで、簡単に、短時間で正確に評価が可能で、骨材の反応性の判定に関する予備的な手法として適当な方法と考えられる。一般に、アルカリ骨材反応による損傷は施工の数年後に顕著に現れるので、既設コンクリートまたは硬化モルタルのアルカリ骨材反応の評価もフレッシュコンクリートと同様に重要であると思われる。しかしながら、このような観点からの研究は少ない〔3〕。そこで、本研究は、硬化モルタルおよびコンクリートのアルカリ骨材反応がフレッシュコンクリート同様に電気抵抗法によって評価可能かどうかを明らかにするためを行った。

2. 実験方法

2. 1 使用材料及び配合

実験に供した硬化モルタルは、豊浦標準砂とほぼ同じ粒度（-297～+105 μm）に粉碎した安山岩を普通ポルトランドセメントと3：1の重量比で配合し、そのほかセメントに対して5%のNa₂SO₄を添加し、水／セメント=0.80のものを、20°C、湿空中で1日養生後脱型し、以後1及び5か月間の湿空養生を行った。安山岩はASTM 289-81の化学試験によれば、溶解シリ力量が750 m mol/l、アルカリ濃度減少量が82 m mol/lで有害域に属するものである。なお、このほかに、標準試料として、細骨材に豊浦標準砂を使用してNa₂SO₄無添加で上記配合を行ったものも製作した。一方、コンクリートは、材令約15年のアルカリ骨材反応を起こし、顕著なひび割れがみられるもの（AARコンクリート1）、アルカリ骨材反応が僅かにみられるもの（AARコンクリート2）、また、ほぼ同材令で健全なコンクリートと思われる2試料について試験を行った。いずれのコンクリートもその調合割合が明らかではないが、よう壁の目的で建設されたものからして、通常の調合に属するものと考えられる。

2. 2 電気抵抗の測定

電気抵抗測定に際しては、上記モルタルまたはコンクリートを-105 μmに粉碎し、水／粉碎物=0.4とて、Φ50×15 mmの塩化ビニールの型枠に詰めた後、ステンレス製電極を挿入して、70°Cの湿空中で再養生し、以後72時間断続的に測定した。電気抵抗の測定は、安藤電気製LCRメーター（抵抗測定器）を使用し、パソコンを使用した装置で自動測定させた。測定は15分置で行い、測定周波数は1.02 kHz、測定電圧は1.0 Vである。

3. 結果及び考察

3. 1 フレッシュモルタルの電気抵抗

安山岩砂及び標準砂モルタルの混練後から72時間迄の電気抵抗を図1に示した。安山岩モル

タルの電気抵抗は、測定開始後は $100 \Omega \text{ cm}$ で以後僅かに上昇傾向を示すが、約 20 時間後から材令とともに、急激に増大し、72 時間では $4,600 \Omega \text{ cm}$ に達する。一方標準砂モルタルの電気抵抗は、測定開始後は $140 \Omega \text{ cm}$ を示すが、以後は緩やかに増加し 72 時間後で $670 \Omega \text{ cm}$ 程度に達する。したがって、安山岩砂モルタルの電気抵抗と豊浦標準砂モルタルのそれとは容易に区別出来る。このようなアルカリ骨材反応を示すモルタルの電気抵抗の急激な上昇は、本安山岩砂モルタルのみならず、これに類する反応性骨材砂モルタルでも確認されている [2]。

3. 2 材令 1 か月のモルタル粉碎物の電気抵抗

材令 1 か月のモルタル粉碎物の電気抵抗を図 2 に示した。安山岩モルタルは、フレッシュモルタルの電気抵抗と同様に、測定開始後から、急激に上昇し、40 時間後では $1,100 \Omega \text{ cm}$ 、72 時間では $3,300 \Omega \text{ cm}$ に達する。これに比較して、標準砂モルタルの電気抵抗は、測定開始がら僅かながら増加する傾向をみせるが、72 時間で $400 \Omega \text{ cm}$ にも達しない。

