

練混ぜ水に回収水を用いたコンクリートについての2, 3の考察

㈱東京測器研究所 正会員 佐野 禎
千葉工業大学 正会員 森 弥広

1. はじめに

回収水をコンクリートの練混ぜ水として使用することはJIS等で認められており、多くの生コン工場で使用されている。しかし、回収水を使用したコンクリートの研究は、配合設計や強度に関するものが大半であり、耐久性に関するものは皆無である。そこで、本研究は普通ポルトランドセメントのみを用いたコンクリートと一般的な混和材である高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートを用い、耐久性に大きく影響を及ぼす中性化深さ及び酸素拡散係数について検討した。

2. 使用材料

結合材は、普通ポルトランドセメント（比重：3.15，粉末度：3.150cm²/g）及び高炉スラグ微粉末（比重：2.89，粉末度：4.250cm²/g）である。粗骨材は碎石（最大寸法：20mm，比重：2.65），細骨材は川砂（比重：2.63，F.M：2.07）を使用した。また練混ぜ水は、水道水（pH 7.52）と回収水（pH 12.46，比重：1.01）の2種類を使用した。

3. 配合

水結合材比を一定として置換率 0%（普通ポルトランドセメントのみ）と高炉スラグ微粉末を 45%置換した 2 種類の配合を用いた。表-1 にコンクリートの配合を示す。

表-1 コンクリートの配合

高炉スラグ微粉末 置換率 (%)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単体量 (kg/m ³)				
			練混ぜ水	セメント	高炉スラグ微粉末	細骨材	粗骨材
0	60	46	190	317	0	876	996
45	60	46	190	174	143	853	1007

4. 試験方法

各試験は水中養生 4 週と置換率 45%が 0%と同等の強度となる 12 週を基準とした。これを図-1 に示す。図中の黒点は水道水を、中抜き点は回収水を使用した場合であり、回収水を使用すると水道水と比べ、配合条件、置換率に関係なく圧縮強度は減少する。この後中性化を行うものは、CO₂ 濃度 7% で 12 週促進中性化を行った。中性化への影響を検討するため中性化前後の試験体について、圧縮強度、フェノールフタレイン溶液による中性化深さ、酸素拡散係数の試験を行った。

5. 試験結果および考察

図-2 は促進中性化後の高炉スラグ微粉末の置換率および養生期間が、圧縮強度比に及ぼす影響を示したものである。圧縮強度比は炭酸化による圧縮強度の増加率を、各配合の中性化前の値に対する強度比で表したものである。練混ぜ水に回収水を用いると、いずれの試験条件においても圧縮強度比は大きくなる。置換率 45%の圧縮強度比は、養生 4 週の場合、置換率 0%より大きい。養生 12 週行の場合、置換率 0%と比べ明確な違いは認められない。これは十分な養生により組織が非常に緻密となり、二酸化炭素の拡散を抑制したためと思われる。

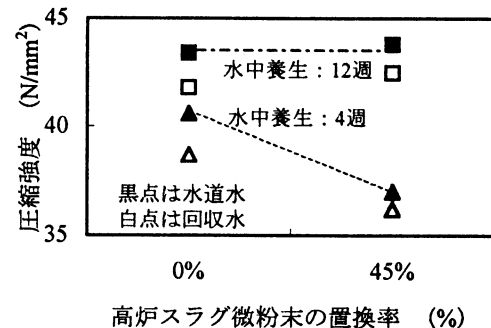


図-1 圧縮強度と高炉スラグ微粉末の置換率の関係

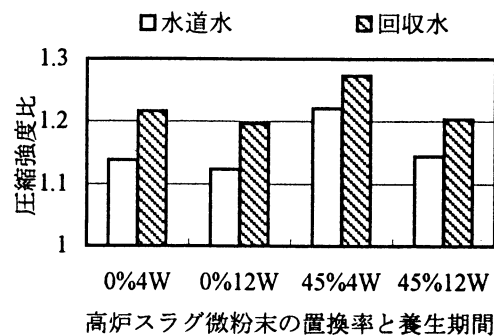


図-2 圧縮強度比と高炉スラグ微粉末の置換率および水中養生期間の関係

キーワード：回収水，耐久性，中性化，酸素拡散係数，高炉スラグ微粉末

連絡先：千葉工業大学 土木工学科 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 TEL：(0474) 78-0445

図-3 は促進中性化後の高炉スラグ微粉末の置換率および養生期間が、中性化深さに及ぼす影響を示したものである。練混ぜ水に回収水を用いると、いずれの場合も中性化深さは大きくなる。この関係は、回収水が圧縮強度比に及ぼす影響と一致している。また、いずれの条件においても置換率 45% は置換率 0% と比較し、中性化深さは大きい。これは高炉スラグ微粉末の置換に伴い、生成される水酸化カルシウム量が減少するためと考えられる。また、養生期間で中性化深さを比較すると、水中養生 12 週の方が 4 週と比べ、中性化深さは小さい。これは、十分な養生により組織が非常に緻密となり、二酸化炭素の拡散を抑制したためと思われる。

