

(80) 圧縮ジョイントを用いたプレキャストPC版舗装の実験および解析結果

運輸省港湾技術研究所・研修生(株)・エス 正会員 ○ 赤嶺文繁  
 運輸省港湾技術研究所 八谷好高  
 運輸省港湾技術研究所 室園正徳

1. はじめに

空港エプロン舗装は、航空機荷重が持続して載荷されるため剛性の高いコンクリート舗装が適用されている。また、近年の労働力不足や限られた時間帯で施工を行なうことなどにより、プレキャストPC版舗装が多数使用されるようになった。プレキャストPC版舗装は工場製品であるプレキャストPC版を現場に運搬して敷き並べ、隣り合う版同士を連結するものである。そのため多くの目地を有し、その目地に雨水が進入した場合、ポンピング現象や路盤材の噴出、さらに縁部や隅角部のひび割れなどを生じさせることも少なくない。そこで、雨水の浸入を防ぎさらに荷重伝達機能の向上を目的とした圧縮ジョイントを考案した。圧縮ジョイントは、目地を挟んで配置した緊張材を緊張することで目地部だけに圧縮力を導入できる構造である。従来の目地の荷重伝達は、そのかみ合わせや鉄筋によるダウエル効果を期待したが、今回の圧縮ジョイントは、隣り合う版同士の摩擦により荷重伝達を行うものである。本稿ではこの圧縮ジョイントによる圧縮力が荷重伝達機能に与える影響およびその解析結果について報告する。

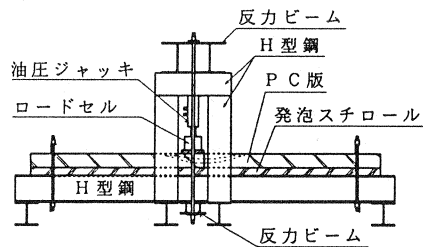


図1 載荷装置

2. 実験概要

載荷装置を図1に示す。H型鋼を並べて基盤を造り、その上に路盤材、PC版を敷設した。路盤材には硬質発泡スチロール(長さL=4.5m, 幅b=2.4m, 厚さH=150mm)を使用し、PC版は長さL=4.5m, 幅b=2.4m, 厚さH=240mmのものを2枚使用した。図2に実験供試体図を示す。2枚のPC版に目地10mmを設けて敷設し、目地材を注入して硬化後緊張材を配置した。圧縮ジョイントには、緊張材としてPCより線φ17.8を使用し、固定側はくさび、緊張側はナットを用いて定着した(図3)。実験パラメータとして、圧縮ジョイントの1本あたりの緊張力と設置間隔を変化させた(表1)。載荷位置は片側の版の目地中央とし、圧縮ジョイントの設置間隔が変化しても常にその直下には圧縮ジョイントが存在する。測定対象として、各圧縮力における目地方向および目地直角方向のコンクリート表面の変位およびひずみを計測した。

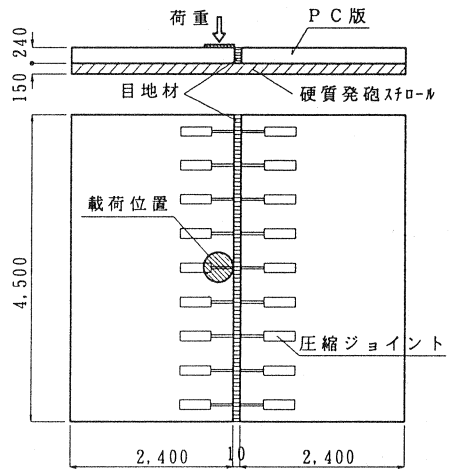


図2 実験供試体図(単位:mm)

