

PCaRC 構造のせん断伝達耐力について

技術本部	開発技術部	村井伸康
技術本部	土木技術部	日高重徳
技術本部	開発技術部	中井将博
名古屋支店	支店長	森 拓也

概要：PCaRC 構造は、プレキャスト部材の接合面を鉄筋が貫通する構造であり、せん断力に対しては、接合面の摩擦と鉄筋のダウエル作用で抵抗する。ここでは、コンクリート標準示方書に示されるせん断伝達耐力式のPCaRC 構造への適用の可能性を検討することを目的としてせん断載荷試験を行った。その結果、PCaRC 構造の最大荷重は設計せん断伝達耐力を大きく上回っており、せん断伝達耐力式による評価が可能であることが確認された。

Key Words：PCaRC 構造，接合部，せん断伝達耐力

1. はじめに

近年では、都市再生を目的とした都市内立体交差事業（オーバーパス・アンダーパス）が推進されており、厳しい条件（工期・作業空間・周辺環境）下での施工が強いられている。それらの施工条件を満足できる方法の一つとしてプレキャスト（以下 PCa）化が挙げられ、下部工においてもその検討が行われている。これまで、PCa 橋脚の耐震性能の検討は主に曲げに対して行われており、接合部の純せん断に対して行われていなかった。

本稿では、PCa 鉄筋コンクリート（以下 PCaRC）構造接合部への、コンクリート標準示方書[構造性能照査編]¹⁾のせん断伝達耐力式の適用性について述べる。ここで言う PCaRC 構造とは、PCa 部材を $1\text{N}/\text{mm}^2$ 程度のプレストレスおよびエポキシ樹脂接着剤を使用して構築し、PCa 部材に予め設けられたシース孔にモルタルを充填し、主鉄筋を一括挿入するものである。

今回、PCaRC 構造と場所打ち構造（以下 RC 構造）とのせん断伝達試験を行い、接合部のせん断性能の確認を行った。また、PCa 橋脚において、主鉄筋が押抜きによって壁面を破壊するモードが考えられるため²⁾、帯鉄筋に発生する引張力を測定することにより、主鉄筋による押抜きの影響の確認を行った。

2. 実験方法

2.1 供試体

供試体は、PCaRC 構造（図-1）と、比較のための場所打ち橋脚を想定した打継面を有する RC 構造（図-2）の2種類とした。

PCaRC 構造の接合面は、実施工においては金ゴテ仕上げをした表面にマッチキャストさせて制作するが、本供試体の接合面は型枠面としており、実構造で期待できる接合面の粗度による噛み合いは見込めない。

各諸元はこれまでの実構造物の諸元を参考として、主鉄筋比 1.99%、シース内面積比 10.6%、帯鉄筋比 1.00%とした。プレストレスは両供試体共に同量の $1\text{N}/\text{mm}^2$ を導入した。供試体の比較表を表-1に、供試体製作フローを図-3、4に、供試体製作状況を写真-1、2にそれぞれ示す。



