

透水型枠工法を適用した構造物の耐凍害性の向上効果

前田建設工業（株） 正会員 ○兼光 雄大
前田建設工業（株） 正会員 白根 勇二

前田建設工業（株） 正会員 福原 康顕
国土交通省 東北地方整備局 佐藤 正

1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物は、冬季の凍結融解作用によってコンクリート表層にスケーリングが発生する凍害劣化が懸念される。一方、コンクリート表層の水セメント比を低減させるとともに、表面の気泡やあばたを減少させる手法として、透水型枠工法の適用が有効であることが知られている。

福島県内陸部の場所打ち函渠工事において、耐凍害性の向上を目的に透水型枠工法を適用して構造物を構築し、施工後に本工法による品質向上効果、特に耐凍害性について評価を行うため各種の原位置試験を実施した。本論文では、これらの評価結果について報告する。

2. 施工の概要

透水型枠を用いた構造物は、自動車専用道路の下方を横断する場所打ち函渠のウィング部分で、冬季は氷点下に曝される環境である（写真-1）。本構造物のコンクリート配合と使用材料を表-1に示す。施工は2016年8月25日に行い、打込み時のフレッシュ性状は、スランプが10.0cm、空気量が5.1%、コンクリート温度が31℃であった。

透水型枠には、コンクリート中の余剰水と気泡を通過させる織布と、織布を透過した余剰水や気泡を型枠外に排出させる不織布を接着した一枚構造のシート¹⁾を用い、これを合板型枠に貼り付けて使用した。養生は、コンクリート打込み後13日間は型枠を存置させることとし、水分の逸散を抑制した。なお、比較用として、同ウィング部に合板型枠を用いた施工区間も設けた。

3. 品質向上効果の評価方法

透水型枠工法による品質向上効果の評価項目と評価方法を表-2に示す。評価項目は、透水型枠による表面気泡の低減効果と、水セメント比の低減による強度増加および物質透過抵抗性の改善効果を評価するため、表面気泡の面積割合、表面強度および透気係数に着目した。また、耐凍害性の向上効果を評価するために表面気泡組織を調査した。いずれの試験方法も原位置で試験が可能で、実構造物の品質を直接評価できる手法を選定した。試験は材齢160日程度に実施した。



写真-1 透水型枠工法を適用した函渠ウィング部

表-1 コンクリート配合および使用材料

配合名	配合条件				単位量 (kg/m ³)					
	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	W	C	Sl	S2	G	Ad
24-8-20BB	8 ±2.5	4.5 ±1.5	51.5	45.0	164	319	329	483	1071	3.19

※使用材料

W：地下水，C：高炉セメントB種（密度3.04g/cm³）

Sl：砕砂（表乾密度2.65g/cm³），S2：砂（表乾密度2.61g/cm³）

G：碎石（表乾密度2.84g/cm³），Ad：AE減水剤

表-2 コンクリート表層の品質評価方法

評価項目	評価方法
表面気泡の面積割合	コンクリート表面50cm×50cmの範囲を透明シートに直接トレースし、画像処理で二値化して面積割合を算出。φ5mm以上の空気泡を対象とした。
表面強度	「建研式接着力試験」により表面部の引張強度を測定。ただし、母材破壊しなかった場合は除外した。
透気係数	トレント法 ²⁾ により測定。
表面気泡組織	原位置で測定可能な気泡組織簡易自動計測装置 ³⁾ を用いて、リニアトラバース法により評価。

キーワード 透水型枠，表層，耐凍害性，表面気泡，空気量，気泡間隔係数

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町4-11 前田建設工業（株）東北支店 土木部 TEL 022-225-8326

4. 検証結果

写真-2に「合板型枠」および「透水型枠」によるコンクリート表面の気泡の発生状況を示す。「透水型枠」を用いたコンクリート表面は、気泡がほとんど目立たず、大幅に低減していることがわかる。気泡面積割合は「合板型枠」で0.45%、「透水型枠」で0.01%となり、表面気泡の低減効果は95%以上であった。

表-3に建研式による表面強度およびトレント法による透気係数の試験結果を示す。「合板型枠」の表面強度が 0.72N/mm^2 に対し、「透水型枠」では 4.21N/mm^2 と大幅に強度が増加している。また、透気係数は「合板型枠」で $0.44 \times 10^{-16}\text{m}^2$ 、「透水型枠」で $0.055 \times 10^{-16}\text{m}^2$ となり、「透水型枠」では高い透気抵抗性を示した。これらの要因は、「合板型枠」では締固め作業に伴って発生したブリーディング水が型枠面に引き寄せられ、排除されないまま水セメント比の高いペースト層が形成したためと考えられる。一方、「透水型枠」では透水性のシートからブリーディング水が排水され、水セメント比の低いペースト層が形成したためと考えられる。

