

15.3 性能規定に対応したコンクリート構造物の施工品質管理・検査に関する研究(1)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 26

担当チーム：材料資源研究グループ（基礎材料）

研究担当者：渡辺博志、古賀裕久、中村英佑

【要旨】

コンクリートに求められる性能を明確にした、より合理的な施工品質管理・検査体系が求められている。基礎材料チームでは、コンクリートの配合や打設に関する品質管理、検査について検討を行う。H24年度は、打込み高さを4mと大きくして供試体の打設を行い、材料分離が生じやすい材料や施工が出来上がりコンクリートの品質に与える影響を検討した。その結果、不適切な配合、施工の条件が重なると耐凍害性に影響が生じるおそれがあることなどが明らかになった。

キーワード：コンクリート、品質管理、打込み、ブリーディング

1. はじめに

コンクリート構造物に関する施工品質管理や検査は、従来から用いられてきた材料・工法を念頭において定められた各施工段階における試験や、出来形検査、目視による検査や強度試験等で構成されており、強度以外の各種性能、例えば耐久性を直接的に検査する方法は、現状では確立されていない。このため、ともすれば従来の仕様にこだわることとなり、新材料・新工法を柔軟に活用することが難しい。

一方で、コンクリート構造物への要求性能の多様化に伴い、施工に起因したコンクリート構造物の不具合に関する現場技術相談も多くなっている。

そこで、施工の自由度を高めることで、種々の条件に対応した新材料・新工法を活用でき、結果として施工における不具合を低減できると期待されている。このためには、竣工検査時に出来上がりコンクリートそのものの各種性能をより直接的に確認できるような、品質検査システムの充実が必要である。

このため、本研究では、特にコンクリート構造物の耐久性に影響する打込み等の施工要因や寒冷地での養生条件について検討を行っている。基礎材料チームでは、主としてコンクリートの打込み時の課題について検討している。

2. 検討の概要

2.1 材料・施工の影響に関する検討

2.1.1 検討の背景

従来、一般的な土木用コンクリート構造物では、スラ

ンプ8cmのコンクリートが用いられる場合が多かった。しかし、近年、コンクリート構造物の耐震性などに関する要求の高まりから部材に配置される鋼材量が増えており、コンクリートを確実に充填するためには、配筋や施工の条件にあわせてスランブを柔軟に設定できることが望ましいとの指摘がある。

単位水量を増やすなどしてスランブを増大させたコンクリートは、これを構成する水や骨材などの材料分離が生じやすくなることが知られている。ただし、最近では、高性能AE減水剤などの使用実績も増えており、技術が蓄積されているので、コンクリートの品質を損なわずにスランブを増大させることも十分可能と考えられている。

しかし、既存の品質管理・検査体系は、暗黙の内にスランブ8cmのコンクリートが使用されることを前提に構築されており、スランブを増大させた際に生じる材料分離などの懸念に対応したものとはなっていない。この点について検討するためには、コンクリートの打込み時の材料分離の程度やそれによって生じる性能の変化について把握する必要があるが、現状では十分に明らかになっていない。

2.1.2 H24年度の検討の着目点

H23年度までの検討では、主に、配合の異なるコンクリートを用いて高さ1mの壁状の供試体を作製し、フレッシュコンクリートの性状と壁状供試体の硬化コンクリートの品質を比較することによって行ってきた。しかし多くの検討ケースでは、硬化コンクリートの品質に大きな違いが生じなかった¹⁾。

そこで、H24年度は、コンクリートの打込みや締固め

の方法を変更し、これらの不適切な実施によって材料分離が助長された場合の悪影響についてもあわせて検討することにした。

コンクリート標準示方書〔施工編〕では、コンクリートを打ち込む際の打込み面からシュート等の吐出口までの高さは1.5m以下とすることが標準とされている。この理由として、高いところからコンクリートを落とすと、コンクリートが型枠や鉄筋に衝突して、材料分離を起こしやすいことなどが指摘されている。しかし、その影響程度等について調査された既往研究はほとんど見られなかった。

そこで、スランプ等が異なるコンクリートを4mの高さから落下させて供試体を作製し、材料分離が硬化コンクリートの品質に与える影響について検討した。その詳細については3章に示す。

2. 2 検査手法に関する検討

2.2.1 検討の背景

新材料・新工法を柔軟に活用するためには、これらの適否を検査できる手法が必要である。出来上がりコンクリートの強度的性質を調査する手法については、これまでも種々の検討が行われており、すでに新設構造物の竣工検査等にも取り入れられている。一方、耐久性の観点から出来上がりコンクリートの品質を評価する手法については、十分確立されているとは言えないのが現状である。

コンクリートの耐久性を評価するための試験としては、従来から、促進中性化試験や凍結融解試験など、劣化の環境を模擬したものが多く行われてきた。しかし、それぞれの試験に専用の装置を必要とする、試験に長い期間を要するなどの課題があり、品質管理・検査の一環として用いるのは必ずしも容易ではない。

一方、近年、コンクリート中の空気や水の移動を測定することで、出来上がりコンクリートの密実さの指標とし、硬化コンクリートの品質の良否を総合的に評価する検討が種々行われている^(例えば、2)。コンクリートの密実さ

は、種々の劣化因子の侵入に対する抵抗性と関係があると考えられるので、簡易な方法でこれを評価できれば、出来上がりコンクリートの耐久性の良否を評価できると期待されている。

しかし、現状では、いずれの手法も測定方法や評価方法が確立されているとは言えず、不明な点が多い。このため、コンクリートの密実さを評価する測定は、研究レベルとしては活発に行われているものの、実務への適用にはいたっていない。

2.2.2 H24年度の検討の着目点

コンクリートの密実さに関する測定をあらたな検査、または品質管理の方法として検討するためには、その必要性を明確にすることが求められる。そこで、土木研究所が有する過去の実構造物調査結果を再度分析し、コア試料の吸水性状と塩化物イオン侵入に対する抵抗性について検討した。その詳細は4章に示す。

