

論文 PC板によるデッキプレート合成床スラブのひび割れ防止に関する研究

小森清司*¹・蓼原真一*²・永藤政敏*³・藤岡 宏*⁴

要旨：2スパン連続でデッキプレート合成床スラブを用いた場合、中間支点のスラブ上面に発生するひび割れを防止するため、その部位にプレストレスを導入したPC板を単純に設置し、その下面にコンクリートを後打ちする方法を提案し、PC板の形状やPC鋼線の量等を変えた試験体と比較用の通常のデッキ床試験体を製作し、2スパン連続形式によって鉛直載荷実験を行い、短期常用荷重内に於けるひび割れ発生の状況を観察した。その結果PC板を活用することによって通常のデッキ床よりも2倍以上高い荷重領域までひび割れを抑制し、ひび割れ発生後もひび割れが分散する等ひび割れに対して、PC板が有効な働きを示すことを明らかにした。

キーワード：デッキプレート、合成床スラブ、ひび割れ防止、PC板

1. はじめに

近年鉄骨建物の軽量化、施工の簡易化、工期の短縮化及び省力化等の為デッキプレート合成床スラブが使用されている。しかし、用途の多様化に伴い、常用荷重のもとでもひび割れが発生し、その対策に悩まされている。これはデッキプレート合成床スラブ特有の問題ではなく、通常の鉄筋コンクリート床スラブでも同じ問題を抱えており、現在の建築技術の中でも難しい課題の一つである。とりわけ鉄筋量の少ないデッキプレート合成床スラブではその影響が大きい。そこで、その難問を解決するため前報¹⁾では中間支点上面の曲げひび割れが発生し易い箇所にPC板を単純に設置する方式を提案

した。その結果、PC板の長さ、厚さ、設置位置、PC鋼線の量及びコンクリート打設時の流出口の直径と配置等に問題があることが分かった。そこで本報では、それらの点を改善した試験体を作成し、鉛直載荷実験を行って、荷重の初期段階に於けるPC板のひび割れ防止に及ぼす効果について考察を行う。

表-1 コンクリートの機械的性質

試験体名称	PC板コンクリート			現場打ちコンクリート		
	材令 (日)	圧縮強度 Kg _f /cm ²	ヤング係数 ×10 ⁵ Kg _f /cm ²	材令 (日)	圧縮強度 Kg _f /cm ²	ヤング係数 ×10 ⁵ Kg _f /cm ²
DPS-(C)-3	41	374	2.9	17	170	1.8
DPS-(C)-4	50	366	3.2	35	224	1.9
DPS-(C)-5R	41	374	2.9	25	223	1.7
DRS-(C)-4	---	---	---	23	194	1.8
PF2-1(単体)	61	571	3.5	---	---	---
PR2-1(単体)	61	571	3.5	---	---	---

表-2 金属材料の機械的性質

鋼材の種類	断面積 mm ²	引張強度 Kg _f /mm ²	降伏強度 Kg _f /mm ²	ヤング係数 ×10 ⁴ Kg _f /mm ²
デッキプレートt=1.2, h=50, SDP2GA	---	44	34	1.9
ワイヤーメッシュ(6φ)	28.3	55	48	1.8
ワイヤーメッシュ(3.2φ)	8.0	77	---	---
PC鋼より線(9.3φ), SWPR7A	51.6	188	175	1.9

