

処理方法により相違する打継性能の比較について

Comparative Study on Treated Construction Joints

玉置 一清 KAZUKIYO TAMAKI
竹之井 勇 ISAMU TAKENOI
佐田 達典 TATSUNORI SADA

本報告は、実際の施工で用いられている打継目の処理方法を再現し、せん断強度試験および曲げ強度試験を行い、処理方法によって相違する打継目の形状と打継性能の関係を比較検討したものである。その結果、打継目のせん断強度は、一体型の20～40%程度と、処理方法によって性能に大きなばらつきがあることがわかった。

キーワード：打継目、せん断強度、曲げ強度

In this paper, the result of the comparative study of the relationships between the performance of the construction joint and the roughness of the joint differed by the treated construction joints is described.

By reproducing the actual method applied at the site, the shear strength tests and the flexural strength tests of construction joints were executed. As a result, it was clarified that the shear strength of the construction joints were around 20-40% of the one without joint, and there was a significant difference in the performance of the construction joint according to the treatment methods.

Key words: Construction Joint, Shear Strength, Flexural Strength

1. はじめに

コンクリート構造物を建設する場合、打継目が設けられることが多い。コンクリート標準示方書および道路橋示方書では、「打継目はせん断力に対して弱点となりやすいので、できるだけせん断力が小さい断面に設けること」と記されている。しかし、PC橋の張出し施工などのように、施工上の制約で、打継の頻度が多くならざるを得ない場合がある。この場合、せん断力に対する打継目の性能照査が必要になるが、現状は施工に対する仕様規定を満足することで設計での照査は省略されていることが多い。

打継目の施工に関する仕様規定について、道路橋示方書では、「打継目は、コンクリート表面のレイタンス、ゆるんだ骨材等を完全に取り除き、十分吸水させて、コンクリートを打継ぐものとする」と記述されている。また、コンクリート標準示方書（施工編）では、鉛直打継目の施工に関して、「既に打ち込まれた硬化したコンクリートの打継面は、ワイヤブラシで表面を削るか、チップング等によりこれを粗にして十分吸水させ、セメントペースト、モルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂などを塗った後、新しくコンクリートを打ち継がなければならない

い」と記述されている。

一方、現場での打継目処理方法は、コンクリート打込み後に行うチップングや、コンクリート打込み前に遅延剤を塗布し、打込み翌日に未硬化部分を高圧水により取り除く方法など、多様な処理方法が採用されている。この多様化する打継目処理方法に応じて、要求性能を満足しているか性能照査を行うことが望ましいが、現行の仕様規定は打継目の粗さに対して抽象的な表現に止まっており、処理方法の選択および粗さの程度は現場サイドの判断に任されているのが実状である。

打継目の性能照査を実施する場合、コンクリート標準示方書（構造性能照査編）のせん断伝達耐力式を用いることができ、打継目の粗さが影響することが示されている。しかし、コンクリート標準示方書では、粗さを表す係数として、処理ありと処理なしの場合が示されているだけで、多様化している処理方法の差異については触れられていない。

そこで、本報告は、現場においてさまざまな方法で施工される打継目を再現し、二面せん断試験、曲げ試験により、その性能比較を行ったものである。

2. 実験概要

(1) 試験体の製作

本実験で実施した打継面の性能比較試験体寸法を図-1および図-2に示す。二面せん断試験体の打継面の大きさは、幅が300mmで、深さ方向は実物の床版厚さを想定して250mmとした。曲げ試験は、JIS試験と同寸法である。図中、旧と表記している部分を先に製作し、打継面の処理後、1週間の間隔を開けて新と表記している部分を打設した。コンクリートは、設計基準強度40N/mm²の早強コンクリートを使用し、新旧コンクリートとも同一配合である。

