コンクリート工学年次論文集，Vol. 23，No. 2，2001

論文　新旧コンクリート打継面の変形性状に及ぼす水分移動の影響に関する実験的研究

江上　健太郎*1・村上　祐貴*2・三浦　真司*3・大下　英吉*4

要旨：新旧コンクリートの打継強度に影響を及ぼす主な要因の一つは旧コンクリートの表面処理度である。本研究ではコンクリート円柱供試体側面に一定水圧を持続的に戴荷し，水の圧入現象により内部空隙に発生する間隙水圧及び変形挙動に関する測定実験を行った。その結果，打継面の処理の有無がコンクリート共試体の変形性状及び強度特性に大きな影響を及ぼすことがわかった。

キーワード：クリープ現象，局所化現象，間隙水圧，水分移動

1.　はじめに

コンクリート構造物を構築する際，その形状寸法，水和発熱による温度応力或いはコンクリート打設時の材料分離等の理由からコンクリート構造物には打継面が必ず存在する。新旧コンクリート打継面は，既設コンクリート打設後の表面処理手法や処理の程度によっては構造物全体の変形挙動に大きな影響を及ぼす欠陥とも成り得る。その種の典型的事例がコールドジョイントであり，実構造物における実現象事例としては未だ記憶に新しいトンネルコンクリート大型片の剥離事故が挙げられる。

従来，打継面に関する研究は新旧コンクリートの一体性の確保という観点から付着性状などの力学的性質に重点が置かれており，水圧作用時の透水現象に大きな影響を及ぼす打継面領域の細孔径分布や透水性状あるいはそれによる変形の局所化現象に関しては皆無の状態である。しかしながら，打継面領域は処理方法や処理程度によってはブリーディングによる一種の遷移帯領域あるいはひび割れのような欠陥として捉えることが出来るということを鑑みると付着性状に加えて透水性状をも包含した変形挙動の詳細な評価を行う必要がある。

本研究では，一定側面水圧作用下における新旧コンクリートの変形性状を詳細に評価することを目的として，コンクリート円柱供試体側面に一定側面水圧を持続的に戴荷し，水の圧入現象により内部空隙に発生する間隙水圧および打継部，新・旧コンクリート部の変形挙動に関する測定実験を行った。

2.　実験概要

2.1　配合

本実験における水セメント比は，60％および30％の2種類であり，コンクリートの配合[1)2)]および強度特性を，**表－1**および**表－2**に示す。なお，使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。

2.2　供試体

供試体は，**図－1**に示すようにその形状寸法はφ15×30cm の円柱供試体であり，その供試体高さが中央である，約 15cm の位置に水平方向に打設面を設置した。新旧コンクリートの打

*1　中央大学理工学部土木工学科　（正会員）
*2　中央大学理工学部土木工学科　（正会員）
*3　中央大学大学院　理工学研究科　土木工学専攻　（正会員）
*4　中央大学助教授　理工学部土木工学科　工博　（正会員）

表－1　コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³) 水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
25	10±2	2.5±1	60	54	226	377	906	732	
25	10±2	4.5±1	30	34	161	536	550	1067	2.14

表－2　強度特性

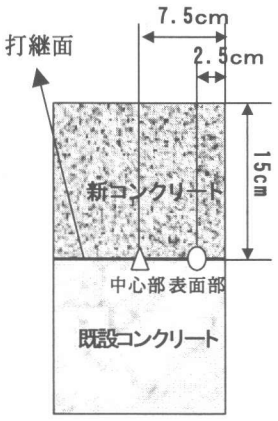
W/C	処理状態	圧縮強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)
60%	処理無し	10.31	15.69
	処理有り	9.54	13.83
30%	処理無し	33.66	27.75
	処理有り	34.72	27.16

