

高強度フライアッシュ人工骨材を用いたコンクリートの破壊力学特性

岐阜大学 学生会員 渡辺 聡
岐阜大学 正会員 内田 裕市
岐阜大学 正会員 森本 博昭

1. まえがき

最近、石炭火力発電所から発生するフライアッシュの有効利用の一つとして、フライアッシュを主原料とした高強度人工骨材が開発された。この骨材は、フライアッシュを造粒・焼成した非発泡型の粗骨材であり、特徴として球状粒、軽量（絶乾比重1.8程度）、高強度（天然骨材と同等）等を有している。この種の骨材を用いたコンクリートの物性については、すでに幾つか報告されているが[1]、今回特にW/Cを30.0、48.7、63.4%としたコンクリートについて破壊エネルギー、引張軟化曲線といった破壊力学的特性について実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 コンクリート

本実験では水セメント比を30.0、48.7、63.4%としたコンクリート（順にTh、Tm、T1シリーズと略す）について破壊エネルギー試験を行い比較検討することとした。表-1に粗骨材として使用した高強度フライアッシュ人工骨材の性質を示し、表-2にコンクリートの配合を示す。セメントは早強ポルトランドセメンを使用した。高強度フライアッシュ人工骨材は最大寸法15mm、F.M.=6.53である。細骨材はF.M.=2.64の岐阜県長良川産の川砂を使用した。混和剤はThシリーズには高性能AE減水剤を、TmおよびT1シリーズにはAE減水剤を使用した。表-3にコンクリートの諸試験値を示す。

2.2 破壊エネルギー試験

破壊エネルギー試験は、切欠きはりの3点曲げ試験により行った。供試体は通常の曲げ強度試験用のものと同じ100×100×400mmとし、スパン中央に断面高さの1/2(50mm)まで切欠きを入れたものである。供試体は載荷試験直前まで20℃水中養生とし、載荷は材齢25日で行った。供試体数は各シリーズとも5本である。

載荷には鋼製フレームに手動メカニカルジャッキを組み合わせた試験機を用いた。載荷スパンははり高さの3倍(300mm)とし、水平方向の拘束を取り除くために両支点ともローラー支持とした。図-1に載荷試験の概略図を示す。計測項目は、荷重および切欠きの肩口開口変位(CMOD)の2項目とした。荷重は、容量10kNのロードセルジャッキに取り付けて計測し、CMODの検出にはクリップゲージ（感度1/2600mm）を用いた。また、

載荷は荷重-CMOD曲線をX-Yレコーダに記録

表-1 高強度フライアッシュ人工骨材の性質

最大寸法 (mm)	表乾質量 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)
15	1.83	3.52	1.11

表-2 配合

シリー ーズ	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
Th	30.0	43.3	164	581	639	652	9.88
Tm	48.7	43.3	168	345	700	660	0.89
T1	63.4	45.9	161	254	788	669	0.64

表-3 諸試験値

シリー ーズ	スランブ (cm)	スランブ フロー (cm)	空気量 (%)	単位容積 質量 (kg/m ³)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	破壊エネ ルギー (N/m)
Th	—	565	3.2	2150	5.9	92.6	41
Tm	14.1	—	8.2	2057	3.8	53.8	50
T1	2.8	—	8.0	2081	3.3	40.7	43

しながら原則として単調荷重で行い、最大荷重点以降急激に破壊が進行する場合には適時除荷・再荷重の操作を繰り返しながら、供試体が完全に破断するまで行った。

破壊エネルギーは、試験で得られた荷重-CMOD曲線を荷重-載荷点変位曲線に変換して、RILEMの破壊エネルギー試験法[2]に準じて算定した。また、引張軟化曲線は試験で得られた荷重-CMOD曲線から多直線近似解析法[3]により求めた。

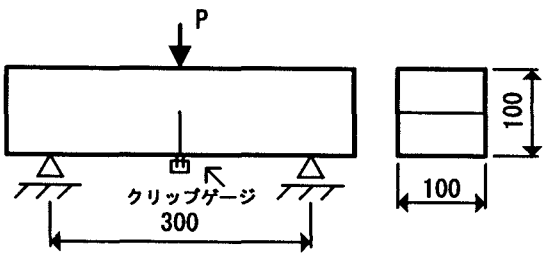


図-1 荷重試験の概略図

3. 試験結果

図-2に切欠きはりの3点曲げ試験で得られた荷重-CMOD関係を示す。TmおよびT1シリーズはほぼ同じ形状の荷重-CMOD関係になった。一方、強度が最も高いThシリーズはTm, T1シリーズより破断時のCMODが3割程度小さくなった。表-3に荷重-CMOD曲線から求めた破壊エネルギーを示す。圧縮強度の違いによる破壊エネルギーの差はほとんどみられなかった。なお、供試体の断面を観察したところ、Thシリーズではひび割れが人工骨材を貫通するようになり、破断面が非常に平滑になったが、TmおよびT1シリーズでは骨材の界面に沿って破断していた。

図-3に荷重-CMOD曲線から多直線近似解析法により求めた引張軟化曲線を示す。TmとT1シリーズの引張軟化曲線は軟化開始点応力からほぼ同じとなり、両者で顕著な差は見られなかった。一方、Thシリーズでは軟化開始点応力がTm, T1シリーズに比べ非常に大きく、引張軟化曲線の形状はほぼ一直線になった。

4. まとめ

高強度フライアッシュ人工骨材を使用した3種類の強度の異なるコンクリートについて破壊エネルギーと引張軟化曲線を求めた。その結果、高強度フライアッシュ人工骨材を用いたコンクリートの破壊エネルギーは、強度の違いによらずほぼ同程度の値になることがわかった。

[参考文献]

- [1]例えば、曾根徳明：石炭灰を主原料とした高強度人工骨材，コンクリート工学，Vol.36，No.12，pp.3-10，1998.
- [2]RILEM Draft Recommendation (50-FMC)：Determination of the Fracture Energy of Mortar and Concrete by means of Three-point Bending Tests on Notched Beams, Materials and Structures, Vol.18，No.106，pp.285-290，1985.
- [3]コンクリート委員会寸法効果小委員会：コンクリートの寸法効果と引張軟化曲線，コンクリート技術シリーズ，土木学会，p.92，1997.

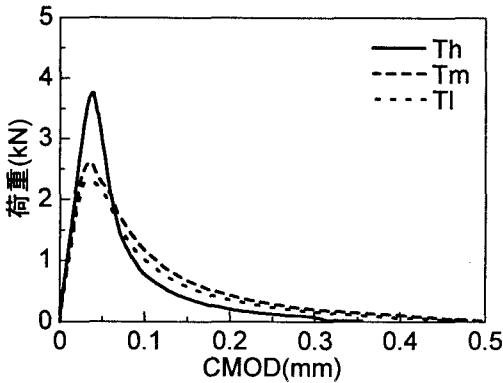


図-2 荷重-CMOD 関係

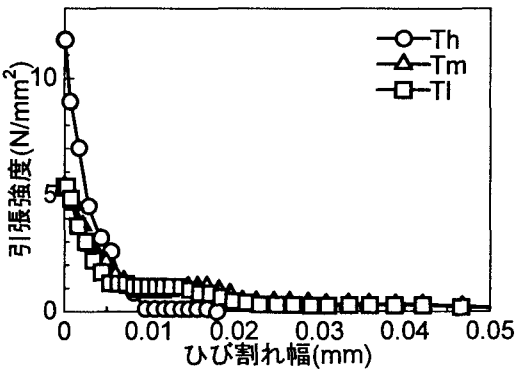


図-3 引張軟化曲線