

トラス筋を用いた軽量スラブ (KS スラブ)



所属名: 極東工業(株)
発表者: 牛尾亮太

1. はじめに

都市再開発にともなうペDESTリアンデッキ用床版, 歩道橋, 水路蓋といった比較的小さい荷重が作用する場所への適用を前提として, 軽量スラブ(以下 KS スラブ)の開発¹⁾を行った。KS スラブは高流動コンクリートを使用した上下面の薄肉コンクリート版とトラス筋を結合した構造である。そのイメージを図-1 に示す

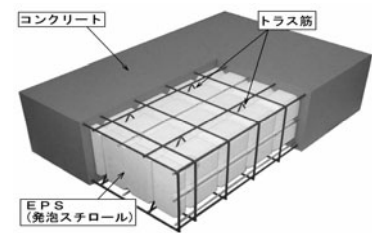


図-1 KS スラブ

KS スラブの主な特徴は, 以下のとおりである。

- 【軽量性】 コンクリート部材厚を小さくすることで軽量化を図っている。
- 【経済性】 運搬費・架設費・横組工費のコスト縮減が可能となる。
- 【作業性】 高流動コンクリートの使用及び軽量化により作業性の向上が図れる。
- 【環境負荷低減】 コンクリート混和材に産業副産物を活用しており, 環境負荷低減に貢献する。
- 【断熱性・防振性】 EPS を中空型枠としており, 断熱性・防振性に優れる。

ここでは, KS スラブの軽量性・経済性・環境負荷低減について詳述するとともに, 実用化に向けて実施した構造性能試験結果と施工事例を紹介する。

2. KS スラブの概要

2.1 KS スラブの適用範囲

KS スラブは, 図-2 に示すように KS タイプと KST タイプを提案した。各タイプの適用範囲は表-1 に示すとおりである。なお, スラブ幅は間詰め幅 10mm を含んで 1.00m と 1.25m になるように設定した。

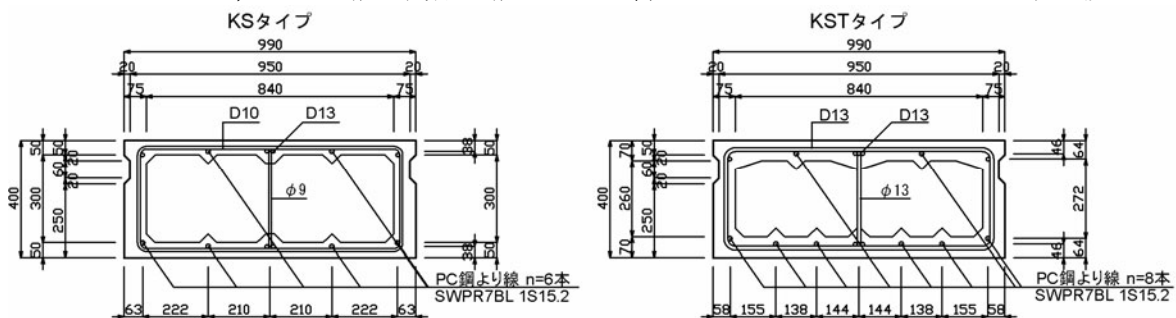


図-2 KS スラブの断面図 (支間長 10m の場合)

表-1 KS スラブの各タイプの適用範囲

| | 支間 | スラブ幅 | 活荷重 |
|--------|-------|---------------|---------------------------|
| KSタイプ | 5~15m | 990mm, 1240mm | 群集荷重 5.0kN/m ² |
| KSTタイプ | 5~15m | 990mm, 1240mm | T-6 |

2.2 軽量性

KS スラブと軽荷重スラブ橋桁の単位面積あたりの重量の比較を図-3, 4 に示す。一例として支間長

10m の KS タイプと軽荷重スラブ橋桁の重量を比較すると、スラブ幅 990mm の場合は 30%、スラブ幅 1240mm の場合は 34%の軽量化が図れる。一方、KST タイプと軽荷重スラブ橋桁の重量を比較すると、スラブ幅 990mm の場合 23%、スラブ幅 1240mm の場合 27%軽量の軽量化が図れる。

