

# 論文 排水性プレキャストコンクリート舗装版の力学的挙動

小島 明<sup>\*1</sup>・梶尾 聡<sup>\*2</sup>・田中敏嗣<sup>\*3</sup>・下山善秀<sup>\*4</sup>

**要旨：**吸音性および透水性に優れるポーラスコンクリートと普通コンクリートを組み合わせたハイブリッド舗装版を想定した供試体の力学的挙動について検討を行なった。その結果、ハイブリッド供試体の曲げ強度はポーラスコンクリート厚さ比に影響されることがわかった。曲げ試験時のひずみ分布は、ポーラスコンクリートと普通コンクリート部で一体的に挙動し、直線分布となることが認められた。また、ポーラスコンクリートと普通コンクリートの付着が完全であるとして求めたハイブリッド供試体の中立軸は、複合版理論による値ともほぼ一致した。これらより、ポーラスコンクリート部を構造部材として扱うことが可能である。

**キーワード：**透・排水性舗装, ポーラスコンクリート, ハイブリッド供試体, ひずみ分布, 曲げ強度, 中立軸

## 1. はじめに

透・排水性舗装は、雨天時の車両走行安全性およびタイヤから発生する騒音の抑制効果が期待できることから、その需要が急速に高まってきている。透・排水性舗装は施工実績の多いアスファルト舗装が中心であるが、コンクリート舗装でもその可能性について検討されている<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>。特に、排水性および吸音性に加え、早期の交通開放が可能である排水性プレキャストコンクリート舗装版の開発が求められている。本研究で対象とする排水性プレキャスト舗装版は、表層部にポーラスコンクリート、基層部に普通コンクリートを配し一体化したハイブリッド構造のものとした。しかし、ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートを組合せた複合部材の力学的挙動に関する研究はなされていないのが現状である。そこで本実験は、透水性および吸音性に優れるポーラスコンクリートと、普通コンクリートを組み合わせたハイブリッド供試体について、ポーラスコンクリートの厚さが曲げ強度性状、曲げによるひずみ分布および中立軸等の力学的挙動に及ぼす影響について検討を

行なったものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

表-1に、ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートに使用した各材料を示す。

表-1 使用材料

	ポーラスコンクリート	普通コンクリート
セメント	普通ポルトランドセメント(密度: 3.15g/cm <sup>3</sup> )	
細骨材	君津産細目砂 (比重: 2.60)	青梅産硬質砂岩系砕砂 (比重: 2.60)
粗骨材	岩瀬産道路用砕石6号 (比重: 2.65)	青梅産硬質砂岩系砕石5号 (比重: 2.64)
		青梅産硬質砂岩系砕石6号 (比重: 2.64)
混和材	ポーラスコンクリート用混和材 (比重: 2.78)	---
混和剤	---	β-ナフタリンスルホン酸系 高性能減水剤

### 2.2 ポーラスコンクリートの厚さ

表-2にポーラスコンクリートの厚さの水準を示す。なおポーラスコンクリート厚さ比は、ハイブリッド供試体全厚に占めるポーラスコンクリー

\*1 日本セメント(株) 中央研究所 セメント・コンクリート研究部 (正会員)

\*2 同上

\*3 同上

副主任研究員 工修 (正会員)

\*4 同上

主席研究員 工博 (正会員)

ト厚さの比を示し、0.00 は普通コンクリートのみ、1.00 はポーラスコンクリートのみであることを示す。

表-2 因子と水準

因子	水準			
	1	2	3	4
ポーラスコンクリート厚さ比	0.00	0.33	0.66	1.00

### 2.3 ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートの配合

普通コンクリートおよびポーラスコンクリートは、舗装版として必要な強度特性を達成できる表-3 および 4 に示す配合とした。すなわち、ポーラスコンクリートの場合、細骨材に対する結合材の質量比は 2.0、混和材はセメントに対して質量比で 1/3 とした。<sup>1)2)3)</sup>

また、ポーラスコンクリートのコンシステンシーは沈下法(後述)により行い、目標値を 5~10 秒とした。

表-3 ポーラスコンクリートの配合

水 結合材 比 (%)	モルタル 粗骨材 容積比 (%)	空隙率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
			水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材
16.0	47.0	25	59	293	98	195	1289

表-4 普通コンクリートの配合

水 結合材 比 (%)	細骨 材率 (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気 量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
38.0	50.0	2.0	2.0	152	400	948	888	5.6