表－3　実験パラメーター

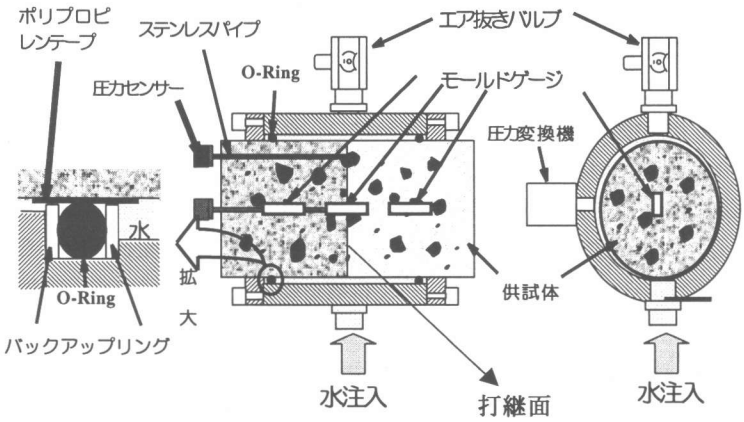
供試体名	W/C (%)	打継面処理
60-NP	60	無
60-P	60	有
30-NP	30	無
30-P	30	有

表－4　破壊強度

供試体名	σ_{ru}(MPa)
60-NP	2.4
60-P	2.8
30-NP	5.8
30-P	9.0



図－1　間隙水圧測定位置



図－2　実験装置概要[2)3)]

設間隔は1日とし，コンクリート打継面の処理方法はワイヤーブラシを用いて 1～2mm削り，骨材を露出させた。側面水圧載荷材齢は，既設コンクリート打設後3日の時点である。

側面水圧載荷セルの概要は，**図－2** に示す通りである。セルは鋼製の円筒容器からなっており，その中央部にφ15×30cm の供試体を配置する。その際，セルの上下端にO－Ｒｉｎｇ，バックアップリングを配置し，供試体にポリプロピレンテープを巻くことにより，セルと供試体の隙間から外部への漏水を防止した。

実験パラメータは，**表－3** に示すように，水セメント比60%において打継面処理無し供試体（60－ＮＰ），処理有り供試体（60－Ｐ），および，水セメント比 30%において打継面処理無し供試体（30－ＮＰ），処理有り供試体（30－Ｐ）とした。

2.3　側圧載荷方法

側圧の載荷は，まず 0.1MPa／sec の荷重速度で単調増加させ破壊まで加圧を行い，破壊時の側圧の値 σ_{ru} を事前に求める。そして，破壊時の側圧 σ_{ru} に対して 50%（$0.5\sigma_{ru}$）の値を一定側圧として持続的にコンクリート供試体の側面のみに載荷させた。なお各供試体における破壊時の側圧 σ_{ru} は**表－4** に示す通りである。

2.4　測定項目

本実験における測定項目は，載荷側圧，既設コンクリート，打継部および新コンクリートの軸方向ひずみ，間隙水圧である。載荷側圧は**図－2** に示す側圧測定器により測定し，コンクリ

ート内部の間隙水圧の測定は，予め供試体内部に埋め込んだφ1mmのステンレスパイプ内に水を満たし，先端に間隙水圧計を取り付ける事により実施され，測定位置は**図－1**に示すように供試体の表面から2.5cm（表面部），7.5cm（中心部）の2箇所である。なお，間隙水圧計の細部は，**図－3**に示すように，間隙水圧のみを測定するため，供試体内部におけるパイプの先端は，開口状態であり，パイプと間隙水圧計の間には，水と空気のみを通すセラミックディスクが設置されている。また，コンクリートひずみは，**図－4**に示すように，供試体との定着を十分に確保するために上下端に定着棒を取り付けたモールドゲージにより測定され，**図－2**に示す様に既設コンクリート，打継部，新コンクリートの3箇所に埋め込み，軸方向ひずみを測定する。