また、その結果を受けて、コンクリートの吸水性状を評価する試験方法について、新たに供試体を作製して検討した。その詳細は5章に示す。

3. 打込み時の材料分離とその影響に関する検討

3. 1 検討方法

3.1.1 供試体の製作

スランプやブリーディング性状の異なるコンクリート(表-1)を用いて壁状の供試体を作製した。配合175は、従来から用いられてきた土木用コンクリートを模擬した配合である。試験練りの結果、スランプが8cmよりも大きくなったが、過年度の実験結果と比較することも考慮し、配合の変更は行わなかった。これに対し、配合175AEはAE減水剤を用いることで、配合185は、単位水量を増加させることで、スランプを増大させた。配合175AEYは、微粒分をふるいおとした砂を用いることで、水の材料分離(ブリーディング)が顕著になることを意図した配合とした。

壁状供試体は、コンクリートの横流しを模擬すること

表-1 コンクリートの配合と試験結果(材料分離の検討)

記号	単位量 (kg/m ³)					混和剤 (C x)		スランプ (cm)	空気量 (%)	σ ₂₈ (N/mm ²)
	W	C	S	S'	G	WR	AE			
175	175	318	800	—	980	—	0.007	12.0	5.0	34.3
175AE						0.35	0.003	17.3	4.4	37.2
185	185	336	759			—	0.006	14.2	4.3	33.8
175AEY	175	318	—	800		0.35	0.003	19.6	4.1	32.1

※C: 普通ポルトランドセメント、S: 掛川産山砂(密度2.57g/cm³、吸水率1.87%、FM2.81)、S': Sを0.3mmの機械ふるいでふるって微粒分を除去したもの(FM3.48)、G: 笠間産砕石(密度2.67g/cm³、吸水率0.55%)
WR: AE減水剤、AE: AE剤

15.3 性能規定に対応したコンクリート構造物の 施工品質管理・検査に関する研究(1)

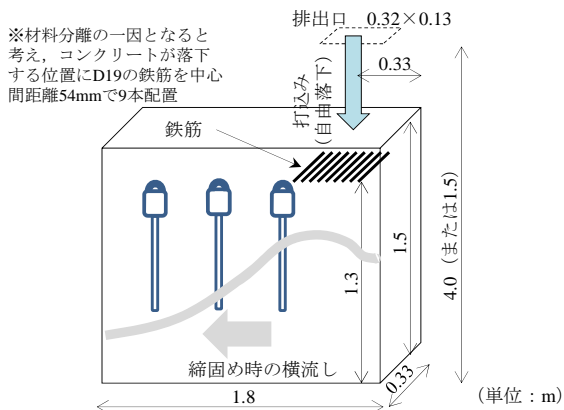


図-1 壁状供試体の打込み・締固め方法

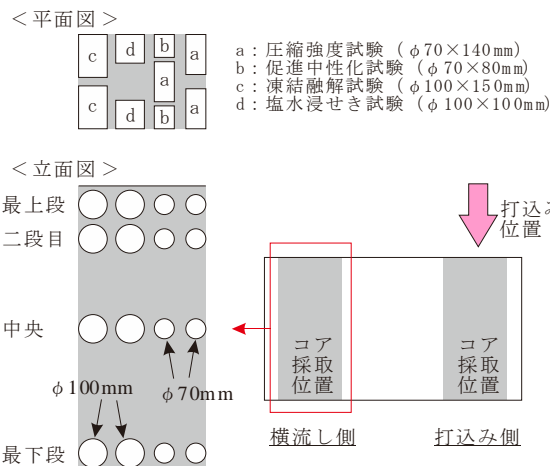


図-3 コア試料の採取位置 (概略)



図-2 打設状況

などを考慮し、幅 1.8m、奥行き 0.33m、目標高さ 1.0m とした。コンクリートの打込みは、二層打ちとした。コンクリートミキサ (容量 0.1m³) で練混ぜたコンクリート 3 バッチ分を、容量 0.3m³ のバケットに移し、バケットから一度に排出して打ち込むようにした。バケットは、その排出口から型枠底面までの距離 (打込み高さ) が 4.0m の位置に設置して行うことを標準とした。打設状況を図-1、図-2 に示す。配合 185 のみ、打込み高さ 1.5m で打ち込んだ供試体も作製した。なお、型枠や鉄筋との衝突を模擬するため、供試体の上部に鉄筋を配置し、落下するコンクリートが衝突するようにした。

その後、打込み位置に近い箇所から順に 3 箇所、コンクリートを横流しするよう 5 秒間ずつ棒状パイプレータで締め固めた (図-1)。打重ねの際、1 層目の上面に集まったブリーディング水は除去しなかった。1 層目打込み後から 2 層目終了までの時間は、およそ 45 分程度で

表-2 コアを用いた試験

項目	方法
圧縮強度	JIS A 1108 により試験を行った。同一条件の 3 試料の平均値を用いた。
促進中性化	JIS A 1153 に準じて、型枠に接していた面を暴露面として試験を行った。ここでは、促進養生期間 8 週の試験結果 (1 試料/条件) を示した。
凍結融解	JIS A 1148 に準じて試験を行った。ただし、試料は $\phi 100 \times$ 約 150mm のコア試料とし、動弾性係数は、縦振動により測定した。同一条件の 2 試料/の平均値とした。
塩水浸せき	型枠に接していた面を暴露面とし、濃度 10% の塩水に浸せきした。現時点では塩分の侵入状況について試験結果が得られていないので、詳細を省略する。

あった。なお、20°C の恒温室で練混ぜたコンクリートを恒温室の外に運搬して打設を実施した。各供試体打設中の気温は、概ね 11°C ~ 15°C で、供試体による極端な条件の違いはなかった。

