

[154] デッキプレート形 RC 板を埋設型枠に用いた RC 合成床スラブの実験

正会員 小森 清司 (長崎大学工学部)
 正会員 永藤 政敏 (長崎大学工学部)
 正会員 〇林 誠 (長崎大学大学院)
 村上 義彦 (富士P・S・コンクリート)

1. はじめに

PC板埋設型枠を用いるPRC合成床スラブ工法は、床スラブの施工の合理化を目的に開発されたものであるが、その導入されたプレストレスが有効に働くためひびわれ防止やスパンの長大化に役立つ事がこれまでの実験により明らかにされてきた。しかし建築では、PC鋼棒を用いる場合、35mmの純かぶりが必要となり、設計が厳しくなる。そこでPC鋼棒の代わりに異形鉄筋をあらかじめ緊張して用いる方法が考えられる。これは一方で、型枠の運搬時及び施工時におけるひびわれ防止やPC鋼棒の代わりに異形鉄筋を用いることによる経費の節減にも役立つ事になる。本研究は、これらの事を明らかにするため、リブ部に配する異形鉄筋の緊張力が異なる試験体を作成し、両者の耐力、変形、破壊性状を比較検討し、異形鉄筋にプレストレスを導入したものが実用に供するものかどうかを実験により検証する。

2. 試験体

試験体は、D形埋設型枠2体とDCS形合成床スラブ3体よりなる。図-1にその断面詳細図を示す。D形埋設型枠は、断面に3つのリブを持つ板厚2.5cm、幅60cm、スパン300cmのデッキプレート形1方向スラブであり、リブ部にD13(SD30)の主筋1本を、板部に $\phi 3.2-100@ \times 100@$ の溶接金網を敷設している。また主筋には、降伏強度 $\sigma_y = 30 \text{ kg/mm}^2$ の60%に相当するプレストレス導入のものと、無緊張のもの2種類を計画した。一方DCS形合成床スラブは、エキスパンドメタルのローリングによって上面に網目状の溝がつけられたD形埋設型枠上に3-D13の上端筋を配し、DCS-1は6cm、DCS-2は10cm厚の現場打コンクリートを打設し合成したスラブ厚16cm~20cm、幅60cm、スパン300cmの両端固定1方向スラブである。また実験時の試験体の固定度を確保するため図-2に示す様に両端に大きなスタブを設け締付けている。尚試験体記号中2番目の数字は導入プレストレスの大きさで、0は無緊張を、6は6割を示す。使用材料の性質は、表-1、2に示す。

表-1 コンクリートの性質

デッキプレート用コンクリート				現場打ちコンクリート			
圧縮強度	引張強度	曲げ強度	E	圧縮強度	引張強度	曲げ強度	E
Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	$\times 10^4$	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	$\times 10^4$
302	—	41	2.9	201	19	29	2.1
333	32	37	2.9	201	19	29	2.1

上段はデッキプレート単体の強度、下段は合成スラブの強度を示す。

表-2 溶接金網・異形鉄筋の性質

	溶接金網	異形鉄筋
公称直径	3.2 ϕ 100@ \times 100@	D13 (SD30)
断面積 (mm ²)	8.04	126.70
σ_y (Kg/mm ²)	5.5	3.6
σ_M (Kg/mm ²)	5.7	5.3
E (Kg/mm ²)	2.1×10^4	1.8×10^4

