

石炭灰を主原料とした高性能人工骨材を用いた PC 梁の性状

(株)ピー・エス 正会員 ○村井伸康

(株)ピー・エス 正会員 桜田道博

(株)ピー・エス

正会員 渡辺浩良
東北大学大学院工学研究科 正会員 鈴木基行

1. はじめに

近年、産業廃棄物である石炭灰を主原料とした高性能な人工軽量骨材(以降、FAA と記す)がいくつか開発されている。これらは軽量、低吸水、高強度であるうえ、アルカリ骨材反応に対しても無害なため、これらを PC 橋に適用することで、産業廃棄物のリサイクル、構造物の軽量化・長スパン化・高耐久性化、これらに伴うコスト縮減、等が可能になると考えられる。FAA を PC 橋へ適用するには、これらを使用した PC 梁の基本的性状を確認する必要がある。今回の実験では、FAA の中でも特に吸水率が低い TL および UL(表-1 参照)について PC 梁を製作し載荷実験を行った。天然普通骨材(N)を使用した PC 梁と比較検討することで TL および UL の PC 梁としての基本性状を確認した。

2. 実験概要

FAA を使用した PC 梁の基本的性状を確認するため、曲げ実験(シリーズ 1)、せん断実験(シリーズ 2)および PC 応力度の測定(シリーズ 3)を行った。PC 鋼材には 1S15.2 を使用し、プレストレスの導入はプレテンション方式により行った。コンクリート強度の目標値は 60N/mm^2 とした。細骨材には天然普通骨材を使用し、TL および N は表乾状態で、UL は絶乾状態で使用した。曲げ実験の供試体一般図、供試体諸元をそれぞれ、図-1 および表-2 に示す。載荷は単純支持した供試体の 2 点載荷とした。この実験では骨材の種類が、PC 梁の破壊形態、曲げ耐力、終局ひずみ、ひび割れ分散性、およびひび割れ幅に及ぼす影響を検討した。せん断実験の供試体一般図および諸元を、図-2 および表-3 に示す。載荷は単純支持した供試体の 1 点集中載荷とした。この実験では骨材の種類が、せん断補強筋を配置しない PC 梁のせん断耐力に及ぼす影響を検討した。PC 鋼材応力度の測定の供試体は曲げ実験と同様とし、PC 鋼材の配置間隔は JIS 桁と同様の 61.25mm とした。この実験では、プレストレス導入直後の PC 鋼材応力度、およびプレストレス導入直後から 3 ヶ月後までの PC 鋼材応力度の経時変化を計測し、骨材の種類が PC 鋼材の定着長、有効プレストレスに及ぼす影響を検討した。

3. 実験結果および考察

(1) 曲げ耐力の検討

荷重と変位との関係をそれぞれ図-3 に示す。ひび割れ荷重の設計値は供試体下縁の応力度がコンクリート引張強度に達する荷重であり、曲げ破壊荷重の設計値は破壊抵抗曲げモーメントにより求めたものである。すべての供試体の破壊形態は桁上縁の圧壊であり、ひび割れ発生から曲げ破壊に至るまでの挙動に骨材間の差はほとんど

表-1 高性能人工軽量骨材の物性比較

		TL	UL	N
絶乾密度	g/cm^3	1.81	1.30	2.63
吸水率	%	2.23	0.81	0.72
コンクリートの単位容積質量	kg/l	2.05	1.85	2.35
主原料	-	石炭灰	石炭灰	川砂利

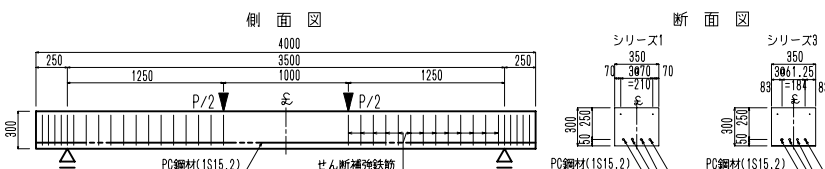


図-1 供試体一般図(曲げ実験)

