

報 告

[2134] プレストレスを導入したワッフル型合成スラブの長期たわみに関する実験的研究

正会員 ○手塚 武仁 (清水建設技術研究所)
高田 博尾 (清水建設技術研究所)

1. はじめに

建築設計の計画面からの床スラブへの要求は、過大なたわみを長期に亘り発生しないで使用性能を満足することである。近年、10mを越えるような大スパンの床スラブが計画されることが増えており、このような大スパンの床スラブについて、過大な長期たわみや曲げひびわれの発生が少ない床スラブの構工法が、強く求められている。

一方、建築物の施工を考えると、床スラブの型枠工事は労務を多く消費する工事であり、工事の合理化は、床スラブ工事の合理化から取り組まなければならないとされている。

これらの背景に対して、一枚が50m²程度までの床スラブについては、各方面で研究・開発が活発に行われ、床スラブに関して多くの合理化構工法が実施されている。

筆者等は、10mを越えるような大スパンの床スラブについては、ワッフル型合成スラブにアンボンドP C鋼材を用いてプレストレスを導入する構工法とすることで、上記の所要性能を確保できるとの考えにより、プレストレスを導入したワッフル型合成スラブの曲げひびわれに関する基礎的研究を行った。その結果、アンボンドP C鋼材によりプレストレスを導入したワッフル型合成スラブは、使用時のたわみや曲げひびわれについての制御が可能で、復元性に優れた床スラブであることを既に明らかにしている¹⁾。

本報告は、リブ部分をプレキャスト部材として製作して、アンボンド・プレストレスを導入した後に、トッピング・コンクリートを打ち込んで施工するワッフル型合成スラブ（以下、HW合成スラブと呼ぶ）の長期たわみに関する実験の途中結果について述べる。

2. HW合成スラブの構工法の概要

HW合成スラブは、プレキャスト部材として製作したリブ部分に、アンボンドP C鋼材により平均軸圧縮応力度で10~20kgf/cm²のプレストレスをポストテンション方式で導入する。導入したプレストレスによる軸圧縮効果とP C鋼材の偏心配置によるキャンセル力を有効に使う、長期荷重に抵抗させ、長期たわみや長期ひびわれの制御を図ろうとする構法である。プレストレスの導入量が小さいので、使用するコンクリートの設計基準強度は210~270 kgf/cm²で十分である。

リブ部分の製作は、写真-1に示すような発泡ポリスチレン製型枠などを使用して、配筋とアンボンドP C鋼材を配置後にコンクリートを打ち込む方式である。アンボンドP C鋼材は外径が小さいとともに、グラウト作業が不要であり、薄肉部材へのプレストレス導入には有効な方法である。

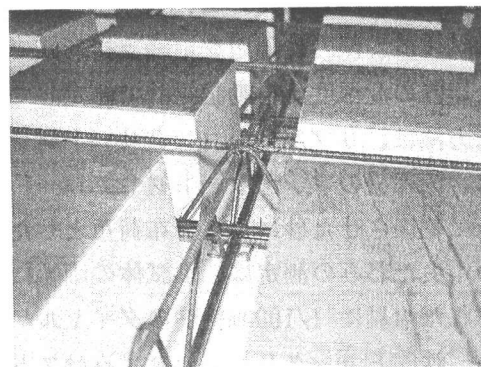


写真-1 リブ部分の施工法

3. 実験計画

本実験は、HW合成スラブの長期荷重に対するたわみ性状の基礎資料を得る目的で、試設計したHW合成スラブを1/2に縮小した二方向床スラブにより実施した²⁾。供試体の概要を図-1に示す。

(1) 実験要因と供試体

表-1に実験要因と供試体の種類を示す。実験要因は、P C鋼材によるプレストレスの導入力レベルである。プレストレスの所要導入力は、HW合成スラブの床部分のコンクリート打ち込み時の施工荷重をキャンセルするように与えた。

