比抵抗による覆工コンクリート脱枠強度予測装置の開発

戸田建設㈱　正会員○関根一郎、正会員　若竹　亮
戸田建設㈱　正会員　相羽　周

１．はじめに

トンネル覆工コンクリートは、脱枠（セントルダウン）までの時間が短く、通常、打設翌日の朝、セントルダウンする。したがって養生時間は 16～18 時間程度と短いが、初期材令での強度が 2～3N/mm^2 以上出ていることが求められる。確実な施工を行うため、積算温度による初期強度予測方法が適用される場合があるが、ここでは、コンクリートの強度発現に伴い比抵抗が上昇する事象[1)]により脱枠時強度を予測をする装置を開発し、現場実証実験を行ったので報告する。

２．覆工コンクリートの比抵抗測定装置

褄部取付け用に制作した比抵抗測定用電極を**写真-1** に示す。電極は矢板相当のアクリル板に取り付けられており、アクリル板から電極を付けたシートを浮かせ、コンクリートの乾燥収縮時にも電極がコンクリートに追随するように作られている。

写真-1 褄部用比抵抗測定用電極

写真-2 褄に取り付けた比抵抗測定用電極と測定装置

電極は長さ 120mm、幅 2mm の銅電極 6 本から構成されており、4 電極法で電極の組み合わせを変えて**図-1** のように 3 回測定し、接触不良による異常値を排除するようにしている。

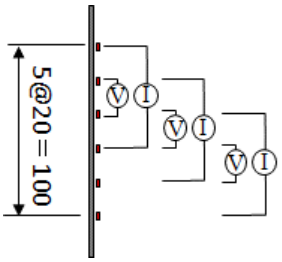

図-1　電極の組み合わせを変えた 4 電極法の測定

この比抵抗測定用電極を**写真-2** のようにセントルの褄部分に取り付け、励起周波数 40Hz、励起電圧±4V の測定装置に繋ぐ。測定装置は電極の組み合わせを変えた測定、換算した推定強度の算出、表示、記録が可能で、iPad 等にデータを転送し表示することも可能である。

写真-3 プラモールドに詰めたコンクリートでの比抵抗測定状況

３．キャリブレーション

①プラモールドによる比抵抗測定結果と現地褄型枠用比抵抗測定装置のキャリブレーション

写真-1 の褄型枠用比抵抗測定装置は選択した 4 本の電極での比抵抗測定なので、**写真-3** のようにプラモールドに詰めたコンクリートの比抵抗を測定した結果と比較してキャリブレーションを行った。その結果、**図-2** の関係が得られ、①式の 4 点電極の比抵抗計算式に対する定数 c は、0.723 であることが分かった。

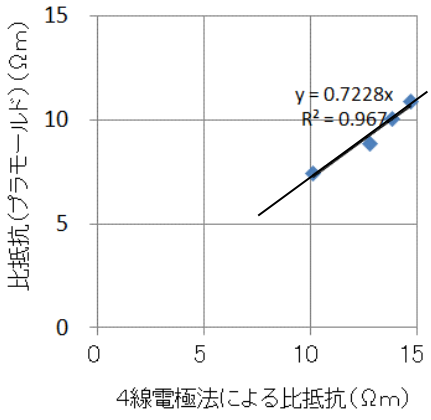

図-2　プラモールドによる比抵抗による 4 線電極法による比抵抗のキャリブレーション

キーワード　覆工コンクリート、脱枠、比抵抗、強度
連絡先　〒104-0031　東京都中央区京橋 1-18-1　八重洲宝町ビル 9F　戸田建設株式会社　TEL:050-3818-6433

© Japan Society of Civil Engineers

$$\rho = c \cdot 2\pi \cdot a \frac{V}{I} \quad \text{------ ①}$$

ρ ：比抵抗
a ：電極間隔
V：印加電圧
I ：電流

②現場のコンクリートの配合での比抵抗と強度の関係のキャリブレーション

次に、プラモールドで測定した比抵抗と同材令で実施した強度試験結果の関係を**図-3** に示す。この結果から②式により比抵抗から一軸圧縮強度 qu を求めることができる。

