内部養生下で急速形成させたセメントペースト表面の中性化層の特性

金沢大学大学院　　学生員　○桑原　寛司
金沢大学理工学域　　正会員　　五十嵐　心一

１．序論

コンクリートの劣化現象である中性化では，反応の過程で難溶性の炭酸カルシウムが生成され，これが空隙を充填する. このため, ひとたび中性化を生ずると，二酸化炭素の侵入が制限され，その後の中性化の進行が妨げられることになる．また，中性化の進行においては，コンクリート内部にて適度な水分を必要とし，乾燥状態および飽水状態では進行しない. したがって，コンクリート内部に適度な水分を保持しながら水和反応を継続させ，それと同時に表面から急激な中性化を促すことができれば，中性化の内部への進行を抑えながらコンクリート表層に緻密な層を形成させることができると期待される.

本研究では，セメントペーストに内部貯水槽として超吸水性ポリマー(SAP: Super Absorbent Polymer)を混入し，SAP による内部養生条件下で，急速に生成させたセメントペースト表層の中性化領域の遮蔽層としての役割を電気伝導率試験を用いて評価することを目的とする.

２．実験概要

(1) 供試体の作製

JIS R 5201 に準じて, 水セメント比(W/C)が 0.50 のセメントペースト円柱供試体(直径 100mm, 高さ 200mm)を作製した．セメントには普通ポルトランドセメント(密度：3.15g/cm^3，比表面積：3310cm^2/g)を使用した. 本研究で用いた超吸水性ポリマー(SAP)は, アクリルアミド・アクリル酸共重合体(密度：1.25g/cm^3)であり，質量の約 13 倍の吸水能(吸水前の平均径：約 200μm, 吸水後の平均径:約 500μm)を有する. SAP の混入量は, 吸水後の SAP の体積率がセメントペースト体積に対して 3%となるようにした．また，比較のため SAP を混入していない供試体も作製した. 打設後 24 時間で直径 100mm×高さ 50mm の円盤供試体を切り出し，材齢 7，14，28，91 日まで水中養生(温度：20±2℃)，中性化促進養生(温度：20±2℃，湿度：60±5%，二酸化炭素：濃度 5±0.2%)のそれぞれの条件にて養生を行った.

(2) 中性化深さ試験

供試体を切断し, JIS A 1152 に従って 1%フェノールフタレイン溶液の噴霧を行い, 中性化深さを測定した.

(3) 電気伝導率の測定

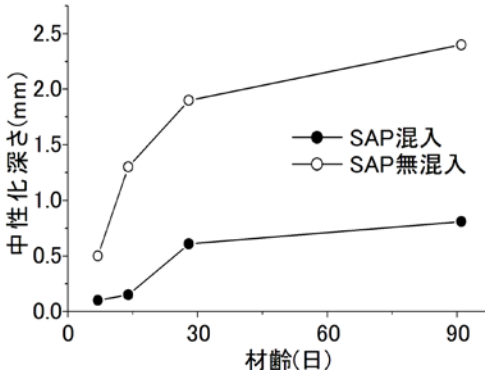
JSCE-G571 および ASTM C 1202 に準拠して, 直流電源を用いた電気泳動法による電気伝導率の測定を行った．所定材齢において円盤供試体側面にエポキシ樹脂を塗布し，常温にて硬化させた後，24 時間の真空飽水処理を施した．その後，セル溶液として 0.3mol/l の水酸化ナトリウム溶液を用い，直流電源により 30V の電圧を負荷した後，15 分後の電流値を測定し，式(1)より電気伝導率 σ(μS/cm)を求めた.

$$\sigma(\mu S/cm) = \frac{I \cdot L}{V \cdot A} \qquad (1)$$

ここに，I は電流値(amps)，L は供試体長さ(cm)，V は電圧値(V)，A は供試体の投影面積(cm^2)を表す.

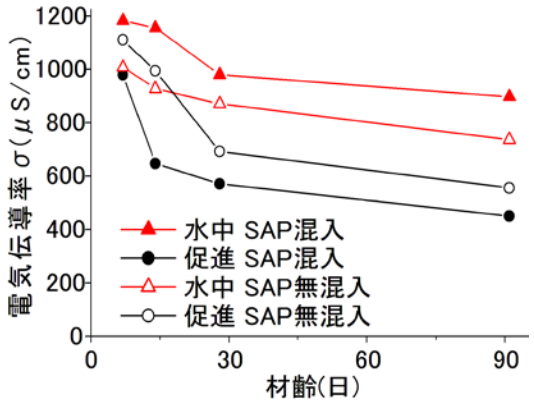
３．結果および考察

図－１は，中性化深さの経時変化を示したものである．中性化深さは SAP を混入した供試体の方が無混入のものよりも著しく小さく，材齢の進行にともない SAP 混入の有無による中性化深さの差が大きくなる. 材齢 28 日以降の中性化の進行はともに顕著ではないことから，SAP を混入した供試体における中性化の進行抑制は，主として材齢初期における内部養生効果によりもたらされていることがわかる.

