

(153) 石炭灰を原料とした人工骨材を用いた高強度コンクリートのPCへの適用(その2)

(株)日本ビーエス 技術管理部 技術開発課 澤田 兼二
 同 上 技術開発課 正会員 原 幹夫
 同 上 技術開発課 正会員 濱岡 弘二
 同 上 技術開発課 ○松野 浩司

1. はじめに

石炭灰(Coal Ash)を原料とし、従来の人工軽量骨材を焼成する際に生じる発泡を抑え、内部に微少な独立気泡を発生した状態で製造した人工骨材(以下「CA骨材」と称す)により、天然碎石に匹敵する静弾性係数を有しながら、比較的軽量で高強度(強度 100 N/mm²以上)のコンクリートを製造することが出来る。この骨材は「構造軽量コンクリート骨材」(JIS A 5002)に該当しながら吸水率、実績率、凍結融解安定性等の性能は天然骨材にほぼ等しい性質を持ち、球形状であることから天然骨材コンクリートでは製造困難な低領域の水セメント比(W/C)でのワーカビリティを確保できる特徴をもつ。

一方、プレストレストコンクリート構造(以下「PC」と称す)に使用するコンクリートは静弾性係数・圧縮強度が共に大きい方が効果的であり、さらに耐震性能を考慮すれば軽量であることが望ましい。この観点からCA骨材コンクリートのPCへの適用を試みた。

本実験では、実用化に向けての基礎実験として、設計基準強度 98.1 N/mm²のCA骨材コンクリートを使用したPCけたの載荷試験を行い、曲げ耐力および終局時の挙動を観察し、PCへの適合性を検討した。

2. 実験概要

2-1 実験目的

①PCけたの耐力の検証

粗骨材にCA骨材および碎石を使用したコンクリートでそれぞれPCけたを想定した供試体を製作し、耐力の比較検証を行う。

②破壊性状の確認

高強度コンクリートは、靱性に乏しく脆性的な性状を示すとされているため、PC部材に使用した場合の破壊性状、変形性能および破壊曲げ抵抗モーメントなどの終局時挙動への影響を確認する。

以上を解明するため、高強度CA骨材コンクリートおよび碎石コンクリートを用いたPCけたの曲げ載荷比較試験を行った。

2-2 供試体計画

供試体は、表-1に示すものとし高強度CA骨材コンクリートPC供試体(設計強度 98.1 N/mm²)、碎石コンクリートPC供試体(設計強度 49.0 N/mm²)の2体とした。各供試体の断面寸法を図-1に示す。

供試体断面寸法を決定するにあたっては、載荷実験時の2点載荷条件で応力試算を行い、各供試体に発生する断面力がそれぞれの許容値におさまるように断面寸法およびプレストレス導入力でコンクリート強度差を調整した。表-2に応力試算時のコンクリート許容応力度および供試体応力度を示す。なお、CA骨材コンクリート供試体の許容応力度は、高強

表-1 供試体計画

供試体種類	コンクリート 設計強度 (N/mm ²)	PC鋼材量
CA骨材コンクリート	98.1	PC鋼棒 3-φ32
碎石コンクリート	49.0	PC鋼棒 3-φ26

度コンクリートを用いたプレストレストコンクリート道路橋の設計指針(案)より比例増加させた仮定許容応力度を用いた。供試体の緊張力導入方法はポストテンション方式としPC鋼材として鋼棒を使用した。導入力は応力試算時の値とし、ロードセルおよび鋼棒に貼付したひずみゲージにより管理を行った。また、緊張後はグラウトを施し、コンクリートとの一体化をはかった。スターラップはD10(SD295)鉄筋を使用し10cmピッチに配置した。

表-2 コンクリート許容応力度 (N/mm²)

供試体種類	設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容曲げ引張応力度	供試体応力度	
				圧縮応力度	引張応力度
CA骨材コンクリート	98.1	30.4	2.0	29.1	1.9
砕石コンクリート	49.0	16.7	1.8	15.0	1.7

