

# 論文 ハーフPCa板合成スラブにおける新旧コンクリートの収縮歪差の影響

渡辺洋一郎\*1・山本俊彦\*2

**要旨：**本研究は、工場あるいは現場制作のハーフPCa板合成スラブ工法における新旧コンクリートの収縮歪差の影響を実験的に検討したものである。実験では、比較的厚みの小さいハーフPCa板コンクリートの乾燥に伴う補強筋および新旧コンクリートの収縮差による拘束引張歪の発生を調べ、ハーフPCa板合成スラブに及ぼすこれらの影響に関する検討を行った。実験の結果、養生条件により新旧コンクリートによる拘束歪の発生状況は大きく異なるが、構造性能に及ぼす影響はそれほど大きくないことが明らかになった。

**キーワード：**ハーフプレキャスト, スラブ, 乾燥収縮, 打継

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート造建物の床工法の合理化のため、工場あるいは現場制作のハーフPCa板スラブ工法が多く採用されるようになってきている。しかし、ハーフPCa板コンクリートは部材厚が薄いため、早期の乾燥に伴い諸特性の低下が生じやすく、補強筋や新旧打継コンクリートの乾燥収縮差による拘束引張歪の発生等の問題があるが、十分に検討されてこなかった。従来、打継面の処理の評価は、たとえば後打ちコンクリートが4週強度に達した時点で小型試験体<sup>1)</sup>により行われる場合や、スラブ試験体による短期・長期の試験<sup>2), 3)</sup>等がある。しかし、いずれの場合も新旧コンクリートの乾燥収縮量の差異を直接検討しているものはあまり見られない。このため、本研究では新旧コンクリートの乾燥収縮量の差異による影響を明らかにするため、ハーフPCa板合成スラブの実験を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

表-1 に試験体一覧を、表-2 ~4 にコンクリートの配合および使用材料の性質を示す。ハーフPCa板合用コンクリートの方が施工上早

表-1 試験体一覧

試験体	寸法 L-W-t (cm)	曲げ		表面 処理	養生 (打継前) 6-28日
		下筋	上筋		
No1	120-20-10	3-D6	1-D6	木こて	乾燥
No2	〃	〃	〃	〃	水中
No3	〃	〃	〃	コッター	乾燥
No4	〃	〃	〃	〃	水中
No5	〃	〃	〃	一体	〃

表-2 コンクリートの配合

用途	セメント (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	スラン <sup>o</sup> (cm)
HPC	326	167	51.2	12
後打ち	297	183	61.7	18

表-3 コンクリートの材料特性

用途	養生	材令 (日)	圧縮強度	曲げ強度	弾性係数 Gpa
			Mpa	Mpa	
HPC	水中	6	21.2	3.87	22.2
		28	28.0	3.93	26.6
	気中	28	30.0	4.86	23.9
		108	36.8	6.55	24.4
後打	水中	7	16.5	3.41	19.8
	気中	28	25.3	3.92	22.0
		80	28.9	5.22	22.3

\*1 大同工業大学建設工学専攻 大学院生 (正会員)

\*2 大同工業大学建設工学科・建築学専攻 教授 工博 (正会員)