なお、図-3 の軽荷重スラブ橋桁は、軽荷重スラブ橋桁の適用活荷重が T-10 であることから適用支間を 1 ランク下げている。

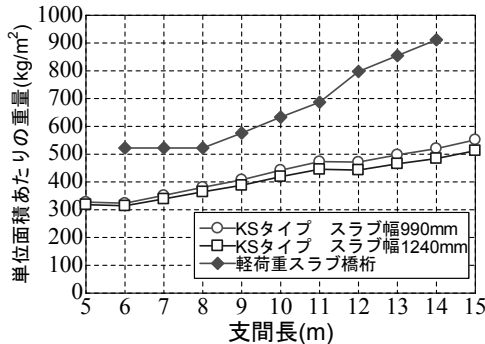


図-3 KS タイプの重量比較

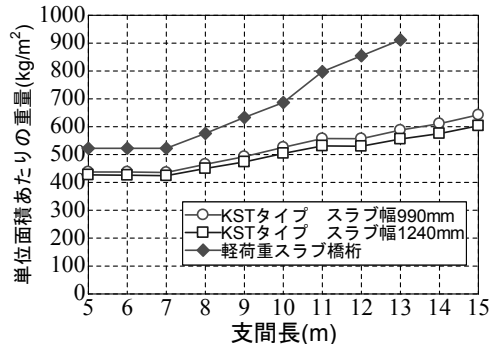


図-4 KST タイプの重量比較

2.3 経済性

図-5 に示す支間長 10m、全幅員 6m の歩道橋について KS スラブと軽荷重スラブ橋桁の建設コストの比較を行なった。

【主桁工】高流動コンクリートを用いることで作業の省力化が図れ、KS スラブは 1 割程度のコスト縮減が見込まれる。

【運搬工・架設工】軽量化により KS スラブは 2 割程度のコスト縮減が見込まれる。

【横組工】KS スラブは独立版で設計していることから横締めが不要となり、8 割程度のコスト縮減が見込まれる。

【全体工】橋体工の直接工事費で比べると KS スラブは 2 割程度のコスト縮減が見込まれる。

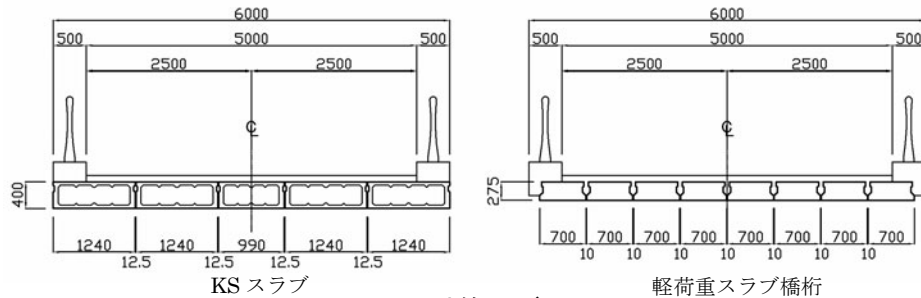


図-5 試算モデル

2.4 環境負荷低減

図-5 に示した支間長 10m、全幅員 6m の歩道橋について KS スラブと軽荷重スラブ橋桁の主桁製作による CO₂ 排出量の試算²⁾を行った。表-2 に CO₂ 排出量の試算結果を示す。