3. 一定側面水圧を受ける新旧コンクリートの変形挙動

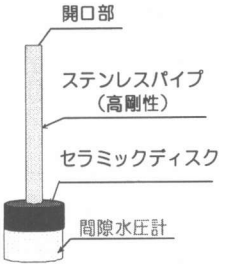
3.1 間隙水圧発生状況

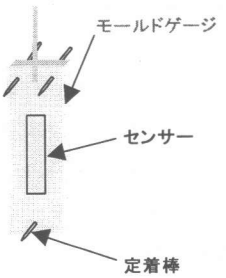
間隙水圧発生状況を**図－5, 6**に示す。**図－5, 6**はそれぞれ供試体60－NP，60－Pにおける間隙水圧発生状況である。図中に示す○，△は**図－1**に示すようにそれぞれ表面部，中心部の間隙水圧であり，載荷側圧は実線で示してある。

まず，**図－5**に示す供試体60－NPの場合，一定側圧載荷後，約50秒で表面部，約3分後に中心部において間隙水圧が発生し，その後，表面部は，一定載荷側圧の約90%，中心部では約70%まで間隙水圧は上昇した。この傾向は、供試体表面部から，水分が徐々に内部へ移動する現象を現している。

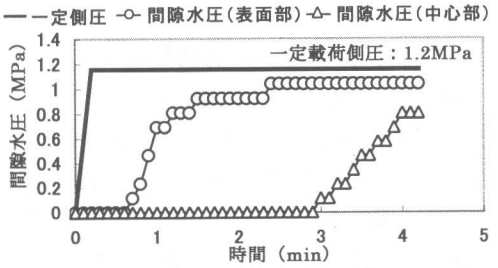
次に，**図－6**に示す供試体60－Pの場合，表面部は約1分後，中心部では約3分後に間隙水圧が発生し，供試体が破壊に至るまでに表面部では一定側圧の約80%，中心部では約70%まで間隙水圧は上昇した。

また，水セメント比が高く，打継面を有する供試体は水圧作用下において打継面より圧入される水分量は，多量であるといえる。これは**図—7**に示すように井之上ら[2)]が行った同測定実験において同配合，材齢3日の打継面を有さない供試体の表面部および中心部の間隙水圧は，より高い側圧を載荷しているにも関わらず，表面部および中心部においてそれぞれ約3分と約

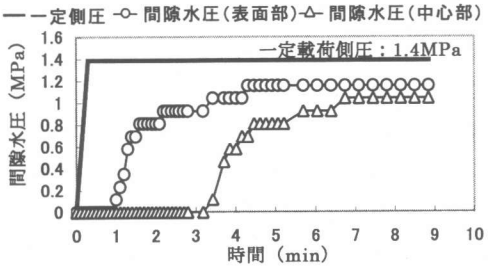




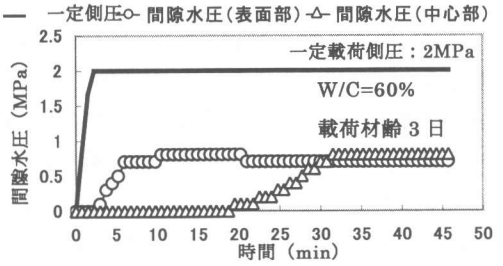
図－3　間隙水圧計　図－4　モールドゲージ



図－5　間隙水圧発生状況（供試体60－NP）



図－6　間隙水圧発生状況（供試体60－P）



図－7　井之上ら[2)]の実験

20 分後に発生したことから判断できる。

なお，水セメント比 30％である供試体 30－ＮＰ，30－Ｐは，打継面処理の有無にかかわらず，いずれも間隙水圧は発生しなかった。これは，恐らく，既設コンクリートのブリーディング水が水セメント比60％に比べて非常に少ないため，打継面処理の有無にかかわらず比較的緻密であり，間隙水圧は生じるもののステンレスパイプ外周面に沿って水が移動することにより間隙水圧を計測出来なかったと考えられる。