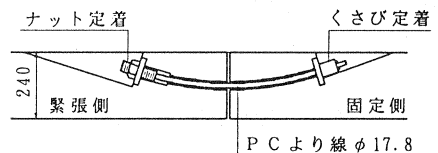


図3 圧縮ジョイント詳細図

表1 実験パラメータ

1本あたりの緊張力(kN)	0, 49, 98, 147, 196
ジョイント設置間隔(cm)	50, 100, 150

### 3. 解析概要

解析モデルを図4に示す。PC版の弾性係数およびポアソン比は、試験当日に圧縮試験を行い、その試験結果より  $E_c=23.6\text{kN/mm}^2$ ,  $\nu=0.21$  を採用した。路盤の弾性係数およびポアソン比は目地に働く圧縮力が作用していない場合の載荷試験結果と同等なたわみが得られる値とした ( $E_c=2.5\text{N/mm}^2$ ,  $\nu=0.1$ )。圧縮ジョイントのモデル化として、目地に作用させた圧縮力が接触面に一様に働くものと考えせん断ばねを分布させた。

従来のダウエルバーは曲げモーメントを伝えない構造として扱っているが、今回の圧縮ジョイントは曲げを伝える構造となるため、それを考慮できるモデル化が必要となる。そこで、目地を挟んで載荷側・非載荷側の上縁部を水平に剛性の高いばね( $10^4\text{kN/mm}^2$ )で連結することで目地直角方向の曲げモーメントを伝える構造を考えた。その概念的モデルを図5に示す。

せん断ばね定数の決定方法として以下のように考えた。予めせん断ばね定数と荷重伝達率の関係をFEM解析で求め(図6)、その関係を用いて実験で得られた荷重伝達率からせん断ばね定数を導いた。荷重伝達率の計算は次式を用いた。

$$Eff = 2d_i / (d_0 + d_i) * 100 \quad (\text{図7参照})$$

圧縮ジョイントを5本(100cmピッチ)を配置した場合のせん断ばね定数の算出結果を表2に示す。

表2 圧縮ジョイントのせん断ばね定数  $K_s$

支圧力 (kN)	0	49	98	147	196
$K_s$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	16.9	38.0	506.7	802.2	591.1

### 4. 実験結果

圧縮ジョイントを5本(100cmピッチ)を配置した時の載荷実験結果を示す。

#### (1) 荷重伝達率

圧縮ジョイント1本あたりの緊張力と上記で示した荷重伝達率の結果を図8に示す。緊張力が0kNの場合においても66%の荷重伝達率を得た。それは目地材の付着力により非載荷側へ荷重伝達を行ったと考えられる。緊張力が98kNを越えると荷重伝達率はほぼ一定の値となった。図8から圧縮ジョイントを5本配置する場合、1本あたりの緊張力が98kN(平均圧縮応力 $0.46\text{N/mm}^2$ )以上作用させることにより十分な荷重伝達機能を有することが判明した。

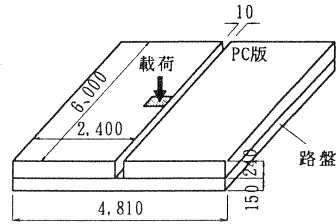


図4 解析モデル(単位: mm)

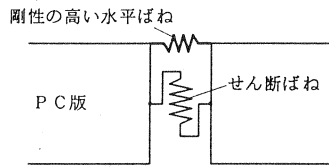


図5 目地のモデル化

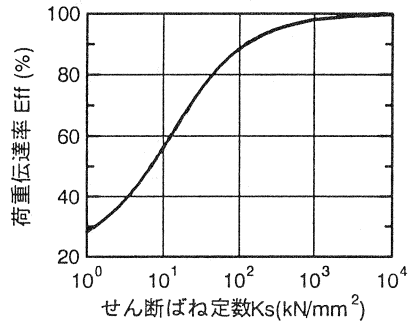


図6  $Eff-K_s$ の関係(解析値)

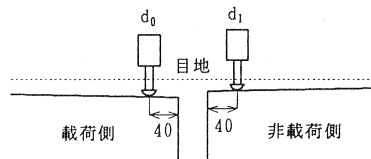


図7 荷重伝達率説明図(単位: mm)

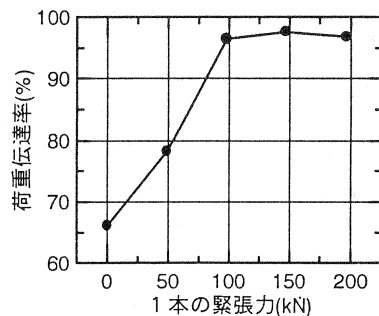


図8 荷重伝達率と緊張力(実測値)