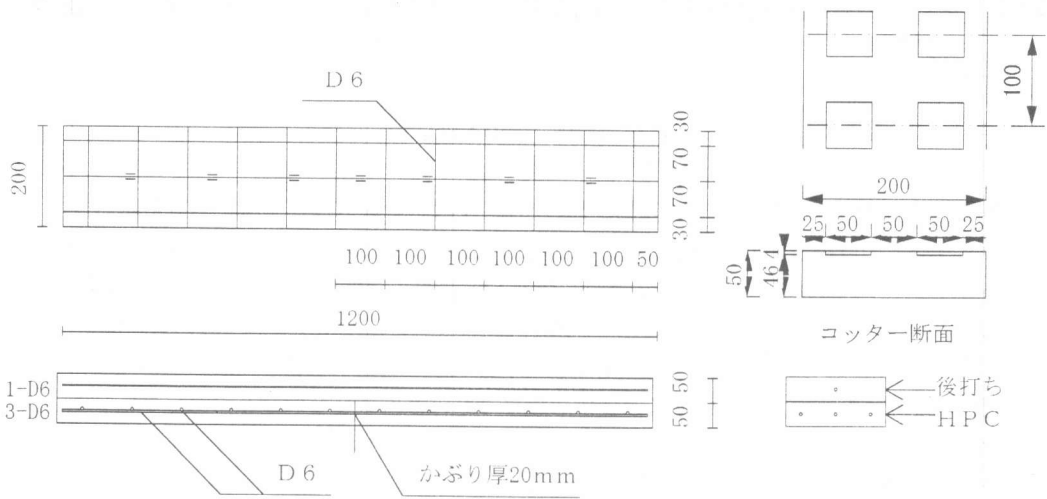


図-1 試験体

期の強度発現が必要とされるため、高い強度とした。図-1に試験体および鉄筋の歪ゲージの位置を示す。試験体は、巾20cm、長さ120cmで、厚さが10cmである。ハーフPCa板の厚さは5cmで、打ち継ぎとなる表面は、1)レイタンス除去後木こて押さえ、2)レイタンス除去後5cm×5cm×4mmの木片押さえつけによるコッター形成の2種類とした。コッターは、幅方向2列長さ方向11とした。図-1にコッターの詳細を併せて示す。試験体は、打ち継ぎ無しの試験体を比較に加え、計5体とした。

## 2.2 養生条件

ハーフPCa板は、材齢6日で脱型し、各表面処理のうち1体を水中に、残り1体を恒温室(RH60%)で材齢27日まで養生した。材齢28日で後打ちコンクリートを打設し、1週間のシート掛け養生後自重がかからないように立て起こし、荷重試験を材齢108日で行うまで恒温室(RH60%)でそのまま養生した。

## 2.3 実験方法

### 1) 相対乾燥収縮差の測定

ハーフPCa板および後打ちコンクリートの乾燥収縮差を測定するため、鉄筋に歪ゲージを貼り、ハーフPCa板コンクリートの材齢104日まで測定を行った。なお、材料としての乾燥収縮を測定するため、養生条件を同一にした10×10

表-4 鉄筋の機械的性質

用途	種類	降伏強度 Mpa	引張強度 Mpa	ヤング係数 Gpa
主筋	D6	343	513	179

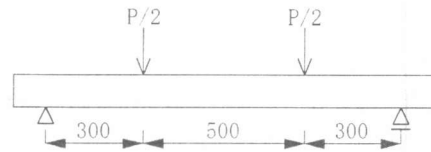


図-2 荷重方法

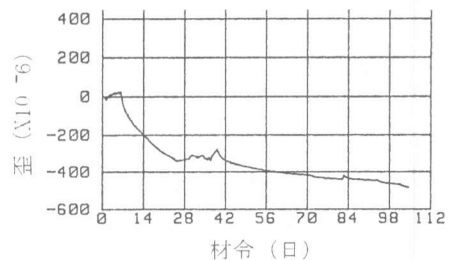
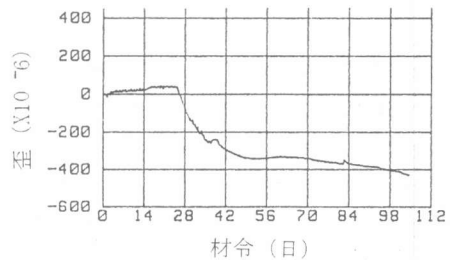


図-3 ハーフPCa板用コンクリート乾燥収縮  
(上：材齢6日、下：材齢27日乾燥開始)

×40cm 供試体によりそれぞれのコンクリートの乾燥収縮を埋込型ゲージにより測定した。歪測定の原点は打設後1日とした。

### 2) 短期載荷実験

単純支持2点載荷により、ハーフPCa板および後打ちコンクリートの乾燥収縮差が生じているスラブの打継面の耐力、変形状を調べた。

図-2に載荷方法を示す。荷重は、変形制御とし、試験体中央変位 $\delta$ と載荷スパン110cmとの比が1/500, 1/200, 1/100, 1/50, 1/20で一方一回の繰り返しとした。

