

再生粗骨材を用いたプレストレストコンクリート部材の基礎的研究

㈱安部工業所 技術本部開発部 正会員 ○後藤 理博
 ㈱安部工業所 技術本部開発部 正会員 林 啓司
 ㈱安部工業所 技術本部開発部 伊藤 太平
 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 島崎 馨

1. はじめに

コンクリートのリサイクルは、環境保全や資源の有効利用の観点から積極的に検討していく必要がある。現状では、解体コンクリートを破砕処理して得られた再生骨材は、そのほとんどが路盤材や非構造部材として利用されている。高次処理した再生粗骨材を構造部材として利用する試みはあるが、コストやエネルギーの面と、処理回数の増加とともに微粉末の発生量が増加するといった問題点が挙げられる。以上から、再生粗骨材を低次処理で利用できないかと考えた。再生粗骨材を使用したコンクリート（再生コンクリート）は再生粗骨材の練混ぜ時における含水状態の影響を受け、気乾状態の再生コンクリートは表乾状態の場合より圧縮強度は大きくなるとの報告もある¹⁾²⁾。

そこで本研究では、高強度の廃コンクリートをジョークラッシャーにて破砕したいわゆる低次処理再生粗骨材を、異なる含水状態で使用したプレテンション PC 部材を製作し、プレストレスの定着長さおよび PC 部材のプレストレス量の減退について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本実験に用いた使用材料は、表-1 に示すとおりである。なお、普通粗骨材は、通常コンクリートに使用する粗骨材であり、再生粗骨材は、圧縮強度が 55~66N/mm² のテストピースをジョークラッシャーにて破砕したものである。

表-1 使用材料表

		密度(g/cm ³)	吸水率(%)	粗粒率
セメント	早強ポルトランドセメント	3.13		
細骨材	岐阜県揖斐川産川砂	2.57	1.16	2.90
普通粗骨材	岐阜県揖斐川産砂利	2.62	1.15	6.71
再生粗骨材	圧縮強度平均値 60.8N/mm ²	2.31	5.70	6.73
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤			

2.2 配合

表-2 にコンクリートの配合を示す。配合は普通粗骨材については再生粗骨材のもとになったコンクリート(原コンクリート)と同一配合とし、表乾状態、気乾状態の再生粗骨材を用いたものについては、普通骨材と同等のスランプを得るために予備実験を実施し、その結果をもとに混和剤量を決定した。

表-2 コンクリートの配合

使用粗骨材	最大骨材寸法(mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位重量(kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
普通粗骨材	20	38.0	44.0	150	395	820	1056	2.60
再生粗骨材	20	38.0	44.0	150	395	820	983	※

※ 表乾状態の再生粗骨材を用いたとき: 2.77

気乾状態の再生粗骨材を用いたとき: 4.74

2.3 供試体と実験概要

供試体寸法は、300×300×3,000 mmのプレテンション PC はり (図-1) と乾燥収縮測定用として、300×300×600 mmの角柱(乾燥供試体)とした。使用粗骨材によって3種類(普通粗骨材、再生粗骨材の表乾状態、気乾状態の場合)の供試体とし、各2体を製作した。PC はりは、プレストレス導入時の弾性変形とプレストレス導入後のコンクリート内部の乾燥およびクリープによる収縮ひずみ(収縮ひずみの経時変化を測定した。乾燥供試体は、乾燥収縮ひずみ(乾燥ひずみ)の経時変化を測定した。また、同一配合の圧縮強度および静弾性係数を測定するためにφ100×200mmの円柱供試体を作製した。

なお、PC はりおよび乾燥供試体のすべてと円柱供試体の半数は、打設完了4時間後から16時間の蒸気養生を行い、21時間後に脱型し、脱型後は室内にて気中養生を行った。円柱供試体の残りの半数は、蒸気養生を行わずに翌日脱型後、20±2℃の水中で標準養生を行った。