(2) 供試体の製作

リブ部分は発泡ポリスチレン製型枠を使用して、普通ポルトランドセメントを用いたスランプ 18 ± 2.5 cm、空気量 4 ± 1 %の調合のレデーミクストコンクリートを打ち込んだ。室内放置養生の後に、材令12日でコンクリートの圧縮強度が 198kgf/cm^2 に発現していることを確認して、リブ部分にプレストレスを導入した。リブ部分の補強筋は、異形鉄筋(D10)全断面積で0.61%である。また、使用したP C鋼材はアンボンドP C鋼より線A種で径が9.3mmであり、リブ部分のコンクリート下端から51mm位置に直線配線し、定着はアンカープレートとグリップによるくさび定着とした。

その後、床部分のコンクリートをリブ部分とシアコッター形式で一体となるようにリブ部分と同じ調合のレデーミクストコンクリートを打ち継いだ。この時のリブ部分のコンクリートの圧縮強度は、 244kgf/cm^2 である。使用した鋼材とコンクリートの材料特性を表-2と表-3に示す。

(3) 載荷方法と測定方法

供試体は、屋内に周辺を単純支持形式で設置した。屋内の温湿度は自動記録計で測定している。載荷方法は、リブ部分のコンクリート材令で39~42日、床部分のコンクリート材令で14~17日に、十分に乾燥させた砂により分布荷重とした。供試体の中央たわみの測定は、供試体の両端に単純支持された治具に1/100mm精度のダイヤルゲージを用い、鉄筋とコンクリートのひずみはストレインゲージで、P C鋼材応力をロードセルで測定した。

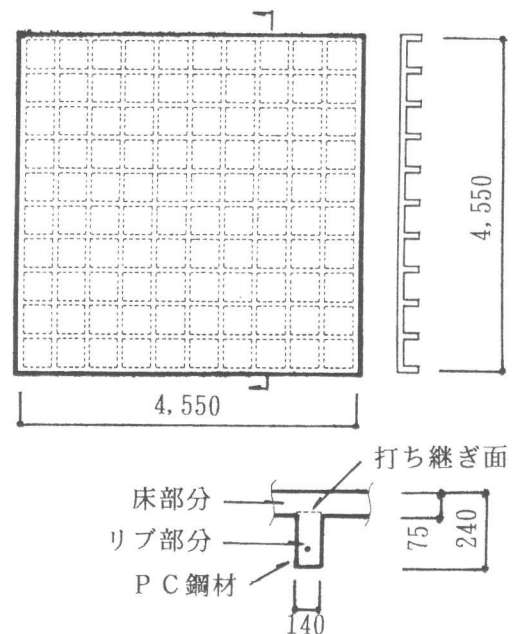


図-1 供試体の概要 (単位: mm)

表-1 実験要因と供試体の種類

供試体 記号	導入力レベル	リブへの導入力 P s (tf)
S10P	P x 1.0	2.545
SRC	P x 0.0	0.
S15P	P x 1.5	3.769

P: 所要導入力

表-2 鋼材の材料特性

種類	断面積 (cm^2)	降伏点 (kgf/cm^2)	ヤング率 (kgf/cm^2)	
鉄筋	D10	0.6415	4125.	2.07×10^6
	D6	0.2647	4175.	2.31×10^6
P C 鋼材	0.5161	18600.	2.01×10^6	

表-3 コンクリートの材料特性

供試体 記号	圧縮強度 (kgf/cm^2)		
	P S 導入時	載荷開始時	
		リブ部分	床部分
S10P	198	243	219
SRC	198	255	235
S15P	198	258	229

4. 実験結果と考察

(1) コンクリートの乾燥収縮ひずみ

供試体に使用したコンクリートの乾燥収縮ひずみを、リブ部分に相当する寸法のダミーモデルにより測定した。自由乾燥収縮ひずみの測定結果を図-2に示す。

自由乾燥収縮ひずみは、供試体に載荷後の材令80日で $300 \sim 400 \times 10^{-6}$ となった。

(2) 長期たわみ性状

プレストレスの導入に伴う反り上がりたわみは、供試体 S10P が 1.02mm、供試体 S15P が 1.78mm であった。積載荷重 $W_{L.L.} = 141 \text{ kg/m}^2$ に対して測定された載荷時の初期たわみは、供試体 S10P が 0.44mm、供試体 SRC が 0.65mm、供試体 S15P が 0.58mm であった。施工荷重をキャンセルするように与えたプレストレスによると、積載荷重が加わった時点で反り上がりたわみを生じている。