### 2.4 練混ぜ方法

ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートの練混ぜは容量 50 ㍓の強制練り 2 軸ミキサを使用し、練り量は 30 ㍓とした。なお、練混ぜ時間は、注水後 2 分程度を上限とした。

### 2.5 供試体の作製方法

実験に使用するポーラスコンクリート供試体、普通コンクリート供試体およびハイブリッド供試

体は、15×15×53cm の角柱とした。ハイブリッド供試体の例を図-1 に示す。これらの供試体は、(1)、(2) の順序で作製した。ポーラスコンクリートおよび普通コンクリート単体の供試体は、(1) または (2) のいずれかの方法で作製した。

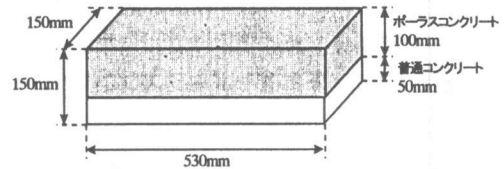


図-1 ハイブリッド供試体の一例

#### (1) ポーラスコンクリート部の成形

150×150×530mm の角柱型枠にポーラスコンクリートを所定量打ち込んだ後、テーブルパイプレータを用い回転数 6000rpm で所定の厚さ(空隙率)に達するまで締め固めた。

#### (2) 普通コンクリート部の成形

ポーラスコンクリート成形体上に普通コンクリートを打ち込み、棒状パイプレータを使用して締め固めた後に、表面仕上げを行なった。

### 2.6 ポーラスコンクリートのコンシステンシー評価方法

練上り直後のポーラスコンクリートのコンシステンシーの評価は、以下の方法で行なった。所定質量のポーラスコンクリートを所定の型枠に詰め、テーブルパイプレータ(回転数 6000rpm)を用いて締め固め、目標とする空隙率に達するまでに必要な時間(秒)により評価した(沈下法)。なお、本実験に使用したポーラスコンクリートは、振動時にモルタルがダレ分離を起さない、約 5~10 秒のコンシステンシーで管理した。

### 2.7 養生方法

ポーラスコンクリート供試体、普通コンクリート供試体およびハイブリッド供試体は、蒸気養生(前置き 20℃ 2 時間、昇温速度 20℃/時、最高温度 65℃ 3 時間保持、自然冷却)を行った後、試験実施材齢まで気中養生(温度 20℃)を行なった。

### 2.8 試験項目

以下に試験項目を示す。なお、各供試体の試験

材齢は蒸気養生を行なった時期を含め3日とした。

(1) 曲げ強度試験

JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に準拠して行なった。

(2) 曲げひずみの測定

図-2 に示す通り、供試体の2側面(150×530mm)に対し各4ヶ所、計8ヶ所にひずみゲージを貼り付け、曲げによる供試体のひずみ分布の測定を行なった。なお、ポーラスコンクリート部へのゲージの貼り付けは、強度の小さい石こうを空隙部に充填して行なった。

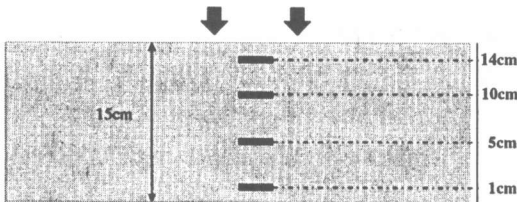


図-2 ひずみゲージ位置

(3) ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートの静弾性係数測定

φ 10×20cm の円柱供試体の、圧縮による応力-ひずみ曲線からポーラスコンクリートおよび普通コンクリートの静弾性係数を求めた。なお、静弾性係数の測定のため、ポーラスコンクリート部へのひずみゲージの貼付けは、曲げひずみの測定と同様に、強度の小さい石こうを空隙部に充填した上に行なった。

3. 実験結果

3.1 ハイブリッド供試体の強度性状

表-6 および図-3 にハイブリッド供試体の強度性状を示す。ポーラスコンクリート部の厚さが増加する(ポーラスコンクリート厚さ比が増加する)に従い、曲げ強度は減少する傾向を示した。また、いずれの供試体についても、曲げによる破壊は曲げモーメント一定区間の供試体下縁部で生じた。

表-6 静弾性係数

ポーラスコンクリート厚さ比	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
0.00	53.6	2.72	4.69
0.33	---	---	4.04
0.66	---	---	3.74
1.00	15.1	2.07	3.32