村井伸康



日高重徳



中井将博



森 拓也

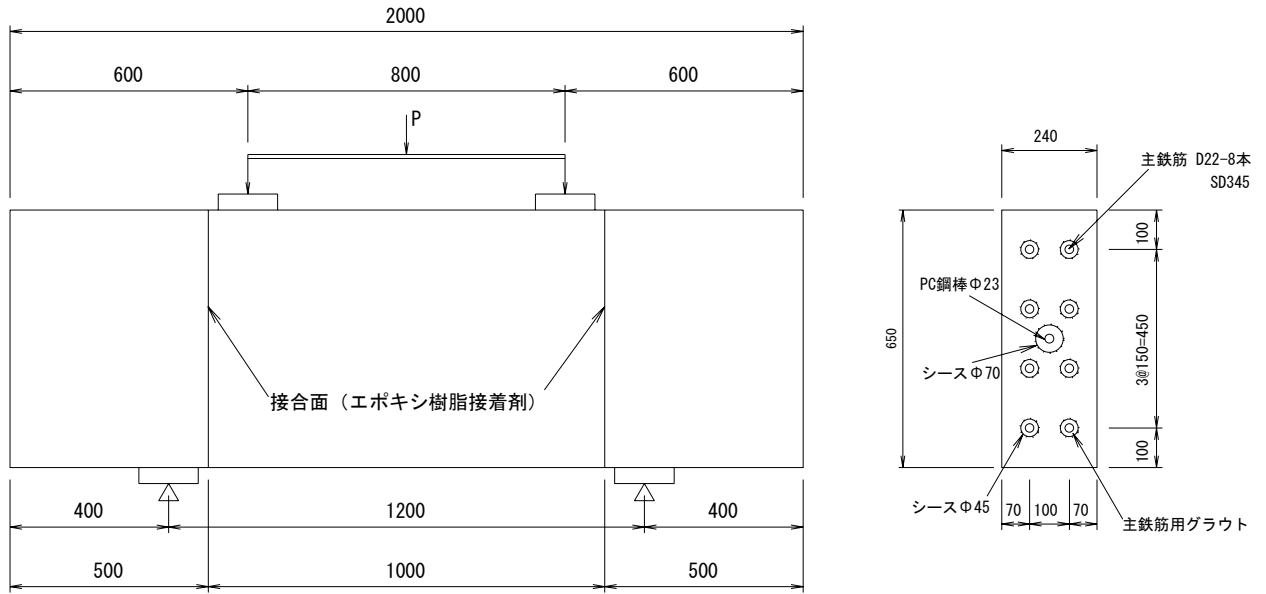


図-1 PCaRC 構造供試体

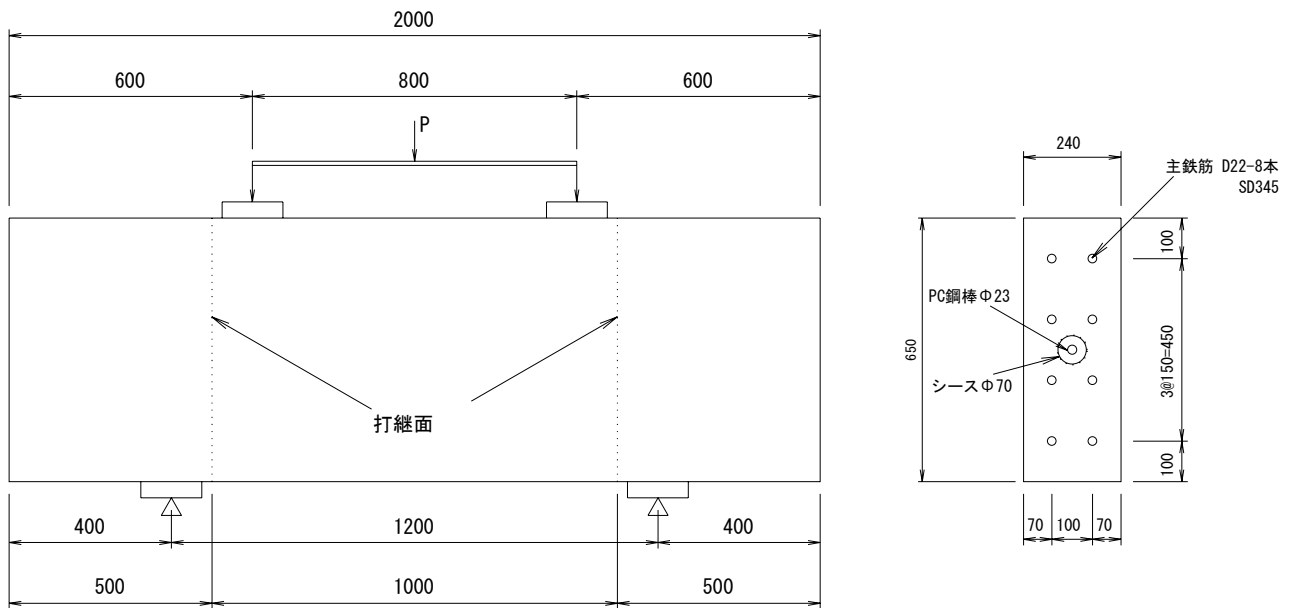


図-2 RC 構造供試体

表-1 供試体の比較表

	コンクリート	主鉄筋	PC 鋼材	主鉄筋定着	接合面
PCaRC 構造	設計基準強度 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$	SD345 D22-8 本	PC 鋼棒 $\phi 23$ B 種 1 号 SBPR930/1080	モルタルグラウト 設計基準強度 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ 以上	型枠面 (鋼枠) エポキシ樹脂接着剤
RC 構造		鉄筋比 $p=0.0199$	導入プレストレス $\sigma_p=1\text{N/mm}^2$	コンクリート	打継処理 粗面仕上げ

