

B-4

AAM を用いたアンボンドPC 梁の長期曲げ性状に関する実験的研究

その1:長期曲げ載荷試験概要とプレストレス有効率

Experimental Study on the Long-Term Flexural Behavior of Unbonded PC Beams Using AAM

○齊藤亮太¹, 橋本倭里², 福井剛³, 柴山淳⁴

*Ryota Saito¹, Inori Hashimoto², Tsuyoshi Fukui³, Atsushi Shibayama⁴

As a measure against global warming, AAM (environmentally friendly concrete) that reduces CO₂ emissions during cement production has attracted attention. However, its mechanical properties are not yet well understood, hindering practical application. This study conducted long-term loading tests on PC beams using AAM. Prestressing force, deflection, reinforcement strain, crack width, and shrinkage were measured. After 350 days of loading, no significant difference in prestress efficiency was observed among the concrete types.

1. はじめに

現在、普通ポルトランドセメントコンクリート(OPC)製造時の二酸化炭素(CO₂)排出量削減に向け、環境配慮型コンクリートの開発が進められている。

Alkali Activated Materials (AAM)はフライアッシュ(以下 FA)や高炉スラグ微粉末(以下 GGBS)などの産業副産物をセメントの代替として利用することで、OPCに比べてCO₂排出量を約80%削減可能¹⁾である。しかし、AAMの力学特性に関してはまだ不明な点が多く、建築分野において柱や梁など主要な構造部材への適用事例はない。

既往の研究²⁾では、AAMを用いた鉄筋コンクリート(RC)梁部材の短期的荷重に対する曲げ挙動に対する検討が行われ、その挙動はOPCを用いたRC梁部材と遜色ないことが示されている。一方で、AAMを用いたプレストレストコンクリート(PC)部材への適用性に関する研究事例は皆無である。

そこで、本研究では、AAM製PC梁のプレストレス力の減退量および長期ひび割れ性状を含む長期曲げ特性を把握することを目的として実験的検討を実施した。

2. 実験概要

2.1. 試験体概要

表1に試験体一覧を示す。試験体は総計8体で、本研究における実験パラメータは、コンクリートの種類(OPCとAAM)とした。試験体種類はPC梁試験体と無筋収縮試験体の2種類である。

試験体断面寸法は2つの試験体で共通であり、梁幅を150mm、梁せいを300mmとした。図1にPC梁試験体の概要を示す。試験体の長さはPC梁試験体が3000mm、無筋収縮試験体が900mmである。PC梁試験体の引張鉄筋および圧縮鉄筋はD16であり、後述する試験区間となる試験体の中央部分は引張鉄筋のみを配置した。

PC梁試験体のPC鋼棒はφ19mmを断面の中心に配置している。シーソとPC鋼棒間にグラウトは充填し

表1 試験体一覧

名称	材料	種別	目的
A-F	AAM	PC 梁 試験体	長期曲げ性状
O-F	OPC		
A-P	AAM		プレストレス力の減退
O-P	OPC		
A-DS	AAM	無筋収縮 試験体	乾燥収縮
O-DS	OPC		
A-SS	AAM		自己収縮
O-SS	OPC		

表2 コンクリート材料試験結果

種類	材齢 (日)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	圧縮強度時 ひずみ(μ)
AAM	29	57.6	3.94	28,000	3,140
OPC	29	61.9	4.29	33,800	3,030

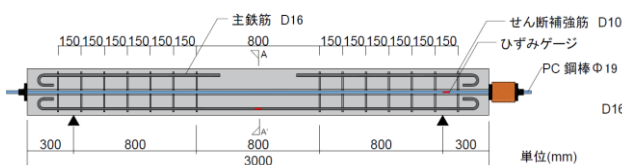


図1 PC 梁試験体図

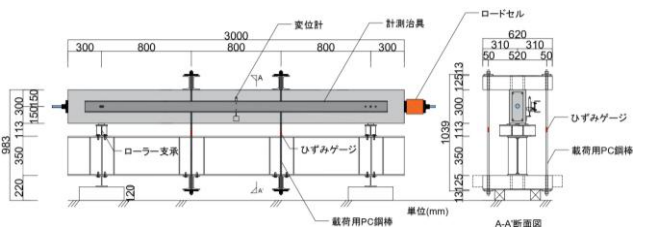


図2 載荷装置図

表3 AAMの調合(単位:kg/m³)

コンクリート種類	水	NaOH 水溶液	FA	GGBS	ad	細骨材	粗骨材	AD	AE
AAM	96.6	120	322	149	25.0	731	838	12.4	0.20

