

運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 正会員 林 恒一郎

" 篠原 勝次

" 澤木 裕紀

" 菅原 将徳

(株)沿岸環境開発資源利用センター

堀井 昭宏

1. はじめに

天然資源の少ない我国にとって、再生資源の有効利用は必要不可欠で有り、近年各界において、実用化への技術開発が進められている。

本報告のF S コンクリートは、火力発電所等から発生するフライアッシュ（石炭灰）、製鉄所において発生する高炉スラグ・製鋼スラグという副産物のみを骨材として使用し、天然骨材等を一切使用しないコンクリートとして開発し、フライアッシュ（F）とスラグ（S）によるコンクリートという意味で名付けた。

フライアッシュは、石炭の燃焼に伴い発生する副産物であり、年間約500万トン（平成7年度）発生し、約70%が有効利用されているものの、残りは埋め立て処分されているのが現状である。さらに、今後も石炭需要量の増加が見込まれており、平成14年度には800万トン以上の発生が予想されているが、有効利用量の増加はさほど望めない。

高炉スラグ・製鋼スラグは、それぞれ銑鉄製造工程・製鉄工程に伴う副産物であり、高炉スラグは最近粗骨材としての利用が進んでいるが、製鋼スラグは高炉スラグに対し、物理的特性が大きく相違するためその有効利用方法等の開発が待たれていた。

F S コンクリートの開発は、リサイクル・建設資材コスト削減の面から今後期待されるところは大きい。

2. F S コンクリートの開発

F S コンクリートに用いる製鋼スラグは、水和反応して膨張・継続崩壊する性質がある。これは生石灰(CaO)が水和により水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)を生成する為であるが、一定割合のフライアッシュ使用により水酸化カルシウムの生成が抑えられ、膨張が減少することが判った。

製鋼スラグの膨張抑制の定量的評価方法は確立されていないため、オートクレーブ養生(180℃、1.0Mpa(10atm)、24H 養生)により膨張抑制を促進させ、その後の性状により効果を評価した。この結果、細骨材としての製鋼スラグとフライアッシュを6:1（質量比）程度以上で混合した場合に効果が確認でき、配合比のフライアッシュが多いほど効果が強いことが判った。また現場暴露試験を行った結果も特に問題は見あたらない。

3. F S コンクリートの特徴

F S コンクリートと普通コンクリート（天然骨材使用）と比較した特徴は次のとおりである。

○フレッシュコンクリートの性状

- ・単位セメント量が同じ場合、圧縮強度が高く長期強度の伸びも大きい。
- ・硬化時の発熱温度が低く、ブリージングが少ない。

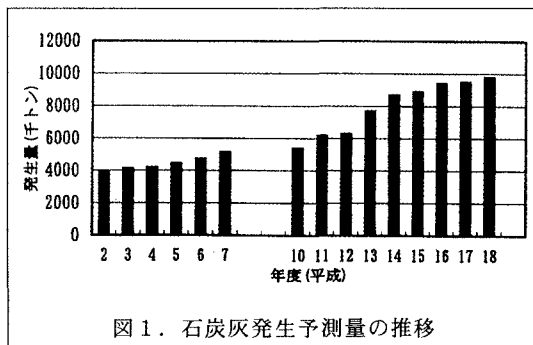


図1. 石炭灰発生予測量の推移

キーワード：①産業廃棄物 ②廃棄物再利用 ③製鋼スラグ・高炉スラグ ④石炭灰 ⑤F S コンクリート
連絡先：〒231-0003 横浜市中区北仲通五丁目 57 番地 横浜第2合同庁舎 Tel:045(211)7460 Fax:045(211)1238

- ・運搬時におけるスランプ・空気量の経時変化が少なく現場管理しやすい。
- ・粘性が高いため、打設時の材料分離が少なく、豆板ができにくい。

○耐久性

- ・アルカリ骨材反応は安定している。
- ・高炉スラグ粗骨材が多孔質な為、対凍害性は低い。
- ・塩分の浸透、中性化は同等である。

施工性は普通コンクリートとほぼ同等である。

4. F S コンクリートの材料

セメントは、リサイクル材の有効活用がF S コンクリートの特徴の1つであることから、実証試験では主に高炉セメントを使用した。フライアッシュセメントを用いた実績もある。

