

# 論文 荷重作用下において打継部欠陥がコンクリートの局所的変形性状に及ぼす影響に関する研究

福井 亨平\*1・村上 祐貴\*2・内堀 学\*3・大下 英吉\*4

**要旨**：著者らは、拘束体打継境界面上に節理やひび割れ等の欠陥部が存在する場合、被拘束体の変形性状および応力性状に大きな影響を及ぼすことを報告している。しかしながら、欠陥部の位置や欠陥部が複数存在する場合の相互影響等、未だ未解明の部分が多い。そこで本研究では、打継欠陥部の位置や本数が異なる拘束体に打設されたコンクリートに引張荷重を作用させ、被拘束体の局所ひずみ分布を計測し、拘束体打継欠陥部が被拘束体の変形性状に及ぼす影響を検討した。

**キーワード**：岩盤節理，局所化，応力集中

## 1. はじめに

打継部は例えばプレキャストコンクリートと現場打コンクリート間、橋梁の下床版と上床版間等とコンクリート構造物には必ず存在するといっても過言ではない。

新旧コンクリートの打継部は構造物の力学的な弱点であるとともに、水密性や耐久性の観点からも弱点になりやすい。そのため、新旧コンクリートの打継面の付着性状に関する研究<sup>1), 2)</sup>や付着性状の違いがコンクリート構造物の耐荷力および変形挙動に及ぼす影響に関する研究は現在までに多数報告されている。しかしながらそれら事例の多くは打継面全体の平均的な付着性状の違いに関する評価であり、打継部の局所的な付着性状の違いが被拘束体の変形性状および応力性状に及ぼす影響に関する研究はほとんど行われていない。

図-1に示すように、実際の拘束体にはさまざまな節理やひび割れ等の欠陥部が存在し、また、その断面は凹凸を有するため拘束体に打設されたコンクリートは欠陥部直上では拘束体との付着が無く、また欠陥部端部近傍においては応力集中が生じる等、打継部の付着性状は局所的に異なる。著者ら<sup>3), 4)</sup>は既に打継面に節

理やひび割れ等の欠陥部が存在する拘束体に打設されたコンクリートのひずみが、局所的に付着が無い欠陥部直上部において著しく大きくなることを報告している。

しかしながら、欠陥部の位置や欠陥部同士の相互影響等、未だ未解明の部分が多い。

そこで本研究では、打継部欠陥部の位置の違いや複数の欠陥部が存在する場合、その相互影響等、打継面の局所的に異なる付着性状が被拘束体の変形性状に及ぼす影響を詳細に評価することを目的とし、引張荷重を異なる欠陥部を有する拘束体に打設された被拘束コンクリートに作用させ、被拘束体の局所ひずみ分布を計測し検討を行った。

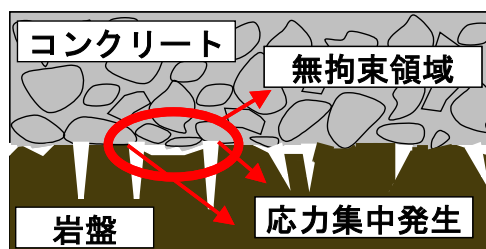


図-1 境界面概念図

\*1 中央大学 理工学部土木工学科 (正会員)

\*2 中央大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (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)

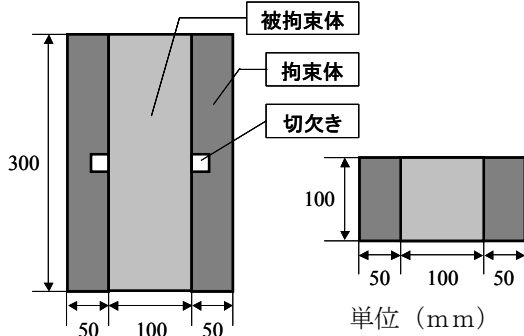
\*4 中央大学 理工学部土木工学科教授 工博 (正会員)