表-2 より、KS スラブは軽荷重スラブ橋桁に比べて CO₂ の総排出量が約 42%少なく、環境負荷低減に貢献する。

その主な理由として、KS スラブに使用する高流動コンクリート(3H-CRETE:NETIS 登録No.CB-030101,

表-2 CO₂ 排出量の試算結果

| 項目 | 単位 | 数量 | | CO ₂ 排出量(kg・CO ₂) | | 備考 | |
|-------|-----------|----------------|----------|------------------------------------------|----------|------|---------------------------------------------------------------------|
| | | KSスラブ | 軽荷重スラブ橋桁 | KSスラブ | 軽荷重スラブ橋桁 | | |
| 主要資材 | コンクリート | m ³ | 10.6 | 14.9 | 3395 | 6269 | KSスラブ: $\sigma_{c,s}=50N/mm^2$ 軽荷重スラブ橋桁: $\sigma_{c,s}=70N/mm^2$ |
| | PC鋼材 | kg | 347 | 1040 | 523 | 1567 | KSスラブ: IS15.2 軽荷重スラブ橋桁: IS12.7 |
| | 鉄筋 | kg | 696 | 472 | 326 | 221 | KSスラブ: SD295A, SR235 軽荷重スラブ橋桁: SD295A |
| 資材運搬* | 燃料消費によるもの | 時間 | 13.3 | 13.3 | 527 | 527 | 11tトラック |
| | 機械消耗によるもの | 時間 | 13.3 | 13.3 | 221 | 221 | |
| 機材使用 | 工場 | t | 26.5 | 37.2 | 454 | 637 | 電気 重油 軽油 |
| 合計 | - | - | - | - | 5447 | 9443 | |

EA-CRETE : NETIS 登録 No.CG-060016-A)は、セメントの一部を混和材(産業副産物)に置換しているため、セメントの使用量が少ないことが挙げられる。

3. 構造的な性能試験

3.1 曲げ試験

図-6 に示す試験体を製作し曲げ試験を行った。

支間中央における荷重とたわみの関係を図-7 に示す。たわみの実測値は全断面有効時の RC 計算値と同等の値を示しながら推移した。そして、荷重約 140kN でスラブ下面にひびわれが発生した後、実測値は計算値から徐々に離れた。約 300kN で最大荷重に達したあとも急激な荷重の減少や変位の増大を見ることなく上板上面のコンクリートの圧壊により破壊に至った。

終局荷重について、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 253kN であり、実測値は計算値以上であった。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であった。

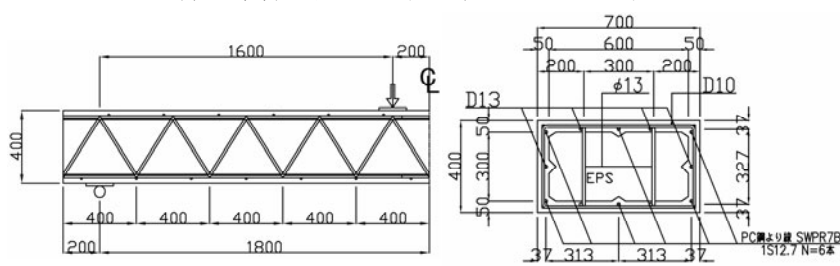


図-6 試験体概要 (unit:mm)

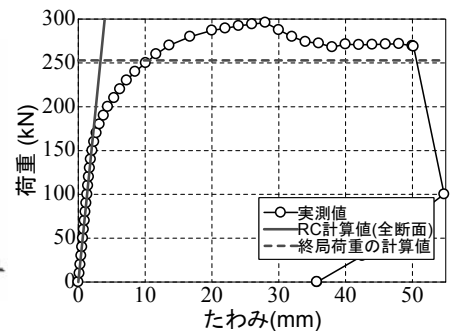


図-7 荷重とたわみの関係

3.2 せん断試験

せん断試験はトラス筋に着目しコンクリートウェブの無い図-8 に示す試験体で実施した。

図-9 に荷重とトラス筋のひずみの関係を示す。図中の凡例番号は図-8 中のトラス筋の番号である。

トラス筋の座屈荷重について、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。

トラス筋のひずみについて、荷重 50kN 付近まで実測値は弾性解析による計算値と同等の値を示しながら推移した。その後、荷重の増加にともなって実測値は弾性解析による計算値から徐々に離れた。座屈直前のトラス筋のひずみの実測値と弾性解析による計算値を比較すると、実測値は計算値より 20%程度大きい結果であった。この実測値と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トラス筋に発生したことが要因の一つと考えられる。