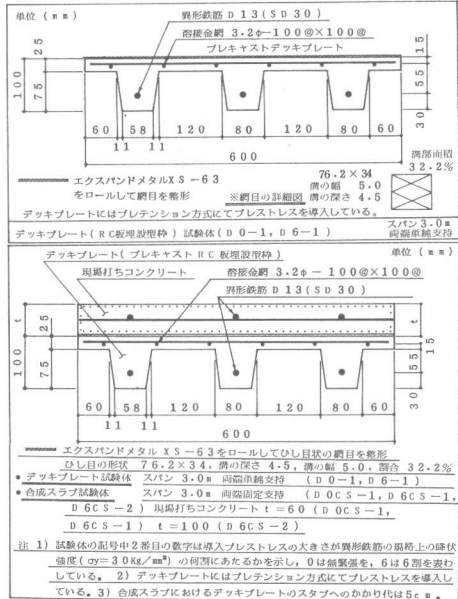


図-1 断面詳細図

表-3 プレストレス

実験値及び許算値	実験値		有効率 (2)/(1)	許算値	
	導入プレストレス(1)	残存プレストレス(2)		デッキプレートの表面応力(D13の実測値を使用)(t=20日)	デッキプレートの表面応力(D13の実測値を使用)(t=20日)
試験体	kg/cm ²	kg/cm ²	%	上縁 kg/cm ²	下縁 kg/cm ²
単体 D0-1	—	—	—	12.3	21.1
単体 D6-1	159.1 (0.53 σ_y)	—	—	3.2	37.7
	—	—	—	3.2	37.7
合成 D0CS-1	—	—	—	26.9	47.9
合成 D6CS-1	155.5 (0.52 σ_y)	96.3 (0.32 σ_y)	61.9	20.3	8.2
	159.7 (0.53 σ_y)	96.1 (0.32 σ_y)	60.2	30.8	8.2
ラフ D6CS-2	—	—	—	30.8	8.2

σ_y : 異形鉄筋(SD30)の規格上の降伏強度 3000kg/cm²

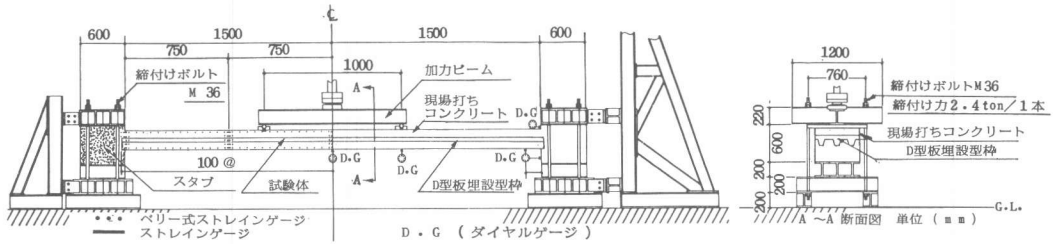


図-2 試験装置

3. プレストレス

表-3に導入プレストレス、残存プレストレスを示す。導入されたプレストレスは、当初予定した $0.6\sigma_p$ の90%であったがその後わずかながら減少を続け、コンクリート材令4週時には、まだ当初のプレストレスの60%が残存し有効に働いている。

4. 乾燥収縮

図-3にコンクリート中に埋設した埋込ゲージにより測定したD形埋設型枠と現場打コンクリートの乾燥収縮ひずみの差を示す。材令20日以内では、プレストレスの有無による差は、みられない。また、ひずみの差は、最大で -50×10^{-6} 程度と小さく、打継面のずれや端部のひびわれ発生に対する影響が少ないことを示している。

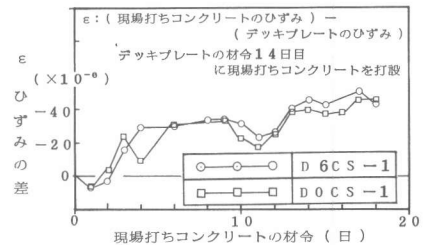


図-3 乾燥収縮ひずみの差

5. 実験方法

5-1 実験装置

加力装置に、30t油圧式門型試験機を用い、D形埋設型枠に対しては単純支持、DCS形合成床スラブに対しては図-2に示すような固定支持の状態で行なった。

5-2 載荷方法

載荷は、スパン3等分点で上面から鉛直加力方法を取り、載荷履歴は、1)端部ひびわれ確認、2)スパン中央部ひびわれ確認の各段階で繰返し加力し、最終履歴は、3)端部鉄筋降伏または、中央部鉄筋降伏を確認の後、コンクリートの圧壊または、鉄筋の破断に至るまで加力した。但しD形は、2)の段階から開始する。