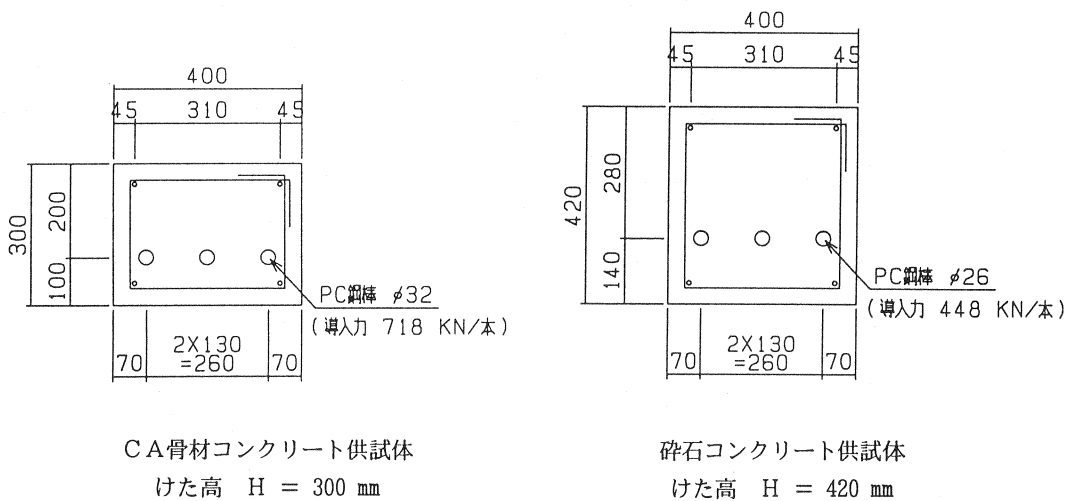


図-1 供試体寸法

2-3 実験方法

荷重方法を図-2に示す。荷重は、10kN毎の単調増加荷重方式とし、荷重増加毎に供試体のたわみ、コンクリート上・下縁のひずみの測定およびひびわれの進行状況を目視にて追跡した

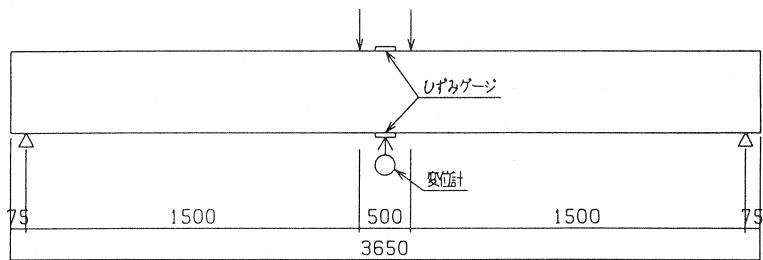


図-2 荷重方法

3. 実験結果

表-3に実験時におけるコンクリート強度試験結果、表-4に実験結果を示す。

表-3 コンクリートの強度試験結果

供試体種類	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	単位重量 (t/m ³)	供試体 重量	重量比
CA骨材コンクリート	118.0	5.6	3.2	3.54×10 ⁴	2.13	930 kg	0.62
砕石コンクリート	59.1	5.0	3.4	3.53×10 ⁴	2.46	1510 kg	1.00

表-4 曲げ載荷実験結果

供試体種類	ひびわれ発生荷重				終局荷重					
	実験値 (KN)	理論値 (KN)	実/理	たわみ (mm)	実験値 (KN)	理論値 (KN)		実験値/理論値		たわみ (mm)
						標準	SF(案)	標準	SF(案)	
CA骨材コンクリート	290	228	1.27	8.02	576	567	557	1.01	1.03	31.36
砕石コンクリート	320	257	1.24	3.62	617	553	—	1.12	—	22.85

部材の終局曲げ耐力の理論値は、コンクリート標準示方書による等価応力ブロック法およびシリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針(案)により算出した。なお、算出に用いたコンクリートの物性値は、表-3に示した試験値とした。各供試体の支間中央部での変位と荷重の関係を図-3に示す。また、各供試体のひびわれ状況および破壊形態を図-4に示す。

3-1 ひびわれ発生時の荷重は、CA骨材コンクリート、砕石コンクリートともに実験値が理論値に対し20%以上大きいことから、使用状態での曲げ載荷に対しては、充分安全であると考えられる。

3-2 終局時の荷重は、いずれの供試体も実験値が理論値を上回り、終局耐力を満足する。

3-3 荷重載荷時のたわみは、けた高の差があるためCA骨材コンクリートの方が大きくなったが、ひびわれ発生後の挙動変化は緩やかである。

3-4 ひびわれ発生状況

ひびわれは、いずれの供試体も下縁の引張側中央部に発生した。砕石コンクリート供試体のひびわれが荷重増加に伴い載荷点方向に伸びているのに対し、CA骨材コンクリート供試体のひびわれは、縦横方向に伸び、発生本数も多くなる傾向が見られる。