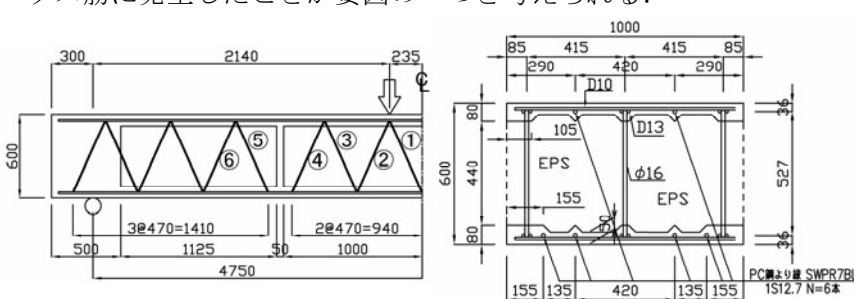


図-8 試験体概要 (unit:mm)

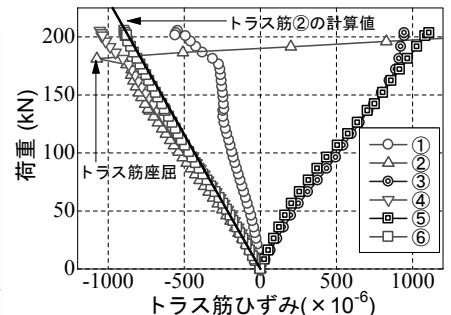


図-9 荷重とトラス筋のひずみ関係

3.3 押抜きせん断試験

薄肉コンクリート版に局所的な力が作用した際の性能確認として図-10 に示す試験体を用いて押抜きせん断試験を行った。また合わせて EPS の有無による構造的な性能の違いも確認した。なお、荷重は支圧板

(50×50mm)を介して与えた。

載荷点中央変位を図-11に示す。なお図中には文献³⁾を参照して算出した設計耐力も併記している。

図-11より荷重約40kNまでEPSの有無による大きな変位差は無かった。これ以降、EPSなしは約50kNまで荷重が増加し、EPSありは約55kNまで荷重が増加した。EPSなしの場合とEPSありの場合で最大荷重を比較すると約1割程度の差が現れた。

