

超軽量コンクリートのプレテンション部材への適用性に関する研究

フドウ建研 (株) 正会員 ○南 伊三男
 (株) 富士ピー・エス 正会員 園田 弘毅
 (株) ピー・エス 正会員 平井 豊
 昭和コンクリート工業 (株) 釜沢 勲

1. はじめに

近年、建築物の大型化、高層化に伴い、プレキャストコンクリート部材の軽量化の開発が各方面で行われ、スパンの長大化に対してプレストレスを導入したプレキャストコンクリート部材も多く開発されてきている。本論文は、超軽量コンクリート (比重 1.4) の構造プレテンション部材への適用性に関する基礎研究の一端として、前年度のプレテンション梁のプレストレス導入実験及び曲げ実験に引き続き、プレテンションスラブの端部せん断実験および曲げ実験を行った結果について報告するものである。

2. 超軽量コンクリート

今回の実験に用いる超軽量コンクリートを選定するために、試験練りを行った。選定基準は、比重、強度、スランプ等で、プレテンション部材に適用するため、初期の強度確保を重要なポイントにした。試験練りの結果、使用決定したコンクリートの配合表を表-1に示す。

表-1 試験体に用いた超軽量コンクリートの配合表

| 調合記号 | | 水 | 早強セメント | 人工粗骨材 | 人工細骨材 | | 砕砂 | 混和剤 | |
|--------|----------|------|--------|-------|-------|------|------|----------|------------|
| | | W | HC | ASL08 | GL1 | MS | SS | 8000S | 202 |
| | 比重 | 1.00 | 3.14 | 0.85 | 0.73 | 0.76 | 2.67 | - | - |
| 14C470 | 単位量 | 155 | 470 | 300 | 64 | 60 | 334 | 3.76 | 0.0094 |
| | ボリューム(ℓ) | 155 | 150 | 353 | 88 | 79 | 125 | C * 0.8% | C * 0.002% |

3. 実験概要

実験に用いた試験体はスラブ端部せん断実験が4体、曲げ実験が2体とした。プレストレス導入は5日目、実験は、せん断実験が材令3週で、曲げ実験は材令4週目に実施した。

3.1 使用材料

試験体に使用したPC鋼材、補強鉄筋およびコンクリートの各力学的特性を表-2に示す。コンクリートはせん断試験体のものを示した。

表-2 使用材料の力学的特性

| 鋼材 | 引張強度 | 降伏強度 | ヤング係数 | 伸び |
|--------------|---------|---------|---------|--------|
| 12.7φPCストランド | 1840MPa | 1580MPa | 196GPa | - |
| 6φメッシュ筋 | 708MPa | 642MPa | 192GPa | 12.50% |
| D10U字型筋 | 485MPa | 344MPa | 191GPa | 28.50% |
| D13プレート定着筋 | 529MPa | 358MPa | 197GPa | 24.60% |
| 超軽量コンクリート | 圧縮強度 | 引張強度 | ヤング係数 | 比重 |
| 緊張時 | 33.4MPa | 1.72MPa | 12.7GPa | 1.4 |
| 加力時 | 38.3MPa | 2.38MPa | 13.5GPa | 1.4 |

3.2 試験体

試験体形状は、断面を $b \times D = 500 \times 220\text{mm}$ 、全長を 2m (せん断実験：純曲げ区間 1000mm, せん断スパン 450mm) および 6.1m (曲げ実験：純曲げ区間 1200mm, せん断スパン 2400mm) の実大スケールとし、両端部の掛かり部分の長さは 50mm とした。PC ストランドは、φ12.7mm の 7 本より線 2 本を部材重心軸から偏心距離 35mm の位置に直線配置した。せん断試験体はストランド定着端部の補強方法をパラメータとした。

図-1にスラブ端部せん断実験の試験体形状および加力図を示す。せん断試験体 S1はPCストランドのみ、S2試験体はS1試験体到下端補強筋としてワイヤーメッシュ筋(6φ@100)を配したもの、S3およびS4試験体はS2試験体の定着端部にU字型補強筋(D10-2組)、プレート定着補強筋(D13-2本)をそれぞれ加えたものとした。また、曲げ試験体は、M1: ワイヤーメッシュ補強、M2: ワイヤーメッシュ+U字型補強筋の2体である。

図-2には曲げ試験体の側面図および加力図を示した。図-2に示すように、せん断、曲げ試験体ともそれぞれ両側面にはPCストランドの配線高さ位置に歪ゲージを連続に貼付した。

