(V－16)　高強度コンクリートを用いたＰＲＣ部材の時間依存性の変形について

宇都宮大学工学部　学生員　陳　建宏
宇都宮大学大学院　学生員　袖山隆行
宇都宮大学工学部　正会員　佐藤良一

１、まえがき

近年、100N/mm² クラスの高強度でしかも流動性の高いコンクリートが容易に製造できるようになってきた。それに伴いビルの高層化や橋梁の長大化、軽量化などを目的として高強度コンクリートが利用されてきている。しかし、高強度コンクリートを用いた構造部材の時間依存性の変形挙動はほとんど明らかされていない。そこで本研究では、100N/mm² クラスの高強度コンクリートを用いて、プレストレス量と引張鉄筋比、および圧縮鉄筋比をパラメーターとしたはり部材の時間依存変形を実験的に検討したものである。

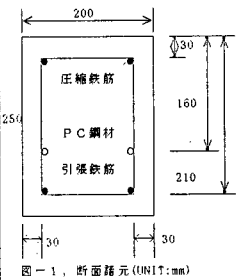
２、実験概要

供試体は曲げ部材 10 体併せて同断面のクリープ収縮測定用供試体を 12 体製作した。供試体一覧を表-１用いたコンクリートの配合を表-２に示す。供試体の形状は、断面が 20×25cm、長さが 240cm の矩形断面はりである。載荷はスパン 210cm、せん断スパン長 65cm の２点載荷とした。純曲げ区間 80cm を試験区間として平均曲率、コンクリートの圧縮ひずみ、ひび割れ幅、鉄筋ひずみを計測した。平均曲率は試験区間中央で計測されたたわみ量より求めた。鉄筋ひずみは異形鉄筋の縦リブの位置に深さ 3mm、幅 4mm の溝を切削加工して、その溝に試験対象区間の中央 40cm に 2cm 間隔で貼付したひずみゲージより求めた。

表－１、供試体一覧表

NO.	名称 引張鉄筋 (PC鋼棒) －圧縮鉄筋	引張鉄筋 断面積 As (cm²)	引張鉄筋 鉄筋比 ρs (%)	圧縮鉄筋 断面積 A's (cm²)	圧縮鉄筋 鉄筋比 ρ's (%)	PC鋼棒 断面積 Ap (cm²)	PC鋼棒 鉄筋比 ρp (%)	PC鋼棒 緊張応力 (N/mm²)	載荷モーメント (kN・m)
HL10	D19-0	573	1.15	－	－	－	－	－	19.5
HL12	D19-D16	573	1.15	397.2	0.79	－	－	－	19.5
HL20	D16(7.1)-0	397.2	0.79	－	－	80	0.16	900	22.1
HL22	Dm16(7.1)-D16	317.5	0.64	397.2	0.79	80	0.16	900	22.1
HL30	D13(9.0)-0	253.4	0.51	－	－	128	0.26	940	22.2
HL32	Dm13(9.0)-D16	184.9	0.37	397.2	0.79	128	0.26	940	22.2
HL40	D10(10.7)-0	146.7	0.29	－	－	180	0.36	940	23.5
HL42	Dm13(10.7)-D16	184.9	0.37	397.2	0.79	180	0.36	940	23.5
HL50	(12.6)-0	－	－	－	－	250	0.5	800	25
HL52	(12.6)-D16	－	－	397.2	0.79	250	0.5	800	25

引張鉄筋Dmは段切り加工したもの、鉄筋比は全断面に対する比率を表す



図－１，断面諸元(UNIT:mm)

表－２　コンクリートの配合

設計強度 (N/mm²)	W/C (%)	s/a (%)	SF/B (%)	SP/B (%)	単位量 (kg/m³) W	C	SF	S	G	SP	スランプフロー (cm)	空気量 (%)
105	25	45	10	2.2	150	540	60	766	640	12.2	65±5	5± 1

注：早強ポルトランドセメントの比重=3.14、比表面積4420cm²/g、シリカフューム（SF）は、ELKEM Microsilica 940Uである、比重=2.2、比表面積200m²/g、SiO_2 91%
細骨材は鬼怒川産（安山岩）F.M.=2.69、比重=2.61、粗骨材は鬼怒川産（安山岩）F.M.=6.68、比重=2.63、高性能AE減水剤SPはポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体（レオビルドSP-8HE）

３、材料特性[1]

クリープ係数の経時変化の結果を図-２に示す。図中のクリープ係数の実測値は、本供試体と同じコンクリートを用いた川崎らの実験によって得られたものである[1]。また、推定値は、宮澤ら[2]と同様な方法を用い、載荷時材齢と終局クリープ係数 ϕ_0 および進行速度決める係数 β_H の関係を、載荷時材齢の異なる実測値に基づいて回帰し、CEB-FIP MODEL CODE1990(MC90)[3]の式を修正した式によって得られたものである。実測値と推定値は図-２に示すようにそれぞれの載荷材齢に対してよく一致している。圧縮強度試験の結果を図-3 に示す。解析にはこの関係を用いた。なお、解析に用いた収縮ひずみは実測値とした。