*¹長崎大学教授 工学部構造工学科、工博（正会員）

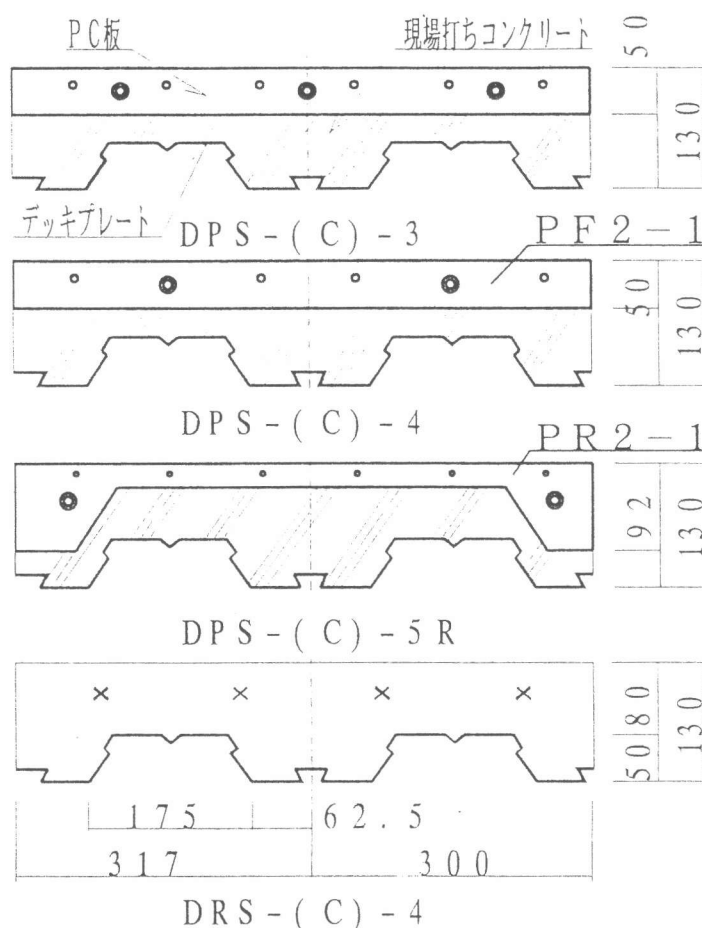
*²長崎大学助教授 工学部構造工学科、工博（正会員）

*³長崎大学技官 工学部構造工学科（正会員）

*⁴合成スラブ工業会（正会員）

2. 試験体

試験体は合成床スラブ4体と、ひび割れ防止用のPC板単体2体の合計6体よりなる。図-1は合成体の断面詳細図を示す。合成体の4体は全てスパン270cm、幅61.7cm、コンクリート厚8cm デッキプレート丈5cmの2スパン連続形式の単純支持一方向スラブである。この内の2体 DPS-(C)-3 と DPS-(C)-4 の中間支点上面には長さ120cm、厚さ5cmのPC板を埋込み、その図心位置にPC鋼線7本より(9.3φ)を3本と2本それぞれに配し、19.5tonf、13.0tonf のプレストレスを導入した。また DPS-(C)-5 R は PC 鋼線のかぶりが3.5cm 確保できるようにPC板断面にリブを付け、13.0tonf のプレストレスを導入している。DRS-(C)-4 は前3者との比較用で通常のデッキプレート合成床スラブである。全試験体共床スラブ上面にはコンクリート補強用として6φ-150×150@の溶接金網をPC板を除く全域に配している。図-2(a)はPC板の平面配筋詳細の1例(PF2-1)であり、図-2(b)はそのPC板の合成体への埋込位置を示している。PC板単体の2体はスパン長110cm、幅61.7cm、厚さ5cmの単純支持一方向スラブである。その内のPF2-1はDPS-(C)-4に、またPR2-1はDPS-(C)-5Rに設置するものと同じものである。またPC板には、現場打ちコンクリートの廻り込みを良くするため、30φの円形開口を千鳥状(昨年は50φの円形開口を直列)に設けており、PC板の下面は刷毛仕上げとし、現場打ちコンクリートとの付着性能の向上を図っている。使用材料の機械的性質を前頁の表-1及び表-2に示す。



注) 配筋の記号説明 単位: (mm)
 ◎: PC鋼より線 (SWPR7A) 9.3φ
 ○: ワイヤーマッシュ (3.2φ)
 ×: ワイヤーマッシュ (6φ)