(2) 目地方向たわみ分布

載荷荷重196kNにおける目地方向たわみ分布を図9に示す。図の左半分は載荷側で右半分が非載荷側のたわみ分布である。図中のkN数字は圧縮ジョイント1本あたりの緊張力を示す。緊張力が0kNの場合最大たわみが3.6mmであったのが、緊張力を増加させると徐々にその最大たわみが減少し、緊張力が196kNの時1.8mmまで減少した。非載荷側のたわみ変化はあまり見られなかった。

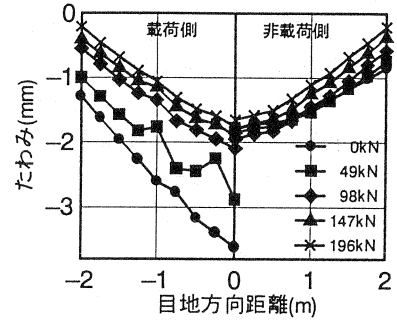


図9 目地方向たわみ分布

(3) 目地直角方向たわみ分布

載荷荷重196kNにおける目地直角方向たわみ分布を図10に示す。図の左半分は載荷側で右半分が非載荷側のたわみ分布である。緊張力が0kNの場合、載荷側版で目地部と目地部から離れた最外縁のたわみ差は最大であり、緊張力を増加させるとその差は減少していく傾向にある。非載荷側の変化はあまり見られなかった。

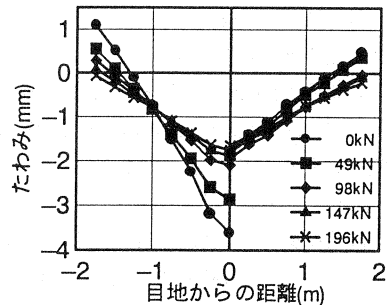


図10 目地直角方向たわみ分布

(4) 荷重-たわみ曲線

荷重と載荷側版中央のたわみの関係を図11に示す。緊張力が0kNの場合、目地が破損しないように最大荷重を196kNとした。緊張力が49kNの挙動は、載荷途中で傾きが変わっているため滑りが生じている様子が伺える。緊張力が98kNを越えるとはほぼ同じ挙動を示した。

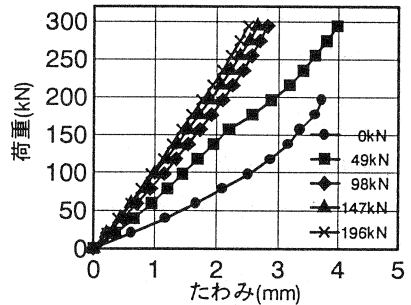


図11 荷重-たわみ曲線

(5) 荷重伝達率と平均圧縮応力

上記(1)~(4)では圧縮ジョイントを5本配置した載荷実験について述べた。図12においては、今回行ったすべての試験を対象にした結果である。

与えた緊張力の合計が目地部断面全体(L=4.5, 厚さh=240mm)に均一に作用すると考えた時の平均圧縮応力と荷重伝達率の関係を図12に示す。横軸が平均圧縮応力で縦軸が荷重伝達率を表す。平均圧縮応力が0N/mm<sup>2</sup>の場合、荷重伝達率は66%を示し、平均圧縮応力を増加させると荷重伝達率は著しく増加する。また、ある程度以上になると100%近い数字でほぼ一定となった。実測値結果を前半部分と後半部分に分けて、各々を一次式で回帰して示したのが図中の2本の実線である。その交点は平均圧縮応力で約0.3N/mm<sup>2</sup>であった。この図より、平均圧縮応力0.3N/mm<sup>2</sup>以上を与えれば十分な荷重伝達機能を発揮することが分かった。