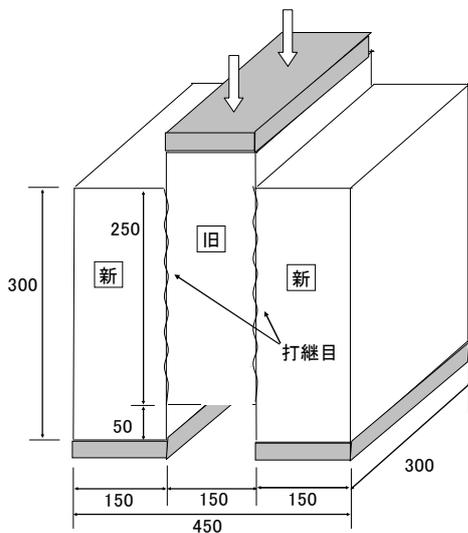


図-1 二面せん断試験

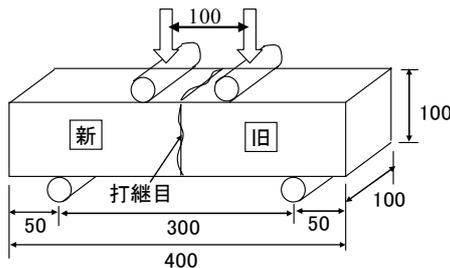


図-2 曲げ試験

表-1 試験体における打継面の処理方法

No.	施工方法	備考
1	無処理	
2	チップング	標準(入念に作業)
3		程度(無処理部を残す程度)
4		標準(翌日に高圧水処理)
5	遅延剤+高圧水	遅延剤が雨で洗い流された想定
6		高圧水処理を4日後
7	遅延シート+高圧水	標準
8	形状成型シート	エアークャップ(φ10mm)
9	一体打ち	打継目なし

(2) 打継目の施工方法

打継面の施工方法の一覧を表-1に示す。

チップングにより処理を行うタイプでは、無処理の面が完全になくなるまで入念に作業したものの(No.2)と、10~20mmの間隔で一度だけドリルを当てた簡易なもの(No.3)とを作製した。チップングは、旧コンクリート打込みの翌日に施工している。

遅延剤を使用するタイプは、型枠に遅延剤を塗布するタイプ(No.4)と、遅延シートを貼付けるもの(No.7)の2種類とした。さらに、遅延剤を型枠に塗布するタイプに関しては、遅延剤塗布後に雨等により洗い流されたことを想定したもの(No.5)、材齢が4日経過した後に高圧水処理したもの(No.6)といった施工不具合によって凹凸面の粗さが不十分な場合を再現している。

以上の標準的な施工法に加え、比較のために、形状成形用のシート(エアークャップ)を型枠に貼り付け、脱枠後にワイヤーブラシ等の処理を全く施さないタイプのもの(No.8)、無処理(No.1)、一体打ち(No.9)をあわせて全9体の試験体を作製した。

(3) 凹凸面の計測

凹凸形状の計測方法として、デジタルカメラを用いた3次元計測システムを採用している。座標データは、鉛直方向(載荷方向)には1mmピッチ、水平方向には10mmピッチで抽出した(図-3)。表-2に、鉛直方向の1ラインを1組のデータとして次項に示した各指標を算定し、全ライン(片面で25組、両面で50組)の平均値を算出したものを処理後の打継面の写真と併せて示す。参考までに、せん断試験体における試験体中央部および縁端付近の計測データの一部を図-4に示す。

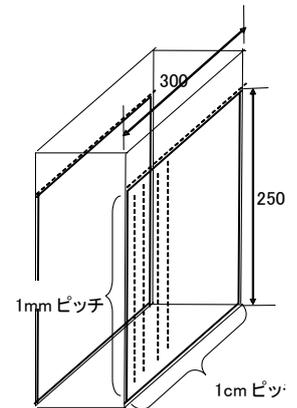


図-3 座標データの抽出位置

(4) 凹凸形状の指標

打継面の凹凸形状を各種の方法で測定し、定量的な指標を提案した主な既往の研究を、表-3に示す。林らは、凹凸形状をレーザー式変位計で1ラインのみを測定し、機械分野であるJIS B 0601に規定される表面粗さの指標、十点平均粗さ(図)、中心線平均粗さ(図)をコンクリート打継面の評価方法に適用した場合、表面粗さとせん断強度には密接な関係があることを報告している¹⁾。迫田、金子らは、細砂を凹凸形状に敷詰め、その体積を打継面の投影面積で除したものを平均深さとして定量的な指標と