## 3. 実験結果

### 3.1 収縮歪

#### 1) 10×40cm 供試体による乾燥収縮

図-3にハーフPCa板用コンクリート、図-4に後打ち用コンクリートの乾燥収縮歪を示す。恒温室内作業のため、一時歪に乱れが生じているが、ハーフPCa板用コンクリートは、材齢6日で乾燥させた場合、材齢104日での乾燥収縮歪は $500\mu$ 程度となった。また、材齢28日で乾燥させた場合はこれよりやや小さな値を示した。後打ち用コンクリートの材齢76日での乾燥収縮歪も $500\mu$ 前後でハーフPCa板用コンクリートとほぼ同じ値であった。

#### 2) ハーフPCa板合成スラブの乾燥収縮

図-5に試験体No.1の上面(後打ちコンクリート)および下面(ハーフPCaコンクリート)の鉄筋歪の変化を示す。No.1上面の鉄筋ひずみは、10×10×40供試体による乾燥収縮歪とほぼ同様の動きをしており、材齢104日での歪は $500\mu$ 程度となった。

NO.1試験体のハーフPCa板部分の下面の鉄筋歪は、材齢6日から乾燥を開始しており、材齢28日までは10×10×40供試体による乾燥収縮歪とほぼ同様の動きを示した。しかし、後打ちコンクリート打設後は、一旦水分補給により歪が回復し、更に後打ちコンクリートの1週間のシート掛け湿潤養生期間中も回復が見られた。その後は、徐々に圧縮歪が増大した。最終歪

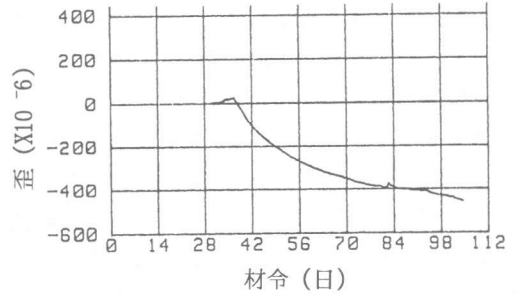


図-4 後打ち用コンクリート乾燥収縮 (材齢35日乾燥開始)

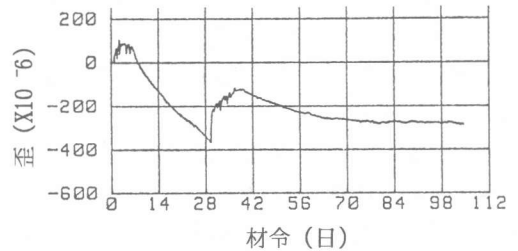
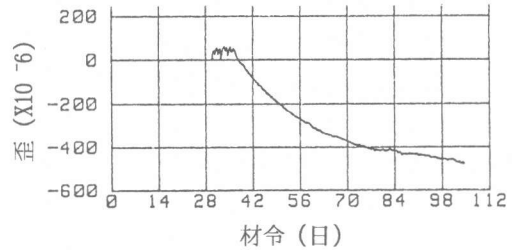


図-5 No.1試験体鉄筋歪(上面、下面)

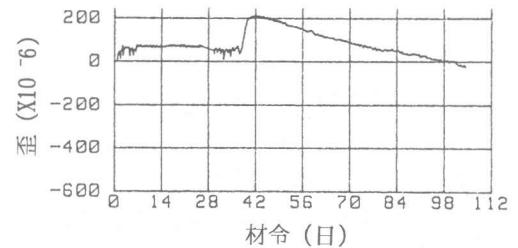
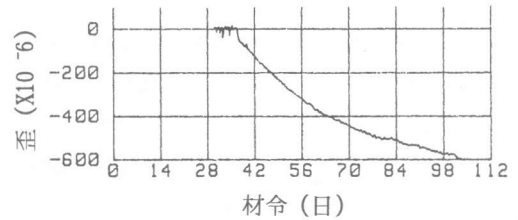


図-6 No.2試験体鉄筋歪(上面、下面)

は、 $300\mu$ 程度で後打ちコンクリート打設前以下となった。 $200\mu$ 程度の歪差（弾性歪+クリープ歪）が生じている。

図-6に後打ちコンクリート打設までハーフPCa板部分を水中養生した試験体No.2の上面および下面の鉄筋歪の変化を示す。上面の鉄筋ひずみは、最終材令での歪は $600\mu$ 程度となり、No.1試験体より大きな値を示した。下面の鉄筋ひずみは材齢35日までは、収縮せず、後打ちコンクリート乾燥開始後は一旦 $200\mu$ 程度の引張り歪が生じ、その後徐々に圧縮方向へと歪変化した。これは、乾燥収縮歪み速度の大きい後打ちコンクリートの影響が大きく、最終歪は $0\mu$ 程度で試験体の長さ方向の部位によって多少の違いが生じた。 $400\mu$ 程度の拘束歪み（弾性歪+クリープ歪）が生じていると考えられる。