$$q_u = 0.717\rho - 4.41 \quad \text{------ ②}$$

なお、セメントの種類や配合によって比抵抗と強度の関係式は変わるので、現状では配合ごとにキャリブレーションを行う必要がある。

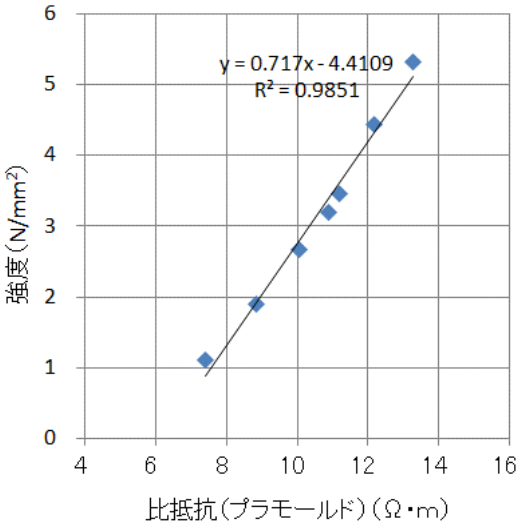

図-3　比抵抗（プラモールド）と生コン工場で実施した強度試験結果の関係

4．比抵抗による覆工コンクリートの強度推定

図-4 はプラモールド及び覆工裾部で測定した比抵抗と材令の関係で、時間の経過とともに比抵抗が増加している。これはセメントの水和反応により、コンクリート内の水分が減少し、比抵抗が増加したためと考えられる。

図-5 は、裾部で測定された比抵抗から②式で推定した強度とテストピースの圧縮強度試験結果を比較して示している。推定した強度とテストピースの強度は高い相関を示す結果が得られた。

写真-4 はコンクリート打設後、比抵抗測定電極を撤去した後の状況で電極とコンクリートは良好な密着性を示している。また、電極棒をコンクリートに埋め込む場合は電極が残置されてしまうが、この装置の場合、脱枠後ほぼ平滑な出来形が得られ、裾部用比抵抗測定電極は転用可能である。

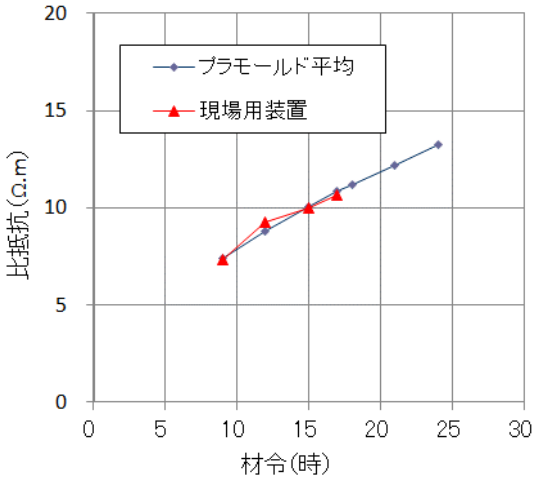

図-4　材令と比抵抗測定結果

4．まとめ

覆工コンクリートの脱型時の早期強度を裾部に取り付けた比抵抗測定結果から推定することができた。今後現場での適用実績を増やし、簡易な手法による脱枠強度推定方法として確立していきたいと考える。

写真-4　比抵抗測定箇所のコンクリート出来形

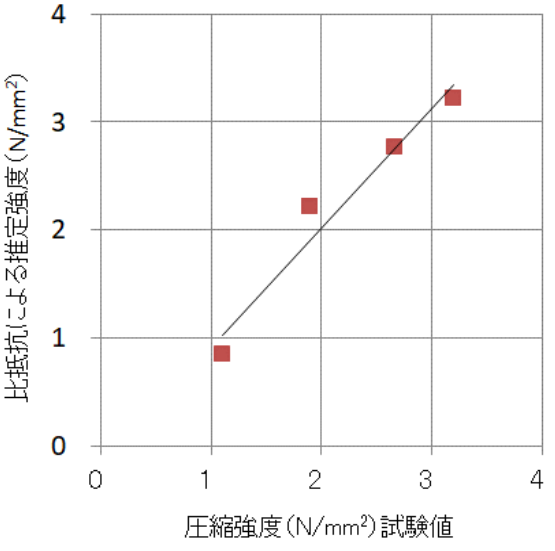

図-5　比抵抗による推定強度と圧縮強度

参考文献

1）太田真帆・伊代田岳史：電気抵抗値によるコンクリート硬化判定技術の検討、第 5 回コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム、2015

© Japan Society of Civil Engineers