

京都大学 ○学生員 生田周史 阪急電鉄 正会員 中川元宏
 京都大学 正会員 山本貴士 正会員 服部篤史 フェロー 宮川豊章

1 目的

本研究では、含水率、温度、W/C、塩分量および中性化が、コンクリート比抵抗に与える影響を把握することを目的とし、小型供試体による抵抗の測定を行った。

2 実験概要

配合要因を表 1 に示す。供試体は $20 \times 40 \times 80 \text{ mm}$ の角柱とし、図 1 に示すように市販の LCR メーターを用いて、直流および交流で抵抗（交流の場合、周波数 1 kHz におけるインピーダンスの実数成分）を測定し、比抵抗 ($\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$) を求めた。測定は、中性化前後で、供試体の温度（以下、「温度」と）と質量含水率（以下、「含水率」と）を変化させて行った。ここで、中性化後とは温度 30°C 、 CO_2 濃度 5% で、 $\text{RH}90\%$ と 45% を 1 週間毎に繰返す促進中性化環境下に 5 週間静置した状態であり、W/C70% では全体が中性化した。なお、電極とコンクリートの接触部分には、接触抵抗を低減させるためにカルボキシルメチルセルローズを塗布した。

表 1 配合要因

要因	設定値
W/C (%)	55.70
$\text{Cl}^- (\text{kg}/\text{m}^3)$	0, 0.6, 1.2, 5

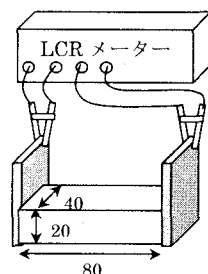


図 1 2 極法による測定

3 実験結果および考察

3.1 含水率の影響

W/C70% の中性化前の温度 40°C での、直流および交流による含水率と比抵抗の関係を図 2 および図 3 にそれぞれ示す。いずれの場合でも、同様の傾向が認められるが、直流は比抵抗の変化が大きく、影響の把握が容易であるため、以下では直流について考察する。含水率 $5 \sim 7\%$ では含水率と比抵抗に直線的な関係が認められ、水の量（体積）が比抵抗に対して支配的になると考えられる。含水率 5% 以下では、ほぼ同じ含水率でも比抵抗は大きく変化しており、空隙内での水の連続性による影響が大きくなると考えられる。含水率 7% 以上では比抵抗はほぼ一定となり、水の量の影響が小さい。この領域の相対含水率は約 100% であり、含水率の違いは、飽水時の含水率の相違による。したがって、コンクリート内部の空隙が水で完全に満たされている場合には、水の量は比抵抗に影響しないと考えられる。

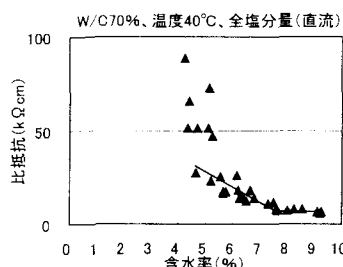


図 2 含水率と比抵抗の関係
（直流、中性化前）

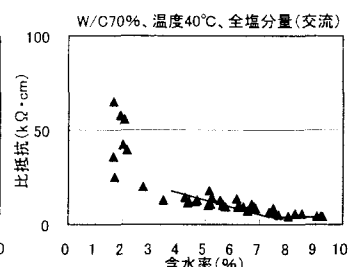


図 3 含水率と比抵抗の関係
（交流、中性化前）

3.2 中性化の影響

W/C70% の温度 40°C での、中性化前後における直流による相対含水率および含水率と比抵抗の関係を、それぞれ図 4 および図 5 に示す。図 4 より、同じ相対含水率では中性化後の比抵抗が大きくなっている。この原因として、中性化に伴う緻密化すなわち空隙量の減少により、同じ相対含水率の場合に