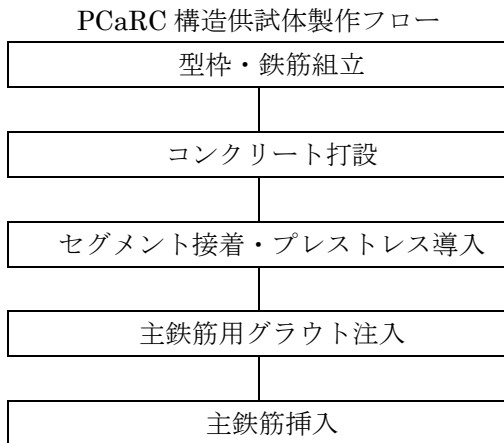


図-3 PCaRC 構造供試体製作フロー

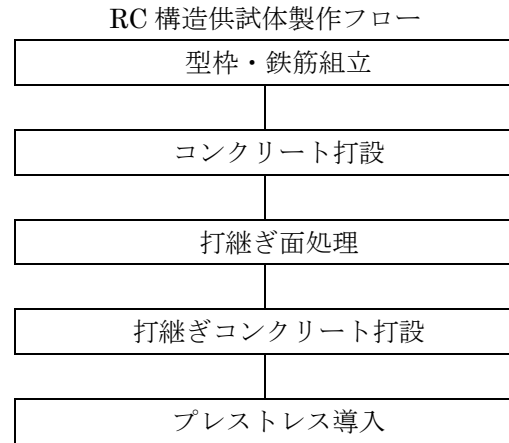


図-4 RC 構造供試体製作フロー

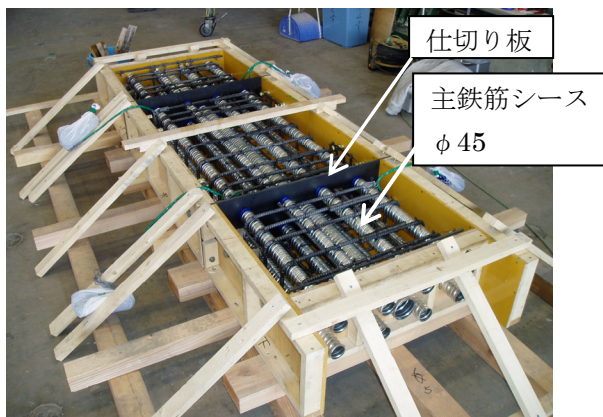


写真-1 PCaRC 構造供試体製作状況

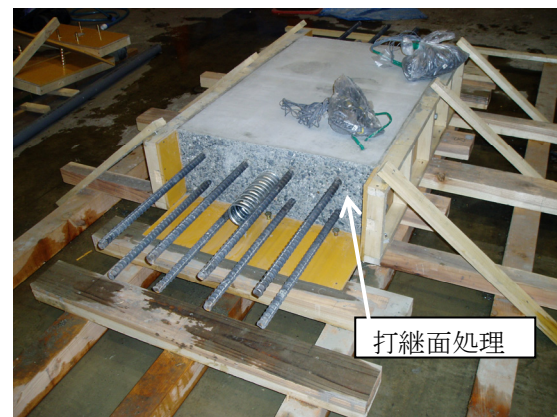


写真-2 RC 構造供試体製作状況

2.2 載荷方法

載荷は、3000kN 鉛直載荷試験機を用いて載荷ビームによる静的押抜き方式で行った³⁾。載荷試験状況を写真-3に示す。

3. 実験結果

3.1 荷重と変位との関係

載荷試験時の最大荷重と設計せん断伝達耐力との比較を表-2に、荷重-変位曲線を図-5にそれぞれ示す。設計せん断伝達耐力は、載荷試験日のコンクリート圧縮強度および材料試験成績表の鉄筋降伏強度を用い算出した。設計せん断伝達耐力式を(1)に、各パラメータと内容を表-3に、材料強度を表-4に示す。

$$V_{cwd} = \left\{ \left[\mu \cdot f'_{cd} \cdot b \left(\alpha \cdot p f_{yd} - \sigma_{nd} \right)^{1-b+p} \cdot 0.08 f_{yd} / \alpha \right] A_c \right\} / \gamma_b \quad (1)$$