3.1.2 測定方法

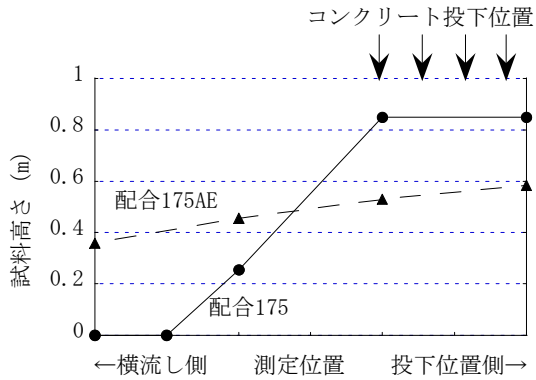
壁状供試体のブリーディング状況を把握するため、打設終了後に供試体の上面に集まったブリーディング水を回収し、その量を測定した。測定は、打設終了後 1 時間、2 時間、3 時間に行った。ブリーディング水は、測定毎に壁状供試体上面へ戻し除去しなかった。

打設後、材齢 7 日で脱型し、材齢 14 日以降に、図-3 に示す位置でコアを採取した。採取したコアを用いて、表-2 に示す試験を行った。別途、打設時に製作した標準養生供試体や角柱供試体から採取したコアを用いて、表-2 に示す試験を行い、施工の影響を検討した。

3.2 検討結果

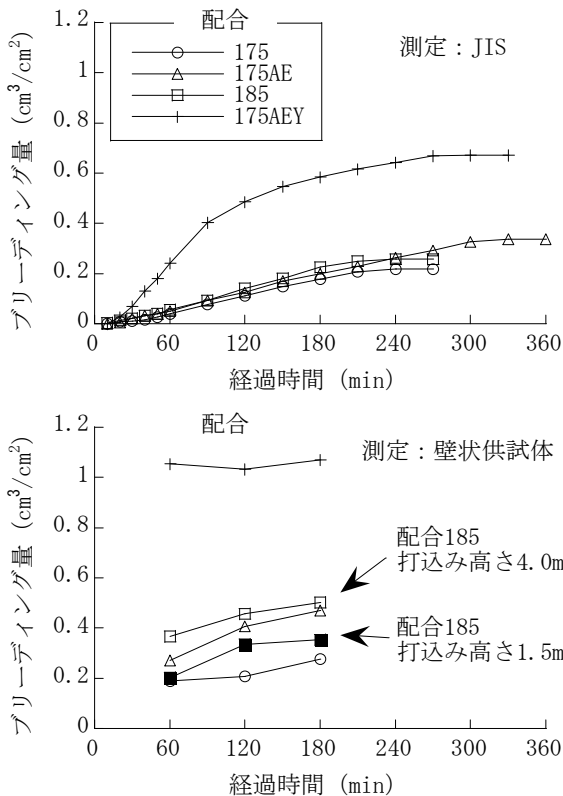
3.2.1 打ち込み時の状況および硬化後の外観

コンクリートを型枠内に投下した直後に測定した広が



※配合175以外の配合は、いずれも配合175AEと類似の広がり状況を示した。

図-4 投下したコンクリートの広がり状況例



※壁状供試体は、60、120、180分の3回で測定を打ち切った。

図-5 ブリーディング試験結果

り状況の例を図-4に示す。従来からの土木用コンクリートを模擬した配合175では、投下位置付近にコンクリートが山状に堆積し、遠い箇所には達していなかった。一方、配合175AEでは、コンクリートが衝撃で横移動し、場所によって高さには差があるものの、型枠内に行きわたった。他の配合でも175AEと同様な広がり方をした。

コンクリートを横流しして締め固めると、締め固め時には、セメントを含む余剰水が投下位置の反対側に移動す

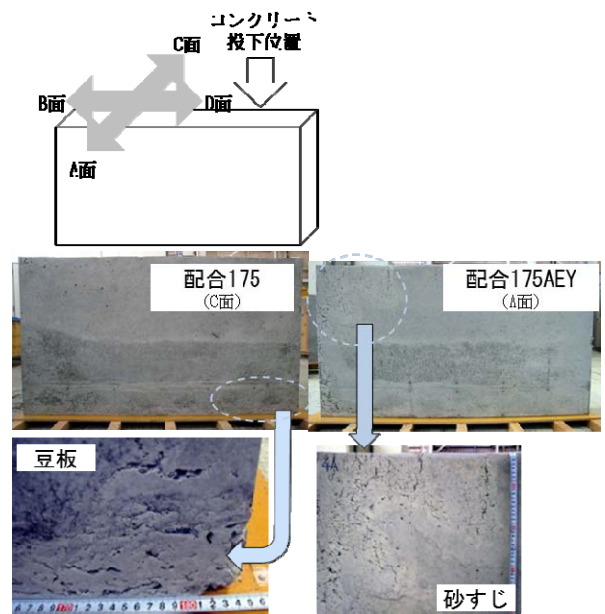


図-6 脱型後の観察結果

るように集まった。ただし、締め固め終了後に壁状供試体上面の高さをコテで揃えたので、最終的に上面にたまるブリーディング水の深さは位置に寄らずほぼ同じになった。

締め固め後に壁状供試体で測定したブリーディング量及びJIS A 1123によるブリーディング試験結果を、図-5に示す。今回実験を行った4種の配合では、配合175AEYのブリーディング量が顕著に大きかった。配合175AEYでは、砂の微粒分を除去したために、除去しなかった配合175AEと比べて顕著なブリーディングが生じたものと考えられる。

また、配合185について、打込み高さの異なる供試体を比較すると、打込み高さ4.0mとした場合は、1.5mの場合よりも締め固め1時間後のブリーディング量が多かった。しかし、1時間後から3時間後までのブリーディング量の増大にはほとんど違いはなかった。この結果から、打込み高さ4.0mとした場合、打込み時の衝撃で、水の材料分離が促進されているものと考えられる。

脱型後の供試体側面の観察結果を図-6に示す。いずれの供試体も、上下で色むらが生じたが、これはコンクリートを打ち重ねる際に除去しなかった下層コンクリートからのブリーディング水が型枠面付近を通って上昇したためと考えられた。また、ブリーディング量が特に大きかった配合175AEYでは、横流ししたコンクリートの一部で顕著な砂すじが認められた。