表－1 使用材料

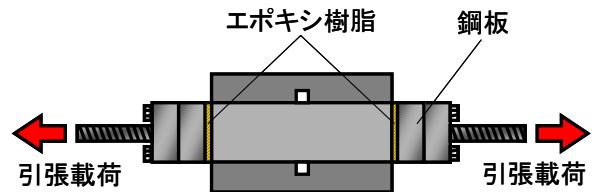
	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
被拘束体	普通ポルトランドセメント 密度:3.16g/cm <sup>3</sup>	万田野産細骨材	—	—
拘束体	早強ポルトランドセメント 密度:3.16g/cm <sup>3</sup>	密度:2.59g/cm <sup>3</sup>	コンクリート用碎石2005 密度:2.66g/cm <sup>3</sup>	高性能AE減水剤 ポリカルボン酸系化合物

表－2 コンクリートおよびモルタルの配合

	水セメント比 %	最大骨材寸法 mm	細骨材率 %	単体量 kg/m <sup>3</sup>				AE剤 C × %
				水	セメント	細骨材	粗骨材	
被拘束体(モルタル)	45	—	—	323	719	1165	—	—
拘束体(コンクリート)	20	20	40	188	942	480	1067	2.0



図－2 供試体形状寸法



図－3 荷重荷重方法

付けられたPC鋼棒を引張ることにより被拘束体に鉛直引張荷重を載荷した。なお荷重荷重速度は0.1kN/secである。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体

図－2に供試体の形状寸法を示す。供試体は拘束体と被拘束体から構成されており、拘束体は300×50×100 (mm)のコンクリート角柱供試体、被拘束体は300×100×100のモルタル角柱供試体であり、被拘束体の両側に拘束体が打継がれている。欠陥部を模擬した切欠きは両拘束体に設け、被拘束体を打継ぐ際は切欠きに発泡スチロールを詰めることにより充填を防止した。

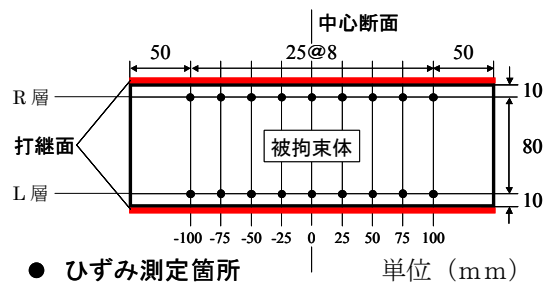
拘束体は24時間気中養生後、ワイヤーブラシにて遅延剤を散布した打継面の表面処理を行った。その後2日間の水中養生(水温20℃)を行い、被拘束体の打継ぎを行なった後さらに24時間気中養生後、5日間の水中養生を行っており、試験開始時における材齢は拘束体が10日、被拘束体が7日である。なお、使用材料および配合は表－1および表－2に示す。

### 2.2 実験方法

本実験では被拘束体に引張荷重を作用させるため図－3に示すようにPC鋼板を被拘束体の両面にエポキシ樹脂により固定し、鋼板に取り

### 2.3 測定項目

測定項目は被拘束体軸方向の表面ひずみであり、測定箇所は図－4に示すように、被拘束体両側の打継面から10mmの位置に25mm間隔で9箇所ひずみゲージ(10mm)を貼り付け測定した。なお、測定したひずみは各層で同距離にある箇所において平均値をとった。



図－4 計測位置図

### 2.4 実験パラメータ

実験パラメータは表－3に示すように拘束体に導入する切欠きの幅および位置である。試験体N0とは拘束体に切欠きを有さない試験体、試験体N10、N20およびN30はそれぞれ、拘束体中心部に10mm、20mm、30mmの切欠きを導入した試験体である。また、N20(0mm, 50mm)およびN20(-50mm, 50mm)

は拘束体に2本切欠きを導入しているが、導入する箇所が異なり試験体N20(0mm, 50mm)は、拘束体中心部と中心部から50mm離れた箇所に導入している。試験体N20(-50mm, 50mm)は、中心部を対称として50mm離れた箇所に2本導入している。切欠きは図-5に示すように拘束体に軸直交方向に導入し、深さおよび奥行き深さはそれぞれ20mm, 100mm、と全ての試験体において同様である。なお、試験体本数は各パラメータにつき1本であるが、3.2節に示すように切欠きを有する試験体の変形性状は、同様の傾向を示していることから妥当な実験結果を得ていると考えられる。

表-3 実験パラメータ

供試体	幅(mm)	本数	位置
N0	—	—	—
N10	10	1	0
N20	20	1	0
N30	30	1	0
N20(0mm, 50mm)	20	2	0, 50
N20(-50mm, 50mm)	20	2	-50, 50