RC 構造の設計せん断伝達耐力は最大荷重と約 5%の差異であり、式(1)が精度良く評価していることがわかる。

また、PCaRC 構造の最大荷重は設計せん断伝達耐力を約 20%上回っており、式(1)で評価すれば安全であることがわかる。PCaRC 構造の最大荷重が RC 構造及び評価式の値を上回った要因として、接合面を貫通するモルタルによるせん断抵抗が考えられる。

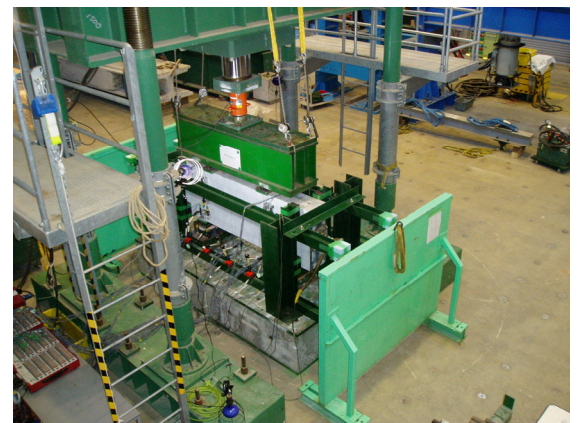


写真-3 載荷試験状況

表-2 設計せん断伝達耐力と最大荷重との比較

	設計せん断伝達耐力 V _{cwd} (kN)	最大荷重 V(kN)	比 V/V _{cwd}
PCaRC 構造	2680	3220	1.20
RC 構造	2632	2500	0.95

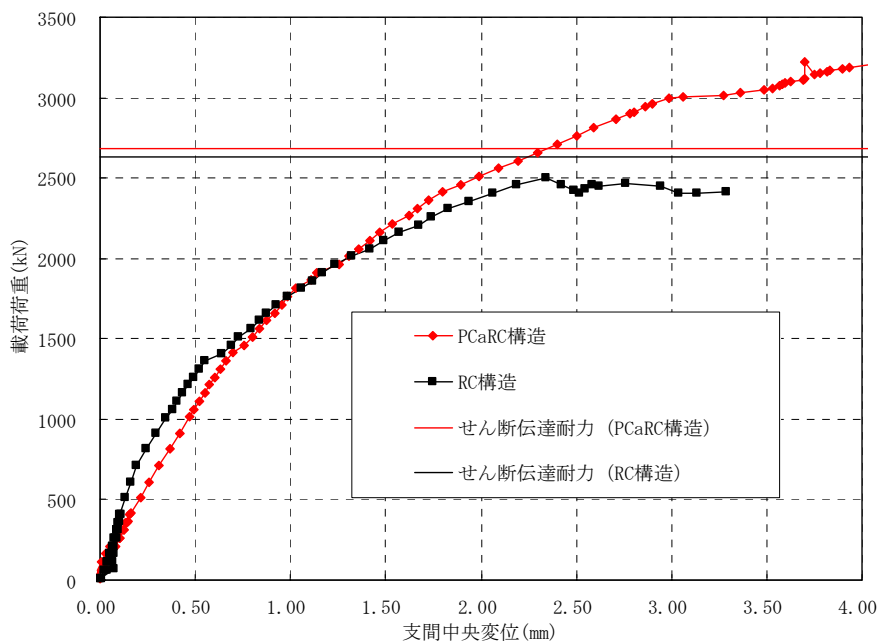


図-5 荷重-変位曲線

表-3 各パラメータと内容

記号	内 容
α	鉄筋曲率による軸方向剛性の低減係数 $\alpha = 0.75 \{ 1 - 10(p - 1.7\sigma_{nd} / f_{yd}) \}$
b	面形状を表す係数： 1/2=打継面（処理あり）あるいは高強度コンクリートのひび割れ、 プレキャスト部材の継目に接着剤を用いた場合の継目 →本実験で確認
μ	固体接触に関する平均摩擦係数で、0.45 とする。
σ_{nd}	せん断面に直角に作用する平均応力度 →本実験においてロードセルで測定
γ_b	安全係数→1.0 とする

表-4 供試体材料一覧表

材料	種類	項目	記号	強度(N/mm ²)	備考
コンクリート	PCaRC 構造	圧縮強度	f _{cd}	54.9	載荷試験日
	RC 構造	圧縮強度	f _{cd}	53.1	載荷試験日
モルタルグラウト	PCaRC 構造	圧縮強度		60.9	載荷試験日
鉄筋		降伏強度	f _{yd}	404	材料試験成績表