プレストレスの導入された供試体については、載荷時に曲げひびわれの発生が認められなかったが、プレストレスの導入されていない供試体 (SRC) には、幅が 0.04mm の曲げひびわれが確認された。載荷後の供試体の中央たわみの測定結果を図-3に示す。供試体 S10P と SRC は、載荷後徐々にたわみが増加しているのに対して、供試体 S15P は載荷後にたわみが僅かに増加しているのみである。載荷後 150 日で供試体 S10P と SRC は載荷時の初期たわみの 10 倍以上のたわみを生じている。供試体 S15P の結果から、長期たわみの制御は、PC 鋼材を使用して導入するプレストレスの導入レベルにより有効に行えると言える。

(3) コンクリートのひずみ性状

載荷後の供試体の中央部下端のコンクリートの縁ひずみの測定結果を図-4に示す。

供試体 S10P と SRC については、コンクリートの縁ひずみが増加するが、供試体 S15P についてはほとんど変化していない。供試体 S10P と SRC の縁ひずみは、長期たわみの増加に伴う曲げひずみを表していると考えられる。供試体 S15P は、長期たわみに伴う縁ひずみではなく、気温変動に伴う縁ひずみを表していると考えられる。

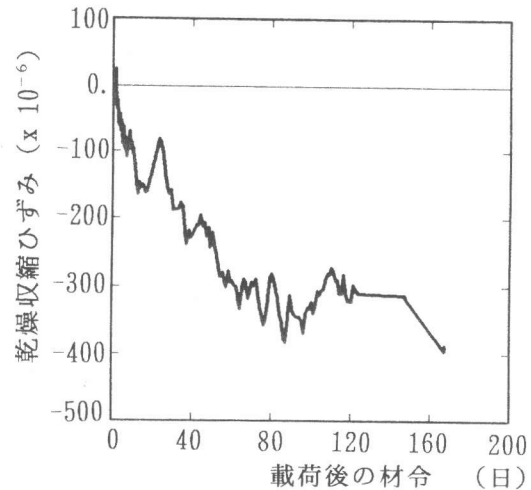


図-2 自由乾燥収縮ひずみの測定結果

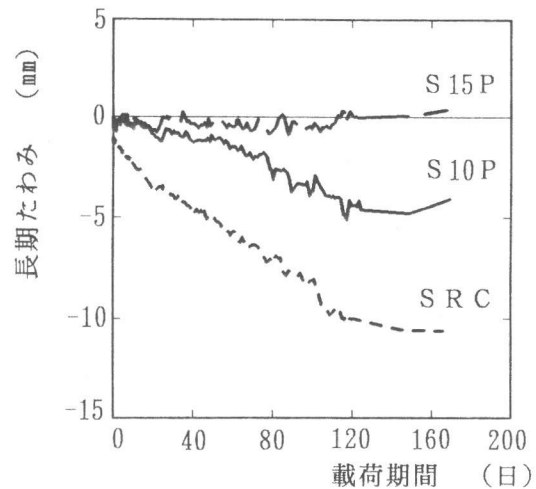


図-3 長期たわみの測定結果

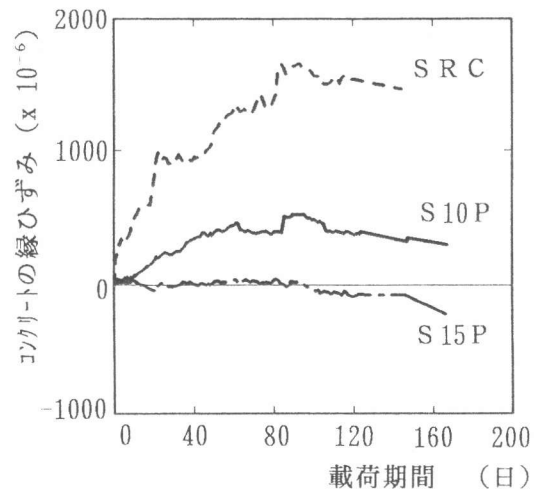


図-4 コンクリートの縁ひずみの測定結果

(4) リブ部分の補強筋のひずみ性状

載荷後の供試体について、中央リブ部分の下端筋のひずみの測定結果を図-5に示す。補強筋のひずみは載荷後に伸長している。プレストレスが導入されている供試体については、載荷後30日以降でのひずみの伸長が緩慢となっているが、供試体SRCについては、伸長傾向にある。