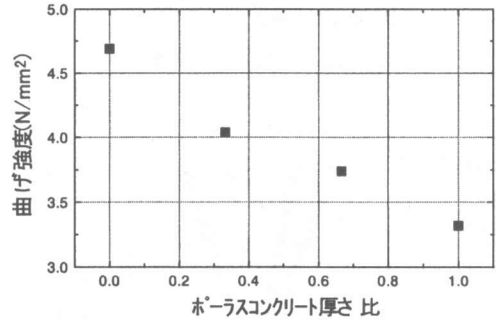


図-3 ポーラスコンクリート厚さ比と曲げ強度の関係

3.2 曲げ荷重-ひずみ曲線

図-4~7 に曲げ荷重載荷時の各ゲージ位置におけるひずみ(圧縮ひずみを負、引張ひずみを正として表示)を示す。なお、凡例は供試体底面からの高さを示す。

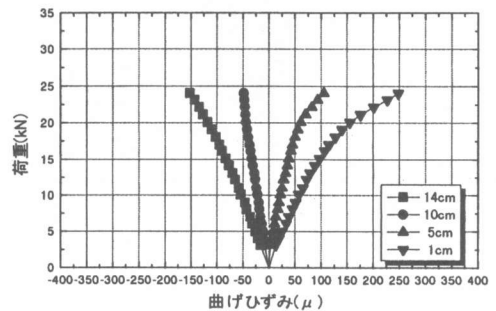


図-4 曲げ載荷時のひずみ (ポーラスコンクリート厚さ比 1.00)

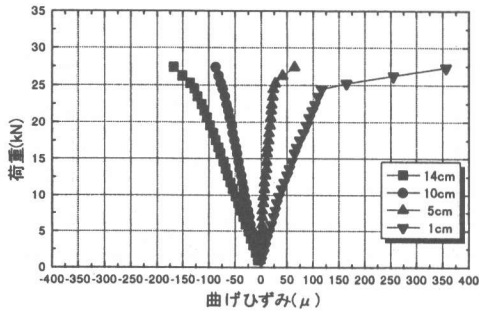


図-5 曲げ載荷時のひずみ  
(ポーラスコンクリート厚さ比 0.66)

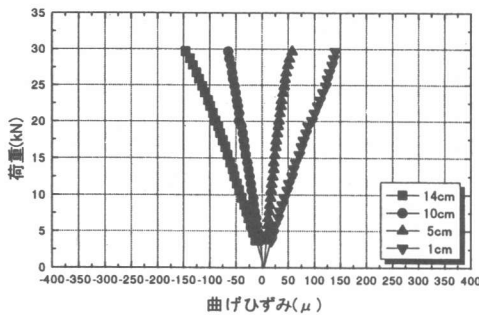


図-6 曲げ載荷時のひずみ  
(ポーラスコンクリート厚さ比 0.33)

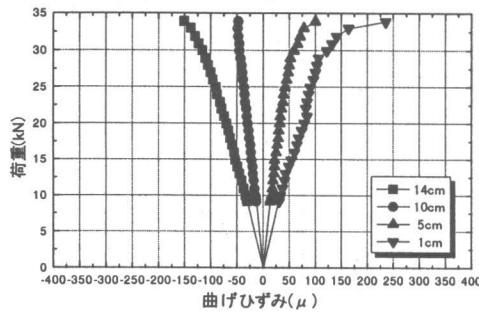


図-7 曲げ載荷時のひずみ  
(ポーラスコンクリート厚さ比 0.00)

また、以上より、供試体下縁部(ゲージ位置: 供試体底面からの高さ 14cm)における曲げ荷重-ひずみ曲線を図-8 に示す。ポーラスコンクリート厚さ比が変化した場合の曲げ荷重-供試体下縁部ひずみ曲線に及ぼす影響を示す。ハイブリッド供試体は、普通コンクリートとポーラスコンクリートの中間的な挙動を示すことが認められた。

