

配合および締固め方法の変遷がコンクリートの耐久性に及ぼす影響

国土交通省	正会員	○清水 真行
東京理科大学	正会員	辻 正哲
東京理科大学	正会員	澤本 武博
東京理科大学		九十九 圭

1. はじめに

琵琶湖疏水の本邦初の鉄筋コンクリート橋（1902年竣工）あるいは小樽港北防波堤（1896年竣工）などのように、50年あるいは100年以上経過してもその機能を健全に保っている構造物もあれば、早期劣化が問題となっている構造物もある。この原因については、施工の合理化に伴う単位水量の増加や締固め不良、ひいては技術者のモラル低下などまで数多くの見解が報告されている¹⁾。しかし、1950年以前と現在では、使用材料、配合および施工方法などが異なっており、これらの要因も耐久性に大きく関係している可能性がある。

本研究では、まず始めにコンクリート中に鰯やクローバーなどを埋め込みその腐敗状況を観察した。その観察結果を1935年より故吉田徳次郎博士が行われた同様の試験結果²⁾と照らし合わせ、過去と現在のコンクリートの特性を比較した。これは、当時コンクリートの塩分浸透性や中性化など耐久性に関する概念が確立されておらず、直接比較可能な資料がないことによる。そして、その結果に基づき、過去と現在の配合とそれに付随する締固め方法の組合せの比較として、過去の1:2:4配合を突き固める方法と現在の配合を内部振動機で締固める方法の相違がコンクリートの塩分浸透性に及ぼす影響について検討した。

2. コンクリート中での腐敗の進行に関する実験

2.1 実験概要

使用材料は、普通ポルトランドセメント、鬼怒川産川砂および山梨産砕石であり、コンクリートの水セメント比は55%とした。また、コンクリート中に埋め込む試料には、真鰯、クローバー、松葉およびヒメジオンを用いた。なお、鰯をコンクリートに埋め込む際には、吉田博士の報告²⁾を参考にしてあらかじめ鰯にセメントを塗しておくこととした。供試体寸法は、150×150×265mmであり、2002年10月4日より東京理科大学野田キャンパス5号館屋上に曝露した。なお、曝露開始時期は吉田博士が行われた季節に合わせた。

2.2 実験結果および考察

図-1は、材齢3ヶ月において、供試体を割裂した写真である。今回行った試験の観察結果では、腐敗臭は7日で最大となり、1ヶ月では幾分減じ、3ヶ月ではだいぶ弱くなった。コンクリート中のクローバーは3ヶ月でもまだ緑色を保っていたが、松葉、ヒメジオンは褪色していた。なお、コンクリートに埋め込まずそのままの状態では曝露した鰯は3日で完全に腐敗し、植物についてはすべて7日で褪色した。以上の結果を、吉田博士の報告すなわち曝露期間1ヶ月で腐敗臭は最大となり3ヶ月ではいくぶん悪臭は減じ、1年で臭気はほとんどなくなったという報告²⁾と比較とすると、今回の実験で用いた供試体の方が大きかったにもかかわらず、腐敗の進行が少し早いようであった。これは、吉田博士はBSのブリケット試験用のモルタルを用いられていた可能性もあり、水セメント比が比較的小さかったことや締固めがさらに良好となるような技術を用いられていたことが一因として考えられる。

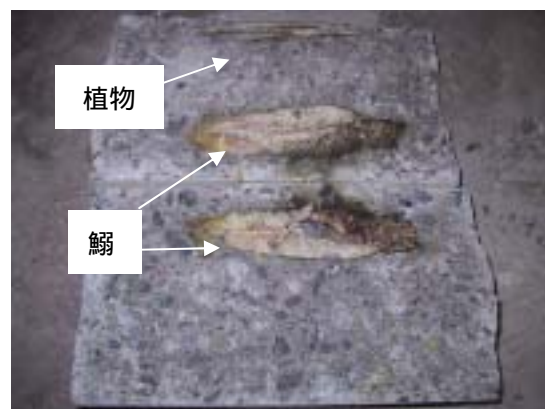


図-1 材齢3ヶ月におけるコンクリート中の腐敗状況

キーワード：コンクリート、配合、締固め、耐久性、塩分浸透

連絡先：〒278-8510 野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL：04-7124-1501(内線 4054) E-mail：saori@rs.noda.tus.ac.jp