3-5 破壊状況

破壊は、供試体上縁中央部のコンクリート圧縮破壊であり、砕石コンクリート供試体に比べ脆性的で、終局荷重に達した後、急激な破壊が見られ

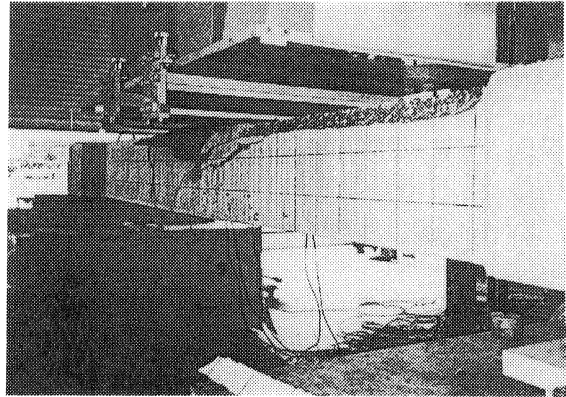


写真 曲げ載荷試験状況

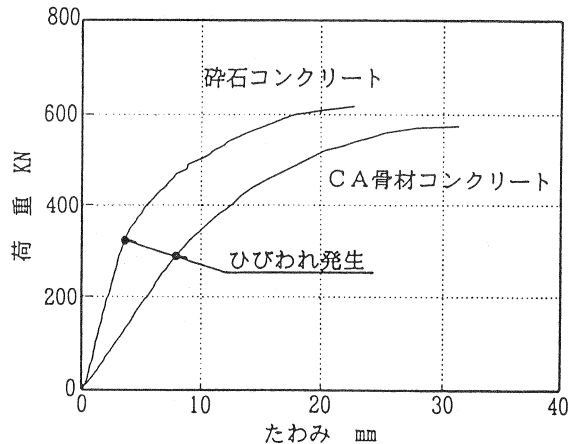


図-3 荷重-たわみ関係

た。破壊した領域も大きく、供試体上縁部の隅部の剥離も見られた。これらは、使用状態での許容値により断面寸法を決定しているため、CA骨材コンクリート供試体のけた高が小さく、終局荷重時に近づくほどひびわれが進行し、圧縮抵抗断面が極端に小さくなったことが想像される。したがって、断面寸法を決定するにあたっては、終局荷重時を考慮して許容値を検討するとともに脆性破壊に対し、鉄筋補強を配する等の配慮が必要と考えられる。

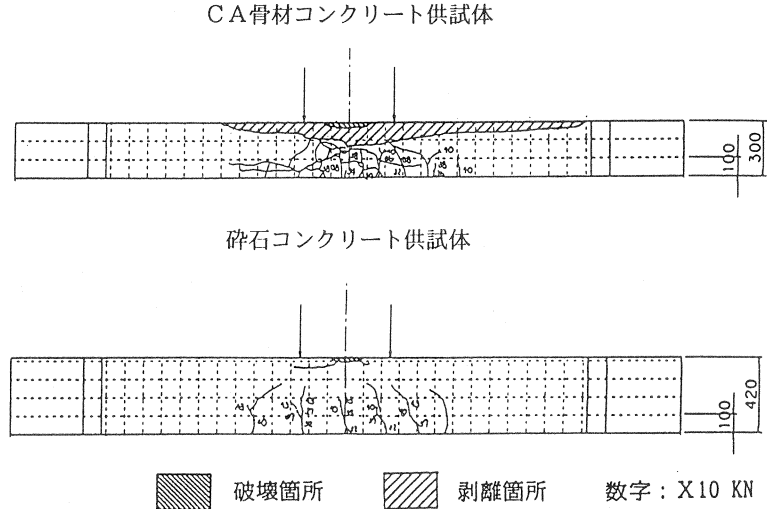


図-4 ひびわれ・破壊形態

4. まとめ

本実験により次に示す結論が得られた。

- (1) 粗骨材としてCA骨材を使用することにより、 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の高強度コンクリートの製造が可能となる。
- (2) CA骨材コンクリートを使用したPCけたの使用状態時のひびわれ発生荷重は、砕石コンクリートと同様に理論値と同等以上である。
- (3) CA骨材コンクリートけたの終局耐力は、理論値と同等以上である。
- (4) 供試体重量比は砕石コンクリートに対し、CA骨材コンクリートが0.62であり、橋梁等を想定した場合、けた高の制御、自重の軽減、上部工反力の減少が可能となり、耐震性の改善、下部工を含めたコスト縮減・景観設計での優位性が期待できる。
- (5) CA骨材コンクリートけたの破壊性状は、高強度コンクリートけたに見られるよう脆性的な傾向にあり、靱性の改善が今後の課題となる。

参考文献

- (1) 原、中川、濱岡、船野：石炭灰を原料とした人工骨材を用いた高強度コンクリートのPCへの適用(その1),第7回PCシンポジウム,1997.
- (2) 油野、中川、曾根：石炭灰を原料とした人工粗骨材を用いた高強度コンクリートの性状に関する検討,セメント・コンクリート論文集, No. 49, 1995.
- (3) シリカフェウムを用いたコンクリートの設計・施工指針(案)：コンクリートライブラリー80号, 1995.10.
- (4) 高強度コンクリート部材の設計法に関する共同研究報告書—高強度コンクリートを用いたプレストレストコンクリート道路橋の設計指針(案)—：建設省土木研究所・(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会, 1995.11.