配合175の最下部付近では、粗骨材が集まって豆板状

15.3 性能規定に対応したコンクリート構造物の
施工品質管理・検査に関する研究(1)

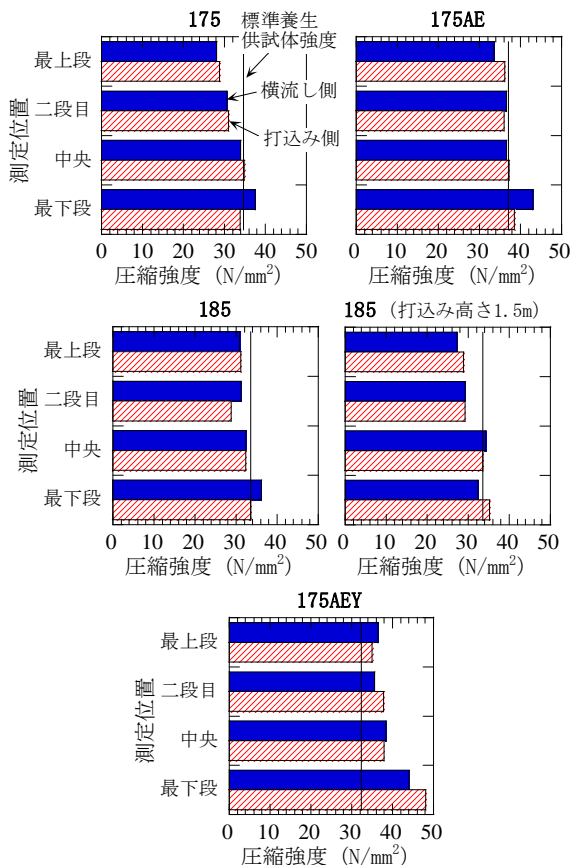
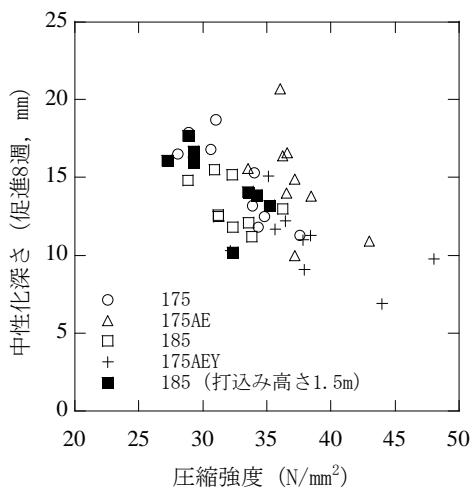


図-7 圧縮強度試験結果



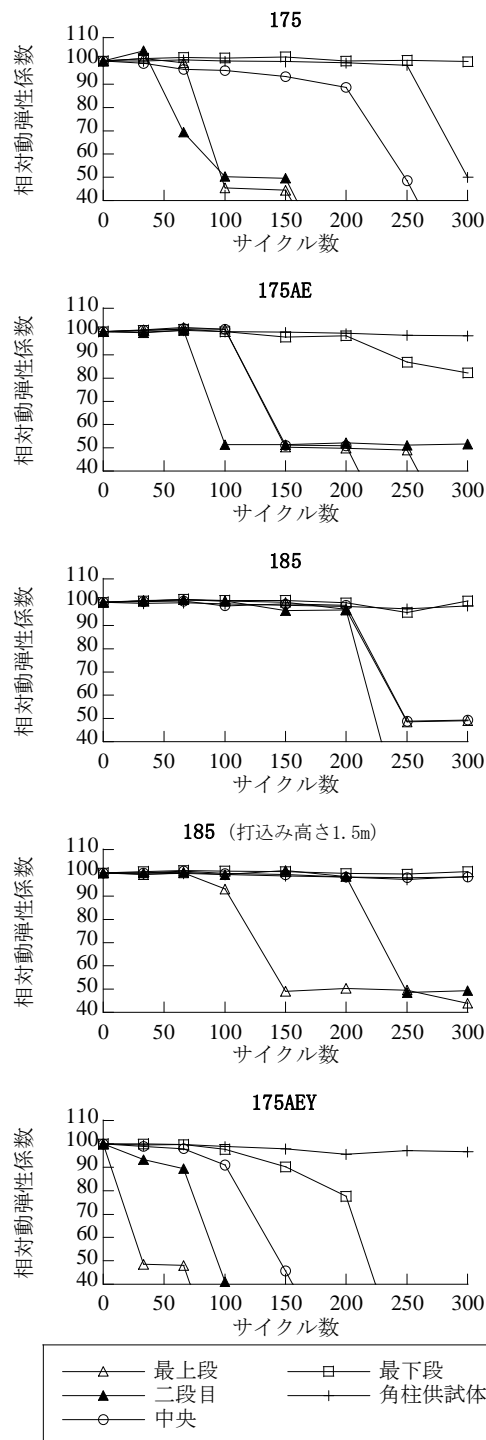
※明確な傾向が認められなかったため、横流し側、打ち込み側、円柱供試体の区別をしなかった。

図-8 中性化深さと圧縮強度の関係

になっている部位もあった。配合 175 は、投下したコンクリートの広がり状況 (図-4) が他の配合と異なっており、打込みや、締め固め (横流し) 時に粗骨材の分離が生じやすかったものと考えられた。

3.2.2 圧縮強度試験結果

コアの圧縮強度試験の結果を、標準養生した供試体の



※ここでは、壁状供試体の打ち込み側から採取した試料の試験結果を示した。

図-9 凍結融解試験結果

試験結果と比較して図-7 に示す。圧縮強度は、供試体上部から採取した試料では低く、下部から採取した試料では高い傾向が認められた。この傾向は、過去に行った実験の結果と類似しており、主に試料の圧密の程度によって強度差が生じていると考えられた^{1), 3), 4)}。

