

環境配慮型の型枠を用いたコンクリート表層の耐久性向上効果に関する実験的検討

若築建設(株) 技術設計部 技術課 正会員 ○秋山哲治
若築建設(株) 技術設計部 技術課 鈴木達也
九州大学大学院 社会基盤部門 教授 正会員 濱田秀則

1. はじめに

コンクリート施工時の初期欠陥の一つに表面気泡がある。表面気泡の発生原因を大別すると、(1)コンクリートの材料や配合など、(2)混和剤自体の表面張力等、(3)剥離剤や界面活性剤の種類、(4)型枠の形状や材質等がある¹⁾。このうち、型枠の形状や材質等については、透水性を有する材料を型枠面に貼付したり、型枠自体の表面の凹凸をなくすことで、表面気泡を低減することができ、美観や耐久性に優れたコンクリートを形成できるとされる。

これまで、透水性を有する材料を用いた型枠については報告例がある。一方、表面の平滑性を向上させた型枠材料では、表面気泡の低減効果を確認した事例はあるものの、耐久性に関して定量的に評価した事例は見うけられない。そこで、フィルム材を貼付して平滑性を向上させた型枠を用いて打設した供試体について幾つかの試験を行い、主にコンクリート表層の耐久性について検討した。実験で比較対象としたのは、合板型枠および透水性型枠とした。

2. 実験概要

2.1 型枠の概要と供試体寸法など

表-1 に実験で用いた型枠概要、表-2 にコンクリート配合とフレッシュ試験の結果、図-1 に供試体寸法などを示す。

供試体へのコンクリートの充填は1層で行い、φ32mmの内部振動機を用いて締固めを行った。乾燥収縮に用いた供試体では、型枠 100×100×400mm の長手を直立させ、突き棒を用いてコンクリートを充填して成型した。

2.2 試験項目

表-3 にコンクリートの試験項目を示す。フレッシュ時は、型枠側面から排出される余剰水を採取し計量した。硬化コンクリートは、脱枠後に表面気泡の面積率、表面の顕微鏡観察、反発硬度、iTECS 法による接触時間、塩分浸漬による見掛けの拡散係数、及び乾燥収縮の各試験を行った。

試験項目の評価対象は、供試体の側面とし、鉛直方向に上・中・下の3本あるいは3箇所にて測定及び試料採取を行い、各測定値の平均値を用いて評価を行った。

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの試験結果

表-4 に供試体側面からの余剰水の排出量の結果を示す。型枠 A は 58ml、型枠 B は 12ml、型枠 C は 1160mlであった。型枠 A は B より排水量が多かったが、C と比べると少なかった。型枠 C では排水が特に顕著で、締固めを開始して直ぐに供試体側面から余剰水が多く排出された。

表-1 実験で用いた型枠

種別	型枠の概要
型枠 A	フィルム材を貼付した平滑性を有する型枠
型枠 B	合板型枠 (コンパネ)
型枠 C	透水シートを合板に貼付した透水性型枠

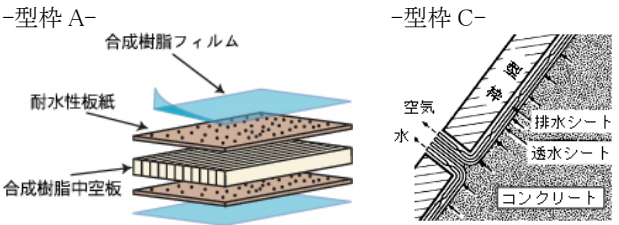


表-2 コンクリートの配合 [高炉 B 種セメント]

水セメント比[%]	細骨材率[%]	単位量[kg/m ³]					備考
		水	セメント	粗骨材	細骨材	混和剤	
49.8	46.6	167	336	815	977	5.04	