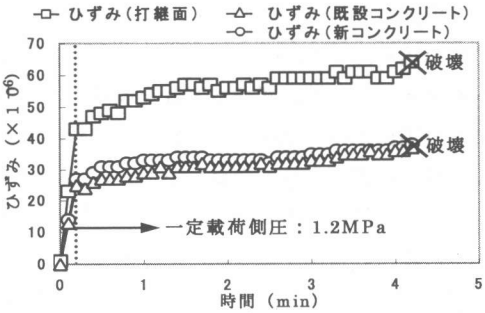
3.2　コンクリートの変形特性

図－8～11 は，それぞれ供試体 60－ＮＰ，60－Ｐ，30－ＮＰ，30－Ｐにおける既設コンクリート，打継部，新コンクリートの軸方向ひずみである。図中に示す記号△，□，および○はそれぞれ既設コンクリート，打継部および新コンクリート部である。ここでは載荷側圧が一定になるまでの変形性状について述べる。また，一定側圧後の変形性状は第４章で述べる。

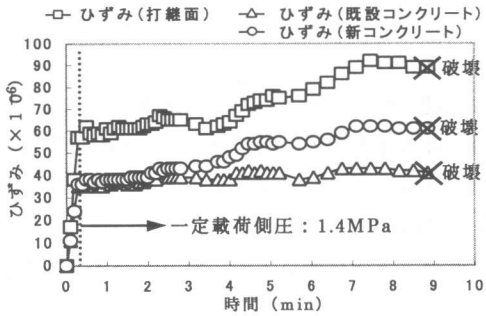
まず,破壊時の側圧は**表－4** に示すように水セメント比 60％，30％ともに打継面処理を施した供試体において大きい。しかしながら，**表－2** に示した圧縮強度は，打継面処理の有無にかかわらず差異が生じなかった。これは側圧作用下において打継面処理を施すことにより新旧コンクリートの一体性が向上したことを示している。

次に，供試体 60－ＮＰの場合，ひずみの局所化現象が打継部で生じており，一定側圧となるまでの弾性ひずみは打継部において約40μと最も大きく，新コンクリート，および既設コンクリートのひずみには差異はない。そして一定側圧以降のクリープひずみは新旧コンクリート部ではほとんど生じないことに対して，打継部では緩やかに上昇し，最終的に約 4 分の時点で，打継部においてへき開破壊を生じた。なお，破壊時のひずみは**表－5** に示す。

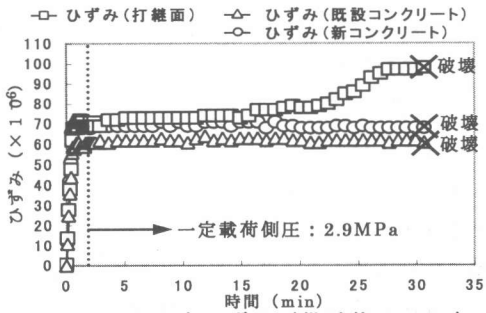
次に，供試体 60－Ｐの場合，供試体 60－ＮＰとほぼ同じ傾向を示しており，60－ＮＰに比べ新・旧コンクリートの一体性は向上したものの打継部におけるひずみの局所化現象が発生している。そして約 9 分後，打継部においてへき開破壊を生じた。



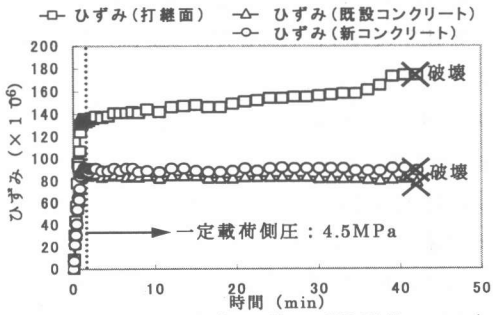
図－8　軸方向ひずみ（供試体 60－NP）



図－9　軸方向ひずみ（供試体 60－P）



図－10　軸方向ひずみ（供試体 30－NP）



図－11　軸方向ひずみ（供試体 30－P）

また,**図－10,** に示す供試体30－ＮＰの場合，ひずみの局所化現象は起こらず，打継部と新・

旧コンクリートの軸方向ひずみには顕著な差異は認められなかった。しかしながら，**図－11** に示す供試体30－Ｐにおいては打継部においてひずみの局所化現象が生じている。これは，水セメントが低いために，発生するブリーディング水は少量であり新・旧コンクリートの一体性は水セメント比 60％に比べ，向上したと考えられる。すなわち，供試体 30－ＮＰにおいては，新・旧コンクリートの一体性を確保できる側圧であったためにひずみの局所化現象は生じなかったが，供試体 30－Ｐにおいては打継面処理を施したが一体性を維持し得る側圧よりも高い側圧を載荷したために打継部においてひずみの局所化現象が発生したと考えられる。