今回用いた配合の中では、配合 175AEY の材料分離が顕

著でブリーディング量が多く、型枠面には砂すじの発生が認められていた。しかし、圧縮強度の観点では、他の配合よりむしろ強度が大きく良好であった。これは、余剰な水が分離してコンクリートの外部に排出されたためと考えられる。

なお、配合 175 の最下段のコア採取位置では豆板が認められたが、圧縮強度への影響は必ずしも明確ではなかった。

3.2.3 促進中性化試験結果

促進中性化試験の結果を、隣接した箇所から採取したコアの圧縮強度試験結果と比較して、図-8 に示す。圧縮強度が高いほど、促進環境下で中性化深さが小さい傾向があった。すなわち、中性化に対する抵抗性の良否は、圧縮強度の良否と一致した傾向であった。

3.2.4 凍結融解試験結果

凍結融解試験の結果を、図-9 に示す。まず、配合による違いに着目すると、ブリーディングが顕著だった配合 175AEY の壁状供試体コアでは、他の配合よりも相対動弾性係数の低下が早く、耐凍害性に劣る結果であった。それ以外の配合では、必ずしも良否の差が明確ではないが、配合 185 はやや耐凍害性に優れており、また、打込み高さを 1.5m としたものが、打込み高さ 4.0m のものよりも、やや耐凍害性に優れていた。

次に、試料の採取位置に着目すると、壁供試体の中では、最下段の耐凍害性がやや高く、上部では耐凍害性が低かった。角柱供試体から採取したコアの相対動弾性係数の低下は比較的軽微であった。

今回の壁状供試体では、コンクリートを落下させて打ち込んでおり、そのことが水の材料分離を生じさせ、耐凍害性に悪影響を与えたおそれがある。この点については、今後さらに調査を行って確認する予定である。

4. コアの吸水性状と見かけの拡散係数に関する検討⁵⁾

4.1 検討方法

建設省が 1999 年に行った実構造物の健全度実態調査結果を再整理して、コンクリートの吸水性状と見かけの拡散係数等の関係について整理した。

1999 年の健全度実態調査では、地理的条件や竣工年代が偏らないように選定された約 2000 件のコンクリート構造物の健全性について主に外観目視や周辺環境等の情報の収集により調査した上で、その中から選定した 152 件の構造物（橋梁下部構造、擁壁、カルバート、河川構造物）からコアを採取して、コアの圧縮強度や塩化物イオン濃度分布、吸水率などを測定している。コア試料を

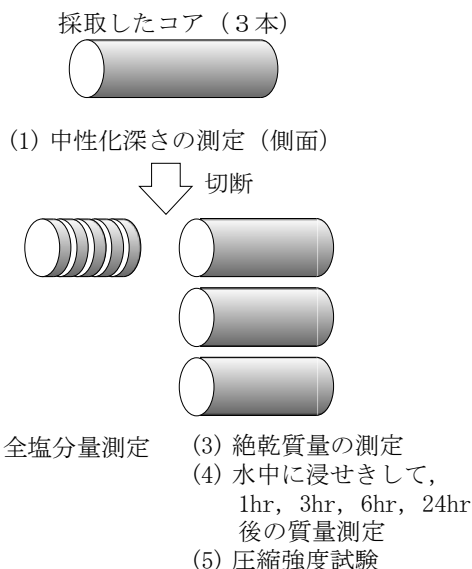


図-10 実構造物コアを用いた調査の方法

表-3 塩化物イオンの侵入が認められた事例

塩化物イオンの由来	事例数	判断の根拠
飛来塩	12	構造物が海岸線付近など塩害地域に立地。
汽水	5	構造物が海岸線から数kmの河川中に立地、かつ飛来塩には該当しない。
凍結防止剤	28	構造物が凍結防止剤の散布の影響を受けるおそれがある地域、環境に立地、かつ飛来塩や汽水には該当しない。

用いた調査について、図-10 に示す。ここでは、吸水性状として、式(1)で表される絶乾にしたコア試料を水中に浸せきして6時間後までの吸水量を指標（6時間後吸水量）とした。なお、この調査の範囲では、吸水時間の異なる場合でも、傾向に大きな違いはないことを確認した。

$$I_6 = \frac{W_t - W_d}{A \cdot \rho} \quad (1)$$

ここで、 I_6 : 6時間後吸水量 (mm)、 W_t : 吸水開始から6時間後の試料の質量 (g)、 W_d : 吸水前の試料の質量 (g)、 A : 試料の表面積 (mm^2)、 ρ : 水の密度 ($1.0\text{mg}/\text{mm}^3$ とした)

コンクリート中の全塩分量測定結果から塩化物イオンが構造物の外部から侵入したと見られる事例を選定した。また、構造物の周辺環境等から、塩化物イオンの由来を推定した。その結果、塩化物イオンの由来が推定できた構造物は45件であった（表-3）。健全度実態調査は全国の構造物を広く対象としたものであり、海からの飛来塩による塩害環境にある構造物は限られていた。

