

V-284 フレッシュコンクリート中の塩化物含有量測定方法に関する研究

東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人
 茨城職業訓練短期大学 正会員 辻 恒平
 竹中工務店技術研究所 正会員 米澤敏男
 セメント協会技術研究所 正会員 国府勝郎

1. は し が き

コンクリート構造物の劣化、特に塩化物によるコンクリート中の鋼材腐食は、構造物の耐力を著しく減少させることから、社会的にも大きな問題となっている。このようなコンクリート中の鋼材腐食を極力防止するためにも、打設時のコンクリート中に含まれる塩化物含有量を規制することが重要である。このため、土木学会、日本建築学会、コンクリート工学協会などの指針、規準類では、フレッシュコンクリート中に含まれる塩化物の総量を規制している。しかし、今日これらの規制があっても現場でも行える簡便な試験方法が確立されていないため、打設されるコンクリートの品質を確認することが困難である。これらのことを考慮して、本研究は、現場等においても実施可能な簡単な方法で、しかも短時間に行える試験方法を実用化することを目的として、塩化物イオン電極法によるフレッシュコンクリートの塩化物含有量試験を取り上げ、その測定方法並びに測定精度について実験的に明らかにしたものである。

2. 実 験 概 要

実験に用いた測定機器は、市販されている3種類の塩化物イオン電極測定機器で、いずれも低濃度と高濃度の2種類の標準液を用い、測定した電位を塩化物イオン濃度に換算する方法を採用している。しかし、各装置のイオン電極の化学成分、標準液、換算方法などは、使用する測定機器によって異なっているため、それぞれ異なった特性を有している。そこで本研究では、どの装置でも精度良く測定がおこなえる方法を明らかにすべく、次に示す2シリーズの実験を実施した。

第1シリーズの実験は、表-1に示すように塩化物イオンの種類（NaCl溶液および人工海水）、セメントの種類、塩化物イオン濃度などによって使用する装置の指示値がどのような影響を受けるかを調べ、各装置毎の校正曲線を求めることを目的としている。なお、実験ではW/Cが50%のセメントペーストに直接電極を挿入して測定を実施した。

第2シリーズの実験は、第1シリーズで求めた校正曲線を用い、モルタルおよびコンクリートによる測定を行った。ここでは表-2に示すように、セメントおよび砂の種類、コンクリートの配合、測定方法等が変化した場合に、どの程度の測定精度が得られるかを調べることを目的としている。検討した測定方法は、直接コンクリート中にイオン電極を挿入する方法、ブリージング水を利用する方法、新たに水を加水して上澄み液で測定する方法等である。なお、加水する場合の水質の違いについても検討した。

表-1 第1シリーズ実験の要因と水準

要 因	水 準
セメント 塩化物 Cl含有量 測定機器	普通ボルト、高炉B種、 NaCl溶液、人工海水、 0.1%、0.3%、0.5%、 TA、TK、HB、

表-2 第2シリーズ実験の要因と水準

要 因	水 準
セメント 砂 W/C スランブ Cl含有量 測定方法 測定機器	普通ボルト、高炉B種、 川砂、海砂、 40%、60%、 5cm、15cm、 0.2%、0.4%、 直接法、スクリーニング 法、加水法、ブリージ ング法、 TA、TK、HB、

3. 実験結果と考察

図-1は、セメントペーストによる塩化物イオン電極測定機器の校正曲線の1例を示したものである。この図から明らかなように、使用する機器によっては、セメントの種類、混入された塩化物の種類などによって測定される電位がかなり異なっており、ただ単に機器の指示値を読み取るだけでは不十分である。特に、高炉セメントを使用する場合や海砂に含まれるような塩化物を含有する場合には、いずれの機器を用いた場合にも機器の指示値は実際に含まれている塩化物含有量よりも大きな値を示す傾向が認められた。