5-3 測定方法

1)スパン中央、 $l/4$ 、端部のたわみと水平移動量は、ダイヤルゲージにより測定。2)スラブ測面上下面のスパン中央、 $l/4$ 、端部の表面ひずみ及び中央、端部の鉄筋ひずみは、ストレインゲージにより測定。3)ひびわれは目視により観察。4)固有振動数は、スラブ下面に加速度計を貼付し、ペン書オシロにて記録測定した。

表-4 実験結果一覧

実験値及び計算値	実験値										計算値				比率 (実験値/計算値)				
	ひびわれ荷重 (Kg)		スラブ中央部下面		降伏荷重 (Kg)		最大荷重 (Kg)	スパン中央部のたわみ (最大荷重時) (mm)	破壊性状	ひびわれ荷重 (Kg)		降伏荷重 (Kg)		ひびわれ荷重		降伏荷重			
	端部上面	端部下面	板部	リブ部	端部鉄筋	中央部鉄筋				端部上面	端部下面	端部上面	端部下面	端部上面	端部下面	端部上面	端部下面	端部上面	端部下面
	発生荷重	貫通荷重																	
単体	D0-1	—	—	—	自重	—	1286	1457	167.5	曲げ引張	—	192	—	1745	—	—	—	—	0.74
	D6-1	—	—	—	602	—	1467	1723	155.0	曲げ引張	—	532	—	1994	—	1.13	—	0.74	
合成スラブ	D0CS-1	1603	2606	6015	自重	7406	8187	8667	54.8	端部のせん断	1808	自重	4806	6726	0.89	—	1.54	1.21	
	D6CS-1	1504	2904	3904	2904	7803	8387	9581	45.4	端部下面圧壊	1606	2966	4789	6630	0.94	0.98	1.63	1.27	
	D6CS-2	2504	3004	6404	3308	8805	9821	11894	60.6	端部下面圧壊	2269	3079	6444	8197	1.10	1.07	1.37	1.20	

設計荷重はD型単体においては742kg (自重122kg/m²+現場打コンクリート重量140kg/m²+作業荷重150kg/m²)
合成スラブにおいては2272kg (自重262kg/m²+積載荷重1000kg/m²)である。また実験値の荷重は、加力ビーム重量を加算済み。

6. 実験結果の考察

表一に実験結果，計算結果及びその比を示す。

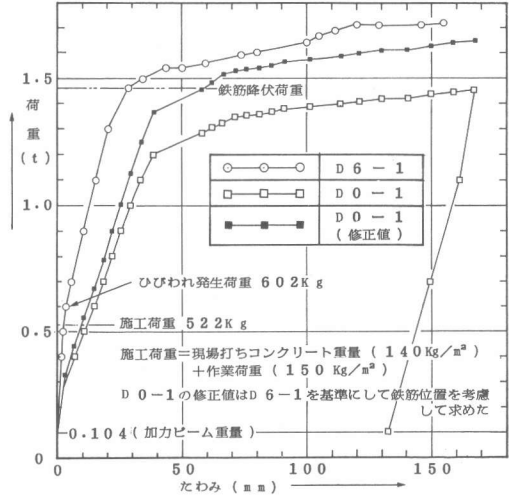
6-1 荷重～たわみ性状

図一四にD形埋設型枠の荷重，たわみ曲線を示す。D0-1はリブ部に配した鉄筋が無緊張のために運搬時にひびわれが発生し，初期剛性はD6-1と比べ2割程度小さくなっている。一方プレストレスを導入したD6-1は運搬時及び602kgの荷重に至るまでひびわれは発生していない。しかしひびわれ発生と共に剛性が低下し，施工荷重522kgの2.5倍の荷重に達するまで同じ剛性を示す。ただ降伏荷重に対して両者に差があるように見えるが，これはリブ部に配した鉄筋位置の誤差によるもので，それを考慮して修正すると図一四に示すように両者の降伏荷重は，ほぼ一致する。