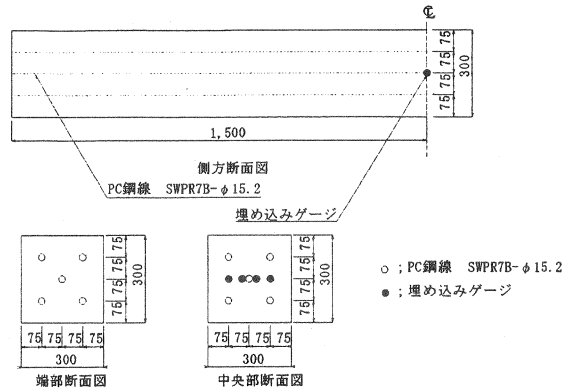


図-1 PC はりの形状寸法

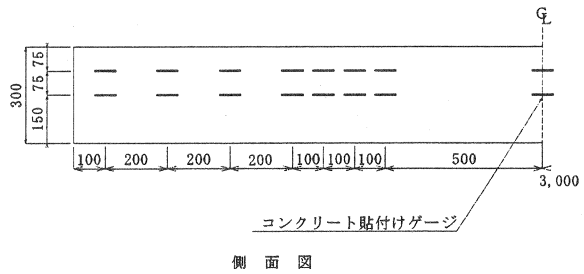


図-2 ゲージ貼りつけ位置

2.4 ゲージ位置

PC はりの定着長さを検討するため、図-2 に示す様に PC はりの表面にひずみゲージを貼付した。

PC はりの軸方向の収縮ひずみは埋め込みゲージと熱伝対にて測定した。このゲージの配置は図-1 に示す。また、乾燥供試体にも埋め込みゲージと熱伝対を配置し、乾燥ひずみとコンクリートの内部温度を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの圧縮強度・静弾性係数

表-3 にコンクリートの圧縮強度、表-4 に静弾性係数を示す。表-3 によると表乾状態の普通粗骨材(普通骨材)、表乾状態の再生粗骨材(表乾骨材)、気乾状態の再生粗骨材(気乾骨材) いずれを用いた場合もプレストレス導入時に必要な圧縮強度は、建築学会の規準値³⁾ 30N/mm² および土木学会の規準値⁴⁾ 35N/mm² を満たしている。次に骨材別の圧縮強度に着目すると、各材齢や養生条件の違いにかかわらず気乾骨材を用いた場合の圧縮強度が最も大きくなっている。

表-4 によると静弾性係数は、普通骨材を用いた場合が他のいずれの場合より大きくなっている。

表-3 コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

	材齢(日)	普通骨材	表乾骨材	気乾骨材
蒸気養生	1	43.01	46.58	55.18
	7	58.59	54.83	64.31
	28	61.07	63.51	67.17
標準養生	182	67.36	64.14	70.02
	3	48.01	50.83	54.57
	7	55.95	58.76	61.05
標準養生	28	62.76	64.36	69.85
	182	68.73	73.37	76.55

表-4 コンクリートの静弾性係数 (kN/mm²)

	材齢(日)	普通骨材	表乾骨材	気乾骨材
蒸気養生	1	30.25	27.32	27.50
	28	31.15	29.43	29.79
標準養生	3	28.29	27.35	28.61
	28	32.67	30.87	29.42

3.2 定着長さ

PC はりのプレストレス導入時の供試体表面ひずみを測定した。PC 鋼材は鋼線 7 本よりの $\phi 15.2 \text{ mm}$ を図-1 の断面図のように 5 本を偏心させないで配置した。

PC はり表面のひずみ測定は、型枠脱型後コンクリート表面にひずみゲージを貼付け、プレストレス導入開始直前と導入完了時のひずみ量を測定し、これをもとにプレストレス導入時の弾性変形量を求めた。