3.2 破壊形態

破壊形態を写真-4, 5に示す。2体とも接合面のせん断破壊であった。ただし、PCaRC構造はディープビームのせん断破壊に近い性状も示していた。破壊後の主鉄筋の形状を写真-6, 7に示す。破壊後の主鉄筋の曲がり具合を比較したところ、PCaRC構造の方が曲がり小さく、直線に近い形状であった。シー内的主鉄筋とモルタルが一体となり、荷重に抵抗したものと思われる。

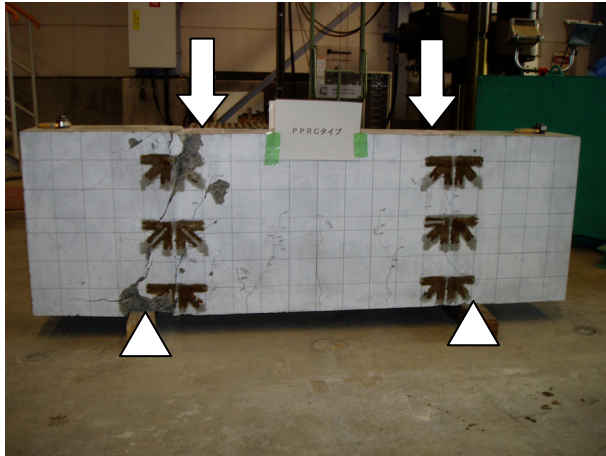


写真-4 破壊形態 (PCaRC 構造)

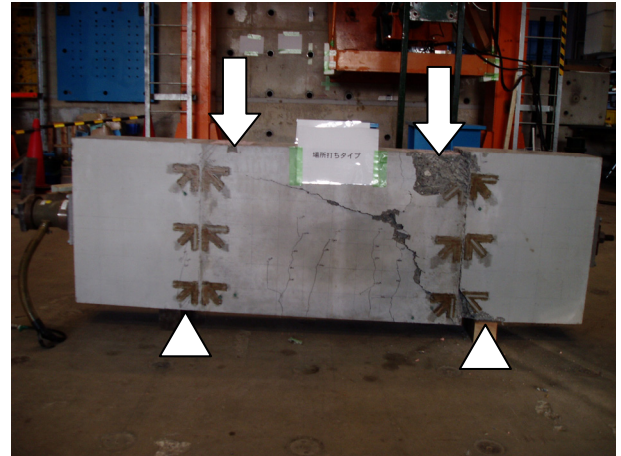


写真-5 破壊形態 (RC 構造)

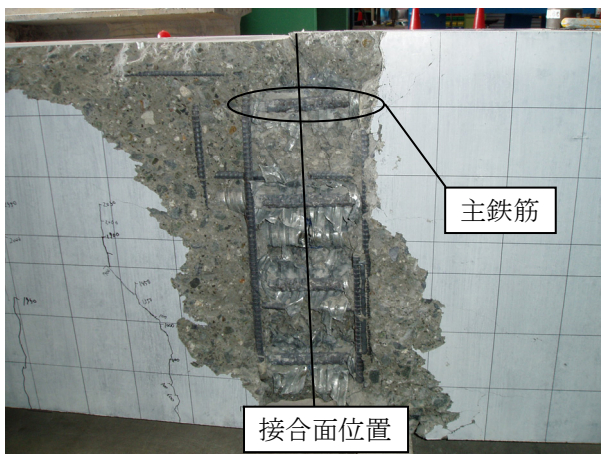


写真-6 破壊形態 (PCaRC 構造)

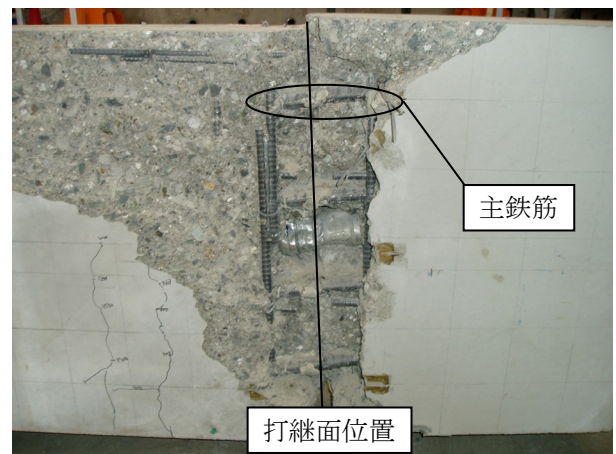


写真-7 破壊形態 (RC 構造)