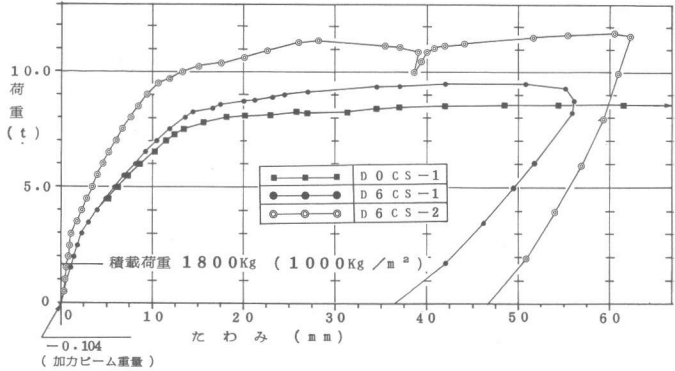
図一五にDCS形合成床スラブの最終段階での荷重

たわみ曲線を示す。断面形状が等しい

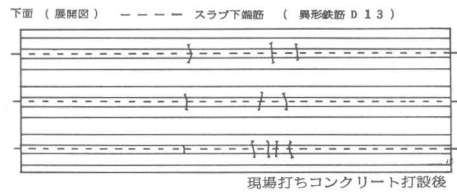
D0CS-1とD6CS-1は積載荷重の2倍に当たる3600kgまで同じ剛性を示している。しかし端部上面のひびわれがスラブ全幅を貫通した後，プレストレスが導入されていないD0CS-1は，剛性の低下が大きい。また荷重が積載荷重の4倍に達した時のたわみは，約1cmで比較的小さく $\delta/l=1/300$ となっている。しかもその5倍の変形に対して耐力の低下はみられず粘りのある性質を示している。また一方同じプレストレスが導入されていても現場打コンクリート厚が6cmから10cmと厚くなったD6CS-2は，他の2体と比べ初期剛性は高くなり，ひびわれがスラブ全幅を貫通した後の剛性の低下も小さくなっている。最大荷重も16cm厚スラブ(D6CS-1)の1.3倍となっている。



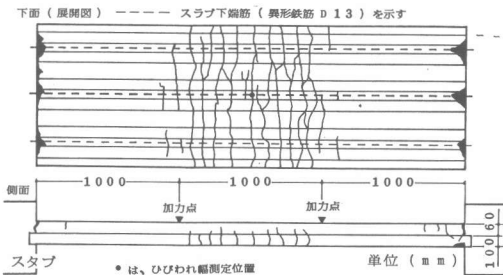
図一四 P～δ曲線(単体)



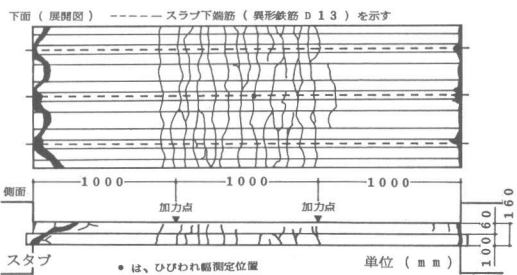
図一五 P～δ曲線(合成床スラブ)



図一六 初期ひびわれ図(D0CS-1)



図一七 最終ひびわれ図(D6CS-1)



図一八 最終ひびわれ図(D0CS-1)

6-2 ひびわれ性状

図-6からプレストレスを導入していないD0CS-1の下面には、運搬時に数本の曲げひびわれが発生していることがわかる。しかしプレストレスを導入しているものには、このようなひびわれは全くみられなかった。

図-7, 8に, DCS形合成床スラブの最終ひびわれ図を示す。中央部下面には、荷点間に間隔がほぼ均一にひびわれが発生している。ひびわれ発生数は, D0CS-1がD6CS-1に比べ多くなっているが, 両者共に上面まで貫通していない。そしてD0CS-1は、端部においてせん断破壊を起こし終局に至っている。またD6CS-1は、端部下面のリップ部分のコンクリートが圧壊し終局に至っている。しかし両者共埋設型枠の固定端スタブからの抜け出し、埋設型枠と現場打コンクリートとの打継面におけるずれやはくりはみられなかった。