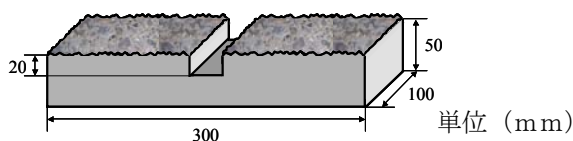


図-5 切欠き寸法および導入方向

### 3. 実験結果

#### 3.1 強度特性

表-4に各パラメータの試験体における破壊荷重を示す。被拘束体と同じ形状寸法(100×100×300mm)のモルタル角柱供試体を作製し、同様に引張載荷試験を行った結果も同表に示す。

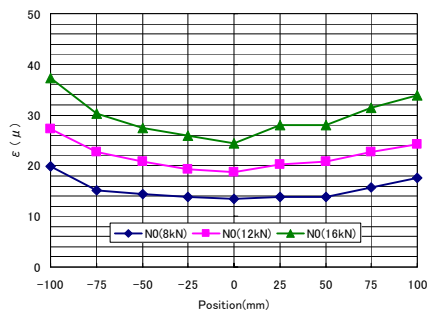
各パラメータの試験体の破壊荷重は無拘束の試験体に比べ大きく、被拘束体両側面に打継がれた拘束体の外部拘束の影響によるものである。また、表-4に示した破壊荷重の差異については、全ての供試体の破断位置が引張り治具との接合部であり、接着度合いの違いが破壊荷重に差異を生じさせたものと考えられる。

表-4 破壊荷重

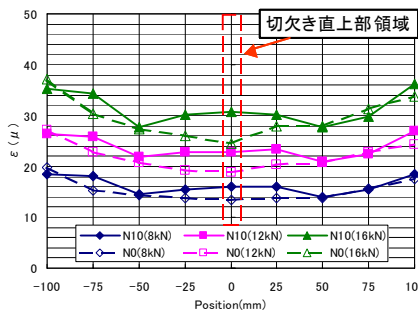
	N0	N10	N20	N30	N20(0, 50mm)	N20(-50, 50mm)	拘束体なし
破壊荷重(kN)	26.9	22.0	21.9	22.7	24.5	25.8	20.0

表-5 圧縮強度試験結果

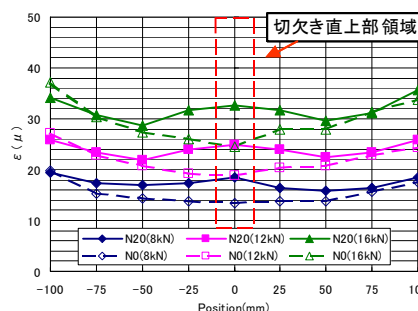
試験体名	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	
	拘束体	被拘束体	拘束体	被拘束体
N0	84.8	42.5	38.8	22.8
N10	82.6	39.8	39.7	22.5
N20	78.1	39.2	35.2	23.3
N30	85.1	38.8	37.5	22.9
N20(0,50)	85.7	42.1	35.3	23.7
N20(-50,50)	79.5	45.8	37.0	23.4