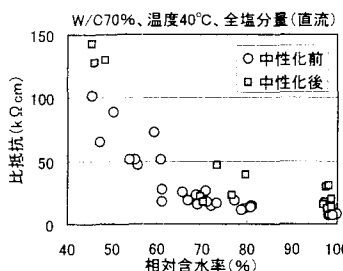


図 4 相対含水率と比抵抗の関係
（中性化前後）

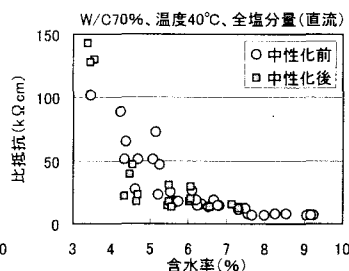


図 5 含水率と比抵抗の関係
（中性化前後）

含まれる水の量が小さくなったことが考えられる。また、空隙が水で完全に満たされている相対含水率 100% でも中性化後の比抵抗が大きくなっており、前節で認められた飽水時に比抵抗が一定となる傾向とは異なる。この原因として、空隙が小さくなったことによるコンクリートの骨格（空隙を除く固体）部分の比抵抗が増加したことが考えられる。一方、図 5 より、含水率と比抵抗の関係には、中性化前後での相違は認められず、相対含水率と比抵抗の関係とは異なる傾向が認められた。この原因として、中性化によりコンクリートの骨格部分の比抵抗は増加するが、中性化で生成される CaCO_3 による供試体質量の増加に伴い、同じ含水率の場合に含まれる水の量が中性化後の方が大きくなったことにより増加分が打ち消されたと考えられる。中性化前後で含水率と比抵抗の関係が変わらない傾向は、他の W/C および温度でも認められた。

3.3 温度の影響

W/C70% の中性化前での温度 10、25 および 40℃における、直流での測定結果を図 6 に、温度 10℃での比抵抗と減少率の関係を図 7 に示す。ここで、減少率は式 (1) に示す、温度 10℃から 40℃への上昇に伴う比抵抗の減少程度（10℃に対する割合）である。

$$\text{減少率 (\%)} = \frac{\text{温度10℃のコンクリート比抵抗} - \text{温度40℃のコンクリート比抵抗}}{\text{温度10℃のコンクリート比抵抗}} \times 100 \quad \cdots \cdots (1)$$

図 6 より、温度が高くなると比抵抗が小さくなる。また、図 7 より、比抵抗が大きくなると減少率は小さくなるが、それでも 20%以上減少している。したがって、夏と冬の測定値を比較する場合のように温度差が大きい場合には、温度による補正が必要であると考えられる。

3.4 塩分の影響

W/C70% の中性化前の温度 40℃での、含有塩分量 0、0.6、1.2 および 5.0kg/m³ の直流による含水率と比抵抗の関係を、中性化前後についてそれぞれ図 8 および図 9 に示す。図 8 より、中性化前でも塩分含む供試体の比抵抗が小さくなる傾向が認められるが、図 9 の中性化後では、塩分量による相違がより明確に認められる。この原因として、塩分を含む場合は、

中性化に伴う緻密化による比抵抗の増加に対して、固定化塩分の一部がイオン化することによる減少のため、塩分を含まない場合よりも中性化に伴う比抵抗の増加が抑えられることが考えられる。なお、塩分量による相違は、塩分の有無による相違に比べて小さく、塩化物イオンの有無による影響は、イオン濃度による影響に比べて大きいものと考えられる。

4 結論

①W/C および温度が同じ場合、含水率と比抵抗の関係には中性化前後の相違が認められなかった。したがって、含水率と比抵抗の関係においては中性化による影響を考慮する必要はないものと考えられる。②比抵抗に与える影響が最も大きいのは含水率であるが、温度差が大きい場合には補正が必要である。③塩分の有無による影響は、特に中性化後に大きくなる。また、塩分の有無による影響は、塩分量による影響に比べて大きい。④分極の影響が懸念されるものの、直流はばらつきが小さく、各種要因に対する比抵抗の変化が大きいため扱いやすい。

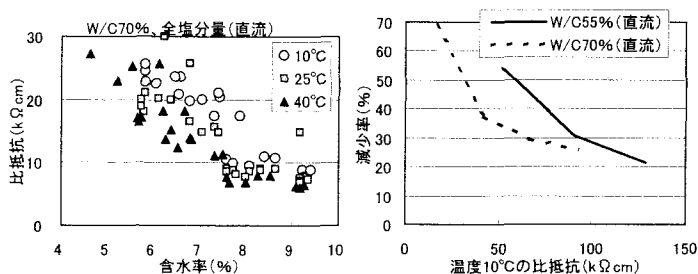


図 6 温度の影響(中性化前)

図 7 10℃での比抵抗と減少率の関係(中性化前)

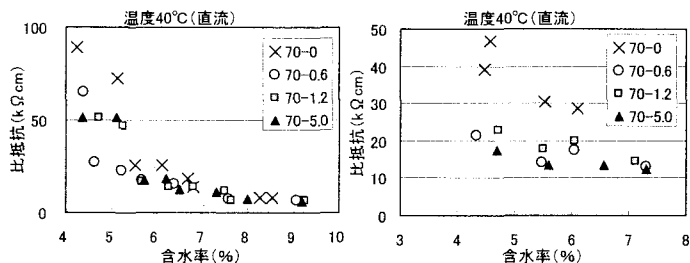


図 8 塩分の影響(中性化前)

図 9 塩分の影響(中性化後)