6-3 ひずみ分布と中立軸の変化

図-9にスパン中央部側面のひずみ分布を示す。D0-1は、運搬時にひびわれが発生しているため実験当初より中立軸が高くなっている。それに比べプレストレスを導入したD6-1は、602kgでひびわれが発生するまで、ひずみ分布は直線を示し平面保持の仮定が成立し、しかも中立軸は低くなっている。D0CS-1は、施工時までに埋設型枠にひびわれが発生しているため、1740kgで端部上面にひびわれが発生するまで、プレストレスを導入したD6CS-1に比べ下面のひずみは、2倍となっている。また中立軸の位置も高くなっている。これに反してD6CS-1は、端部上面ひびわれ発生以前で、ひずみ分布は、直線を示し、平面保持の仮定が成立している。また中立軸の位置が、端部上面、中央部下面のひびわれ発生による上昇することが明らかである。

6-4 固有振動数

表-5に、DCS形合成床スラブの固有振動数を示す。D0CS-1とD6CS-1は、共に45Hz程度の固有振動数を示しプレストレスの有無による差はみられない。また加力ビームの荷重やひびわれ発生により固有振動数は低下するが、30Hzを下回ることはなく、一般の障害スラブにみられる15Hzと比べると良好な剛性を保有しているといえる。

7. 結び

リップ部に異形鉄筋を配したデッキプレート形埋設型枠でも、その鉄筋にあらかじめ降伏強度の60%のプレストレスを導入しておけば、運搬時及び施工時に埋設型枠に発生するひびわれを防止するのに有効であり、耐力、変形の面でも無緊張のものに比べて遜色ない。しかもプレストレスが導入された埋設型枠を用いることによって現場打コンクリートによる合成後の床スラブの力学的性状及び破壊性状に良好な成果が期待されることもわかり、埋設型枠として十分実用に供し得ることが検証された。

〔謝辞〕本実験に御協力戴いた長崎大学学生金子正彦・鈴木公嗣・田中健一朗・原口剛・谷口秀澄の各氏に深く感謝致します。

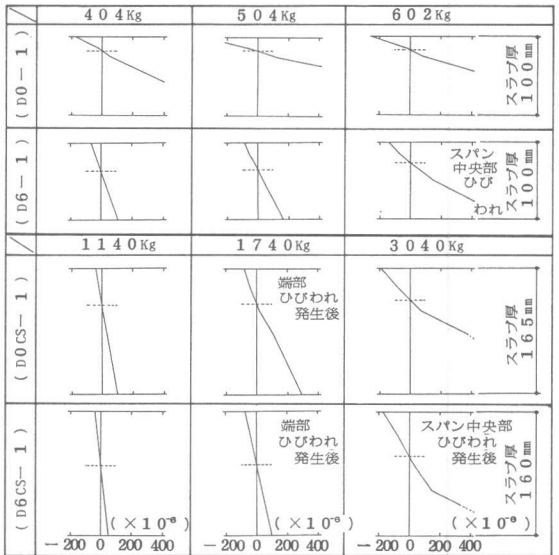


図-9 スパン中央部側面のひずみ分布

表-5 固有振動数

試験体	測定状態	加力ビーム 荷重前	加力ビーム 荷重後	端部上縁ひび われ発生後	スラブ下縁ひ びわれ発生後
	実測値	45.1	38.4	36.6	
D0CS-1	計算値	57.0	51.7		
	実/計	0.79	0.74		
	実測値	46.6	39.9	36.0	
D6CS-1	計算値	55.0	49.9		
	実/計	0.85	0.80		
	実測値	52.7	47.4	46.4	44.7
D6CS-2	計算値	74.5	67.9		
	実/計	0.71	0.70		

計算値はプレストレスの効果を見無視して重力式により求めた。単位 (Hz)
 $f = 1 / 0.175 \sqrt{\delta}$ $\delta = W l^3 / 384 E I$
 δ : スラブ中央部のたわみ (cm) l : スパン (300cm)
 W : スラブの自重, 加力ビーム重量 (104Kg)
 E : デッキプレート用コンクリートのヤング係数 (Kg/cm²)
 I : デッキプレート換算の断面二次モーメント (cm⁴) (実測値を使用)