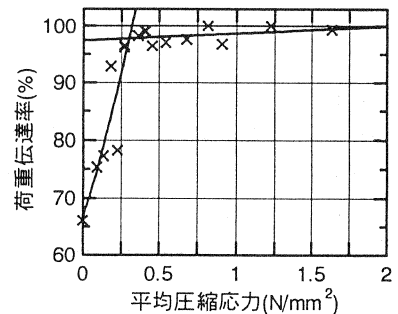


図12 荷重伝達率-平均圧縮応力

5. 解析結果

上記3. 解析概要で提案した解析手法を用いた計算結果と圧縮ジョイントを5本(100cmピッチ)使用した時の載荷実験結果との比較を行う。

(1) 目地方向たわみ比較

載荷荷重196kNにおける、圧縮ジョイント1本あたりの緊張力0kNおよび196kN時の目地方向たわみ分布と解析結果の比較を図13に示す。緊張力が0kNである(a)においては解析値が若干実測値より高めの値を示し、緊張力が196kNである(b)においては解析値が実測値よりも若干大きな値を示した。しかし、傾向はとらえていると考えられる。

(2) 目地直角方向たわみ比較

載荷荷重196kNにおける、緊張力0kNおよび196kN時の目地直角方向たわみ分布と解析結果の比較を図14に示す。緊張力が0kNである(a)においては若干の差異は見られるものの、緊張力196kNにおいては良い一致を示している。

(3) 目地方向ひずみ比較

載荷荷重196kNにおける、緊張力196kN時の非載荷側の目地方向ひずみ分布と解析結果の比較を図15に示す。解析値と実測値は良く一致している。

(4) 目地直角方向ひずみ比較

載荷荷重196kNにおける、緊張力196kN時の目地直角方向ひずみ分布と解析結果の比較を図16に示す。図の実線は上側が(1)従来より用いられているせん断ばねのみを考慮した場合の解析結果である。下側は(2)今回提案している水平に剛性の高いばねを用いた場合の解析結果である。(2)の方が非載荷側におけるひずみ分布をうまく表している。

6. まとめ

実験結果および解析結果より以下の知見が得られた。

- (1) 圧縮力を増加させることにより荷重伝達能力を著しく向上させることが可能である。
- (2) 平均圧縮応力 $0.3\text{N/mm}^2$ 以上を与えれば十分な荷重伝達機能を発揮することが分かった。
- (3) 今回提案したモデル化で目地直角方向の非載荷側のひずみが考慮できる。

7. おわりに

本稿では、圧縮ジョイントにおける圧縮力が荷重伝達機能に与える影響について述べた。そして、その解析手法についても提案した。圧縮ジョイントを考える上で大事なことは、上記で述べた弾性範囲内の挙動を把握すること、もう一つは摩擦切れを起こす最大荷重の把握である。よって、今後摩擦切れが起こる最大荷重の把握およびその定式化(例えば目地に働く圧縮力による)を行う必要があると考える。

<参考文献>

福手勤, 八谷好高: コンクリート舗装の目地部における荷重伝達機能, 土木学会論文報告集 第343号 pp.239-246, 1984.3

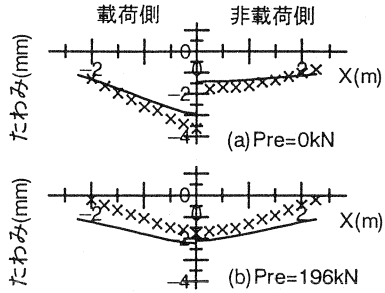


図13 目地方向たわみ比較

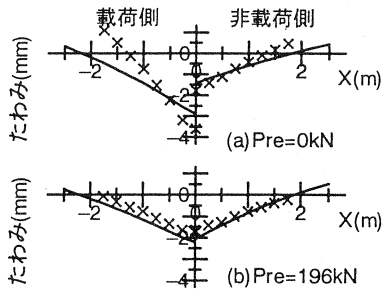


図14 目地直角方向たわみ比較

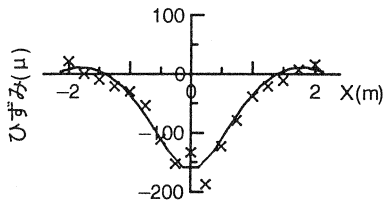


図15 目地方向ひずみ比較

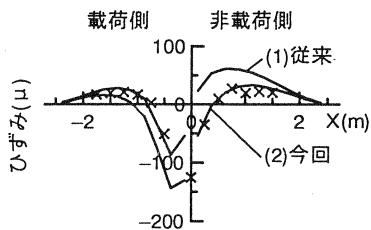


図16 目地直角方向ひずみ比較