図-1 合成体の断面配筋詳細図

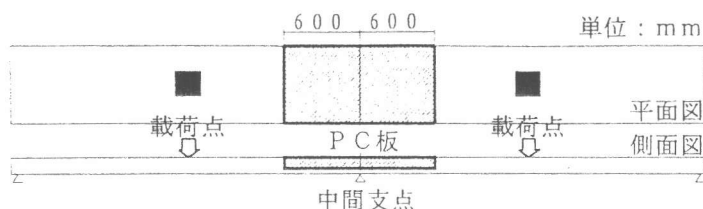


図-2 (b) PC板の合成体への設置位置

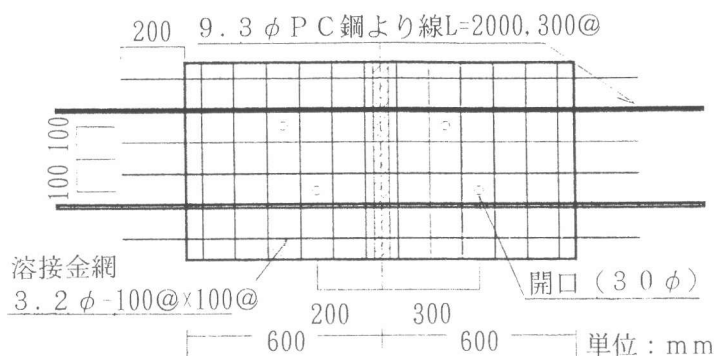


図-2 (a) PC板の配筋詳細図

3. 実験及び測定方法

図-3に実験方法を示す。合成床スラブは、両端を掛かり代5cmで単純支持し、中間支点を固定した2スパン連続形式とし、各スパンの中央部を加圧板を介して30 tonf 門型試験機で1点集中加力方式で載荷した。P C

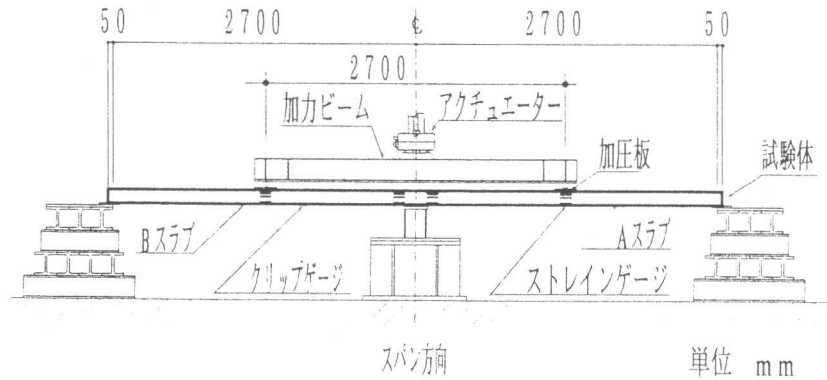


図-3 実験装置及び載荷方法

単体の場合は、両端単純支持で中央一線加力方式で載荷した。また、たわみは変位計と鋼尺で、コンクリート、デッキプレート及び鉄筋のひずみはひずみゲージを貼付し、コンクリートとデッキプレートとの打ち継ぎ面の相対ずれはクリップゲージにより測定した。ひび割れの発生は目視により、ひび割れ幅の伸展は試験体の中間支点から各スパン中央に向かって60cmの領域までP C板の肩に沿って連続に取付けた検長10cmのパイ型ゲージによって測定した。また、DRS-(C)-4とPF2-1の材端から3cm中に入った箇所に埋め込みゲージを埋め込み、両者のひずみ増加状況を比較観察した。

4. 実験結果

P C板単体の実験結果及び計算結果一覧表を表-3に、P C板単体のプレストレス導入時のひずみ分布を図-4に、合成スラブの実験結果及び計算結果一覧表を表-4にそれぞれ示す。

表-3 P C板単体の実験結果及び計算結果一覧表

試験体名称	実験値				計算値			実験値/計算値		
	初期剛性 tonf/cm	最大荷重 tonf	最大荷重 時たわみ mm	ひび割れ 発生荷重 tonf	初期剛性 tonf/cm	最大荷重 tonf	ひび割れ 発生荷重 tonf	初期剛性	最大荷重	ひび割れ 発生荷重
PF2-1	8.2	1.3	26.0	1.0	8.2	1.3	1.0	1.01	1.00	1.10
PR2-1	16.2	2.9	8.1	2.0	20.8	2.8	1.8	0.78	1.04	1.11