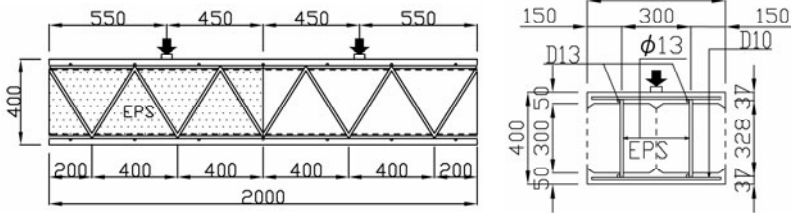


図-10 試験体概要

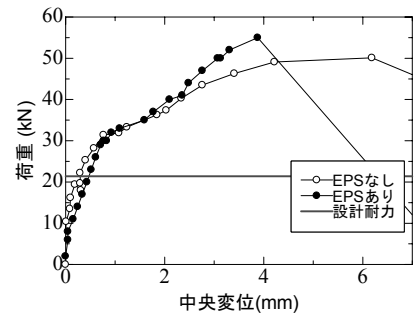


図-11 荷重と変位の関係

4. 施工事例

4.1 施工事例①

施工事例①として広島県 北広島町発注の橋梁に採用されたKSスラブを紹介する。図-12に断面図、表-3に設計条件を示す。

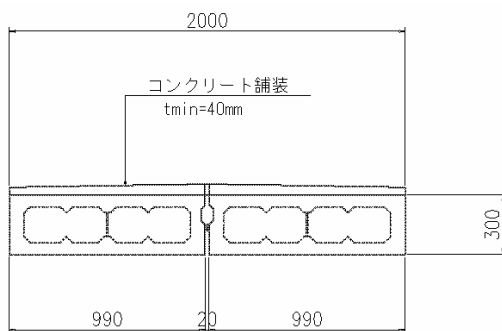


図-12 断面図

表-3 設計条件

| | |
|----------|-------------|
| 活荷重 | T-6 |
| 橋長 (m) | 8.500 |
| 桁長 (m) | 8.460 |
| 支間長 (m) | 8.160 |
| 有効幅員 (m) | 2.000 |
| 斜角 | 90° 00' 00" |

KSスラブの製作状況を写真-1～4に示す。



写真-1 鉄筋組立完了

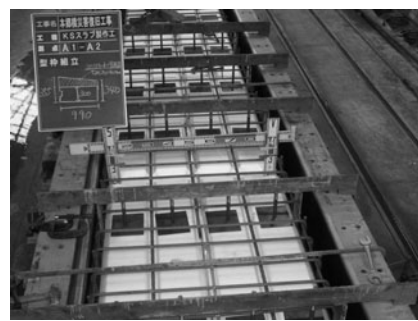


写真-2 型枠組立状況



写真-3 コンクリート打設



写真-4 製品出荷前状況

4.2 施工事例②

施工事例②として NEXCO 西日本(株)発注の水無橋で採用された KS スラブを紹介する。図-13 に断面図、表-4 に設計条件を示す。

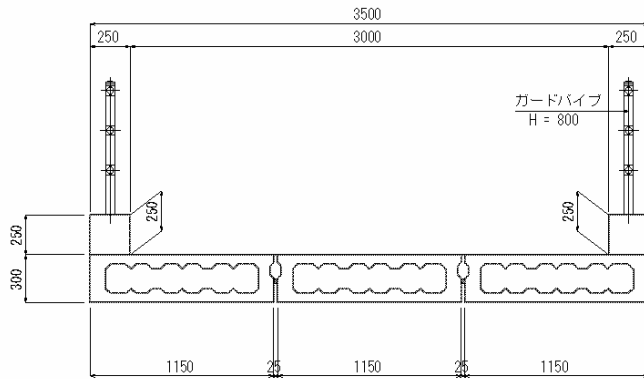


図-13 断面図

KS スラブの現場での施工状況を写真-5～8 に示す。



写真-5 架設前状況

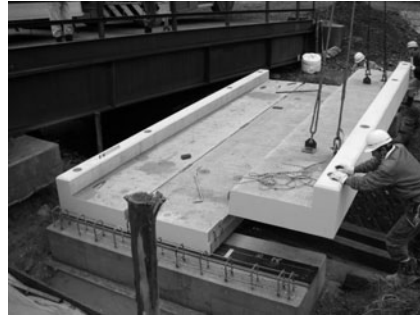


写真-6 架設状況



写真-7 間詰めモルタル打設



写真-8 完成状況

5. おわりに

KS スラブは、2006 年 7 月に島根県の新技术活用支援制度「しまね・ハツ・建設ブランド」の選考において、フィールド実証工事指定として実施する技術と判断された。

そして、KS スラブは本稿で紹介した軽荷重用床版としての活用だけでなく、KS スラブの特徴である軽量性を活かした浮体構造物や防振性を活かした土中防振壁への適用も視野に入れて開発を進めている。

【文献】

- 1)例えば谷口ら：トラス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,pp1171-1172,2006.9
- 2)(社)土木学会：コンクリート技術シリーズ No.44 コンクリートの環境負荷評価,2002.5
- 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