3. 3 材令 5 か月のモルタル粉碎物の電気抵抗

材令 5 か月のモルタル粉碎物の電気抵抗を図 3 に示した。両モルタルの電気抵抗は、全体的には養生時間の経過によって、上記フレッシュモルタル及び材令 1 か月モルタルのそれと同じ傾向を示すが、安山岩砂モルタルの抵抗の急激な上昇時期は、遅延し、40 時間後からみられ、また 72 時間では、 $1,600 \Omega \text{ cm}$ とフレッシュモルタル及び材令 1 か月の粉碎物の再養生 72 時間での各電気抵抗値より低くなる。一方、標準砂モルタルは、 $170 \Omega \text{ cm}$ で測定開始から変動しない。以上のように、アルカリ骨材反応モルタル硬化体の電気抵抗は、標準モルタルのそれに比較して、測定時間の経過につれて増大する傾向を示している。また長期材令のモルタルの電気

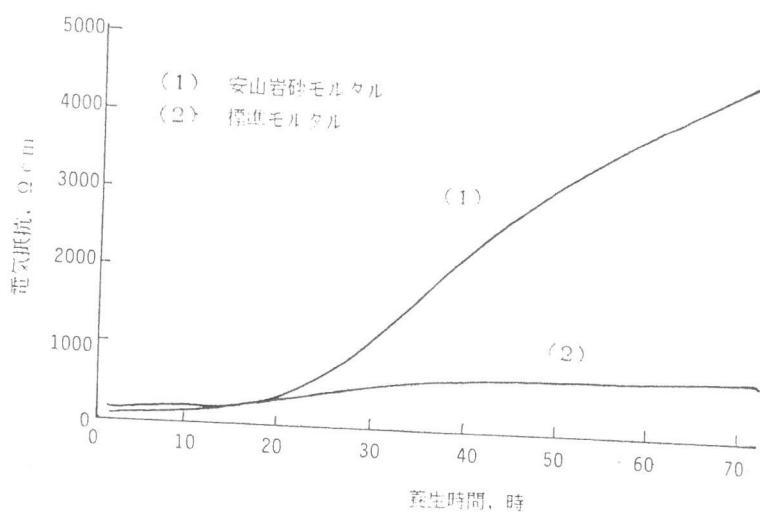


図-1 フレッシュモルタルの電気抵抗