注1) 最大荷重時たわみはスパン中央部両端の平均たわみを示す。

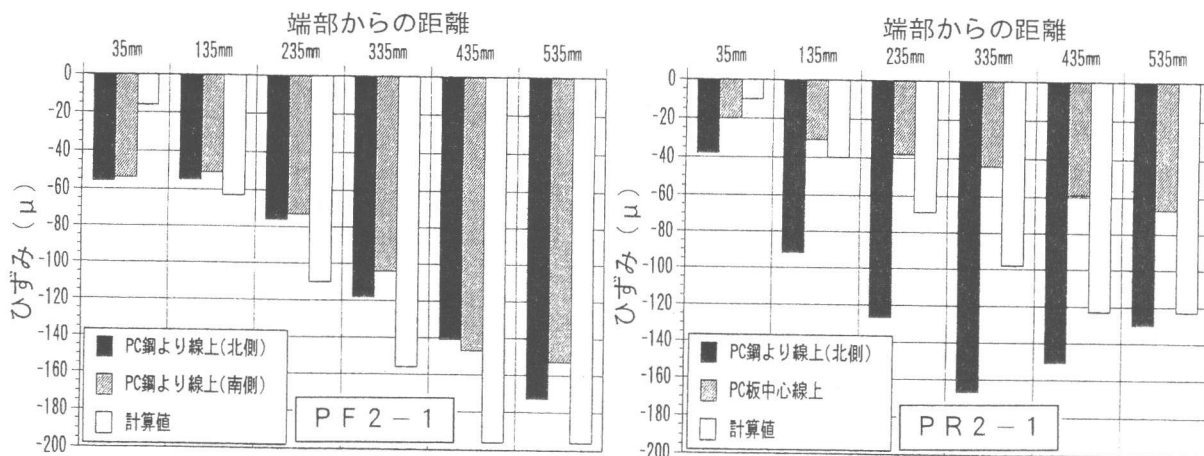


図-4 プレストレス導入時のひずみ分布

表-4 合成体の実験結果及び計算結果一覧表

スラブ名 試験体名称		実験値				計算値			実験値/計算値		
		初期剛性	中間支点 ひび割れ 発生荷重	最大荷重	最大荷重 時たわみ	初期剛性	最大荷重	中間支点 ひび割れ 発生荷重	初期剛性	最大荷重	中間支点 ひび割れ 発生荷重
		tonf/cm	tonf	tonf	mm	tonf/cm	tonf	tonf			
DPS-(C)-3	A	32.5	5.4	11.5	17.9	23.2	13.6	8.4	1.40	0.85	0.64
	B	30.4			47.7	23.0			1.32		
DPS-(C)-4	A	32.7	4.4	11.9	15.5	25.3	12.1	7.8	1.29	0.98	0.56
	B	30.9			53.6	25.1			1.23		
DPS-(C)-5R	A	28.2	4.9	10.4	14.9	24.7	12.3	5.9	1.14	0.85	0.83
	B	37.9			11.2	25.7			1.48		
DRS-(C)-4	A	27.2	2.2	11.8	20.3	25.1	10.1	1.7	1.08	1.17	1.29
	B	32.8			22.6	24.8			1.32		

5. 実験結果の考察

5.1 PC板単体の特性

表-3から、PC板単体はその形状が平板であれ、リブ付きであれ、ひび割れ発生荷重、最大荷重共に実験値が計算値と良くあっている。しかも、ひび割れ発生荷重が最大荷重の60%以上と高く、プレストレスの締め付けによる効果の大きいことが分かる。図-4にプレストレス導入時のPC板単体表面のスパン方向のひずみ分布を示す。平形PC板(PF2-1)の場合はスパン方向中央に向かって徐々に増大しているが、リブ付きの場合(PR2-1)はリブ部においてスパン中央域でひずみが減少し、幅方向でも、リブ以外の箇所ではひずみが減少しており、応力が全断面に均等に分布していないことを示している。したがって、PC板の形状としてはリブ付きより平形PC板の方がより好ましいと考えられる。