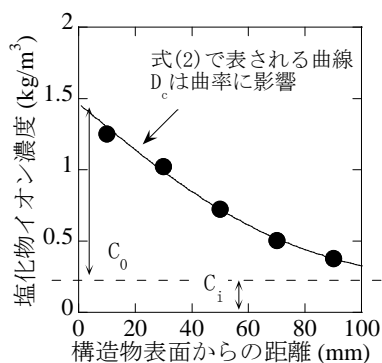


図-11 塩化物イオン濃度分布の例

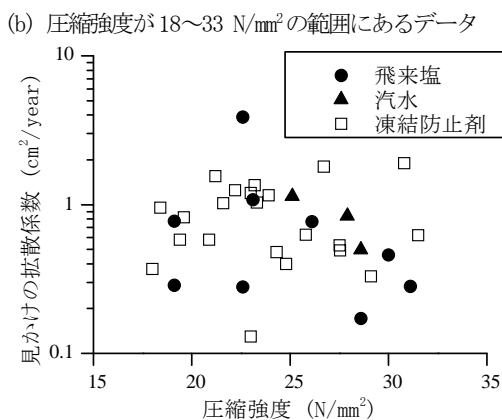
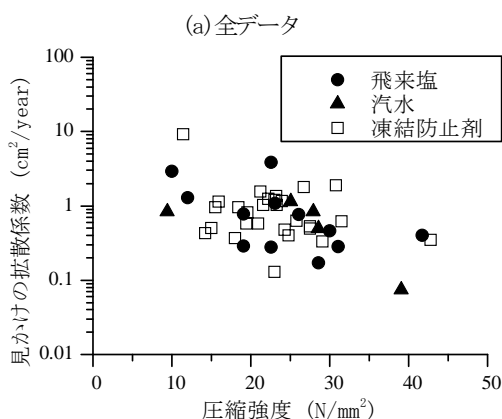


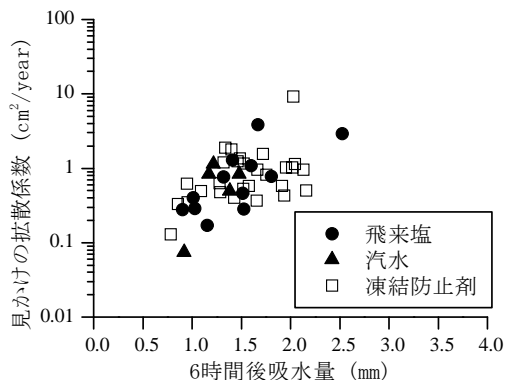
図-12 圧縮強度と見かけの拡散係数の関係

次に、塩化物イオンの侵入が拡散によるものであると仮定し、式(2)が各コアの塩化物イオン濃度分布に合致するように、表面塩化物イオン濃度、見かけの拡散係数、初期塩化物イオン濃度を推定した(図-11)。

$$C_x = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot x}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right) \right) + C_i \quad (2)$$

ここで、 C_x ：コンクリート表面から x (mm) の位置における塩化物イオン量 (kg/m^3)、 C_0 ：コンクリート表面における塩化物イオン量 (kg/m^3)、 D_c ：塩化物イオンの見

(a)全データ



(b) 圧縮強度が18~33 N/mm²の範囲にあるデータ

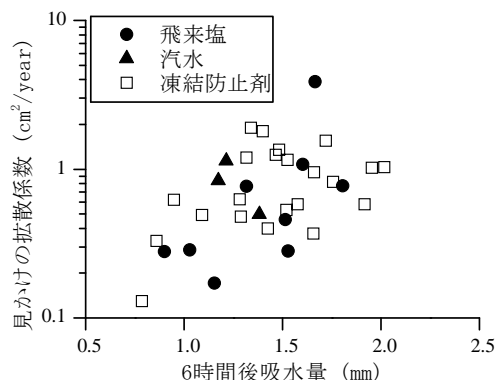


図-13 6時間後吸水量と見かけの拡散係数の関係

かけの拡散係数 (cm^2/year)、 t ：塩化物イオンが侵入した期間、 C_i ：コンクリート中に製造時から含まれていた塩化物イオン量 (kg/m^3)

4.2 検討結果

見かけの拡散係数は、コンクリート中での塩化物イオンの移動しやすさを表す定数であり、拡散係数が小さいほど塩化物イオンの移動が困難で、塩害に対する抵抗性が高いと考えることができる。

まず、コアの圧縮強度と見かけの拡散係数の関係を図-12に示す。圧縮強度が高いコンクリートほど見かけの拡散係数が小さく、塩害に対する抵抗性が高いことが確認できた。ただし、今回の試験結果を見ると、コンクリートの圧縮強度の範囲が広く、一般的な鉄筋コンクリート構造(当時の設計基準強度 $21\sim 24\text{N}/\text{mm}^2$)のコンクリートとしては、強度が顕著に低い/高いデータも少なくなかった。

そこで、コンクリートの圧縮強度が $18\sim 33\text{N}/\text{mm}^2$ の範囲にあるデータに着目すると、見かけの拡散係数は調査構造物により大きく異なっており、鉄筋コンクリートとして一般的な圧縮強度の範囲では、その大小によって塩害抵抗性の良否を明確に区分することは困難と考えられる。

次に、6 時間後吸水量と見かけの拡散係数の関係を図-13 に示す。吸水量が少ないコンクリートほど見かけの拡散係数が小さく、塩害に対する抵抗性が高いことが確認できた。

吸水量と見かけの拡散係数の関係は、圧縮強度が 18～33 N/mm² の範囲にあるデータに限定しても明確であり、吸水量の大小によって評価することによって、塩害に対し一定の耐久性を有することを確かめることができる可能性がある。

5. コアの吸水性状の試験方法に関する検討

5.1 検討方法

前章で示したようにコンクリートの吸水性状と塩害に対する抵抗性の間に関係が認められたことから、吸水性状の測定方法や誤差、塩化物イオンの侵入しやすさについて実験を行って検討した。

試験に用いた配合を表-4 に示す。品質が異なるコンクリートとして、水セメント比が 30～70% と異なる配合を用いた。また、材料の品質の影響を把握するため、水セメント比 50% の配合から、細骨材または粗骨材を変更した配合も用いた。粗骨材として、吸水率の大きい天然骨材を、細骨材として、吸水率の小さい高炉スラグ細骨材を用いて検討した。

試験に用いる試料を作製する際には、ブリーディングの影響を緩和するために、まず、150×150×530mm の角柱供試体を打設し、材齢 28 日まで水中養生した後に、高さ方向で中央の位置から φ100mm のコアを採取・整形した(図-14)。試料は、厚さ 50mm で、型枠に接していた面(以下、型枠面)から吸水させることを標準とした。採取した試料は 20℃、RH60% の恒温恒湿槽内で質量がおおむね一定となるまで保管(4 週間以上)した。