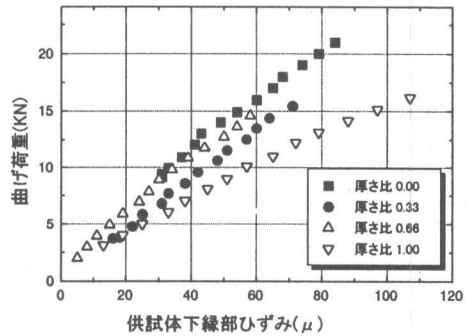


図-8 ポーラスコンクリートの曲げ荷重-下縁部ひずみ曲線

### 3.3 曲げひずみ分布

図-9 にポーラスコンクリート供試体、図-10 および 11 にハイブリッド供試体、図-12 に普通コンクリート供試体の曲げ荷重載荷レベルごとのひずみ分布を示す。一般的には、弾性係数の異なる材料を組合せた複合材料のひずみ分布は、その接合部でずれを生じやすいが、ハイブリッド供試体のひずみは、ほぼ直線的な分布を示した。これは、ポーラスコンクリートおよび普通コンクリートを組み合わせたハイブリッド供試体の場合、ポーラスコンクリート部の空隙に普通コンクリートが充填され一体化するために、層間で十分な付着が得られるためと考えられる。

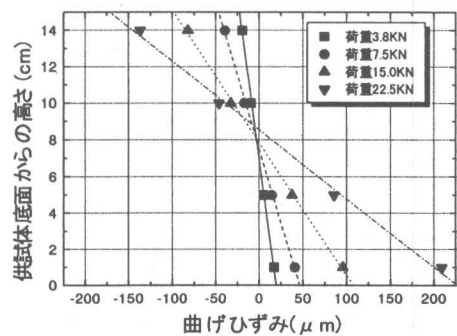


図-9 曲げひずみ分布  
(ポーラスコンクリート厚さ比 1.00)

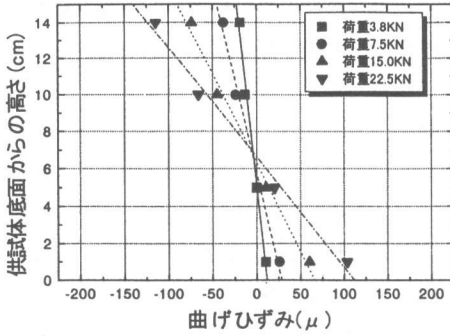


図-10 曲げひずみ分布  
(ポーラスコンクリート厚さ比0.66)

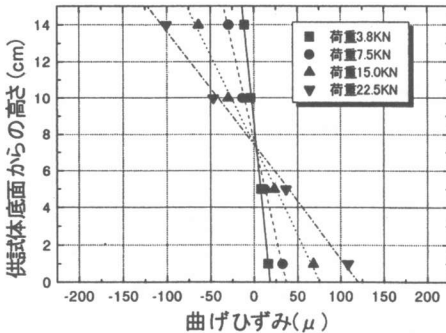


図-11 曲げひずみ分布  
(ポーラスコンクリート厚さ比0.33)

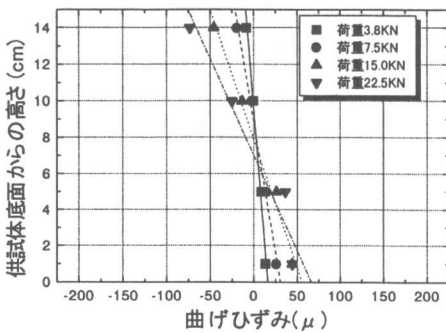


図-12 曲げひずみ分布  
(ポーラスコンクリート厚さ 0.00 (普通コンクリート))

### 4.3 中立軸の検討

前記のひずみ分布の実験結果より、各供試体の中立軸を求め、複合版理論<sup>6) 7)</sup>によって求まる計算値との比較を行なった。

#### (1) 複合版理論による中立軸の算出

複合版理論による中立軸の算出は、図-13 に示すように、力学的性質の異なる二つの版(ポーラスコンクリート部および普通コンクリート部)で構成される部材の軸方向の力のつり合い条件で求めることができる。