3.3 主鉄筋による押抜きの影響

主鉄筋の押抜きによる壁面への影響を調べるため、帯鉄筋に発生する引張ひずみを測定し、その結果を図-6に示す。

両供試体ともに、最大引張ひずみが 200μ 程度であり、引張応力度に換算すると約 $40\text{N}/\text{mm}^2$ である。鉄筋の降伏強度は $404\text{N}/\text{mm}^2$ であり、本構造において主鉄筋の押抜きが主たる破壊要因にならないことがわかる。

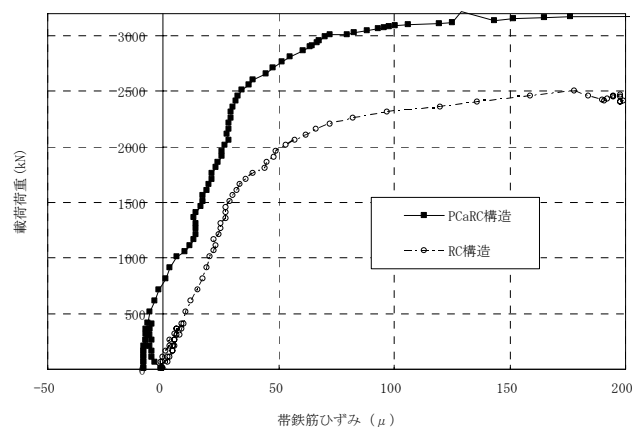


図-6 帯鉄筋ひずみ

4. 実構造物 (PCaRC 構造) での検証例

実構造物における設計せん断力と、設計せん断伝達耐力との比較を行い図-7に示す。同図は、横軸を鉄筋比、縦軸を設計せん断伝達耐力とし、A, B および C

橋をプロットしたものである。このように、実構造物において設計せん断伝達耐力は、設計せん断力の10倍程度となっており、接合部がせん断に対し十分安全であることがわかる。

5. まとめ

- ① RC 構造の設計せん断伝達耐力は最大荷重と約5%の差異であり、設計せん断伝達耐力式が精度良く評価している。
- ② PCaRC 構造の最大荷重は設計せん断伝達耐力を約20%上回っており、設計せん断伝達耐力式により評価が可能である。PCaRC 構造の最大荷重がRC 構造及び評価式の値を上回った要因として、接合面を貫通するモルタルによるせん断抵抗が考えられる。
- ③ 2つのタイプの帯鉄筋に発生する引張ひずみは同程度であり、本構造において主鉄筋の押抜きが主たる破壊要因にならない。
- ④ 実構造物において設計せん断伝達耐力は、設計せん断力の10倍程度となっており、接合部がせん断に対し十分安全である。

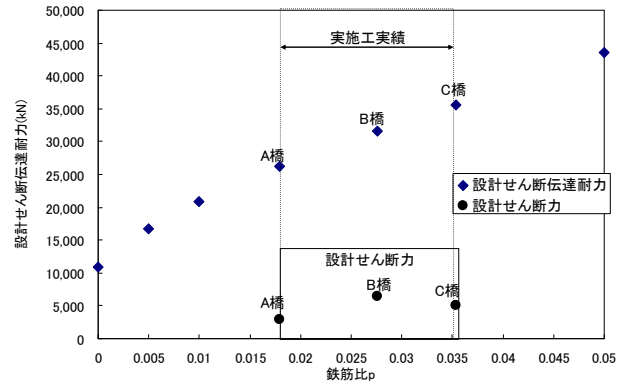


図-7 鉄筋比 p によるせん断伝達耐力

本研究は、独立行政法人土木研究所、他民間3社による「耐震性に優れたプレキャスト橋脚に関する共同研究」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書 構造性能照査編 2002年制定 土木学会
- 2) 新井崇裕・日紫喜剛啓・須田久美子・山本徹・滝沢清一郎・尾鍋卓巳：新しいプレキャストPC橋脚の開発，鹿島建設技術研究所年報，第48号，pp.25-30，2000
- 3) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(II) 平成5年3月 建設省土木研究所