吸水性状の測定は、ASTM C 1585 を参考に、あらかじめ含水状態を調整した試料を水面に接するように設置し、毛細管作用で吸水させる表面吸水試験により行った(図-15)。試験結果は、式(1)で表される 6 時間後吸水量として整理した。

表面吸水試験を行う試料とは別に、φ100×約 100mm のコア試料を用意し、型枠面以外をエポキシ樹脂で塗装して、10% の塩化ナトリウム水溶液に浸せきした。約 6 箇月が経過した後に、この試料を取り出し、塩化物イオンの試験を行って、表面からスライス状に切断して塩化物イオン濃度分布を調べた。

5.2 検討結果

5.2.1 表面吸水試験結果

図-16 に 30～70% の範囲で水セメント比を変化させた、A30～A70 の表面吸水試験結果を示した。A50 及び A70 は

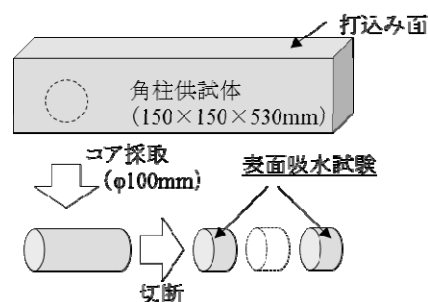
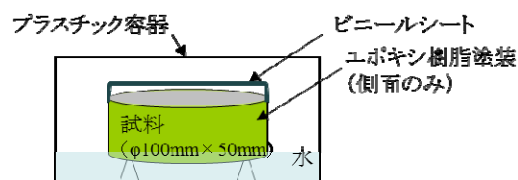


図-14 試料の採取・整形方法



※供試体が水中に約 2mm 没するようにした。供試体上面は、ビニールで覆い、水はね等による吸水を防いだ。

図-15 表面吸水試験

表-4 コンクリートの配合と試験結果 (吸水性状の検討)

記号	単位量 (kg/m ³)						混和剤 (C x)			スラン プ (cm)	空気量 (%)	σ ₂₈ (N/mm ²)
	W	C	S	S'	G	G'	SP	WR	AE			
A30	175	583	604	—	960	—	0.9	—	0.003	24.5	3.1	90.1
A40		438	722				0.5	—	0.001	19.0	3.8	65.4
A50		350	793				—	0.250	0.0015	19.5	5.0	45.8
A60		292	840				—	0.188	0.002	18.0	4.4	37.8
A70		250	874				—	0.125	0.003	18.0	5.0	27.9
低品質G		350	793				—	—	911	—	0.25	0.0015
高炉スラグS	—	—	830	960	—	—	0.075	—	2.0	5.1	46.0	

※C: 普通ポルトランドセメント、S: 掛川産山砂 (密度 2.57g/cm³、吸水率 1.87%)、S': 高炉スラグ細骨材 (吸水率 0.88%)、G: 笠間産砕石 (密度 2.67g/cm³、吸水率 0.55%)、G': 低品質粗骨材 (吸水率 3.89%)、SP: 高性能 AE 減水剤、WR: AE 減水剤、AE: AE 剤

15.3 性能規定に対応したコンクリート構造物の
施工品質管理・検査に関する研究(1)

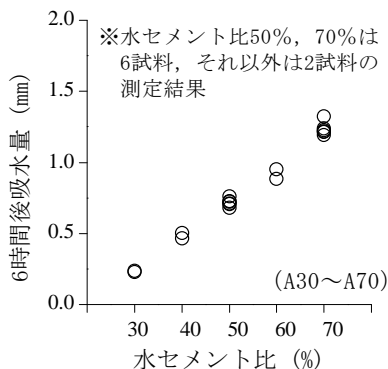


図-16 水セメント比と6時間後吸水量の関係

それぞれ6つの試料を用意して試験したが、その変動を変動係数としてあらわすと、いずれも3.7%であった。図から水セメント比が10%異なると6時間後吸水量は明確に異なっており、表面吸水試験でその品質の違いを評価することが可能と考えられる。

骨材種類や測定面を変更した試験結果を図-17に示す。まず、同一材料で水セメント比が異なる試料に着目すると、水セメント比が50%、70%の場合は型枠面で、30%の場合は切断面で吸水量がやや大きかった。標準として用いた粗骨材の場合、骨材の断面およびモルタルとの界面からの吸水量は、水セメント比50%や70%のモルタルマトリックスよりも小さいが、水セメント比30%のそれよりも大きかったものと考えられる。

次に、吸水率の大きな粗骨材を用いた場合は、水セメント比が50%でも切断面の方が型枠面よりも吸水量が大きかった。粗骨材が吸水量に与える影響は、モルタル部分と骨材の品質の関係によって異なると考えられる。ただし、型枠面を試験面とした場合、粗骨材による吸水量の違いは顕著ではなかった。6時間後吸水量の測定時は、吸水の及ぶ範囲が型枠面表層に限られており、その部分に限れば、粗骨材の占める割合が少ないため影響が現れにくかったと考えられる。

最後に、吸水率の小さな高炉スラグ細骨材を用いた場合に注目すると、試験面にかかわらず6時間後吸水量が低下しており、その吸水量は山砂を用いたコンクリートでは水セメント比40%のものと同程度であった(図-16)。

5.2.2 塩水浸せき試験結果

塩化物イオン濃度の測定結果を図-18に示す。水セメント比の異なるコンクリートについては、従来からの知見通り、水セメント比の大きいものほどコンクリートの内部まで塩化物イオンが侵入していた。