【フレッシュ試験・強度試験の結果】 配合仕様：24-15-25BB
スランプ=16.0cm, 空気量=5.4%, σ₇=19.0, σ₂₈=27.0N/mm²

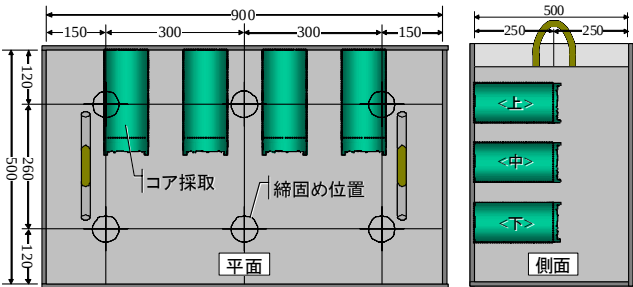


図-1 供試体寸法と試料採取位置

表-3 コンクリートの試験項目

試験項目		評価対象	試験方法
フレッシュ時	余剰水の排出量	—	
	表面気泡の面積率	側面	目視観察等
硬化コンクリート	表面の顕微鏡観察	側面-コア	光学顕微鏡
	接触時間	側面	iTECS 法
	乾燥収縮	100*100*400	モールド・ゲージ
	見かけの拡散係数	側面-コア	JSCE-G 572

キーワード：型枠材料, リサイクル, 表面気泡, 美観, 塩化物イオンの見掛けの拡散係数
連絡先：〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設(株) 技術設計部 TEL 03-3492-0495

3.2 硬化コンクリートの試験結果

表-4 に表面気泡の面積率，図-2 にコンクリート表面の写真を示す．直径 1mm 以上を対象とした場合の表面気泡の面積率は，型枠 A は 0.11%，型枠 B は 0.29%，型枠 C は 0.15%であった．型枠 C は微小孔が多く，これを表面気泡と捉えるか考える必要があるが，本実験では型枠 A の面積率が最小であった．

図-3 にコンクリート表面を顕微鏡で拡大した写真を示す．型枠 A は光沢を有し，型枠 B に比べて白色が濃かった．型枠 B は光沢がなく，全体的に灰色を呈していた．型枠 C は透水シートの繊維痕と思われる微細な筋を確認し，B と同様に灰色を呈した．

図-4 に材齢 28 日に測定した接触時間の結果を示す．型枠 A は 143.9 μ s，型枠 B は 149.3 μ s，型枠 C は 135.8 μ s となり，接触時間は短い順で C<A<B であった．

図-5 に乾燥収縮の結果を示す．材齢 56 日の収縮ひずみは，型枠 A は 671 μ ，型枠 B は 727 μ ，型枠 C は 630 μ で，収縮量は小さい順で C<A<B であった．

表-5 に，塩化物イオンの見掛けの拡散係数を示す．型枠 A は 1.67cm²/年，型枠 B は 2.00cm²/年，型枠 C は 1.21cm²/年で，拡散係数は小さい順で C<A<B であった．型枠 B に対する遮塩性は，型枠 A は約 17%，型枠 C は約 40%向上した．例えば，水セメント比 55%・高炉 B 種・かぶり 100mm・表面塩化物イオン濃度 13kg/m³・鉄筋発錆限界 1.2kg/m³ の条件では，型枠 B に対する改善効果を鉄筋腐食の開始時期で評価すると，型枠 A は 24 年から 29 年に延命，型枠 C は 24 年から 40 年に延命させる効果が期待できる．