表-2 処理後の打継面と凹凸形状の指標算定結果

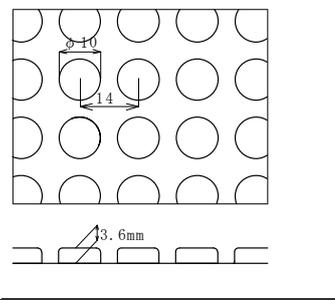
	No.1 無処理	No.2 チッピング	No.3 チッピング(程度 小)
打継面			
十点平均粗さ	-	6.07	2.89
中心線平均粗さ	-	1.07	0.54
平均深さ	-	2.21	1.33
表面積率	-	1.07	1.04
	No.4 遅延剤+高圧水	No.5 遅延剤+高圧水 (雨想定)	No.6 遅延剤+高圧水(4日後)
打継面			
十点平均粗さ	3.82	3.10	3.15
中心線平均粗さ	0.68	0.61	0.68
平均深さ	2.04	1.27	1.44
表面積率	1.05	1.04	1.03
	No.7 遅延シート+高圧水	No.8 エアーキャップ	
打継面			
十点平均粗さ	4.23	3.50	
中心線平均粗さ	0.70	1.42	
平均深さ	2.57	1.75	
表面積率	1.07	1.38	

表-3 打継目を定量的に評価した既往の主な研究

文献番号	発表年	論文タイトル	著者/所属	凹凸面の測定	面形状の指標	性能試験(接合面 幅×高さ)
1)	1995	コンクリート打継目における表面粗さの評価とせん断伝達耐力に関する実験研究	林ら/東工大	レーザー式変位計	・十点平均粗さ ・中心線平均粗さ など	1面せん断試験 (100×300)
2)	1997	ウォータージェットによる処理深さが新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響	足立/千葉工大 迫田ら/東海大	標準砂	・平均深さ	曲げ試験 (100×100)
3)	1997	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	金子ら/名城大	レーザー式変位計	・十点平均粗さ ・中心線平均粗さ など	2面せん断試験 (100×100)
4)	1998	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	栗原ら/岐阜大	触針式変位計	・表面積率	曲げ試験 (100×200)
5)	2000	高圧水により処理したコンクリート接合面のせん断耐力に関する研究	古市ら/鹿島建設	レーザー式変位計	・粗度(=平均深さ)	1面せん断試験:ジベル有り (350×500)
6)	2005	コンクリート打継部の表面粗度の計測・定量化と曲げ・せん断付着特性に関する研究	松田ら/長崎大	3Dレーザー計測器 (CCDカメラを併用)	・表面積率、傾斜角 ・平均深さ など	曲げ試験(100×100) 傾斜せん断試験(100×100)