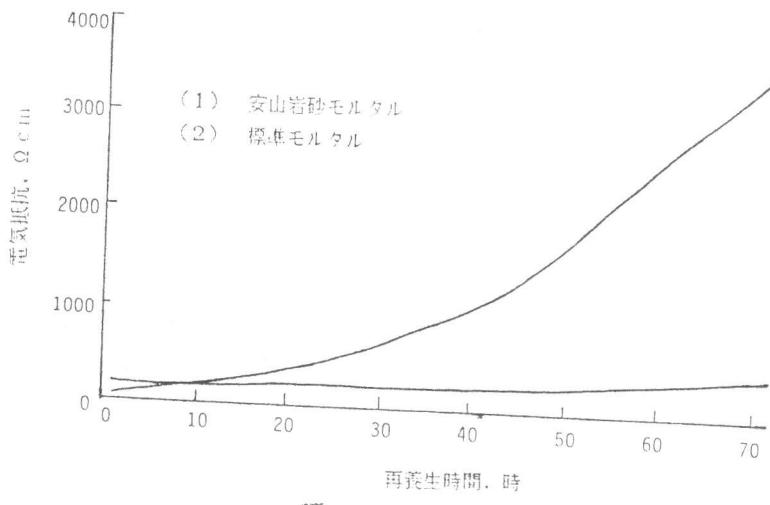


図-2 材令 1 か月のモルタル粉碎物の電気抵抗

抵抗は、上昇開始時間

が遅れ同じ測定時間における電気抵抗値が低くなる傾向を有している。この関係は、硬化モルタルによる圧縮強度〔4〕が、長期材令ほど強度が小さくなる傾向と似ている。

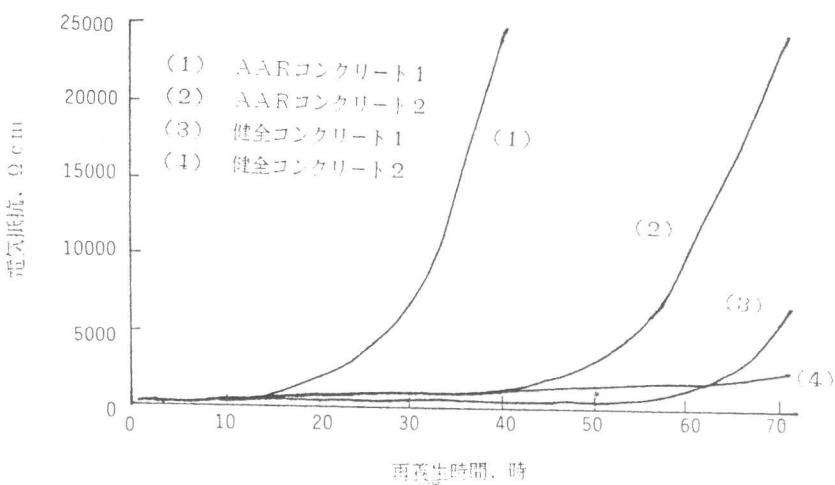
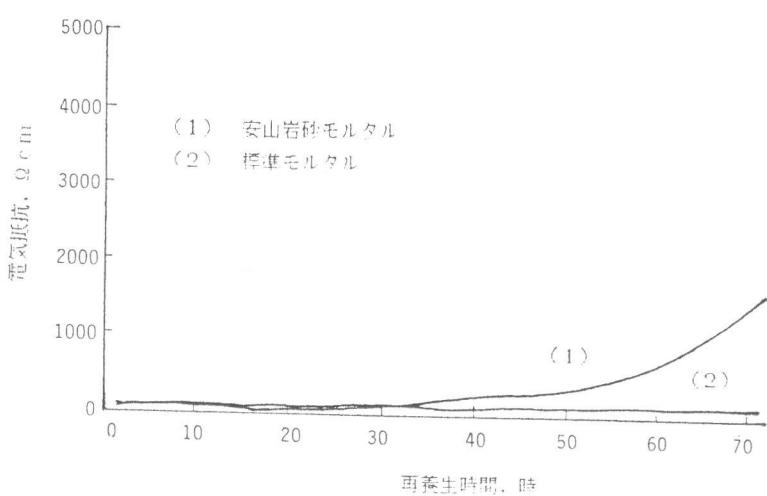
3.4 コンクリート粉碎物の電気抵抗

アルカリ骨材反応コンクリート及び健全なコンクリートの各粉碎物の電気抵抗値は、図4に示した。アルカリ骨材反応コンクリートの粉碎物は、50時間頃から急激に上昇するが、健全なコンクリートは僅かに上昇するのみで、その違いは容易に判別できる。コンクリートの調合や材令などが明らかなないコンクリートでも、同様な条件で電気抵抗を測定すれば、容易にアルカリ反応の可能性が簡単に判別出来ることを示している。今後は研究例をさらに増やして確かめたい。