3.3 実験方法

加力は図-1および図-2に示すように2点集中による一方向载荷とし、試験体中央部の鉛直変位量を測定した。また、プレストレス導入時には側面のコンクリート歪を測定することによりPCストランド定着長さを検証した。

4. 実験結果

4.1 PCストランド定着長さ

図-3にせん断試験体および曲げ試験体のPCストランド2本の合計導入プレストレス力(P_{exp})の材軸方向分布を示す。各測定点における P_{exp} はコンクリート圧縮ひずみ実測値(ϵ_{cp})を用いて求めた。せん断試験体では端部補強形式の違いによる影響はみられない。 $P_i=261kN$ 時には $P_i=147kN$ 時のような P_{exp} が一定になる部分がなくなり、中央を頂点とする山型となっているので、定着長さは決定し難い。しかしながら曲げ試験体では、 $P_i=258kN$ 時の定着長さは約1000mmであることから、せん断試験体も同様で中央部までの1000mmであったことが推定できる。この長さは、ストランド径(12.7mm)の約80倍に相当する。

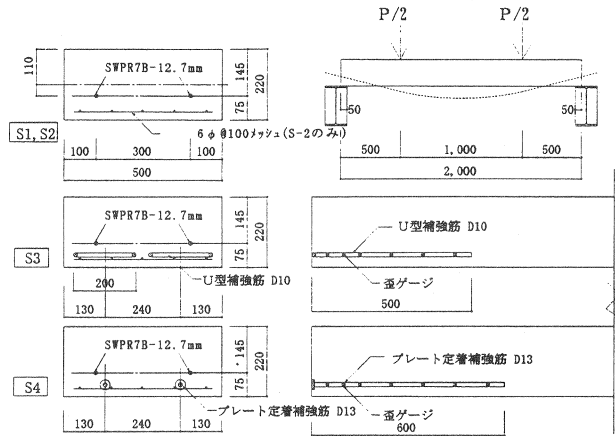


図-1 せん断試験体断面形状および加力図

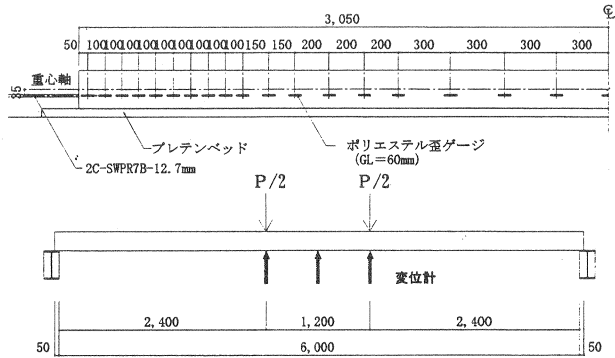


図-2 曲げ試験体側面図および加力図

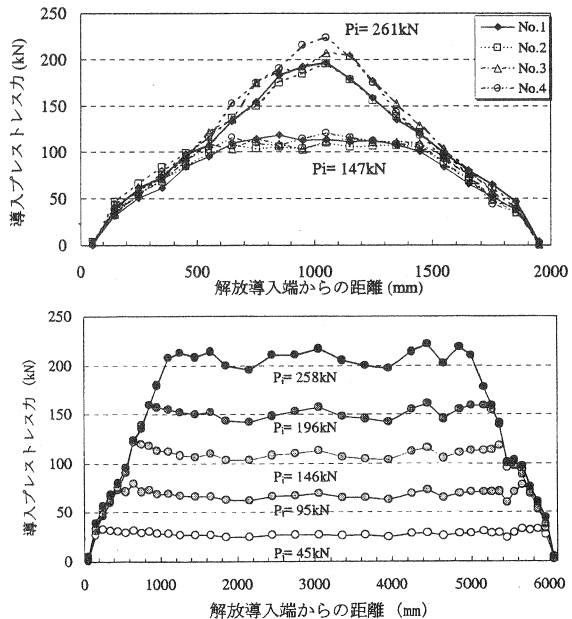


図-3 導入プレストレス力の材軸方向分布

4.2 端部せん断実験結果

図-4に各試験体の荷重(P)－中央部変位量(δ)関係を比較して示す。また、写真-1に端部定着部の最終破壊状況を示す。各試験体とも初期剛性は同じで計算値とよく一致している。ひび割れはS1試験体が他の試験体に比べて低く、 $P=70$ kNで加力点下に発生した。そして、発生と同時にPCストランドの付着破壊を起こし、ひび割れが大きく開いたために試験を終了した。S2, S3, S4各試験体のひび割れ発生は $P=80$ kN付近で起こり、その後もワイヤーメッシュが引張力に抵抗することによりひび割れが分散し、耐力が上昇した。S2試験体はS3, S4試験体に比べてひび割れ発生後の剛性低下がやや大きく $P=143$ kN ($\delta=12.6$ mm) でせん断破壊を示した。S3, S4試験体はさらに変位が伸びて、ワイヤーメッシュ筋の降伏後に $P=150$ kN ($\delta=15.1$ mm)、 $P=145$ kN ($\delta=20.0$ mm) でPCストランドの付着破壊で試験を終了した。図-5に端部補強筋の歪分布を示すが、S3, S4試験体とも、ひび割れ発生が加力点下であることから端部より450 mmの位置の歪が増大している。D10を4本配置したかたちのS3試験体は初期の段階から歪が増え、ひび割れ時には降伏に達しているが、長さを500mmと設定したため付着が切れ、以後、他の部分の歪は増えていない。これと比較して、2本のD13で補強したS4試験体は、ひび割れ時の歪値は小さいが長さを600 mmと100 mm長くしたため、以後の付着切れが少なく最終時の歪の分布を見ると、鉄筋端部まで応力が伝達されているのがわかる。今回の実験結果から、U字型補強筋およびプレート定着補強筋はスラブ端部定着部のせん断補強に有効であること。またワイヤーメッシュ筋が用心鉄筋として十分な役割を示すことが確認された。