これらの傾向は、打ち継ぎ面の処理方法の違いによらずいずれも同じ傾向を示した。また、ひび割れの発生や、打継ぎ面の剥離などの現象は見られなかった。

### 3) 一体打ちスラブの乾燥収縮

図-7に一体打ち試験体No.5の上面および下面の鉄筋歪の変化を示す。補強鉄筋量の違いにより、上面の鉄筋歪は最終材令で $550\mu$ 程度となり、No.1、No.2試験体の間の値を示した。下面の鉄筋の最終歪は、 $450\mu$ 程度となった

### 4. 内部鉄筋による拘束応力の計算

Neville<sup>4)</sup>の手法によりスラブ試験体内の鉄筋による拘束応力を検討するための計算を行った。クリープおよび乾燥収縮のモデルはCEB-FIP<sup>5)</sup>とし、計算条件は以下の通りとした。

- 1) コンクリート圧縮強度：実験値
- 2) 拘束鉄筋断面積：3-D6, 1-D6
- 3) コンクリート断面積： $100\text{cm}^2$
- 4) 乾燥開始材齢：6日および35日
- 5) 乾燥収縮歪：材齢120日で $448\mu$ （6日乾燥開始）、 $424\mu$ （35日乾燥開始）

図-8に計算結果を示す。本実験での補強筋による拘束応力は、上側鉄筋による場合で

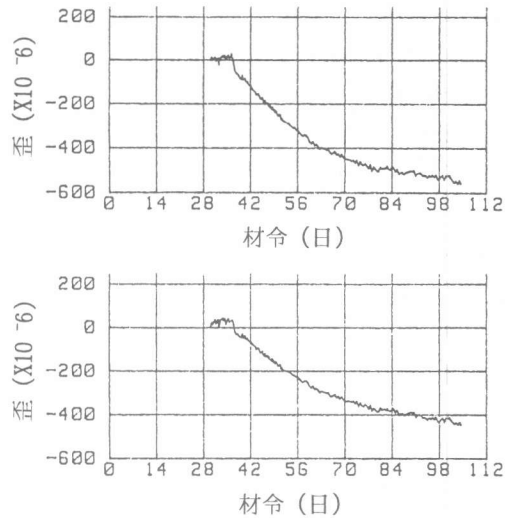


図-7 No.5試験体鉄筋歪（上面、下面）

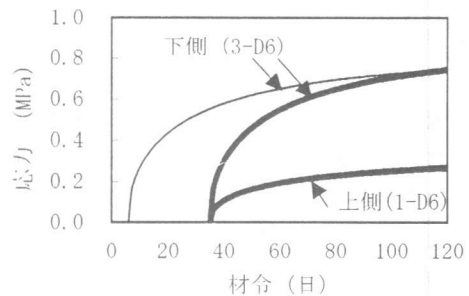


図-8 拘束応力計算結果

表-5 実験結果一覧

試験体	養生 (打継前)	初ひび割れ (KN)	降伏荷重 (KN)	最大荷重 (KN)
No1	乾燥	4.91	19.4	24.7
No2	水中	7.36	19.0	25.2
No3	乾燥	7.36	20.4	25.8
No4	水中	9.81	20.2	23.4
No5	一体	7.65	19.0	25.3

$0.27\text{MPa}$ 、下側鉄筋による場合乾燥開始材齢の違いはほとんどなく $0.75\text{MPa}$ 程度となり鉄筋自体による拘束応力は小さい。また、これらの拘束応力を生じさせる鉄筋歪は上側鉄筋で $410\mu$ 、下側鉄筋で $380\mu$ 程度となった。