表-2 供試体の諸元(シリーズ 1, シリーズ 3)

シリーズ	供試体番号	骨材種類	断面寸法 幅 b (mm) 高 h (mm)	鋼材間隔 (mm)	導入プレストレス ¹⁾ Pe (kN)
1	S1-1	TL	0.35	0.30	70.0
	S1-2	UL			
	S1-3	N			
3	S3-1	TL	0.35	0.30	61.25
	S3-2	UL			
	S3-3	N			

注) 1) プレストレス導入から 3 ヶ月後の有効緊張力

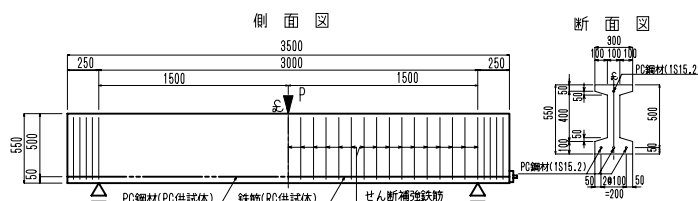


図-2 供試体一般図(せん断実験)

表-3 供試体の諸元(シリーズ 2)

供試体番号	骨材種類	有効高 d (mm)	a/d	PC 鋼材鉄筋の配置 ¹⁾	導入緊張力 Pe (kN)
S2-1	TL	0.5	3.0	4-1S15.2	569
S2-2	UL	0.5	3.0	4-1S15.2	560
S2-3	N	0.5	3.0	4-1S15.2	576

注) 1) 本数 - PC 鋼材種類

認められない。また、曲げ破壊荷重の実測値は設計値と比べ同程度以上であり、TL および UL を用いた場合にも、破壊抵抗曲げモーメントにより曲げ耐力を算出できるといえる。

(2) セン断耐力の検討

荷重と変位との関係を図-4 に示す。せん断破壊荷重の設計値はコンクリート標準示方書設計編のせん断補強筋を配置しない棒部材のせん断耐力式に準じ求めた^{1),2)}。すべての供試体の破壊形態はせん断ひび割れが発生した後、直ちに破壊する斜め引張破壊であった。TL、UL および N のせん断破壊荷重は同程度であり、破壊に至るまでの挙動に顕著な差はみられない。プレストレスを導入した梁では、FAA のせん断耐力は、骨材の密度に関わらず通常骨材と同程度であるといえる。

(3) プレテンション方式における PC 鋼材定着長の検討

プレストレス導入直後の PC 鋼材応力度の軸方向分布を図-5 に示す。設計値は普通コンクリートのもので、PC 鋼材のセット量、リラクセーションおよび供試体の弾性変形等を考慮して求めた³⁾。すべての骨材において、PC 鋼材は端部から 1m の位置で設計値に達しており、定着されていることがわかる。これはプレテンション方式の PC 鋼材の定着長 65ϕ (ϕ は鋼材径) をほぼ満足しており、TL および UL の PC 鋼材の定着長は通常のコンクリートと同程度であるといえる。

(4) 有効プレストレスの検討

供試体支間中央部付近の PC 鋼材応力度の経時変化および PC 鋼材応力度の設計値を図-6 に示す。設計値の算出に使用したヤング係数は、実際のコンクリートの値とした。有効プレストレスの設計値 σ_{pe} は、打設後 3 ヶ月のものであり、通常のコンクリートと同様クリープ、乾燥収縮等の影響を考慮して求めた値である³⁾。プレストレス導入から 3 ヶ月後までの PC 鋼材の応力度は、すべての骨材において設計値以上となっており、所定のプレストレスが導入されていることがわかる。TL および UL の有効プレストレスの設計にも、通常の骨材と同様のクリープ係数および乾燥収縮ひずみを適用できるといえる。

