

トラス筋を用いた軽量スラブの構造特性

極東工業株式会社 正会員 ○黒川 裕文
 極東工業株式会社 工修 牛尾 亮太
 極東工業株式会社 工修 谷口 義則

1. はじめに

筆者らは、歩道橋など比較的小さな荷重に対応する新しい床版構造としてトラス筋を用いた軽量スラブ(以下 KS スラブ)の開発^{1,2)}を行っている。

KS スラブの基本構造は、上下に配置した厚さ 5cm のコンクリート版をトラス筋によって一体化した構造である。(図-1)

そして KS スラブは図-2 に示すように、トラス筋のみで上下コンクリート版を結合したタイプ(以下 A タイプ)とトラス筋とコンクリートウェブで上下コンクリート版を結合したタイプ(以下 B タイプ)の 2 種類を提案している。

本稿では、KS スラブの概要を説明するとともに構造特性を把握するために、実物大の A タイプ KS スラブを用いて実施した「曲げ載荷試験」「せん断載荷試験」「押抜き載荷試験」の結果を紹介する。

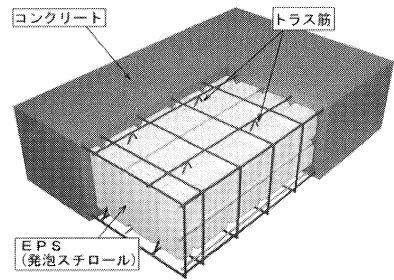


図-1 KS スラブ

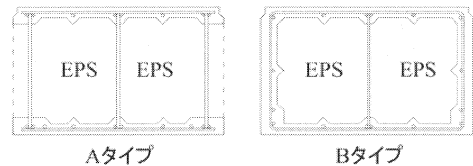


図-2 KS スラブのタイプ

2. KS スラブの概要

KS スラブの特徴は以下の通りである。

- 構造性：トラス筋を縫うように EPS を埋設型枠として使用し、上下コンクリート版を一体として製作したプレキャスト床版である。
- 軽量化：今回試験を行った支間 15m の KS スラブの重量は 410kg/m² であり、従来の PC 床版の重量 900 kg/m² の 45% 程度の重量である。
- 高流動コンクリート：3H-CRETE (NETIS 登録 No.CB-030101), EA-CRETE (NETIS 登録 No.CG-060016-A) を活用している。これらのコンクリートは混和材料として産業副産物を利用しており、環境負荷低減も図れる。

また、KS スラブの適用範囲は、支間 5~15m、荷重 3.5kN/m² を考えている。今回提案した A タイプ B タイプの特徴は以下の通りである。

- A タイプの特徴：トラス筋のみでせん断力を伝達させる構造で KS スラブの基本構造である。
- B タイプの特徴：コンクリートウェブを有することで、せん断耐力の向上、EPS の耐候性を向上させた構造で従来の PC 中空床版と構造的に近い。A タイプより若干重量が大きくなる。

3. 曲げ載荷試験

3.1 試験概要

使用材料を表-1 に示す。載荷時のコンクリート圧縮強度は 75.1N/mm²、ヤング係数は 35kN/mm² である。曲げ載荷試験概要を図-3 に、試験体の断面を図-4 に示す。載荷は静的二点載荷で実施し、荷重、たわみ、トラス筋

表-1 使用材料

材料名	規格・強度
コンクリート	設計基準強度 50N/mm ²
PC鋼材	SWPR7BL 1S15.2
鉄筋	D13-SD295
トラス筋	φ16-SR235

のひずみを測定した。

3. 2 試験結果

(1) 荷重-たわみ関係

支間中央における荷重とたわみの関係を図-5に示す。図中の設計荷重は、表-2を設計荷重とした時の設計曲げモーメントを載荷荷重に換算したものである。たわみの実測値と弾性解析による計算値を比較すると、曲げひび割れ発生荷重(約 95kN)まで実測値と計算値は一致しており、設計荷重時の照査は弾性解析で可能といえる。

終局時について、コンクリートの終局ひずみを 3500×10^{-6} とした圧縮合力と引張力の釣り合いから求めた終局荷重の計算値は約 150kN であり、実測値の終局荷重と一致した。従って、KS スラブの終局耐力は力の釣り合い条件を用いて照査することが可能といえる。

靱性について、鋼材降伏時のたわみを 18(55mm) とすると、終局時のたわみは 8.48(464mm) であり、KS スラブは靱性に富んでいる。

(2) 荷重-トラス筋のひずみ関係

トラス筋に設置したひずみゲージ位置及び荷重とトラス筋のひずみの関係を図-6に示す。

設計荷重時について、トラス筋の座屈や降伏は見られなかった。トラス筋⑥に着目すると、ひずみの実測値は -328×10^{-6} であった。弾性解析値から求めたトラス筋⑥のひずみの計算値は、 -320×10^{-6} であり、実測値が 3%程度大きい結果となった。

終局時時について、荷重約 150kN でトラス筋⑥が座屈した。弾性解析によるトラス筋の降伏荷重の計算値は、約 210kN であり、実測値が 30%程度小さい結果となった。