5.2 合成スラブの特性

1) 常用荷重とひび割れ発生荷重

本節では単位面積当たりの積載荷重 W_{LL} = 0.55tonf/m^2 を常用荷重とみなし、その荷重範囲内でひび割れが発生するかどうか、またひび割れを誘引するコンクリートの引張りひずみがどのように増大していくかを考察する。但し、本実験ではその分布荷重を実験時の集中荷重に換算して $P_{LL}=1.2\text{tonf}$ とし、さらに、それに短期用として1.5倍の安全率を乗じた $P_{SL}=1.8\text{tonf}$ を実験時の短期常用荷重と定義する。図-5は中間支点上面よりAスラブ側へ15cm離れた箇所に貼付したひずみゲージによって測定したスラブ上面の引張りひずみを示す。PC板を埋込んだ3体は $P_{SL}=1.8\text{tonf}$ 時でも見かけの引張りひずみが 65μ と小さく、さらにプ

レストレスによる圧縮ひずみがそれぞれ $-89\sim-200\mu$ 包含されていることを考慮すると、ひび割れに対しては相当な余裕が認められる。しかし、通常のデッキプレート床スラブDRS-(C)-4は、

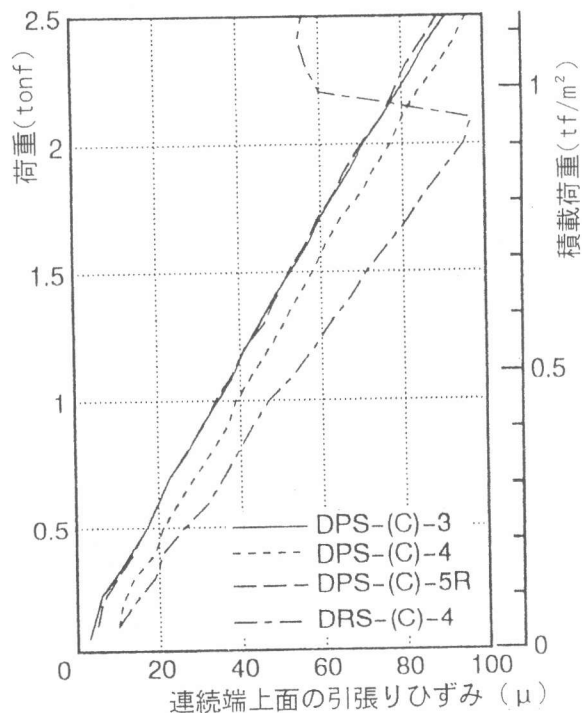


図-5 荷重～ひずみ関係(合成体)

プレストレスの導入がないため、ひび割れ発生が早い。図-6は中間支点スラブ上面に10cm間隔で取り付けられたパイ型ゲージで測定したひび割れ幅(コンクリートの伸び量)を終局時まで示しているが、P C板を埋込んで設置した2体は5tonf近傍でひび割れが発生し、ひび割れ幅が増大し始めている。しかし荷重はすでに短期常用荷重(1.8tonf)の2.5倍に達している。通常デッキプレート合成床スラブは、2.2tonfではすでにひび割れが発生し、ひび割れ幅も0.25mmまで急激に増大している。このように、DPS-(C)-3が5.4tonf、DPS-(C)-4が4.4tonf、リブ付きのDPS-(C)-5Rが4.9tonfと、通常のデッキプレート合成床スラブの2.2tonfに比べて高い。P C板を埋込む方法が中間支点上面のひび割れ発生を防止する有効な手段となりうることを示唆している。

2) 荷重～たわみ性状

図-7に各試験体のBスラブ中央の荷重～たわみ曲線を示す。初期剛性、ひび割れ発生荷重、最大荷重は試験体によって若干異なるが、荷重～たわみ性状は終局近傍まではよく似た靱性のある性状を示している。また、最大荷重は初期ひび割れ荷重の高低とは直接関係なく、終局近傍になって生ずるデッキとコンクリートとのずれによって決まっている。

3) 収縮ひずみの経日変化

図-8にP C用コンクリートと現場打ちコンクリートの経過日数に伴う乾燥収縮ひずみを示す。両者の材令は18日異なるが、同時に測定を開始してから収縮ひずみの増加量は両者ほぼ等しい。本実験程度の材令差であれば、コンクリートの収縮量の違いによる両者の打ち継ぎ面でのずれやはがれは起こらないと考えられる。