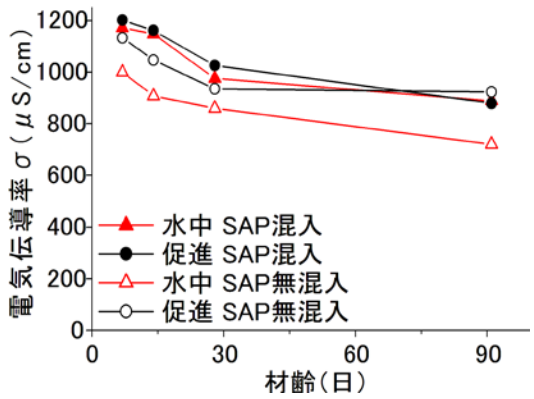


図－１　中性化深さ(中性化促進養生)

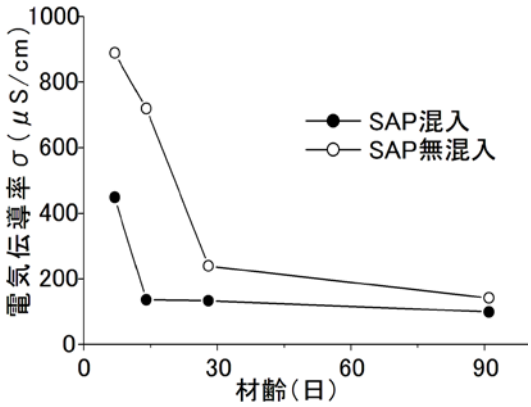
キーワード　中性化，SAP，電気伝導率，物質透過性，内部養生
連絡先　　〒920-0092　石川県金沢市角間町　金沢大学自然科学研究科環境デザイン学専攻　ＴＥＬ076-264-6373



図－２　電気伝導率



図－３　表層切除後の電気伝導率



図－４　供試体表層の電気伝導率
（中性化促進養生）

図－２は，電気伝導率の経時変化を示したものである．水中養生を行った供試体においては，SAP 空間が付加的な伝導経路となっているために，SAP を混入した供試体の方が無混入のものよりも電気伝導率が若干大きくなっている．しかし，概して材齢の進行にともなう変化の傾向はほぼ等しい．一方，中性化促進養生を行った場合は，水中養生とは対照的に SAP を混入した供試体の方が無混入のものよりも常に電気伝導率は小さい．特に，中性化促進養生を行った SAP 混入供試体においては，材齢 14 日にて電気伝導率は大きく低下し，その後の低下傾向は SAP 無混入と同様である．

図－３は，中性化促進養生を行った円柱供試体の両底面から表層 3mm ずつを切断除去した供試体の電気伝導率を水中養生の場合と比較して示したものである．水中養生を行った場合，溶出の影響はほとんどないようであり，表層切断を行わないもの(**図－２**)と同程度の電気伝導率を示す．一方，中性化促進養生を行った供試体に対して表層を除去すると，SAP を混入したものの電気伝導率が SAP 無混入よりも大きくなり，物質透過性は増大している．また，そのときの電気伝導率は水中養生を継続した供試体のそれとほぼ等しくなっている．これより，SAP を混入した場合，中性化促進養生により材齢初期から強い乾燥を受けても，内部は水和反応が阻害されることなく進行していたと考えられる．また，**図－２**に示した SAP 混入供試体の小さな電気伝導率は，**図－１**に示すように厚さは薄くとも表層の中性化層がより効果的な遮蔽層として機能したことによりもたらされたと考えられる．

図－４は，電気伝導率に対して複合則の直列モデルを適用して [1]，中性化促進養生を行った供試体表層の中性化層の電気伝導率を推定した結果を示したものである．SAP を混入した場合に形成される表層の中性化層の電気伝導率は，SAP 無混入のそれよりも明らかに小さく，特に若材齢においてその差が大きい．しかし，中性化促進養生を行った SAP 混入供試体表層においては，材齢 14 日以降の電気伝導率の変化はほとんどみられない．

これより，セメントペーストに SAP を混入して若材齢から急速に中性化を生じさせると，SAP からの水分供給によって，表層においては材齢初期から活発に中性化が生じて表層がより緻密化し，一方，内部では乾燥による水和反応の阻害をほとんど受けずに水和が進行し，結果として中性化の内部への進行を抑制するような薄い緻密な遮蔽層が形成されたと考えられる．

４．結論

適量の SAP を混入したセメントペーストに対して若材齢から中性化促進養生を行うことにより，表層により薄く物質透過性の小さい緻密な遮蔽層を形成させることができる．

参考文献

1) Coverdale, R. T. et al.: Interpretation of impedance spectroscopy of cement paste via computer modeling, Journal of Materials Science, Vol.30, pp.712-719, 1995