4. クリープ変形挙動に及ぼす打継面処理の影響評価

図－12 および**図－13** は，それぞれ供試体 60－ＮＰおよび60－Ｐの単位クリープひずみの経時変化を表している。図中の記号は，**図－8** および **9** に同じである。

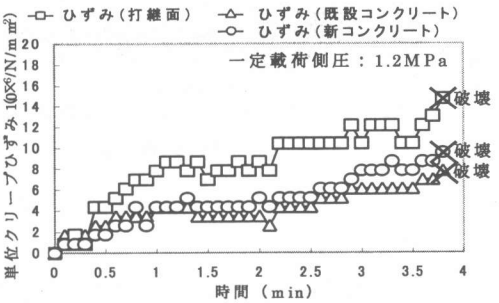
打継面処理無の供試体（60－ＮＰ）の場合，単位クリープひずみは打継部において最も大きく，**図—8** に示した弾性ひずみと同じくクリープひずみの局所化現象が生じている。一方，打継面処理あり（供試体 60－Ｐ）の場合，クリープひずみの局所化現象は打継部および新コンクリート部においても生じており，打継面処理により供試体60－ＮＰとは異なった挙動を示している。

このような一定側面水圧作用下における変形挙動と破壊現象は，コンクリート内部に水が圧入されることにより正（圧縮）の間隙水圧が発生し，それが駆動力となり，より圧力が低い供試体上下両表面に向かって水分移動が定常あるいは非定常に生じることにより軸方向クリープ現象が発生することによるものである。

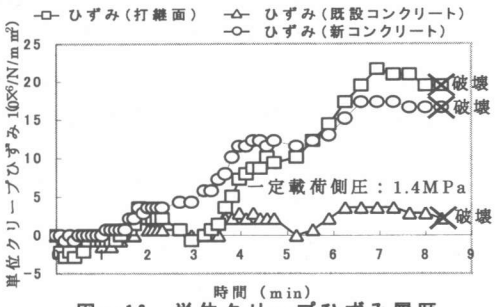
また，**図－14** に示すように，60－ＮＰの場合ブリーディング現象によってコンクリート上部にレイタンス部分が形成されるため，既設コンクリート面断上層部では非常に多孔質となる。したがって水分移動は既設コンクリートに比べ，水和反応が進行していないために透水係数が大きい[4]新コンクリートおよび上層部が非常に多孔質である既設コンクリートにおいて卓越する

表－5　破壊時のひずみ

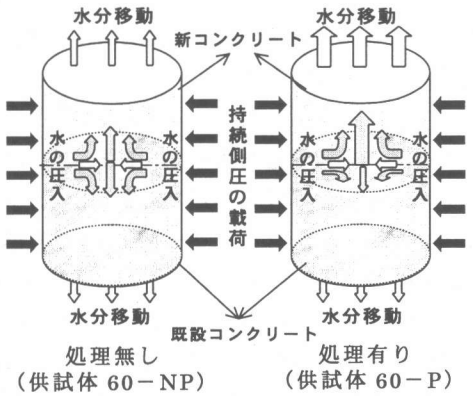
(μ)	新コンクリート	打継部	旧コンクリート
60－NP	38	64	37
60－P	61	89	41
30－NP	68	98	61
30－P	89	174	79