図-2は、直接モルタル中に電極を挿入して測定した指示値をそのまま分散分析した場合と、第1シリーズで求めた校正曲線を用い指示値を校正して分散分析した場合の主効果を示したものである。校正しない場合には、セメントの種類、砂の種類、機器の種類、塩化物イオン含有量の全てが1%有意となっているが、校正した場合には、塩化物イオン含有量と機器の種類だけが1%有意である。即ち、図-1に示した校正曲線を用いることによって、セメントの種類及び砂の種類による影響を大幅に減少させるばかりでなく、機器の種類による影響を14%から5%程度にまで減少させることができる。

図-3は、測定方法の違いによる影響を示したものである。ここでスクリーニング法としてあるのは、採取したコンクリートを5mmふるいでスクリーニングし、残りのモルタル分に直接電極を挿入した場合の結果である。また、加水して上澄水で測定する方法では、加水する水が水道水であっても純水であっても測定値にはほとんど影響がなかったため、ここでは純水の場合だけを示してある。この図から明らかなように、コンクリート中に直接電極を挿入する方法はやや小さな値となり、スクリーニングした場合の値がやや大きな値となっているが、加水法と比較しても4%程度の違いに過ぎない。なお、この図には示していないが、フリージング水を採用して測定する方法は、コンクリートの品質によっては採取するまでの時間が1時間以上となり実用的とはいえない。

図-4は、第2シリーズのモルタルおよびコンクリートによる測定値と混入させた塩化物イオン含有量との関係を示したもので、測定値は電極の指示値を上記の校正曲線を用いて修正してある。この図から明らかなように、測定値は±5%以内に入っており、実用的にも十分な精度であるといえよう。

4. あとがき

フレッシュコンクリート中の塩化物含有量は、本研究で示した方法を用いれば十分な精度で測定できる。本研究を実施するにあたり測定に協力頂いた関係各社に感謝の意を表す。

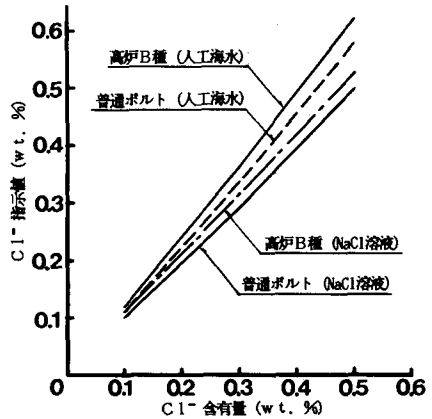


図-1 ペースト校正曲線 (HB)

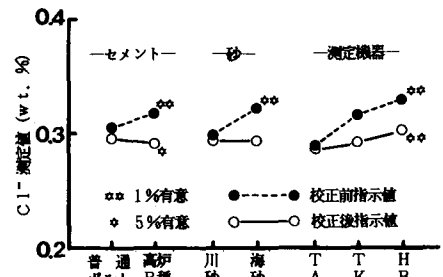


図-2 セメント, 砂, 及び測定機器の影響

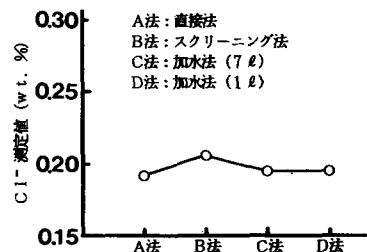


図-3 測定方法の影響

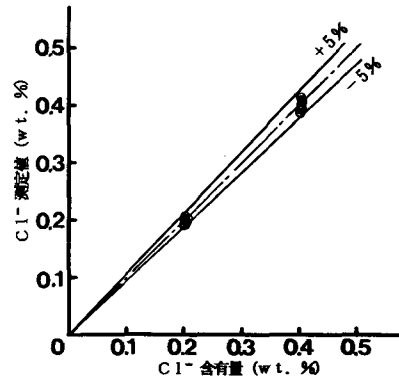


図-4 含有量と測定値の関係