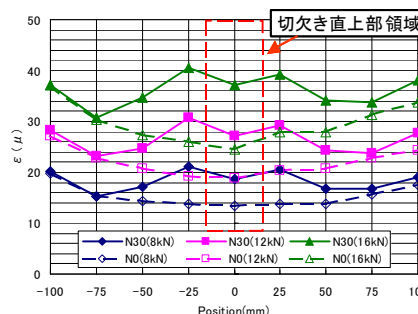
(a) 試験体N0



(b) 試験体N10



(c) 試験体N20



(d) 試験体N30

図-6 被拘束体ひずみ分布

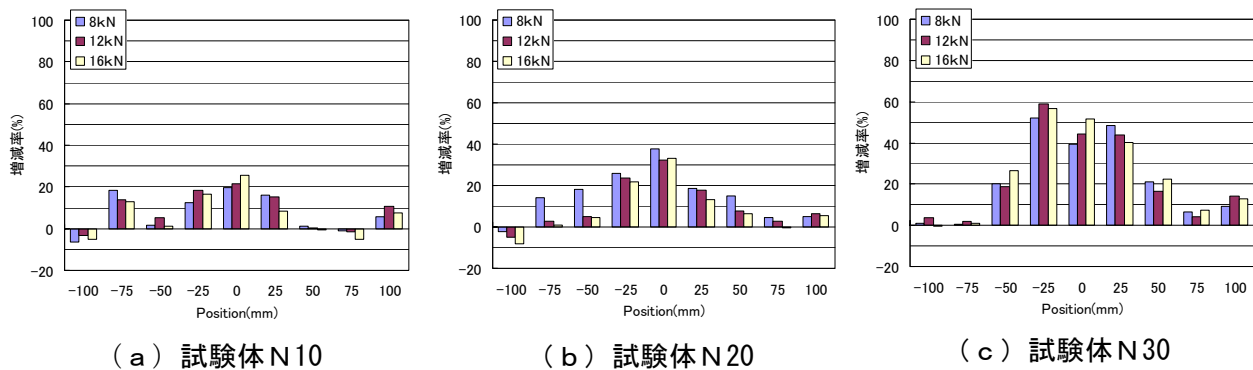


図-7 試験体 N0 に対する各試験体のひずみ増加率

各試験体において拘束体，被拘束体それぞれ同様の養生を施した  $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ， $\phi 5 \times 10\text{cm}$  の円柱供試体を用い圧縮試験を実施した。表-5 に各試験体における圧縮強度と弾性係数を示す。

### 3.2 被拘束体の変形挙動

図-6 に各パラメータにおける被拘束体の表面ひずみ分布を示す。各図(a)～(d)は、それぞれ切欠きの無い試験体 N0, N10, N20 および N30 に対応しており、図中の記号◆, ■および▲はそれぞれの試験体の引張荷重が 8 k N, 12 k N, 16 k N 時におけるひずみ分布である。本実験においては各供試体の強度試験結果より弾性係数がほぼ同様であったことから同一荷重が載荷した時点において発生したひずみに対し比較を行うこととした。また図(b)～(d)には試験体 N0 のひずみ分布を破線で示した。また横軸は被拘束体の中心断面からの距離を表わしている。

まず、試験体 N0 においては、中心断面に向かうに従いひずみは小さくなっておりこれは打継面に発生するせん断抵抗の影響によるものである。次に試験体 N10 においては、中心断面からの距離が  $\pm 100\text{mm}$  から  $\pm 50\text{mm}$  までは、中心断面に向かうに従いひずみが小さくなっており、試験体 N0 と同様の傾向を示している。しかしながら、 $\pm 25\text{mm}$  の箇所においては  $50\text{mm}$  の箇所よりもひずみがおおきくなっている。さらに中心断面に向かうに従いひずみは大きくなっている。これは切欠き直上領域のひず

みが局所的に増加したためであると想定される。試験体 N20 に関しても試験体 N10 と同様、中心断面から離れた箇所からこのひずみが試験体 N0 に比べ大きくなっている。しかしながら、試験体 N10 の同一箇所のひずみに比べ大になっており、切欠幅拡大に伴い無拘束領域が拡大したためであると考えられる。

試験体 N30 に関しては中心断面から  $50\text{mm}$  の箇所においてひずみが試験体 N0 に比べて大きくなっている。試験体 N10, N20 と同様中心断面に向かうに従いひずみが大きくなっているが、その増加量は大きい。

図-7 に引張荷重が 8 k N, 12 k N および 16 k N 載荷時における各試験体試験体 N0 のひずみに対する増減率を示す。

まず試験体 N10 に関しては、切欠き直上から  $25\text{mm}$  内の範囲でのひずみが集中的に増加しており、 $50\text{mm}$  の箇所では急激に増加率が小さくなっている。次に試験体 N20 に関しても試験体 N0 と同様、切欠き中心断面から  $25\text{mm}$  以内の領域において大きくひずみが増加している。

次に、試験体 N30 においては  $50\text{mm}$  の箇所から著しく増加し、試験体 N10, N20 中心のひずみ量と同程度のひずみが  $50\text{mm}$  の地点で既に発生している、また中心部においては試験体 N0 の中心に比べ約 60%ひずみが増加している。