導入完了時点での各 PC はり 2 体の平均ひずみ量を図-3 に示した。なお、図中の曲線は近似曲線である。

図-3 から各 PC はりの定着長さは、普通骨材使用の場合が約 850 mm (約 56 ϕ)、表乾骨材で約 800 mm (約 53 ϕ)、気乾骨材で約 700 mm (約 46 ϕ) と、本実験における定着長さは気乾骨材を用いたものが一番短くなった。定着長さの違いの原因としては、PC 鋼材との付着強度差が考えられるが、いずれの供試体も圧縮強度が 35 N/mm² 以上であることから、実用上圧縮強度の影響はないものとして考えられる³⁾。したがって、再生粗骨材を用いた場合は、コンクリート標準示方書⁵⁾の定着長さ 65 ϕ (988 mm) 以下となった。

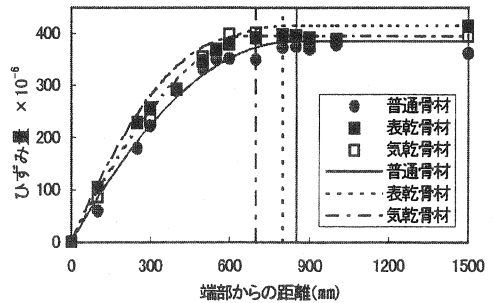


図-3 プレテンションPCはりの定着長さ

3.3 乾燥収縮

乾燥供試体中央に埋め込んだゲージにより測定したひずみは、気温等によるコンクリート温度の影響を受けるため、コンクリートの線膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ⁶⁾ を用いて温度変形による補正を行った。

温度補正を行った乾燥供試体の経過時間に伴う乾燥ひずみを図-4 に、PC はり供試体の埋め込みひずみゲージから測定した収縮ひずみを図-5 に示す。図-4 は乾燥供試体の型枠脱型時を、図-5 は PC はりのプレストレス導入時を基準とした各供試体 2 体の平均の測定結果である。

図-4 より乾燥ひずみは、表乾骨材使用の場合が最大で、気乾骨材、普通骨材使用の順に小さくなり、材齢約 100 日で普通骨材と気乾骨材使用の場合がほぼ一定となり、それぞれ約 160×10^{-6} と約 170×10^{-6} を示した。表乾骨材使用の場合については、その後も乾燥ひずみは増加し、材齢約 150 日で約 240×10^{-6} に落ち着く傾向を示した。乾燥ひずみのみを考慮すれば、全ての骨材において建築学会規準値³⁾の 300×10^{-6} 以下であるため、PC 部材に適用することが可能であるといえる。なお、JIS げたに再生骨材の使用は認められていないが、気乾骨材を使用した場合には日本道路協会の規準値⁶⁾である 200×10^{-6} 以下を満たした。

図-5 では、表乾骨材を用いた場合の収縮ひずみは普通骨材と気乾骨材を用いた場合より大きくなった。また、普通骨材と気乾骨材を用いた場合の収縮ひずみは、各経過時間において同程度の値を示した。しかし、いずれの骨材を用いた場合も、材齢 220 日経過後もひずみ量の増加が認められる。