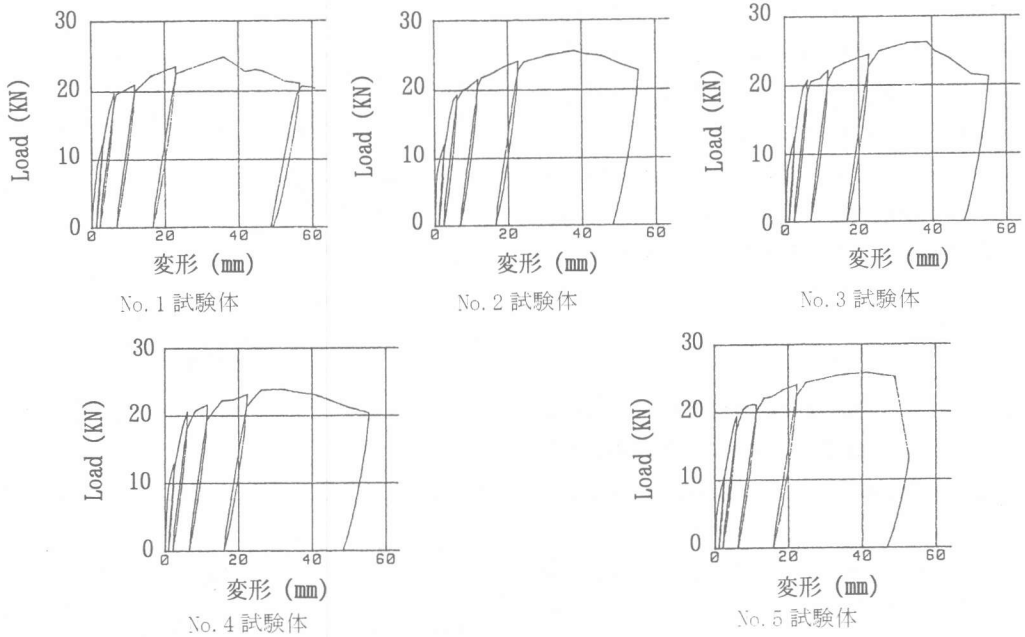


図-9 荷重・変形曲線

### 5. 短期載荷実験

実験結果の一覧を表-5に示す。自重による曲げモーメントは、降伏曲げモーメントの0.03でその影響は小さいため無視した。図-9に試験体No.1, No.2, No.5の荷重変形曲線を示す。また、図-10にNo.1, No.2, No.5試験体の下側鉄筋歪みの例を示す。曲げひび割れは、目視および鉄筋歪から判断した。いずれも変形角( $\delta/L$ )が $1/250$ 以内で生じ、曲げ強度を $0.564\sqrt{F_c}=3.42\text{MPa}$ とした計算値(7.55KN)程度の値を示した。10×10×40cm供試体による曲げ強度よりはかなり小さく、大きな内部拘束歪を有するものとそうでないものとの差は明確ではなかった。最大荷重は、中央たわみが25~40mmの時点で生じ、いずれの試験体も差はなかった。変形についてはいずれの試験体も十分な変形能を示したが、一体打ちのNo.5試験体が最大耐力以降、その低下が最も小さくついでハーフPCa板を湿潤養生したもの、乾燥させたものとなった。

図-11に最終ひび割れ状況を示す。いずれも打継面での剥離は見られず、最終まで一体と

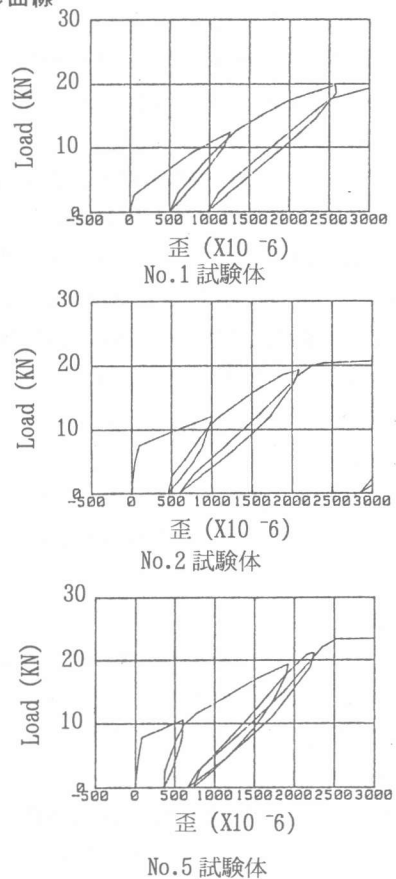


図-10 荷重・鉄筋歪曲線例

して挙動した。ひび割れパターンに大きな違いはないが、ハーフPCa板部分を材齢6日から乾燥させたNo.1試験体のひび割れ本数がやや多かった。最終的、に打継ぎによるコンクリートの乾燥収縮差により内部応力を生じるが、荷重実験による打ち継ぎ面に生じたせん断力  $\tau = Q/bj \div 1.0\text{MPa}$  程度まででは、打継ぎ面の処理いかに係わらず、終局まで一体性を保った。