高炉スラグ細骨材を用いた場合、侵入した塩化物イオ

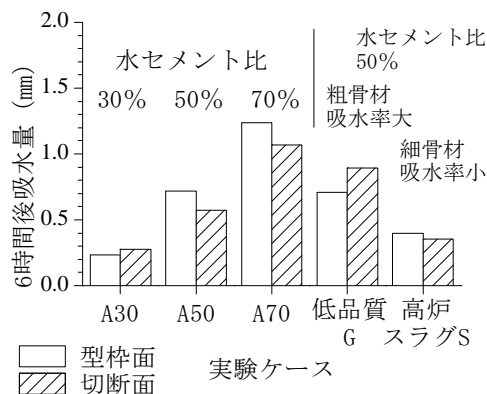


図-17 骨材等が異なる場合の6時間後吸水量

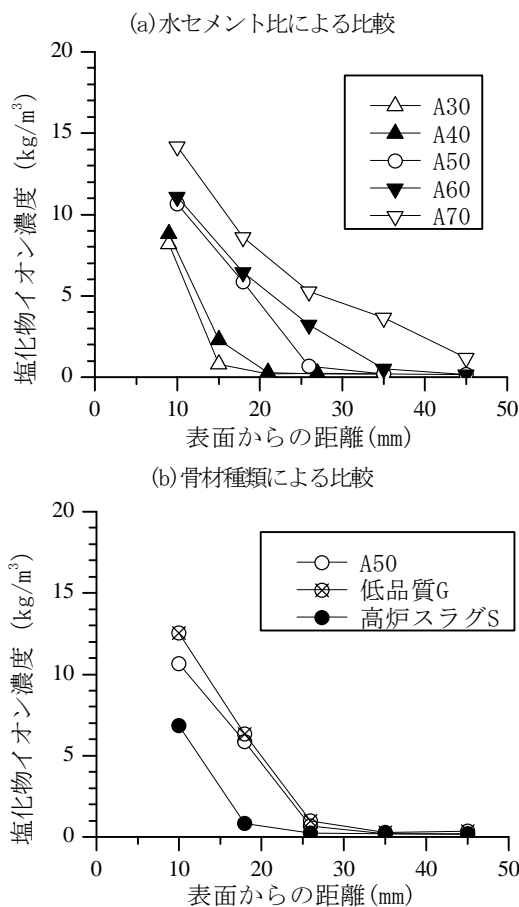


図-18 塩化物イオン濃度測定結果

ンの濃度分布が、同じ水セメント比で山砂を用いた場合とは明らかに異なっており、水セメント比40%の配合と類似の分布となった。一方、低品質粗骨材を用いた場合、わずかに塩化物イオン濃度が高くなっていたが、水セメント比が異なる試料ほどの違いは無かった。これらの試験結果から、同一配合で強度がほとんど同じコンクリートでも、使用骨材によって塩害に対する抵抗性が異なりうることを、その程度を表面吸水試験によって把握できる

可能性があることがわかった。

6. まとめ

この研究では、コンクリートの材料や施工の自由度を高めた場合の対応できる、品質管理・検査手法について検討している。

H24年度は、スランプ等が異なるコンクリートを4mの高さから落下させて供試体を作製し、材料分離が硬化コンクリートの品質に与える影響について検討した。その結果、ブリーディングの顕著な配合のコンクリートを用い、かつ打込み高さを大きくするなど材料分離を助長するような施工を行うと、耐凍害性に影響が生じるおそれがあることがわかった。今後、耐凍害性を低下させた要因について詳細に分析し、品質管理・検査システムの中でこの点をどのように確認するのが合理的か、検討する必要がある。

検査手法に関しては、表面吸水試験に着目して種々の検討を行った。まず、実構造物の調査結果を再整理して検討した。その結果、吸水量の少ないコンクリートほど、見かけの拡散係数が小さく、塩害に対する抵抗性に優れていた。吸水性状による評価は、圧縮強度による評価よりも、見かけの拡散係数との関係が明確であった。

また、実験室で作成した供試体を用いた試験でも、同一配合で強度がほとんど同じコンクリートでも、使用骨材によって塩害に対する抵抗性が異なりうること、その程度を表面吸水試験によって把握できる可能性があることが確かめられた。

ただし、現状では検証結果に限られているので、引き

続き塩水浸せき試験などの試験結果を蓄積し、検査手法としての適用範囲を明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) 古賀裕久、渡辺博志、山田宏：材料分離を生じたコンクリートへの非破壊試験の適用性に関する実験的検討、コンクリート構造物の非破壊検査論文集、vol.4、pp.345-352、2012.8
- 2) 土木学会コンクリート委員会構造物表層のコンクリート品質と耐久性納検証システム研究小委員会：構造物表層のコンクリート品質と耐久性検証システム研究小委員会（JSCE335委員会）第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集、コンクリート技術シリーズNo.97、2012.7
- 3) 山田宏、松本健一、古賀裕久、渡辺博志：配合の異なるコンクリートにおけるフレッシュ時の品質と材料分離性状、第65回セメント技術大会講演要旨、pp.252-253、2011.4
- 4) 松本健一、山田宏、古賀裕久、渡辺博志：スランプが異なるコンクリートの材料分離と強度特性、第65回セメント技術大会講演要旨、pp.254-255、2011.4
- 5) 古賀裕久、河野広隆、渡辺博志：実構造物から採取したコアの吸水性状と耐久性の関係、セメント・コンクリート論文集、No.66、pp.429-436、2013.2

STUDY ON THE PERFORMANCE-BASED QUALITY CONTROL AND INSPECTION METHODS FOR THE CONSTRUCTION OF CONCRETE STRUCTURES

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2010-2014

Research Team : Materials and Resources Research
Group (Concrete and Metallic
Materials Research Team)

Author : WATANABE Hiroshi

KOGA Hirohisa

NAKAMURA Eisuke

Abstract : In this research projects, concrete and metallic materials research team set the target on the quality control and inspection scheme that can prevent segregation of concrete due to poor mix proportion and inadequate casting. In fiscal year 2011, specimens were cast using fresh concrete dropped from 4 meters above to investigate the effect of poor operation on the durability of concrete. In addition, surface absorption test were also investigated as an inspection technique for the durability performance of concrete.

Key words : concrete, quality control, placing, bleeding, surface absorption test