(3) 破壊状況

破壊は、支点から 1.5m 付近でコンクリート版に水平方向のひび割れが発生して脆性的な破壊が起こった。これは、トラス筋が座屈することにより平面保持状態が崩れ、コンクリート版に大きなせん断軸力が発生したためと考えられる。

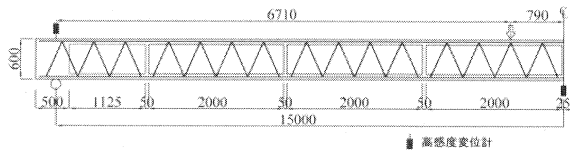


図-3 載荷試験概要 (unit:mm)

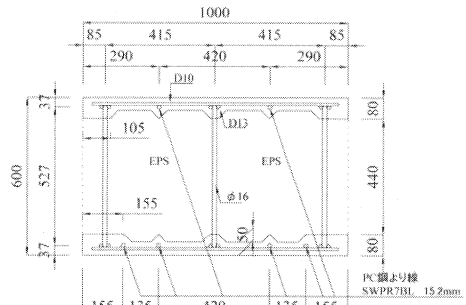


図-4 試験体断面 (unit:mm)

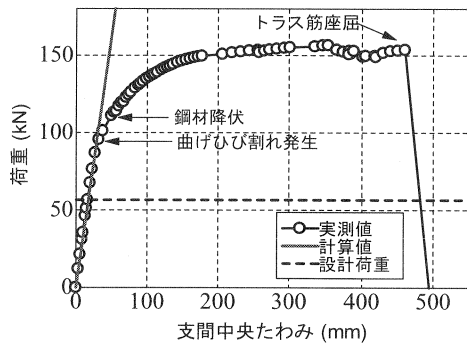


図-5 荷重とたわみ関係

表-2 設計荷重

コンクリート 単位重量 (kN/m^3)	舗装荷重 (設計舗装厚100mm) (kN/m^2)	群集荷重 (kN/m^2)	雪荷重 (kN/m^2)
24.5	2.3	3.5	1.0

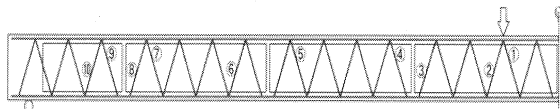


図-6 荷重とトラス筋のひずみ関係

4. せん断载荷試験

4. 1 試験概要

せん断試験体はトラス筋の配置も含め、図-3の支点位置と同形状となるように製作した。せん断载荷試験概要を図-7に示す。使用材料と使用断面は曲げ試験体と同じとした(図-4)。

4. 2 試験概要

(1) 荷重-たわみ関係

支間中央における荷重とたわみの関係を図-8に示す。設計荷重は、曲げ試験体のスケールで算出した設計せん断力を载荷荷重に換算したものである。

たわみの実測値と弾性解析による計算値を比較すると、設計荷重(約100kN)付近まで実測値は計算値と一致したことから、設計荷重時の照査は弾性解析を用いることが可能といえる。

設計荷重以降は、曲げ変形により計算値から徐々に離れ、たわみ約12mmで荷重が最大となった。

(2) 荷重-トラス筋のひずみ関係

図-9にトラス筋に設置したひずみゲージ位置及び荷重とトラス筋のひずみの関係を示す。

設計荷重時について、トラス筋の座屈や降伏は見られず、ひずみは線形的に増加した。トラス筋②に着目すると、設計荷重時の実測ひずみ値は -537×10^{-6} であり、弾性解析値からめたトラス筋②のひずみの計算値は、 -438×10^{-6} であった。実測値と計算値を比較すると実測値が20%程度大きい結果であった。

終局時について、荷重約180kNでトラス筋②が座屈を起こした。弾性解析によるトラス筋の降伏荷重の計算値は、約245kNであり、実測値は計算値より25%程度小さい結果であった。

トラス筋の挙動について、座屈荷重までトラス筋は弾性挙動を示した。しかし、座屈直前のひずみの実測値は、弾性解析値より20%程度大きい結果であった。

トラス筋のひずみの実測値と弾性解析によるひずみの計算値が一致しない理由としては、曲げ変形により付加応力が発生したことが要因の一つと考えられる。

(3) 破壊状況

破壊状況を写真-1に示す。破壊は、荷重約200kNで下側コンクリート版に水平方向のひび割れが発生した。

これは、曲げ载荷試験と同様に、トラス筋が座屈することにより平面保持状態が崩れ、コンクリート版にせん断軸力が発生したためと考えられる。

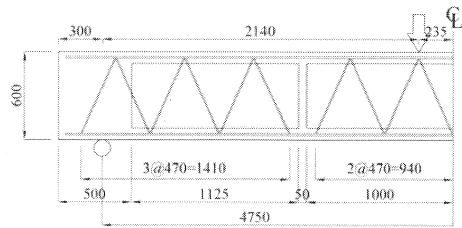


図-7 試験体概要 (unit:mm)