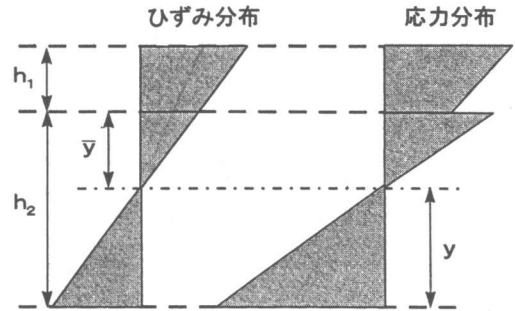


図-13 複合版のひずみと応力分布概念図

2層間の付着が十分である場合の中立軸の計算式を式(1)に示す。

$$\bar{y} = \frac{-n h_1^2 + h_2^2}{2(n h_1 + h_2)} \quad \dots\dots(1)$$

- $\bar{y}$  : 両コンクリートの境界と中立軸との距離
- $h_1, h_2$  : ポーラスコンクリート部および普通コンクリート部の厚さ
- $E_1, E_2$  : ポーラスコンクリート部および普通コンクリート部の弾性係数
- $n$  : 各コンクリートの弾性係数比 ( $E_1/E_2$ )

#### (2) 実測値と計算値との比較

図-14 に、ハイブリッド供試体の中立軸の実測値および計算値を示す。実験に使用したポーラスコンクリートおよび普通コンクリートの弾性係数の差が比較的小さかったために、ポーラスコンクリート厚さ比が増加しても、ハイブリッド供試体

の中立軸計算値はほとんど変化しなかった。また、実測値との比較でも、多少ばらつきが認められるもの、両者はほぼ一致した。

以上の結果より、ポーラスコンクリート部は単に機能層(吸音性、透水性付与層)としてだけではなく、構造部材としても取り扱うことができるものと考えられる。

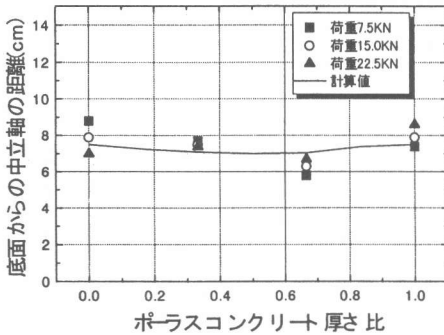


図-14 ポーラスコンクリート厚さ比と中立軸

## 5. まとめ

本研究によって以下のことが認められた。

(1) ハイブリッド供試体の曲げ強度は、ポーラスコンクリート厚さ比が増加するに従い、曲げ強度は減少する傾向を示した。

(2) ハイブリッド供試体の曲げ荷重-供試体下縁部のひずみ曲線は、普通コンクリートとポーラスコンクリートの中間的な挙動を示した。

(3) 曲げ試験時のハイブリッド供試体のひずみ分布は、ポーラスコンクリートと普通コンクリートが一体的に挙動し、直線的な分布を示した。

(4) 中立軸の実測値は、2層のコンクリートが完全に付着している条件で、複合版理論により求められる計算値ともほぼ一致していた。

(5) 以上より、本実験で作製したハイブリッド供試体は、ポーラスコンクリートと普通コンクリートとの間で十分な付着性状を示し、両コンクリートの一体化が認められた<sup>6)</sup>。また、ポーラスコンクリートに部材機能層としてだけではなく、構造部材としても取り扱えることがわかった。

今後、さらにポーラスコンクリートの諸物性を

変化させた場合の排水性コンクリート舗装版について、詳細な力学的挙動を検討する。

## 参考文献

- 1) 北條泰秀・田中敏嗣・富田六郎：透水性舗装コンクリートの強度と透水性，土木学会第51回年次学術講演会概要集V，pp.50-51，1996
- 2) 梶尾聡・田中敏嗣・野田悦郎：透水性コンクリート舗装版の曲げ強度と透水性，第2回日本道路会議一般論文集(B)，pp.558-559，1997
- 3) 笠原好則・野田悦郎・富田六郎：車道用ポーラスコンクリート舗装試験施工の路面性状と音響特性，第2回日本道路会議一般論文集(B)，pp.560-561，1997
- 4) 田中敏嗣・富田六郎・野田悦郎：透水性舗装用コンクリートのコンシステンシー評価，第2回日本道路会議一般論文集(B)，pp.562-563，1997
- 5) 田中敏嗣・富田六郎・橋本修治・野田悦郎：車道用透水性舗装コンクリートの開発，舗装，VOL32，No.11，pp.13-17，1997
- 6) 福手勤・佐藤勝久・八谷好高：コンクリート舗装構造の合理化に関する最近の試み，港湾技術研究所講演会概要集，pp.85-128，1982
- 7) 西澤辰男・七五三野茂・小松原昭則・小梁川雅：連続鉄筋コンクリート版をベースとしたコンポジット舗装の設計法に関する研究，舗装工学講演会講演論文集，pp.53-61，1997.12