図-1および表-4に、コンクリート表層の気泡組織の調査結果を示す。図-1は、各気泡径範囲における空気量の分布を示しているが、「透水型枠」によるコンクリート表層の空気量は、「合板型枠」に比べて、 $300\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡（エントレインドエア）が多く存在し、それ以上の大きな気泡（エントラップドエア）が少ないことがわかる。また、累積空気量は6.2%、気泡間隔係数は $258\mu\text{m}$ であり、「透水型枠」の使用によってコンクリート表層は、良好な耐凍害性を得られることを確認できた。

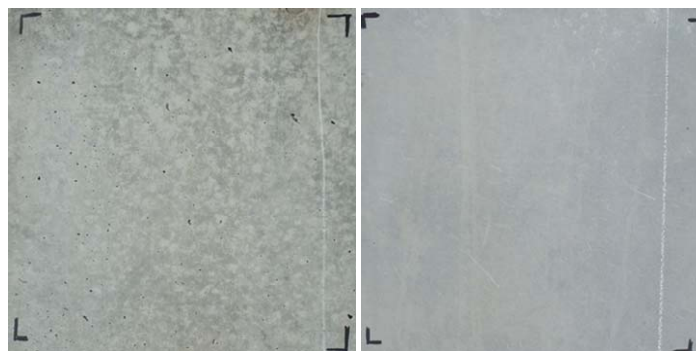
5. まとめ

本報告は、透水型枠工法によるコンクリート表層の改善効果を実構造物によって検証したものである。以下に得られた知見をまとめる。

- (1) 透水型枠によってコンクリート表層の品質は、通常の合板型枠による施工と比較し、表面気泡の発生が大幅に低減するとともに、表面強度が顕著に増加し、高い透気抵抗性を得られることがわかった。
- (2) 表層の気泡組織は、エントラップドエアが減少して、良好なエントレインドエアを確保できていることを確認した。また、気泡間隔係数は $258\mu\text{m}$ となり、耐凍害性の向上にも寄与することが明らかとなった。

参考文献

- 1) http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=KK-140008
- 2) R.J.Torrent and G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of concrete, Proceedings of International Symposium Non-destructive Testing in Civil Engineering, pp.985-992, 1995
- 3) 日本コンクリート工学会：コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会報告書, p.214, 2008.8



気泡面積割合 0.45%

気泡面積割合 0.01%

a) 合板型枠

b) 透水型枠

写真-2 コンクリート表面の気泡発生状況

表-3 コンクリート表層の付着強度および透気係数

型枠種類	合板型枠		透水型枠	
表面付着強度 (N/mm^2)	0.89	0.72	4.29	4.21
	0.43		4.07	
	0.83		4.28	
透気係数KT値 ($\times 10^{-16}\text{m}^2$)	0.11	0.44	0.023	0.055
	0.76		0.087	

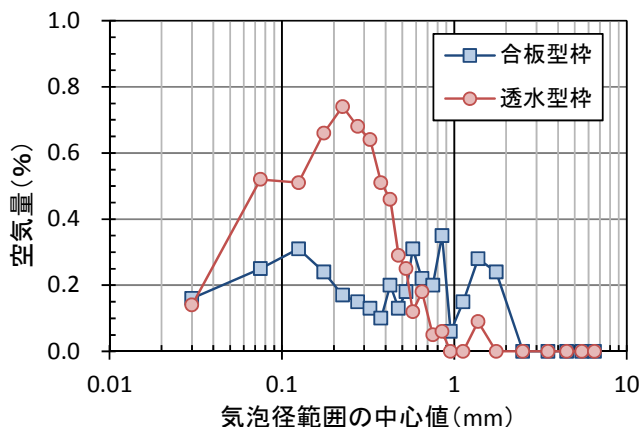


図-1 コンクリート表層の空気量の分布状況

表-4 コンクリート表層の気泡組織

型枠種類	合板型枠	透水型枠
総気泡数（個）	274	473
累積空気量（%）	4.1	6.2
気泡間隔係数（ μm ）	353	258