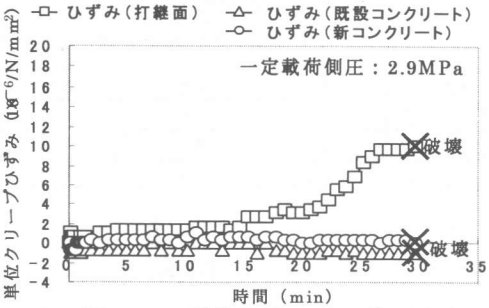
図－12　単位クリープひずみ履歴
（供試体 60－NP）



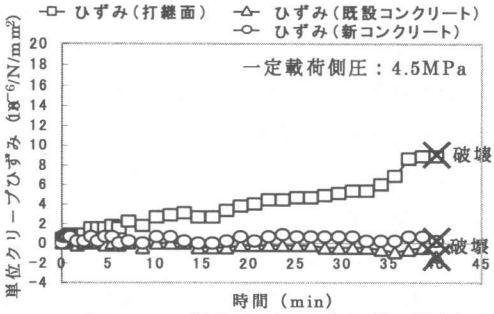
図－13　単位クリープひずみ履歴
（供試体 60－P）



図－14　表面処理による水分移動



図－15　単位クリープひずみ履歴
（供試体 30－NP）



図－16　単位クリープひずみ履歴
（供試体 30－P）

ため新・旧コンクリートともにひずみの上昇がほぼ同じと考えられる。

一方，供試体 60－Ｐでは打継面処理を施すことによりレイタンスを除去したため，既設コンクリート上層部では供試体60－ＮＰに比べ緻密である。したがって，既設コンクリートへの水の圧入現象はほとんど無く，水分移動は多孔質である新コンクリートにおいて活発となる。したがって，新・旧コンクリートのクリープひずみに差異が生じたと考えられる。

なお，供試体 60－ＮＰが破壊を示す約４分後の打継部のクリープひずみは約 14μであり，供試体60－Ｐにおける約4分後に生じているクリープひずみ（約 8μ）よりも大きい。これは打継面による付着性状によって局所化の程度が異なることによるものである。

次に，供試体 **30－ＮＰ，30－Ｐ**の単位クリープひずみの経時変化を**図－15，16** に示す。図中の記号は**図－10，11 と同じである。**水セメント比30％である供試体のクリープひずみは打継面処理の有無に関わらず，打継部においてひずみの局所化現象が生じている。これは水セメント比が非常に小さいため，新旧コンクリートの組織が緻密となり，コンクリート中を水分が移動し難く打継部に溜った流入水が分離圧として作用することによるものである。

5.　まとめ

本研究では，新旧コンクリート側面に一定水圧が持続的に作用した場合のクリープ変形性状を詳細に評価することを目的として，コンクリート円柱供試体側面に一定水圧を持続的に戴荷し，水の圧入現象により内部空隙に発生する間隙水圧及び変形挙動に関する測定実験を行った。以下に本研究で得られた結果を要約する。

（1）一定側面水圧作用下において打継面処理の有無は破壊強度に密接に影響している。

（2）水セメント比の高いコンクリートは打継面処理の有無により水分移動方向が異なり，クリープ変形挙動には差異が生じる。

（3）水セメント比の低いコンクリートは新・旧コンクリート共に緻密であるため，打ち継ぎ面より圧入された水は上下方向へ移動できず，分離圧として作用することによりひずみの局所化現象は打継部のみで生じる。

参考文献

1）　近藤泰夫，坂静雄著：コンクリート工学ハンドブック（朝倉書店，1965）

2）　井之上尚史・梨木義春・大下英吉：水圧作用下におけるコンクリートクリープ挙動に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.21，No.2，pp793～798，1999

3）　小田耕平・川名　健・大下英吉：環境条件の違いによる側水圧作用下におけるコンクリートのクリープ挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No2，pp637～pp642，2000

4）　Powers，T.C.，Copeland，L.E.，Hayes，J.C. and Mann，H.M.：Permeability of Portland Cement Paste，ACI Journal，No.51 - 14，Nov.，pp.285 - 298，1954