4) 最終ひび割れ

図-9はP C板採用のDPS-(C)-3

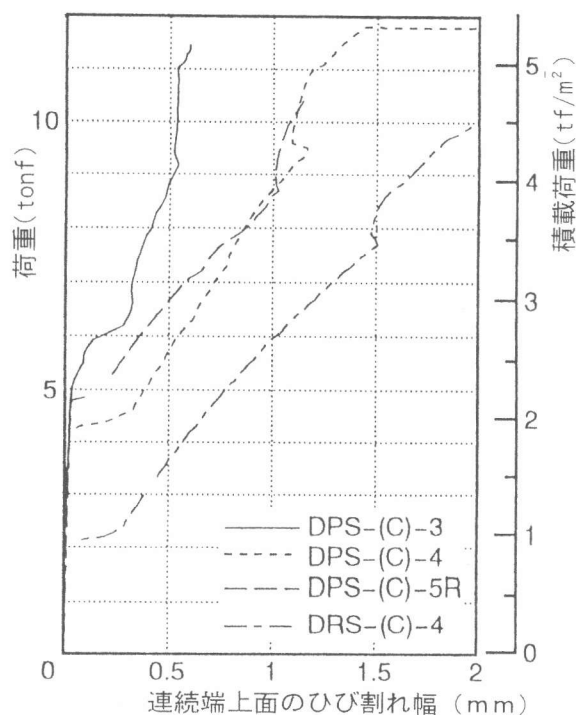


図-6 荷重～ひび割れ幅関係(合成体)

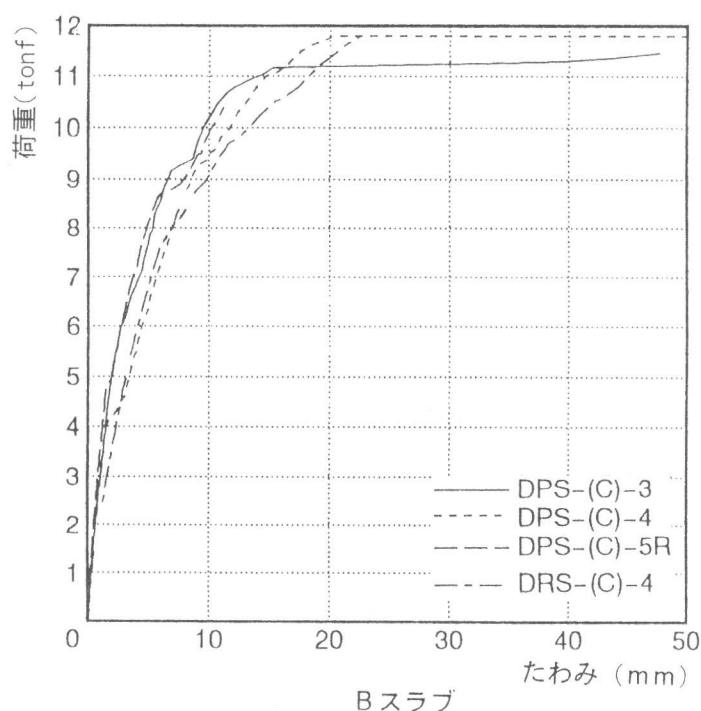


図-7 荷重～たわみ曲線(合成体)

と通常のデッキ床 DRS-(C)-4 の最終ひび割れ図である。連続端上面のひび割れが後者では 2 本と少ないのに対して前者では 5 本分散して発生しており、靱性の高い特性を有している。終局強度はいずれもスラブ上面荷点近傍の圧壊で決まっている。また、前報でコンクリート打設のために円形穴を直列に配したために発生した円形開口を結ぶひび割れは、今回は見られなかった。しかし、コンクリートの廻り込みを良くするためには、30 φでは少し不足で昨年度の 50 φが必要と思われる。

6. 結び

デッキプレート合成床スラブの中間支点上面に発生する曲げひび

割れ防止に、プレストレスを導入した長さ 120cm 程度の P C 板を単純に設置すれば、短期常用荷重の 2.5 倍程度の荷重までひび割れ発生を防止することが可能である。その際用いる P C 板は断面にリブを付けるより、むしろ単純な平板の方が、プレストレスの分布も均等化され、施工性や、経済性などの面でも優れている。また、コンクリートの廻り込みや充填性を良くするためには 30 φでは少し小さく昨年並み¹⁾の 50 φ程度の円形開口が必要であり、その配置は千鳥にすることが好ましい等の点が明らかになった。