4. まとめ

- (1) 表面の粗度が比較的大きい型枠では，表面気泡の原因となる気泡や水分が凹凸に留まりやすく，これらの移動が阻害されやすいと推察される．一方，表面の平滑性が高く摩擦係数が小さい型枠では，気泡や水分が動きやすく，型枠面に沿って鉛直方向に排出されやすいと考えられる．本実験においても，余剰水の排出量と表面気泡の面積率は，型枠 A は B と比べて小さく，改善効果を確認した．また余剰水の排出量は，型枠 C で効果が明確に現れた．
- (2) コンクリート表面を美観上綺麗に仕上げることは，総じて“耐久性の向上”が期待できると考えられる．本稿では，耐久性を評価する指標として，接触時間，乾燥収縮ひずみ，及び塩化物イオンの見掛けの拡散係数について型枠ごとに比較した．その結果，表面気泡を低減できた型枠 A のコンクリート表層では，型枠 C より改善効果は小さいものの，一般の合板型枠 B と比べて美観や耐久性を向上あるいは同等以上にすることができると考える．
- (3) 本実験では，バイブレータによる締固めが必要な普通コンクリートを対象とした．上述した美観や耐久性の向上は，施工時に適切な締固めを行うことによってその性能が確保できると考える．なお，高流動コンクリート等の締固めが不要な材料¹⁾では，粘性が比較的高いことによって，型枠付近で気泡や水分が抜けにくくなることも考えられるため，コンクリートの種類によっては型枠材料の選定について十分な検討がされるべきであろう．

実験の遂行にあたり，材料を提供して頂いた佛長大エコプロダクツ技術部の関係各位の皆様に謝意を表します．

参考文献 1) 一宮ほか:粉体系高流動コンクリートの表面気泡に及ぼす型枠の濡れと傾斜角度の影響，土木学会論文集 No.704 /V-55, 2002.5 2) 倭ほか:コンクリートの表面気泡の低減について，第 8 回コンクリート工学講演会論文集，1986

表-4 余剰水の排出量と表面気泡の面積率

項目	型枠 A	型枠 B	型枠 C	備考
余剰水の排出量	58ml	12ml	1160ml	
表面気泡の面積率	0.11%	0.29%	0.15%	直径 1mm 以上

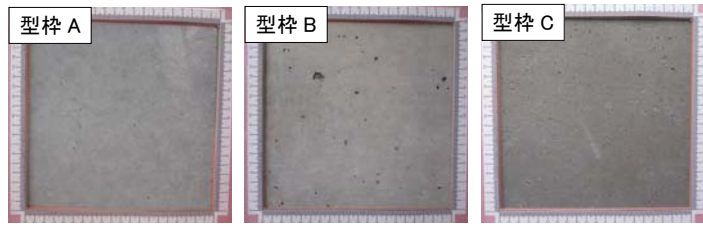


図-2 コンクリート表面の状態 [□20×20cm]

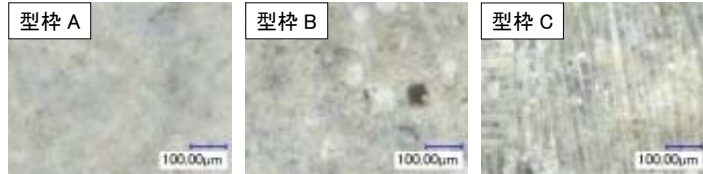


図-3 コンクリート表面の顕微鏡観察

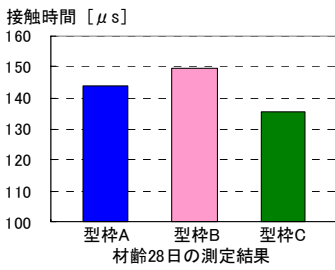


図-4 接触時間 [iTECS 法]

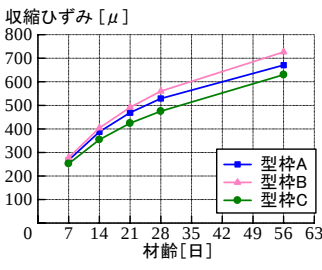


図-5 乾燥収縮ひずみ

表-5 塩化物イオン見掛けの拡散係数

項目		型枠 A	型枠 B	型枠 C
拡散係数 [cm ² /年]	試料-上	1.46	1.75	1.10
	試料-中	1.82	1.82	1.12
	試料-下	1.72	2.43	1.41
	3 試料平均	1.67	2.00	1.21
遮塩性* に関する改善効果		17%向上	<基準>	40%向上

*) 遮塩性：型枠 B に対して，拡散係数の平均を相対比較した．