次に拘束体に切欠きを 2 本導入した試験体のひずみ分布を図-8 に示す。同図(a), (b)はそれぞれ N20 ( $0\text{mm}$ ,  $50\text{mm}$ ), N20 ( $-50\text{mm}$ ,

50mm) に対応している。図中の◇, □および△は試験体 N0 のひずみ分布を示している。

まず図-8 (a)に示すように試験体 N20 (0, 50mm) に関しては, N0 と同様-100mm~-50mmの領域においては 12 k N 載荷時までは N0 のひずみとほとんど差異は生じていない。

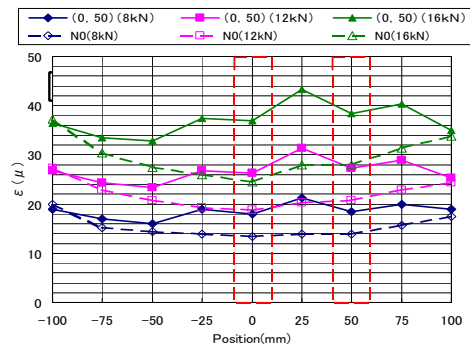
一方, 50mmの位置に幅 20mmの切欠きを導入している 100mm~50mmの領域においては 100mm地点では試験体N0 のひずみと差異は生じていないが, 75mmの箇所から試験体N0 と比べるとひずみが大きくなっている。

これは 50mmの位置は切欠きを導入しているため局所的に拘束されておらず, その近傍である 75mmの位置においてもこの無拘束領域の影響によってひずみが大きくなったものと考えられる。また切欠きを導入している 0mm~50mmの中間に位置する 25mmの箇所においては切欠き直上部よりもひずみが大きくなっている。

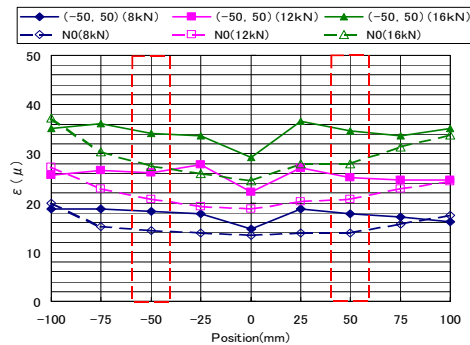
本来であれば, 無拘束領域直上位置, すなわち 0mmおよび50mmの位置でひずみが最も大きくなると思われるが, 図-7に示したように切欠きの影響は, 切欠き直上のみならずその近傍にも及ぼされるため切欠き間の領域は互いの切欠きの影響を受け, 切欠き直上領域よりもひずみが大きくなったものと考えられる。

次に, 試験体 N20 (-50mm, 50mm) に関しては, 切欠き間の領域-50mm~50mmでは ±25mmにおいては切欠き中心断面 (±50mm) より若干ひずみが大きくなっているものの, 0 地点においては試験体N0 のひずみとあまり差異が生じておらず, 切欠きの影響が 0mmまで達していないためであると考えられる。

以上のことから複数の切欠きが存在する場合, 相互的に作用し合うため切欠き間でひずみが大きくなるものと考えられる。試験体N20 (0mm, 50mm) においては切欠き同士の間隔が狭いため相互影響が卓越し 25mm地点のひずみが著しく大きくなる。N20 (-50mm, 50mm) の場合は切欠き同士の間隔が広いため切欠きの



(a) N20 (0mm, 50mm)



(b) N20 (-50mm, 50mm)

図-8 2つの切欠きを有する試験体のひずみ分布

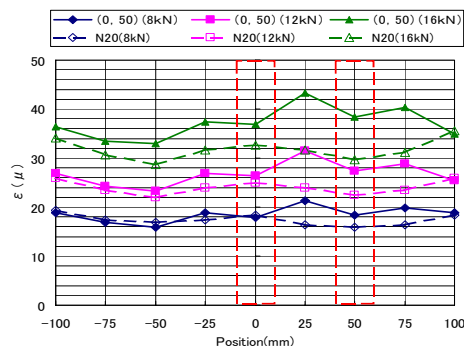
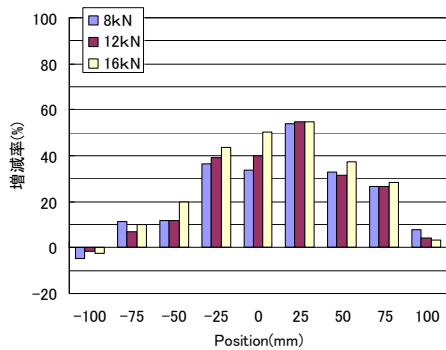