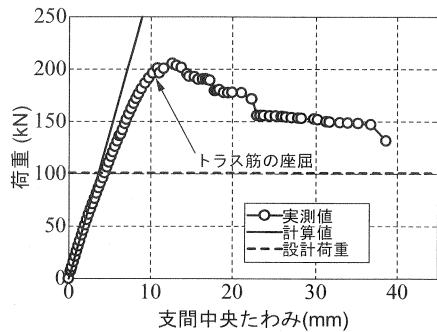


図-8 荷重とたわみの関係

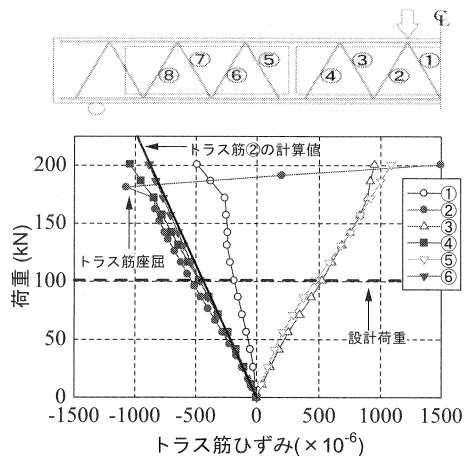


図-9 荷重とトラス筋のひずみ関係

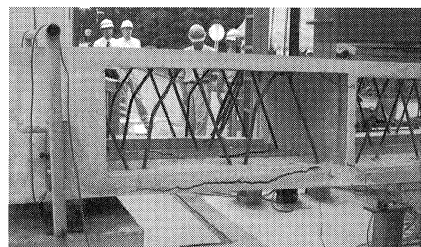


写真-1 破壊状況

5. 押抜きせん断载荷試験

5. 1 試験概要

局所的な集中荷重がコンクリート版に作用した際の耐荷性能を確認するために押抜きせん断試験を実施した。载荷時のコンクリート圧縮強度は 63.7N/mm^2 、ヤング係数は 28kN/mm^2 であった。

図-10 に载荷試験概要と断面図を示す。荷重は支圧板 ($50\times 50\text{mm}$) を介して与えた。ここで、EPS の有無による構造性能の違いを確認するため、EPS ありと EPS なしの2種類の試験体で载荷試験を実施した。

5. 2 試験結果

载荷点中央変位を図-11 に示す。なお、図中の設計耐力は文献③を参照して算出した。破壊状況を写真-2 に示す。

図-11 より荷重約 40kN まで EPS の有無による差異は確認されなかった。

最大荷重を比較すると EPS なしの場合約 50kN 、EPS ありの場合約 55kN であり、約1割程度 EPS ありの方が大きくなった。これは、コンクリート版と EPS が面で接しているためであり、EPS が押抜きせん断耐力に寄与するといえる。

実測値と設計耐力を比較すると、EPS なしの押抜きせん断耐力は2.3倍程度、EPS ありの押抜きせん断耐力は2.5倍程度であった。

6. おわりに

KS スラブは試験結果から、今回想定した群集荷重等の軽荷重に対しては十分な構造性能を有していると考えられる。

現在、試験に示したような群集荷重や T-6 荷重程度の輪荷重に対応した KS スラブの標準化、規格化を進めている。また、KS スラブは軽量性や防振性にも優れていることから、浮体構造物や土中防振壁への適用を視野に入れて開発を進めている。

参考文献

- 1) 谷口義則他：トラス鉄筋を用いた軽量スラブの力学特性，土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集，2006.9
- 2) 江良和徳他：トラス筋を有する軽量スラブの曲げ及び押抜きせん断特性，土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集，2005.9
- 3) (社)土木学会：2002 年制定コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，2002.3

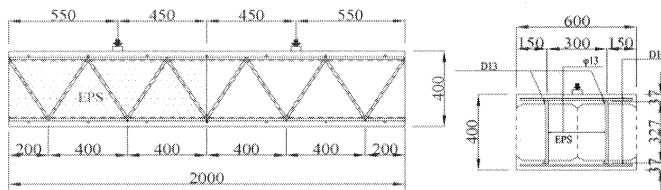


図-10 载荷試験概要と断面図 (unit:mm)

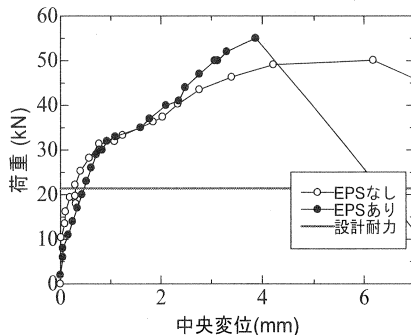


図-11 荷重と変位関係

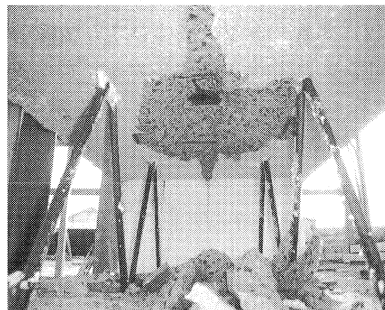


写真-2 破壊状況 (EPSなし)