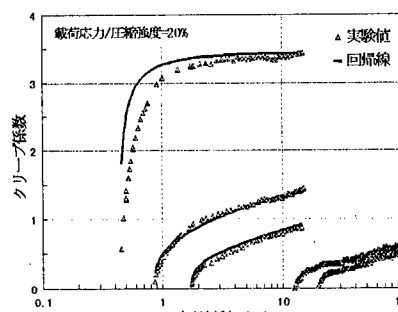


図-２　クリープ係数の経時変化

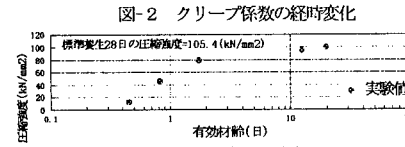


図-３ 圧縮強度の経時変化

４、変形解析

ひび割れ断面および全断面有効とした断面について、本解析ではクリープに及ぼす載荷時材齢の影響を考慮した重ね合わせの原理に基づく Step-by-step 法を用いてクリープ解析を行った[4]。ついで、これに基づいて MC90 に基づくテンションスティフニングの影響を取り入れ

た解析を行い、実測値と比較することでテンションスティフニングの効果について検討した。

5、実験結果および考察

自己収縮の影響　コンクリートの打込み直後からプレストレス導入前までの鉄筋ひずみの実測値および鉄筋ひずみと断面下縁のコンクリート応力の解析値を図-4 に示す。鉄筋ひずみの解析値は実測値とよく一致している。また本供試体の鉄筋比が 0.64%であるため鉄筋拘束の影響は小さいが、鉄筋比が大きい場合にはその影響は大きい。特に強度発現初期にコンクリートに大きな引張応力が生じる。

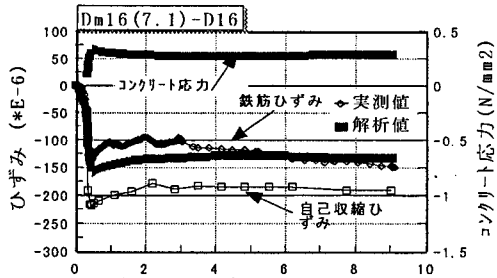


図-4 自己収縮の影響

引張鉄筋ひずみの経時変化　鉄筋ひずみの実測値の平均値と最大値および解析値を図-5,6 に示す。ひび割れ断面における最大ひずみと平均ひずみの差がテンションスティフニングと考えることができる。これらの図を見れば、テンションスティフニング効果は、１００日弱の経過日数であるが、低下しないことが認められる。MC90 を用いた解析値と実測値を比較すると、図-5 ではテンションスティフニング効果の解析値は実測値の 60%である。図-6 ではテンションスティフニング効果の解析値は実測値の 59%である。ひび割れ本数が少なく、またひび割れ断面においても引張応力が負担される場合には、MC90 はテンションスティフニング効果を過小評価することがわかる.

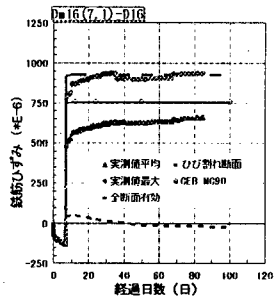


図-5 鉄筋ひずみの経時変化

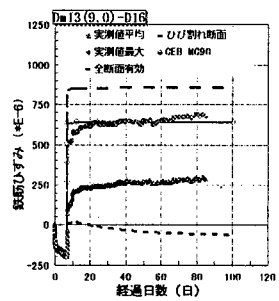


図-6 鉄筋ひずみの経時変化

曲率の経時変化　試験区間の平均曲率の経時変化を図-7,8 に示す。鉄筋ひずみの場合と同様、プレストレス量が大きい Dm13(9.0)-D16 の場合は、MC90 を用いた解析値は実験値を過大に評価する。今後は、破壊力学的手法によるひび割れ断面のコンクリートの引張応力負担と、付着の再評価が必要と考えられる。

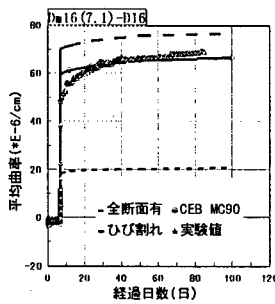


図-7 平均曲率の経時変化

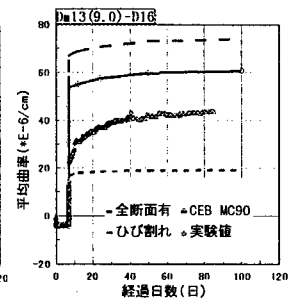


図-8 平均曲率の経時変化

6、まとめ

高強度コンクリートを用いたＰＲＣはりのプレストレス導入それに続く持続荷重載荷以降の変形挙動の経時変化を実験により検討し、併せて Step-By-Step 法を用いて解析を行った．その結果、自己収縮による鉄筋ひずみ、実測値と解析値はおおむねよく一致した．ひび割れの分散が十分でない場合の変形挙動については、MC90 によるテンションスティフニング効果の評価は過小であることが明らかとなった。

参考文献

[1] 川崎靖幸、楊楊、佐藤良一：高強度コンクリートのクリープ実験、土木学会、第２４回関東支部技術研究発表会投稿中、1997

[2] 宮澤伸吾、大谷　博、今本啓一、佐藤良一：超高強度コンクリートの若材齢におけるクリープ特性、第51回土木学会年次学術講演会講演概要集第5部、pp578-579, 1996

[3] CEB:CEB-FIP Model Code, 1990, Final Draft, 1991

[4] 山本浩嗣、佐藤良一、涌井一、落合勝：ＰＲＣ部材の長期変動挙動の検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16, No.2, pp.973-978, 1994