## 6. まとめ

コンクリートの乾燥収縮差により内部応力を生じさせ、ハーフPCa板スラブの耐力変形状に及ぼす影響を調べた。その結果以下のことが明らかになった。

1) ハーフPCa板合成スラブは、ハーフPCa板の初期養生の方法によって、スラブ内に生じる歪に大きな違いが生じた。また、新旧コンクリートに大きな相対歪差が生じた。

2) 曲げひび割れ荷重は、いずれの試験体もそれほど差はなく、ハーフPCa板合成スラブとしての影響は小さかった。

3) コンクリートの乾燥収縮差により内部応力を生じるが、打ち継ぎ面に生じる最大せん断応力  $\tau = 1.0\text{MPa}$  程度まででは、打継ぎ面の処理いかに係わらず、終局まで一体性を保った。

4) 変形性能は、一体打ちのNo.5試験体が最大耐力以降、その低下が最も小さくついでハーフPCa板を湿潤養生したもの、乾燥させたものとなった。

内部存在拘束応力は明らかになったが、その影響について引き続き検討して行きたい。

## 参考文献

- 1) 松崎育弘ほか：合成床板(PICOS)の構造性能に関する実験的研究(その2)シャーコッターのせん断実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1975-1976，1983.9
- 2) 小森清司・岸川匡秀：PC板埋設型枠を用いた鉄筋コンクリート床スラブの短期荷重実(その1)，(その2)，日本建築学会大会学術講

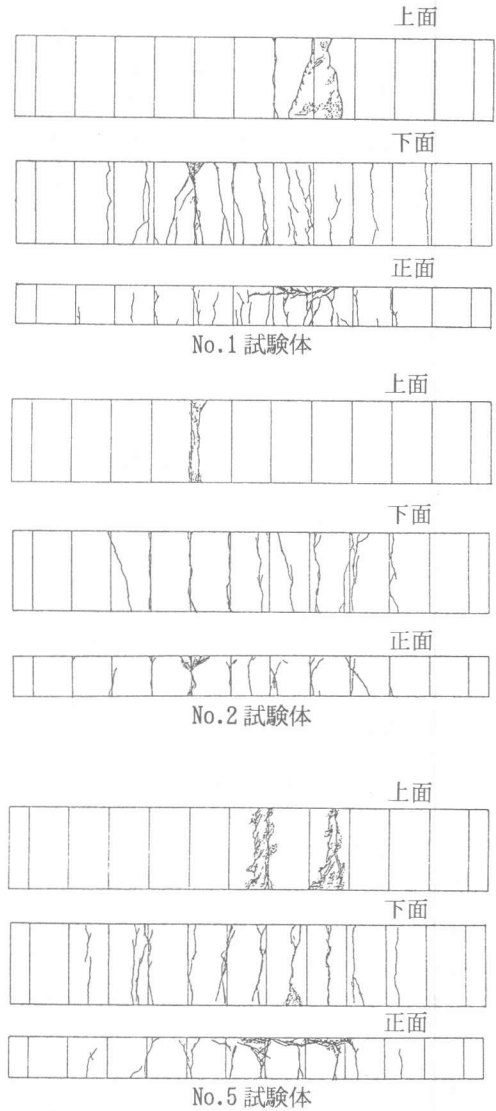


図-11 試験体の最終ひび割れ状況

演梗概集，pp.1969-1972，1983.9

- 3) 内山義次ほか：合成床板(PICOS)の構造性能に関する実験的研究(その4)長期荷重および乾燥収縮実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1979-1980，1983.9
- 4) Neville, A. M., Dilger, W. H., Brooks, J. J. : Creep of Plain and Structural Concrete, Construction Press, London, 1983
- 5) CEB-FIP : Model Code for Concrete Structures, 3rd Edition, Paris, 1978.