文献 1) 小森, 蓼原, 永藤, 藤岡 “ひび割れ防止に P C 板を用いたデッキプレート合成床スラブに関する研究”, コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 17, No. 2, pp. 1035~1040, 1995

謝辞 本研究に御協力戴いた長崎大学大学院生神浦英樹、同柳川正光、同大学生奥田大輔、小数賀豊和、坂井崇俊、杉本真希、平林覚、細川毅、及び日鐵建材工業の諸氏に深謝致します。

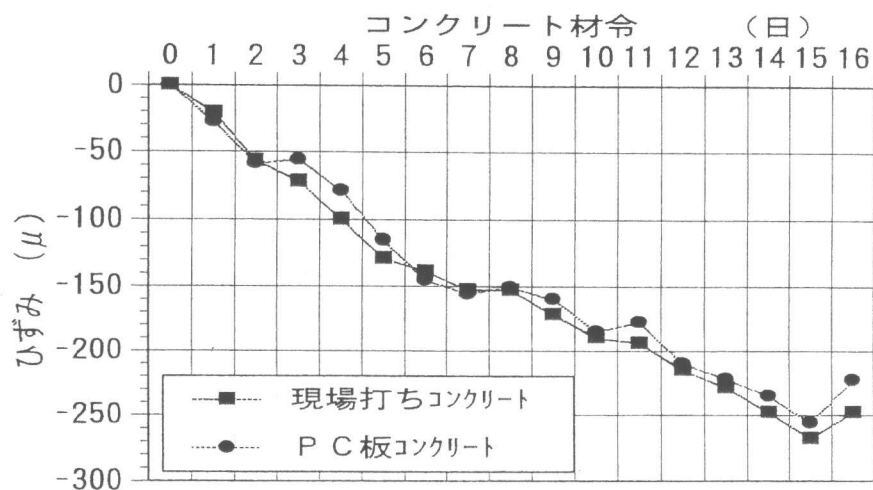


図-8 乾燥収縮ひずみの経日変化

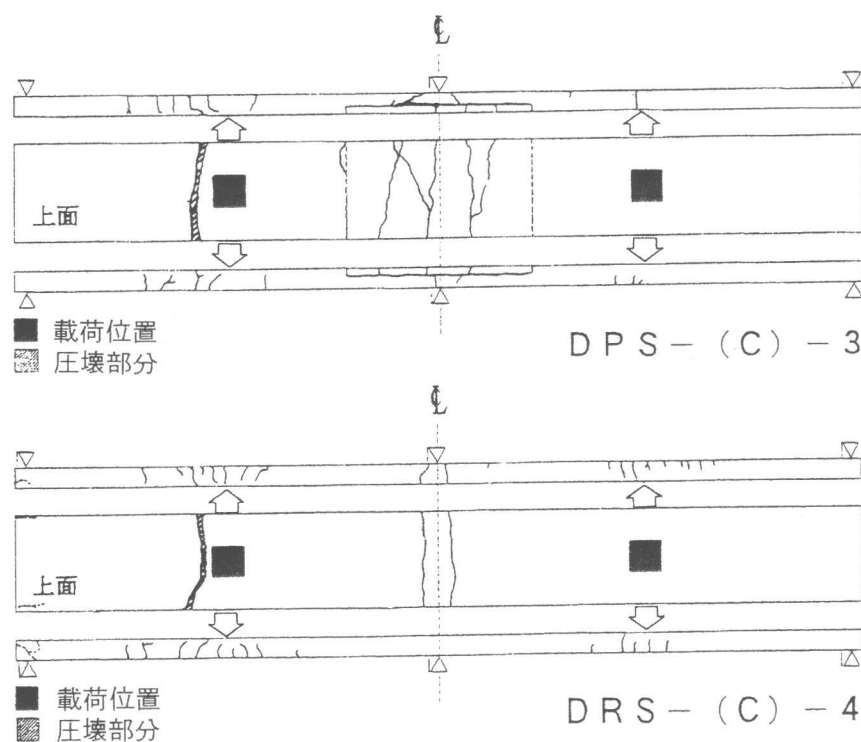


図-9 最終ひび割れ図