ここで、FA：フライアッシュ、GGBS：高炉水砕スラグ、ad：混和材、AD：混和剤、AE：高性能減水剤

1：日大理工・学部・海建、2：日大理工・学部・海建、3：日大理工・教員・海建、4：岐阜大

ておらず、アンボンドとした。また、本研究では、PC梁試験体の設計プレストレスレベルを0.1とした。

表2に材料試験結果を、表3にAAMの調合を示す。AAMの粉体としてFAおよびGGBSの2種類を使用した。AAMは打設後85°Cで5時間の蒸気養生を行った。OPCの水セメント比は0.4であり、OPCに対しては蒸気養生を行わず封かん養生とした。なお、無筋収縮試験体は、自己収縮および乾燥収縮を計測するために製作しており、表1に示すように1つのコンクリート種類に対して、乾燥収縮計測用試験体1体と自己収縮計測用試験体1体をそれぞれ用意した。無筋収縮試験体の養生条件は、自己収縮試験体のみ封かん養生とした。

2.2. 載荷方法

図2に載荷装置図を示す。本実験では、4点曲げ載荷試験を実施した。梁の変形を拘束しないように、支承は両端ともローラー支承とした。試験区間は、等曲げモーメント区間の長さの800mmの領域である。PC鋼棒を鉛直方向に締め付け、載荷点1点当たりの目標載荷荷重は35kN(曲げモーメントで28kNm)である。これは、PRC指針³⁾による引張鉄筋位置における平均ひび割れ幅が0.1mmとなるときの値とした。載荷用PC鋼棒の張力はひずみゲージにより計測した。PC梁試験体へのプレストレス力導入時材齢および載荷時材齢は、O-F試験体では354日であるのに対し、O-P試験体、A-F試験体およびA-P試験体では362日である。導入緊張力は後述する。

2.3. 計測項目と手法

本実験における計測項目は載荷荷重、試験体プレストレス力、試験体たわみ、鉄筋ひずみ、ひび割れ幅および収縮ひずみである。プレストレス力はロードセルを、試験体たわみは接触式変位計を用いてスパン中央で計測した。鉄筋ひずみは電気抵抗線ひずみゲージを、曲げひび割れ幅はクラックスケールを用いた。鉄筋ひずみの計測位置を図1に示す。曲げひび割れの計測対象区間は等曲げ区間のみを基本方針とするが、載荷点の近傍に曲げひび割れが発生した場合は、計測対象に含めることとした。クラックスケールによるひび割れ

幅の計測は引張鉄筋位置と試験体下縁のひび割れ幅である。また、ひび割れ長さについてもスケールを用いて計測を行った。無筋収縮試験体に対しては、埋め込み型ひずみ計を用いて収縮ひずみを計測した。

3. プレストレス有効率

導入時プレストレス力とプレストレスレベルを表4に示す。本実験におけるプレストレスレベルはすべての試験体で設計プレストレスレベルに近い値となった。

プレストレス有効率と経過日数の関係を図3に示す。経過日数は、導入日を0日とした。AAMを用いたPC梁、OPCを用いたPC梁ともにプレストレス力は時間の経過とともに低下した。各試験体の経過日数280日時のプレストレス有効率は小数点以下二桁でA-F試験体が0.97、O-F試験体は0.97である。また、A-P試験体が0.98、O-P試験体は0.97であり、コンクリートの違いおよび載荷の有無による影響は見られなかった。

ここで、プレストレス有効率は、経過時点のPC鋼材の引張力を定着完了時におけるPC鋼材の引張力で除した値とした。

本実験においては、プレストレス有効率にコンクリートの種類による違いは確認されなかったため、AAM製PC梁に対しても、例えばPC規準に示されているような設計用のプレストレス有効率を用いても問題ないと考えられる。

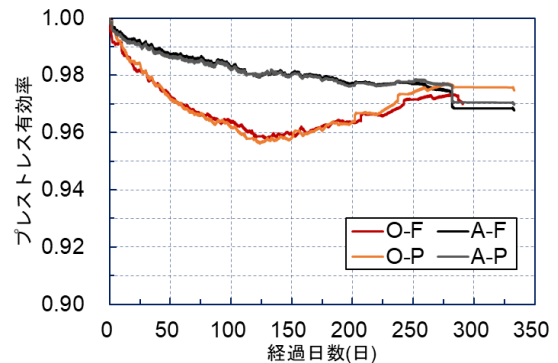


図3 プレストレス有効率-経過日数

4. まとめ

本報では実験概要とPC梁試験体のプレストレス有効率について報告した。AAMとOPCのプレストレス有効率の違いは1.03%以内となり大きな違いは見られなかった。

参考文献

- 1) Alsalman et al., Energy and CO2 emission assessments of alkali-activated concrete and Ordinary Portland Cement concrete: A comparative analysis of different grades of concrete, Cleaner Environmental Systems, Vol.3, 2021.
- 2) A. Shibayama and M. Nishiyama: Flexural strength and load-deformation relationship of fly-ash-based geopolymer concrete beams, JAR, Vol.6, No.1, 2023.
- 3) 日本建築学会：プレストレス鉄筋コンクリート(3種PC)構造設計・施工指針・同解説,2023.

表4 試験体プレストレス力

目的	試験体名	導入時	プレストレス	280日時点の
		プレストレス力	レベル	プレストレス有効率
長期曲げ	A-F	259 kN	0.11	0.97
	O-F	257 kN	0.10	0.97
プレストレス力 減退	A-P	253 kN	0.11	0.98
	O-P	261 kN	0.11	0.97