

(株)熊谷組 技術研究所 正会員 石田 良平
 (株)エムピー 中央研究所 山宮 浩信
 東京大学 工学部 正会員 下村 匠

1. はじめに

ハイパフォーマンスコンクリート(締め固め不要コンクリート)を用いた構造物は、そのコンクリート品質がほぼ均一であるため、任意に設定された材料・配合・養生条件をもとに構造物の耐久性を定量的に評価することが可能と考えられる。本論文は各種耐久性の内、中性化に関する一考察として、その影響因子をコンクリートの透気性とアルカリ量と考え、前者は簡易的な透気試験により、また後者は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量により定量化し、それらと促進試験による中性化深さとの関係について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 試験体の種類

使用した材料・配合を表-1に示す。配合は、粉体に中庸熟セメントを用いたもの、その内40,60%(体積比)を石粉で置換したもの、40%を高炉スラグで置換したものとした。試験体の前養生条件は表-2に示す4種類とした。なお前養生終了後より促進試験を始めるまでの材令28~42日は、40℃, 40%RHの雰囲気にて気乾養生を行った。

表-1 材料・配合

No	粉体の種類	W/P (%)	単位量 (kg/m ³)					スラグ (cm)	空気量 (%)	
			W	C	石粉	スラグ	S			G
①	60%を石粉 ¹⁾ 置換	34.9	172	217	276	—	828	827	58.5	4.2
②	40%を石粉 ¹⁾ 置換	33.9	172	324	184	—			63.0	4.0
③	中庸熟セメント ²⁾ 使用	31.8	172	541	—	—			59.0	4.2
④	40%をスラグ ³⁾ 置換	33.0	172	322	—	200			52.5	4.0

備考 1) フーン値 ①石粉:4,000cm³/g、②石粉:7,000cm³/g、④高炉スラグ:6,000cm³/g
 2) 通常の中庸熟セメントにフーン値18,000cm³/gの石粉を体積比6%混入したもの
 3) 置換率は体積比
 4) 高性能減水剤添加量は粉体の1.5%

表-2 前養生条件

養生方法	
A	材令2日脱型、28日まで20℃水中養生
B'	材令16時間脱型、28日まで20℃, 60%RH気乾養生
B	材令2日脱型、28日まで20℃, 60%RH気乾養生
C	材令7日脱型、28日まで20℃, 60%RH気乾養生

2.2 試験体形状および作製方法

試験体は図-1に示すようにφ10×10cmとした。打設時には締め固めを行わず、脱型後に底面以外を樹脂にてコーティングし、一面でのみ気体や水分の移動が生じるようにした。

2.3 試験方法

- 簡易透気試験* 測定装置を図-2に示す。材令42日において、試験体表面および深さ30mm部分を乾式カッターにてカットした試験体の上面に蓋を被せ、真空ポンプにて10mmHgまで内部圧力を低下させた後ポンプの弁を閉じ、圧力が20mmHgまで上昇する時間t(真空度減圧時間)を測定した。圧力差10mmHgをtで除した値[10/t]を簡易透気速度Vとした。
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量の測定 材令42日において、表面~10mmの試料を粉碎し、示差熱天秤試験により $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量を求めた。
- 促進中性化試験方法 促進試験は材令42日より開始し、促進条件は温度40℃, 湿度40%RH, CO_2 濃度10%とした。促進期間28日においてフェノールフタレイン溶液により中性化深さを測定した。

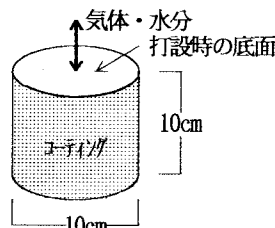


図-1 試験体の形状

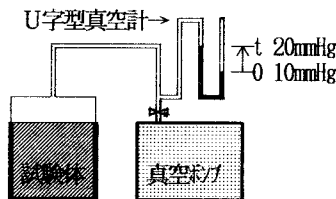
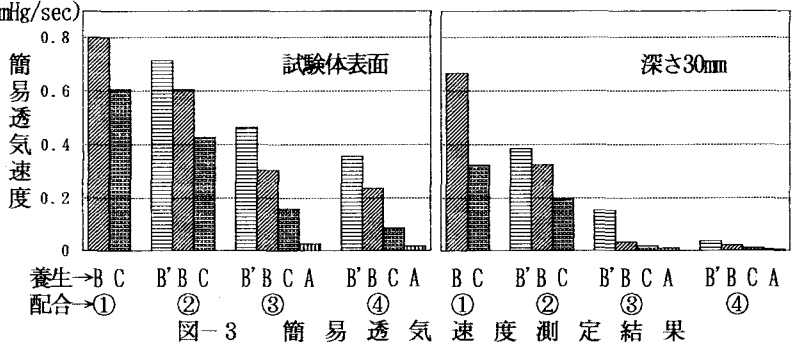