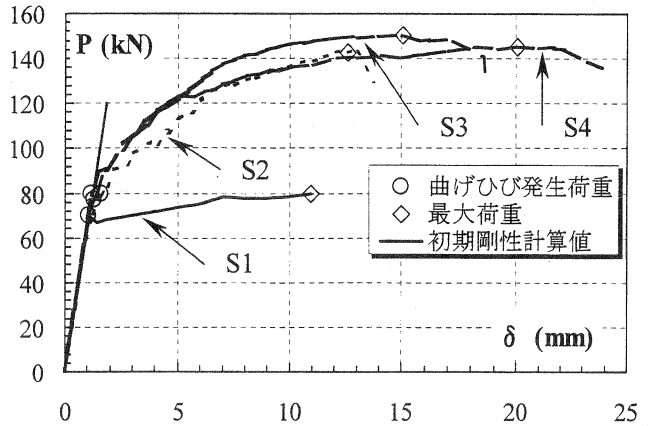


図-4 P- δ 関係の比較

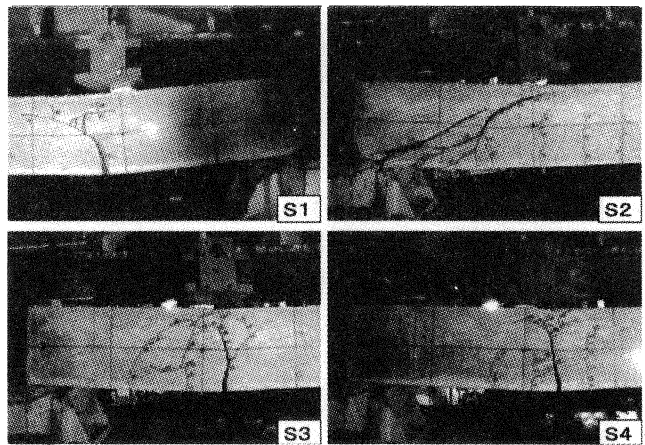


写真-1 定着端部の最終破壊状況

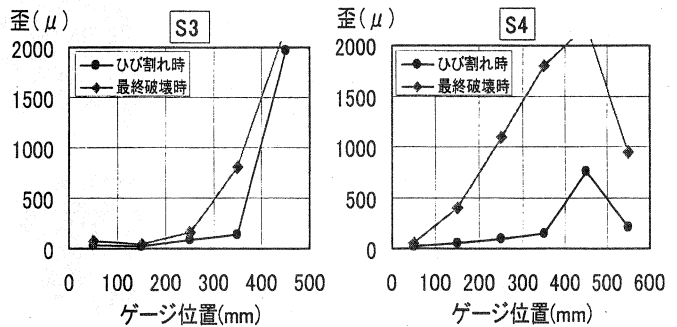


図-5 端部補強筋の歪分布

4.3 曲げ実験結果

実験結果として図-6に荷重(P) - 中央部変位量(δ) 関係を、図-7に端部補強筋の歪分布を、また写真-2に M1 試験体の最終状況を示す。図-6より M1 試験体は上端コンクリートの圧壊で、M2 試験体はたわみ角 1/50 で試験を終了したが、2体の試験体の履歴曲線はほとんど同じであり、写真-2のようにひび割れが分散し、最終まで安定した変形性能を示した。図-7より端部補強筋の歪は小さく、補強筋による影響は少なかったといえる。2体とも10 kNを越えたあたりでひび割れが発生した。これは計算値より低い値であった。また初期剛性も計算より高くでていることから、曲げ実験では両端の支点による拘束が影響したものであると思われる。最大耐力に関しては、終局耐力計算値に比べ高い値を示した。仮に積載荷重 4.5 kN/m^2 を考えた場合、中央に同じモーメントを与える P を計算すると 8.3 kN であるので、実設計レベルのスラブとして十分な耐力と変形性能を示したといえる。