4. まとめ

石炭灰を主原料とする高性能人工骨材(TL および UL)を使用したコンクリート強度 60N/mm^2 の PC 梁について曲げ実験、せん断実験および PC 鋼材の応力度測定を行った。その結果、特に問題となる点は認められず、通常の PC 梁と同様に設計できることが確認された。高性能人工骨材の PC 橋への適用は十分可能と考えられる。

謝辞：本研究を行うにあたり高強度人工骨材コンクリート研究会(会長：電源開発㈱)の研究成果を参考とさせていただきました。また、本研究に使用した骨材は、同研究会および宇部興産㈱に提供していただいたものです。ここに、ご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 二羽, 山田, 横沢, 岡村: セン断補強鉄筋を用いないせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, 第 372 号, V-5, 1986.8
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書設計編, 平成 8 年版, 1996
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 共通編, 1996.12

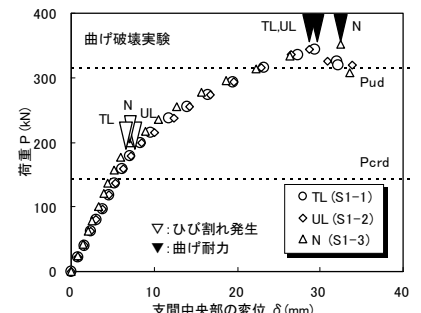


図-3 荷重と変位との関係

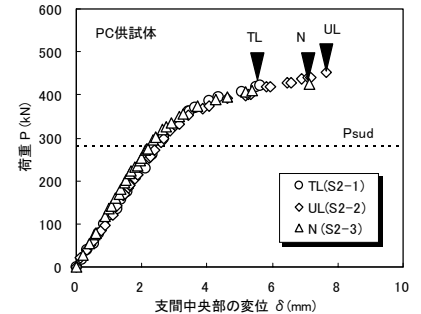


図-4 荷重と変位との関係

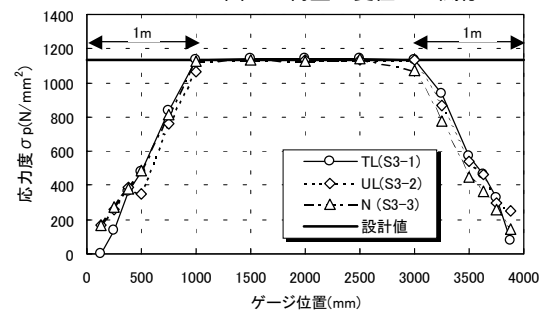


図-5 PC 鋼材応力度の軸方向分布

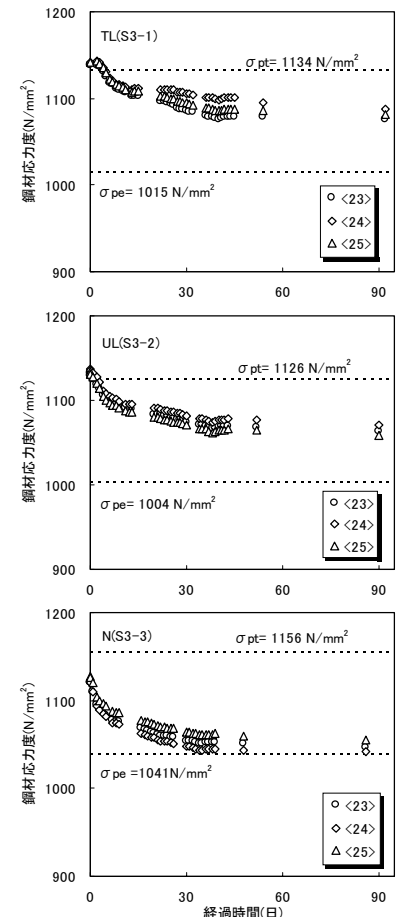


図-6 PC 鋼材応力度の経時変化