図-2 簡易透気速度測定装置

3. 実験結果・考察

3.1 簡易透気速度測定結果

図-3より、石粉で置換した場合①②は置換率が大きい程簡易透気速度の値は大きく、スラグで置換した場合④はセメントのみの場合③と比較し若干小さくなる傾向がみられた。また、配合に関わらず前養生条件

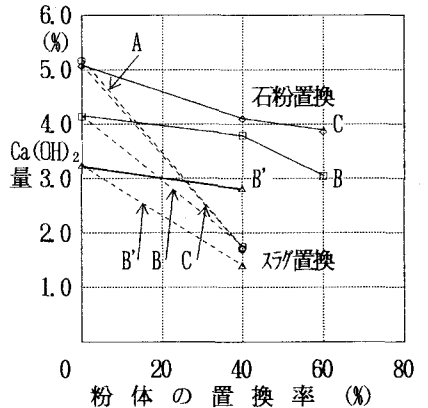


が良好な程小さくなる傾向がみられた。表面と深さ30mmの値を比較すると、セメントのみの場合③およびスラグで置換した場合④は、深さ30mmにおいてかなり小さな値を示し、養生による差も小さいことがわかる。組織が緻密になり、乾燥の影響がコンクリート内部にまで及ばなかったためと推測される。

今回は、試験体の透気性能を示す値として、表面と深さ30mmにおける簡易透気速度の平均値を用いて以下の検討を行った。

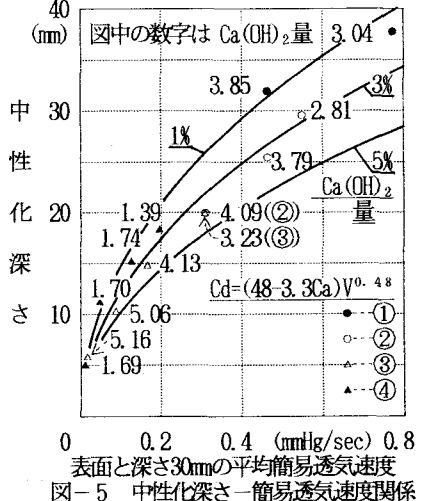
3.2 Ca(OH)₂量測定結果

図-4より、石粉で40, 60%置換した場合においては、養生状態が良好になるに従い Ca(OH)₂量も増加し、置換率が大きくなるに従いやや減少する傾向がみられた。またスラグで置換した場合は、潜在水硬性により Ca(OH)₂が消費されるため 1/2~1/3 程度に減少しており、養生方法による差も小さいことが確認された。



3.3 簡易透気速度・Ca(OH)₂量と中性化深さとの関係

図-5は、表面と深さ30mmにおける簡易透気速度の平均値と促進中性化深さとの関係を示したものである。図中の曲線 促進中性化深さ $Cd = (48 - 3.3 \cdot Ca) \cdot V^{0.48}$ [Ca:Ca(OH)₂量, V:簡易透気速度] は、配合②③④の Ca(OH)₂量を基に近似したものである。簡易透気速度が大きい程、また Ca(OH)₂量が少ない程中性化の進行が早くなっており、その傾向は上に凸の曲線で示すことができる。これに対し石粉で60%置換した①はこの傾向に則していないが、深さ方向における透気性状が十分に把握できていないこともその原因の一つと考えられ、今後内部コンクリートの透気性について詳しく検討する予定である。



4. まとめ

促進試験を行った際の中性化深さは、コンクリートの簡易透気速度と Ca(OH)₂量を用いてある程度評価できることを確認できた。今後は、両者と配合・材料・養生方法との関係を求めることにより、ハイパフォーマンスコンクリートの中性化深さ推定方法について検討を行う予定である。

(謝辞) 本研究は、東京大学岡村研究室と建設会社13社、混和剤メーカー1社の共同研究の一部であり、東京大学岡村甫教授、小沢一雅講師の御指導のもとに行われたものである。セメントおよび石粉は(社)セメント協会に提供して戴いたことを付記し、感謝の意を表します。

(参考文献) 笠井、佐藤他; 表層部コンクリートの品質判定方法に関する研究: 第11回コンクリート工学年次講演会論文集, PP. 177~182, 1989