5. まとめ

今回の超軽量コンクリートを用いたフラットスラブの実験の結果から、端部のU字型およびプレート定着補強筋はせん断補強に有効であり、実設計レベルのスラブとして十分な構造性能を有していることが確認された。

謝辞 本研究は PC 超軽量コンクリート研究会 (オリエンタル建設, 川田建設, 黒沢建設, 昭和コンクリート工業, ドービー建設工業, 日本鋼弦コンクリート, 日本ピー・エス, ピー・エス, ピーシー橋梁, 富士ピー・エス, フドウ建研) の「超軽量コンクリートのプレテンション部材への適用性研究」の活動の一環として、東京理科大学松崎研究室のもとで行ったものである。

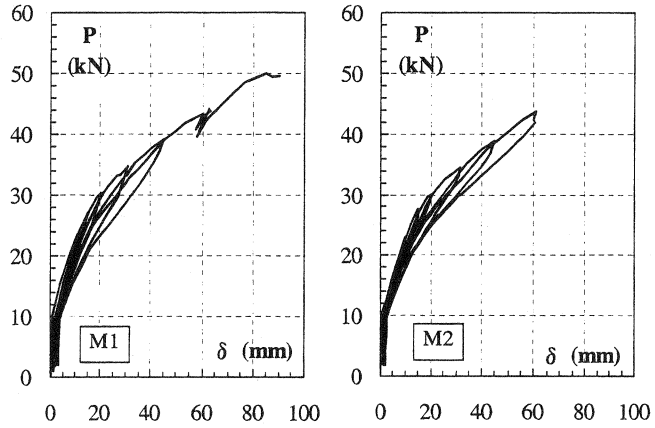


図-6 P- δ 関係 (曲げ実験)

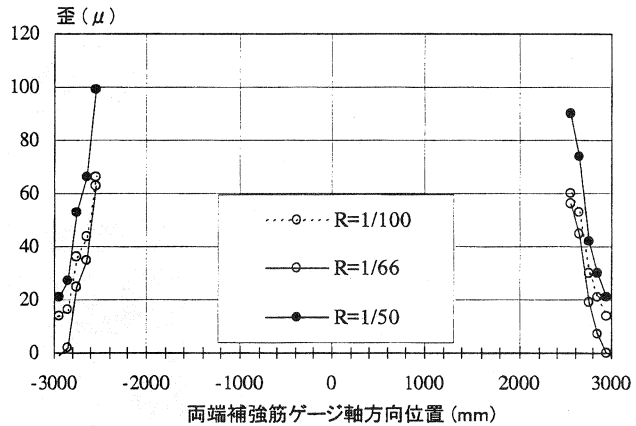


図-7 端部補強筋の歪分布

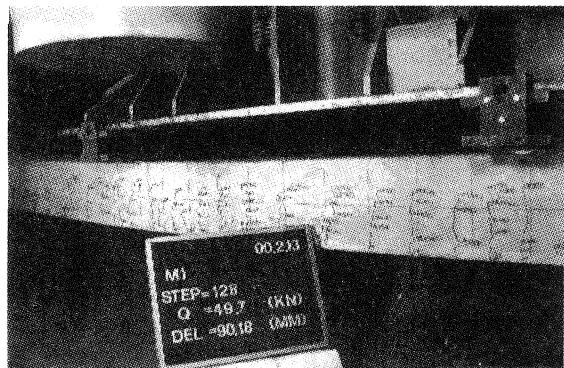


写真-2 M1 試験体最終状況