高炉スラグ粗骨材及び細骨材は、JIS 規格に適合したものを用了。

フライアッシュは、JIS 規格があるが、実証試験では規格外材料も用了が、結果は良好であった。

製鋼スラグは、細骨材として使用する基準がない為、高炉スラグ細骨材に準じた。ただし、F S コンクリートの品質に大きな影響を与えるため水浸膨張比を 0.5% 以下になるよう十分エージングしたものを用い、JIS 付属「製鋼スラグの水浸膨張試験方法」により品質確認を蒸気エージング 1 ロットにつき 1 回以上行う。

なお、この他に用いる材料については土木学会標準示方書に準じる。

5. 配合・製造

配合手順は普通コンクリートでの配合を参考に、まず単位セメント量を設定し、試験練りにより単位水量を決定していくが、細骨材中のフライアッシュと製鋼スラグの配合割合が膨張抑制効果にとって非常に重要であり、その目安は質量比で 1 : 2 ~ 4 程度である。このため通常フライアッシュは混和材として用いるが、ここでは細骨材として扱う。

6. 施工・品質管理

施工・品質管理は、製鋼スラグの品質管理以外は普通コンクリートとほぼ同様で良い。

実証試験時の特徴として、打設時温度が 29 ~ 34℃、生コン工場から現場までのトラックアジテータ車での運搬 40 分間における経時変化が、スランプ - 0.5 cm・空気量 - 0.2% というように非常に少なく、運搬管理が容易であった。

施工では、粘性が強く打設時の材料分離が少ない反面、表面仕上げ時に若干難がある。粘性の度合はフライアッシュ量に左右される為、現場状況を考慮する必要がある。脱型後のコンクリート表面は非常に滑らかであった。

7. 考察、今後の課題

本報告の F S コンクリートは特定産地の材料を用いて行った試験に基づいたものであるが、製造所による多少の性質の違いがあることから、実際の使用に際しては材料、品質をよく把握する必要がある。現時点での施工例は少ない為、当面は上部工・異形方塊などの無筋コンクリート構造物を対象に使用を試みる。

課題として、材料の品質管理方法、膨張抑制効果の解明、追跡調査が必要であり、今後施工実績を積みながら、さらに充実した F S コンクリートとしていく予定である。

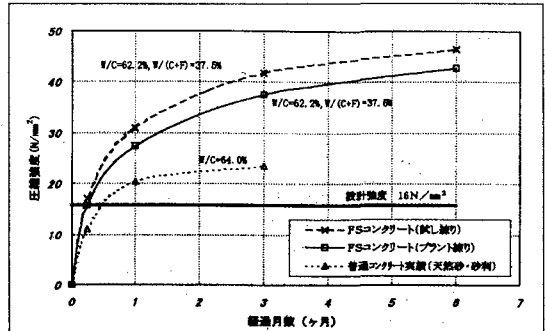


図 2. F S コンクリートの強度特性 (標準養生)

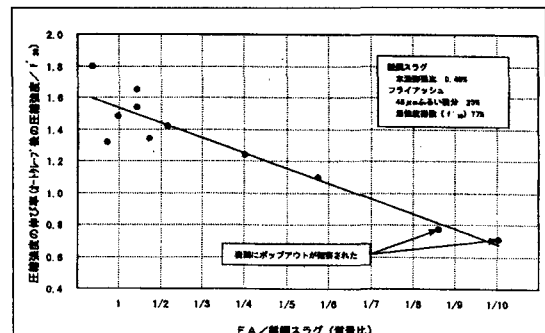


図 3. 製鋼スラグ、フライアッシュ配合比と圧縮強度の伸び率の関係