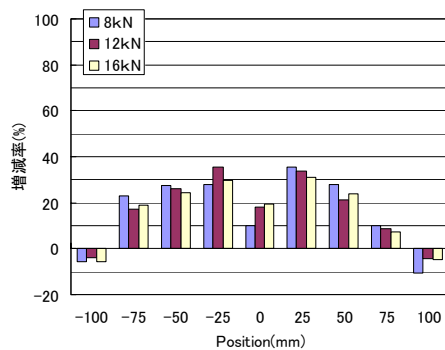
図-9 試験体 N20 (20mm, 50mm) と N20 の比較

相互影響はN20 (0, 50) に比べ小さくなる。そのため切欠き間のひずみには, その影響はあまり生じなかったと考えられる。

図-9はN20 (0mm, 50mm) のひずみ分布をN20と比較したものである。図中の◇, □および△は試験体N20のひずみ分布を示している。-100mm~0mmの領域においてはN20の同一箇所のひずみと比べ荷重の増加に伴い, 差異が生じている。これは 50mmの箇所に導入した切欠きの影響であると想定される。



(a) N20 (0mm, 50mm)



(b) N20 (-50mm, 50mm)

図-10 試験体N0に対する2つの切欠きを有する試験体のひずみ増減率

図-10は図-7と同様、試験体N20(0mm, 50mm)およびN20(-50mm, 50mm)における荷重載荷時の試験体N0に対する増減率を示す。

試験体N20(0mm, 50mm)においては、切欠きが1本の場合に比べ、切欠きの影響が広範囲に出ている。25mmの箇所での増加率が最も大きく、N0に比べ60%増加している。図-7に示した拘束体中心断面に20mmの切欠きを導入した試験体N20においてはN0の同一測定点のひずみに対する最大増加率が約40%であることから、切欠き間の相互影響による局所的なひずみが発生したと想定される。

一方、N20(-50mm, 50mm)の試験体に関しては、切欠きを中心断面に1本導入した試験体N20に比べ、N0のひずみに対する最大増加率は約40%程度であり、先に示したN20(0mm, 50mm)の試験体に比べ切欠き間隔が拡大したことにより切欠き同士の相互影響が小さくなったと想定される。

以上の実験結果より切欠き同士の間隔によってその相互影響の度合いが異なることが確認できる。今後さらに実験を行い拘束体に存在する欠陥部が被拘束体の変形性状および応力性状に及ぼす影響について更なる検討を行っていく。

#### 4. 結論

本研究では、打継欠陥部の位置や本数が異なる拘束体に打設されたコンクリートに引張荷重を作用させ、被拘束体の局所ひずみ分布を計測

し、拘束体打継欠陥部が被拘束体の変形性状に及ぼす影響を検討した。

以下に本実験で得られた知見を要約する。

- (1) 切欠きの影響領域は切欠きから離れるに従いその影響は小さくなる。
- (2) 切欠きの間隔が狭い場合、互いの切欠きの影響によって、切欠き間のひずみは切欠き直上よりも大きくなると考えられる。
- (3) 切欠き幅が広がることによりその切欠きの影響領域もそれに伴い大きくなる。

#### 参考文献

- 1) 栗原哲彦・西田好彦・鎌田敏郎・六郷恵哲：コンクリート打継部における表面処理粗さの定量化と付着性状の評価，コンクリート工学年次論文報告書，Vol.20，No.2，pp.1260-1266，1998
- 2) 金子林爾・山田和久：超遅延剤を用いたコンクリートの表面粗さ評価と打継目強度に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.1，pp.517-522，1997
- 3) 村上祐貴・佐々木恒也・大下英吉：遷移材齢時におけるコンクリートの局所的熱変形性状に及ぼす岩盤節理の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No.1，pp.1043-1048，2003
- 4) 内掘学・村上祐貴・大下英吉：打継部の表面形状が若材齢コンクリートの初期変形性状に及ぼす影響評価，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No.1，pp723-728，2004