3.5 モルタル・コンクリート硬化体と電気抵抗

硬化体粉碎物の再養生時における電気抵抗がアルカリ骨材反応の評価になぜ効果的であるかを考察する前に、硬化体粉碎物の性状を考えてみよう。標準モルタルまたはコンクリート硬化体の粉碎物はセメントの水和物であるCSHゲル、水酸化カルシウム、モノサルファート及び粉碎によって生成した新鮮な表面を持つセメントクリンカーと骨材からなっている。一方、アルカリ骨材反応を起こすモルタルまたはコンクリートは、上記の物質のほかに、アルカリ・シリカゲルが生成しているものと考えられる。次に、このような粉碎物を再養生させる場合について考えてみると、新鮮な表面を持つセメントクリンカー、アルカリ・シリカゲル、セメント水和物及び新鮮な表面を持つ骨材などからなるコンクリート粉碎物が再び固結化作用を初め、それに伴って、フレッシュ状態と類似のアルカリ骨材反応に相当する反応が起こるものと考えられる。

一般に、コンクリート中のセメントクリンカーは数十年でも残存する。これに関してセメント



化学上からクリンカーの水和速度を調べた結果によると、最も水和速度が遅いとされるセメント中の β C₂Sはペーストの実験結果〔5〕では13年で約94%水和すると云う。

次に、アルカリ骨材反応と電気抵抗との関係についてその機構を考察してみよう。一般にセメントペーストの電気抵抗はペースト中の蒸発水分すなわち、付着水、ゲル水、毛細管水の減少、すなわち水和や強度発現の進展に伴って増大する。また、蒸発水分が一定の場合は、その液相組成に関係する。しかしながら、セメントの進展に伴って収斂する液相の組成がCa:0.004 Na:0.20、K:0.45、OH:0.59mol/l程度〔6〕では、電気抵抗に及ぼす影響が小さく、数10Ωcm程度であろう。

このような考えを基にして、アルカリ骨材反応が材令の経過に伴って、その抵抗を増大させる機構について考えてみると、先ず、アルカリ骨材反応が起きれば、アルカリ・シリカゲルが生成し、これによって蒸発水分が減少することが考えられる。すなわち、これは、上述したように、電気抵抗の上昇を意味している。さらに、アルカリ・シリカゲルの生成が増大し硬化体中に広がれば、硬化体の電気抵抗値は、アルカリ・シリカゲルの電気抵抗値に支配されて来るものと考えられる。すなわち、この種のゲルの電気抵抗は、筆者らの研究によれば、アルカリ:シリカ比が1:2の場合、水分が30%で1,000Ωcm程度、また、水分が20%では10,000Ωcmと急激に増大し、水分量に大きく依存している。このほか、シリカ成分の増加とカルシウム成分の付与により抵抗値が増大することも確認されている。しかも、これらの電気抵抗値は、本実験で得られた電気抵抗値と類似の値であることからして、その考え方の妥当性がうかがい知ることが出来る。

4. 結論

アルカリ骨材反応がみられる安山岩砂モルタル硬化体及びコンクリートを再粉砕し、再混練再養生して、その電気抵抗を測定した結果、それぞれの試料の電気抵抗は、標準モルタルのそれらに比較して材令の経過と共に急激に上昇することを確かめ、これらの電気抵抗の上昇傾向と抵抗値などからアルカリ骨材反応の評価が極めて、簡単に、短時間で可能であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 田代忠一・安久憲一・上田満：反応性骨材を使用したモルタルの電気抵抗特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.1.12、No.1、pp.779-782、1990.6
- 2) 田代忠一：電気抵抗法によるアルカリ骨材反応の早期評価、骨材資源、Vol.1.22、No.87、pp.167-172、1990.12
- 3) P.E.Grattan-Bellew:Test Methods and Criteria for Evaluating the Potential Reactivity of Aggregates,8th Inter.Con.on AAR,pp.279-294,1989
- 4) A.Yoshimoto,C.Tashiro and H.Shiragami:Remolding of Hardened Mortar,CEMENT AND CONCRETE RESEARCH,Vol.8,No.1,pp.87-92,1978.1
- 5) 森茂二郎編：新しいセメントとコンクリート、pp.86、建設総合資料社、1975
- 6) 岸谷孝一・西沢紀昭 他編：アルカリ骨材反応、pp.41、技報堂出版、1987