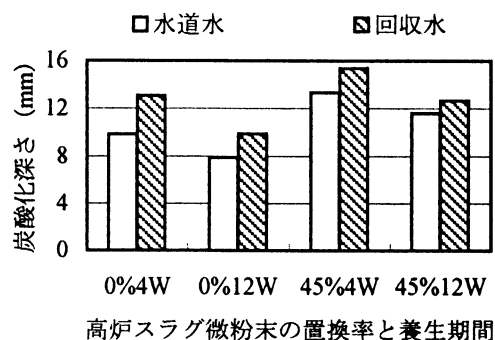


図-3 炭酸化深さと高炉スラグ微粉末の置換率および水中養生期間の関係

図-4 は促進中性化前における、高炉スラグ微粉末の置換率および養生期間が、酸素拡散係数に及ぼす影響を示したものである。ここで、酸素拡散係数は組織の緻密度を表わし、酸素拡散係数が小さいということは、組織が緻密であることを意味する。また、鉄筋の腐食の進行は、酸素の供給に依存することから、酸素拡散係数が少ないということは、鉄筋の腐食速度が遅くなることを意味する。練混ぜ水に回収水を用いると、いずれの場合も酸素拡散係数は 10 倍近く大きくなる。置換率 45% と置換率 0% を比較すると、置換率 45% では酸素拡散係数は減少している。また、養生期間で比較すると、水中養生 12 週は 4 週と比べ、酸素拡散係数は小さい。

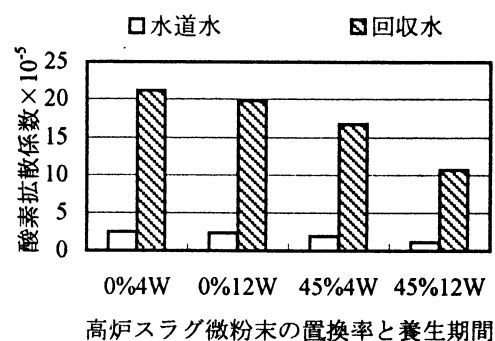


図-4 酸素拡散係数と高炉スラグ微粉末の置換率および水中養生期間の関係 (中性化前)

図-5 は練混ぜ水に回収水を使用した場合の、促進中性化前後における高炉スラグ微粉末の置換率および養生期間が、酸素拡散係数に及ぼす影響を示したものである。中性化前の置換率 0% 水中養生 4 週と中性化前の置換率 45% 水中養生 12 週を比較すると、酸素拡散係数は 5 割程減少している。この事から高炉スラグ微粉末の置換し、十分な養生を行うことにより、十分潜在水硬性を発揮し、組織が緻密となっていると考えられる。また、中性化前後で各条件を比較すると、中性化後の酸素拡散係数は小さい。これは中性化により毛細管空隙中に生成する炭酸カルシウムによるものと考えられる。なお、水道水を使用した場合も同様の傾向を示した。

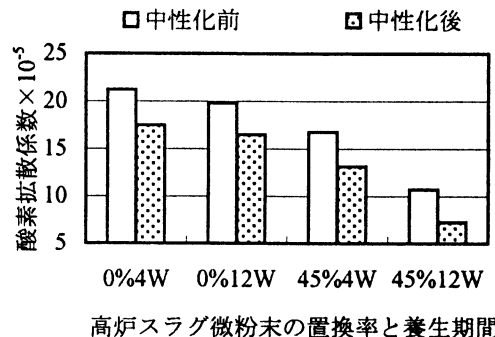


図-5 酸素拡散係数と高炉スラグ微粉末の置換率および水中養生期間の関係 (回収水)

6. まとめ

- 1) 回収水を使用した場合、高炉スラグ微粉末の混入の有無に関わらず、水道水に比べ、中性化による圧縮強度の増加率、中性化深さ、酸素拡散係数のいずれの試験結果からも中性化を助長する傾向が認められた。特に酸素拡散係数試験の結果から、鉄筋の腐食の進行に不可欠な酸素の供給量は、水道水を使用した場合に比べ、約 10 倍大きくなることから、鉄筋の腐食速度が速くなると考えられる。
- 2) 高炉スラグ微粉末を 45% 置換し、水中養生を 4 週間行った後、促進中性化を行った場合、同一条件で養生および促進中性化を行った置換率 0% と比べ、中性化し易くなる傾向が認められた。
- 3) 高炉スラグ微粉末を 45% 置換し、水中養生を 12 週間行い、水中養生を 12 週間行った置換率 0% の強度と同等の強度となった時点の酸素拡散係数は、置換率 0% と比べ 45% は約 5 割減少する。その後、ともに促進中性化を行った場合、置換率 45% は置換率 0% と比べ、中性化深さが若干大きくなる以外、高炉スラグの混入による中性化の影響はほとんど認められない。