表-1 コンクリートの配合および締固め方法の組合せ

配合 No.	水セメント比 (%)	配合の種類	締固め方法	粗骨材の種類	スランブ (cm)	空気量 (%)
No.1	40	1:2:4 配合	22kg のランマーで突き固める。	川砂利	0	-
No.2				碎石	0	-
No.3			パイプレータで締め固める。	川砂利	5.0*	3.4
No.4		現在の配合	22kg のランマーで突き固める。	碎石	13.0	2.0
No.5				川砂利	7.5	2.0
No.6			パイプレータで締め固める。	碎石	13.0	2.0

*高性能 AE 減水剤を C×3.3%添加

3. 配合および締固め方法の組合せがコンクリートの塩分浸透性に及ぼす影響に関する実験

3.1 実験概要

使用したセメントは、普通ポルトランドセメントであり、細骨材には鬼怒川産川砂を、粗骨材には山梨産碎石および利根川水系川砂利を用いた。コンクリートの配合および締固め方法の組合せは、表-1 に示す通りである。1950 年以前は、容積配合が採用されており、主に鉄筋コンクリートには、かさ容積でセメント：砂：砂利を 1：2：4 とした配合が用いられていた。そのため、1：2：4 配合と現在の標準的な配合について実験を行った。

実験に用いた供試体の寸法は、φ150×300mm とした。過去の締固め方法は、タコによる突固めを想定し、重さ約 22kg、直径約 100mm の鉄製の円柱ランマーを高さ約 200mm から 25 回落下させ、2 層に分けて詰める方法とした。一方、現在の締固め方法は、内部振動機を用いて行う方法とした。なお、1:2:4 配合で内部振動機により締め固める場合には、コンクリートの行き渡りを確保するために、高性能 AE 減水剤を添加した。実験では、供試体を材齢 28 日まで水中養生し、その後 14 日間気中で乾燥させてから、塩分浸漬乾湿繰返し促進試験を行った。

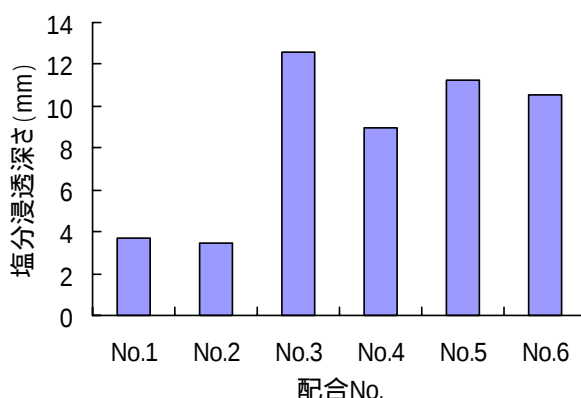


図-2 塩分浸漬乾湿繰返し促進試験結果

3.2 実験結果および考察

塩分浸漬乾湿繰返し促進試験結果は、図-2 に示す通りである。1:2:4 配合でランマーで突き固めたコンクリートの塩分浸透深さは、現在の配合で内部振動機によって締め固めたコンクリートの塩分浸透深さに比べてかなり小さくなった。これは、過去の 1:2:4 配合は現在の配合に比べて、モルタル量が少なく粗骨材量が多いため、粗骨材自体が塩分の浸透を抑制したためと考えられる。また、1:2:4 配合に高性能 AE 減水剤を添加したコンクリートを内部振動機によって締め固めた場合には、現在の配合の場合とほぼ同じにまで塩分浸透深さが大きくなった。これは、材料分離が生じたことによると考えられる。

4. まとめ

吉田博士が行われた試験結果と比較すると、現在の一般的なコンクリートの方が若干耐久性に劣ると考えられる。また、過去の配合において塩分浸透深さが小さかったのは、粗骨材量が多いため、粗骨材が塩分の浸透を阻止していると考えられる。しかし、過去の配合のようにモルタル分が少ないものは、十分な締固めが行われないと、逆に耐久性が低下する可能性が高い。以上より、1950 年以前に建造され、現在も健全にその機能を保ち続けているコンクリート構造物の耐久性が高いのには、当時の経験豊富な技術者が配合に適した締固め方法を採用していたことも一因と考えられる。

【参考文献】 1) コンクリート考、セメント協会（2002）

2) 吉田徳次郎博士の御遺稿、セメント・コンクリート、No.166、pp.6-7（1960）