(5) 載荷後の曲げひびわれ性状

プレストレスの導入されていない供試体(SRC)に、載荷時に曲げひびわれが発生した。載荷後の曲げひびわれ幅の測定結果を図-6に示す。

図-6の曲げひびわれ幅は、供試体中央部の最大値を示している。載荷時に生じた曲げひびわれ幅が大きくなるとともに、供試体全体に曲げひびわれが次第に分散していく傾向にある。載荷時に供試体の中央部に生じた曲げひびわれ幅は、載荷後150日で載荷時の10倍以上となっている。

プレストレスの導入されている供試体には曲げひびわれは発生していない。これらのことから、PC鋼材を使用してプレストレスを導入することにより、長期の曲げひびわれ発生を抑制が可能であることを確認できた。

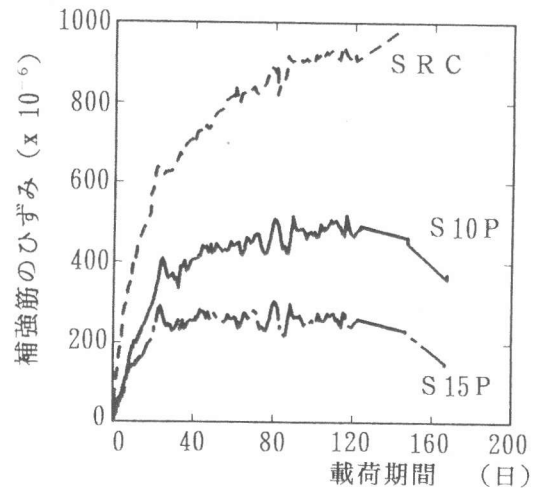


図-5 補強筋のひずみの測定結果

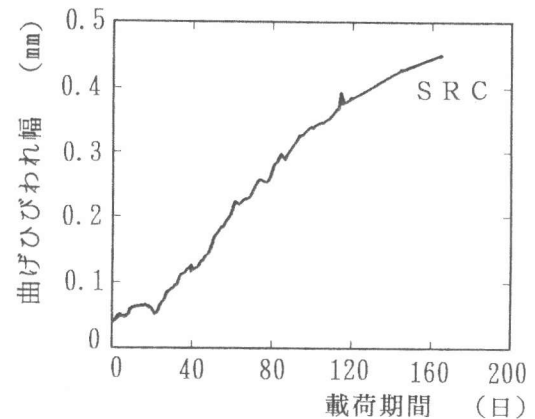


図-6 曲げひびわれ幅の測定結果

5. まとめ

10mを越えるような大スパンに適用するHW合成スラブについて、導入したプレストレスによる長期たわみ性状に対する制御効果の基礎資料を得るために行った、縮小した二方向床スラブ供試体による長期たわみに関する実験の途中結果について要約すると、以下の事項が指摘できる。

- 1) 長期たわみに対しては、僅かなプレストレスを導入しておくことで制御が可能である。
- 2) リブ部分に平均軸圧縮応力度で 18kgf/cm^2 程度のプレストレスを導入すると、長期たわみの増加がほとんどない。導入するプレストレスレベルの長期たわみ性状への影響が大きいと言える。
- 3) コンクリートの縁ひずみと補強筋のひずみに対しても導入プレストレスの影響がある。プレストレスが導入されていると、コンクリートと補強筋のひずみが収束する傾向にある。一方、プレストレスが導入されていないと、コンクリートの縁ひずみは曲げひびわれの発生などの影響で収束する傾向にあるが、補強筋のひずみは緩慢な増加傾向にある。
- 4) リブ部分に平均軸圧縮応力度で 12kgf/cm^2 以上のプレストレスを導入しておくことで、長期荷重に関する曲げひびわれに対して、有効な制御が行えることを確認できた。

参考文献

- 1) 手塚武仁・高田博尾: プレストレスを導入したワッフル型の合成RCスラブの実験的研究 コンクリート工学年次論文報告集 Vol.13.No.2 pp.713-718 1991
- 2) 日本建築学会: プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計・施工指針・同解説 1986