乾燥ひずみや PC はりの収縮ひずみは、普通骨材と気乾骨材を用いた場合に似た変化性状を示した。

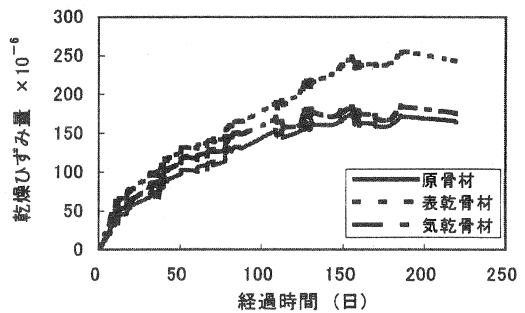


図-4 乾燥供試体の乾燥ひずみ量

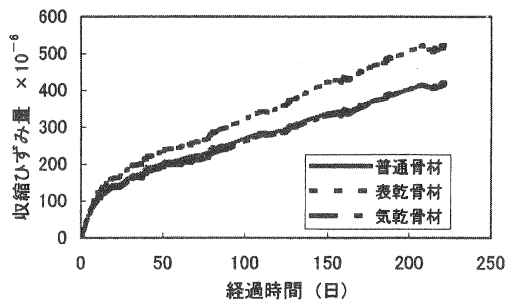


図-5 PCはりの収縮ひずみ量

3.4 プレストレス量の減退

プレストレス力の減退にはコンクリートの乾燥収縮ひずみ、クリープひずみおよびPC鋼材のリラクセーションによって影響を受ける。本実験のプレストレス量は、PCはりの埋め込みゲージから測定した収縮ひずみにより算出した。すなわち、導入完了時のPC鋼より線の伸び量(引張ひずみ)をプレストレス導入時のコンクリートの弾性ひずみ量から求めた。また、プレストレス力の減退量は、PCはりの経時変化に伴う収縮ひずみ量をとした。減退率は、PCはりの経時変化に伴う収縮ひずみ量を導入完了時の引張ひずみで除した値として示した。

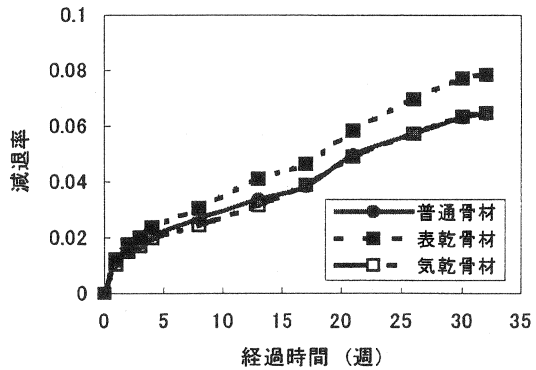


図-6 プレストレス量の減退率

図-6 にプレストレス量の減退率の経時変化を示す。図-6 より普通骨材と気乾骨材を使用した場合は似た性状を示し、表乾骨材の場合は減退率が最も大きくなった。プレストレス導入後 32 週までの減退率は、普通骨材と気乾骨材の場合が約 0.06、表乾骨材の場合が約 0.08 となっている。32 週現在においても収縮ひずみは増加傾向にある。しかし、今後の PC はりの収縮ひずみによる減退の増加および PC 鋼線の見かけのリラクセーション率 5%(0.05) による減退を考慮しても減退率は 0.2 以下、つまり、再生粗骨材を用いてもプレテンション PC 部材の有効率 0.8 以上になると考えられる。

4. まとめ

以上の結果から、以下の結論が得られた。

- (1) 原コンクリートが高強度の場合、再生粗骨材を用いても圧縮強度の低下はなかった。また、気乾骨材では、圧縮強度の増加が望めた。
- (2) 表乾骨材、気乾骨材にかかわらず再生粗骨材を用いた場合、静弾性係数は普通骨材を使用した場合より小さくなった。
- (3) 再生粗骨材を用いても、プレテンション PC 鋼材の定着長さは 65φより短くなった。
- (4) 乾燥収縮は気乾骨材を用いた場合普通骨材と同程度であった。また、再生粗骨材を用いても乾燥収縮量は 300×10^{-6} 以下となった。
- (5) PC はりのひずみ量についても気乾骨材は、普通骨材と同程度の収縮ひずみであった。
- (6) プレストレス導入後 32 週における PC はりの収縮ひずみによるプレストレス量の減退率は、0.08 以下となった。

参考・引用文献

- 1) 島崎磐・国枝稔・鎌田敏郎・六郷恵哲：含水状態の異なる再生粗骨材を使用したコンクリートの諸特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.1，pp.199～204，1999
- 2) 越建・松田靖志・鎌田敏郎・島崎磐・六郷恵哲：含水状態の異なる再生粗骨材を使用したコンクリートの内部組織変化，土木学会第 55 回年次学術講演会梗概集第 5 部，pp.298～299，2000.9
- 3) (社)日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説，pp.61～63，pp.102～131，pp.224～230，1998.11
- 4) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[平成 8 年度制定] 施工編，pp.306～307，1996
- 5) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[平成 8 年度制定] 設計編，pp.25～26，pp.136～137，1996
- 6) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 IIIコンクリート橋編，pp.37～44，1996.12