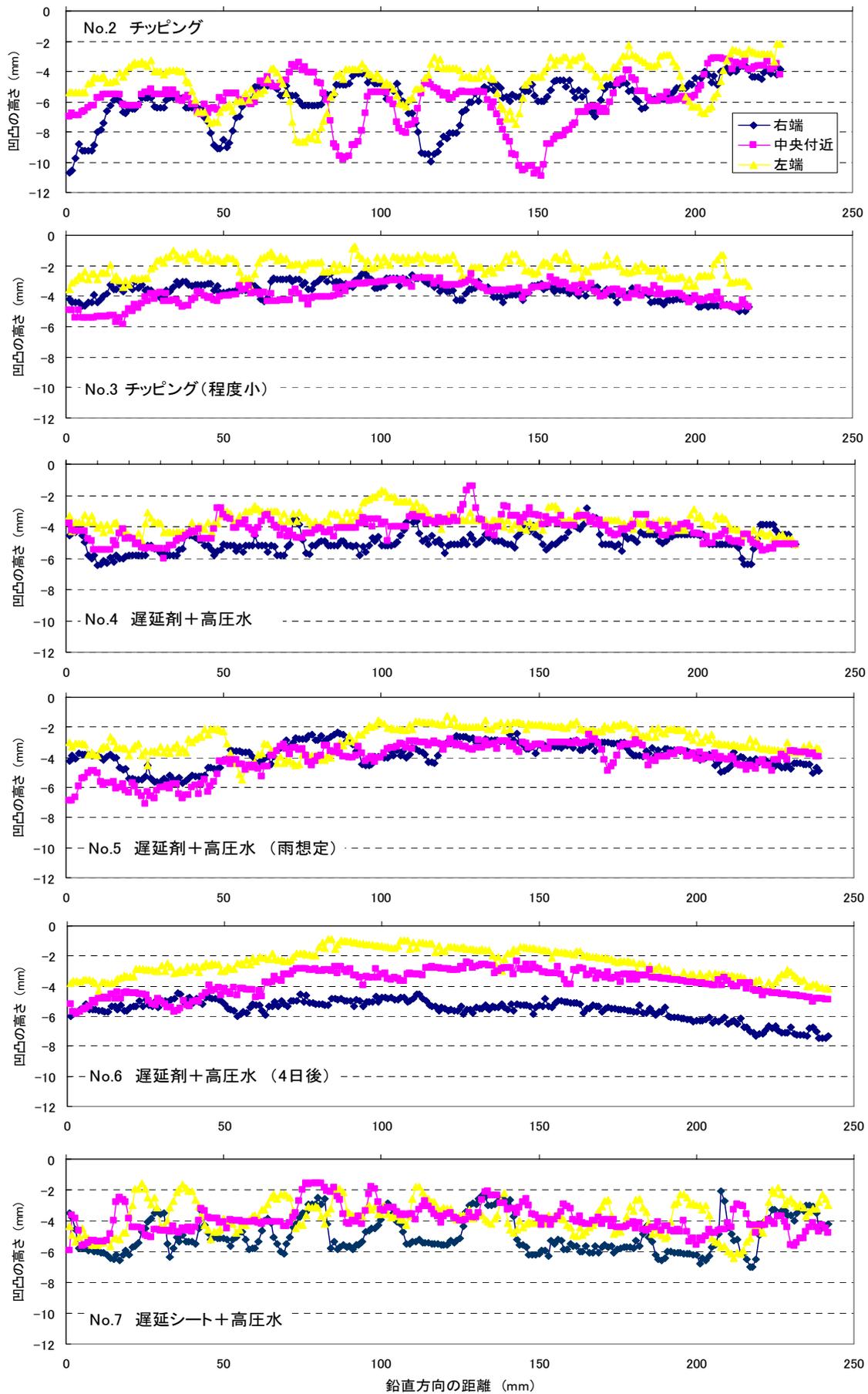


図-4 せん断試験体における凹凸形状の例

する方法を²³⁾、また、栗原らは、表面形状をシリコンゴムで型取りし、触針式変位計を用いて、凹凸形状の表面積を測定するなど、3次元的な情報を指標とすることを提案している⁴⁾。いずれの方法も、強度試験結果にばらつきがあるため明確ではないが、表面の凹凸が大きくなるほど、せん断強度、曲げ強度が向上する傾向を示すことが報告されている。

また、古市らは、表面の粗さとせん断強度の間には明確な相関は見いだせないと報告している⁵⁾。古市らが実施した実験供試体では、打継面に0.3%のジベル筋が配置された状態で比較されており、破壊荷重に対しては、ジベル筋の影響が支配的になったものと考えられる。ジベル筋が十分に配置されている場合には、表面粗さに関係なく破壊安全度は十分に確保されているものと考えられることができるが、打継面に生じるひび割れの発生荷重は、ジベル筋を有さない試験の破壊荷重で評価すべきと考えられる。したがって、使用レベルでの健全性、すなわち耐久性を議論する場合、打継目の表面粗さは重要な要因になるものと考えられる。

以下に、既往の研究で提案された主な指標を示す。

①十点平均粗さ H1

粗さ曲線に最小二乗法で求めた直線（平行線）から一番大きい山から5番目までの山の頂上の標高の平均と、一番小さい谷から5番目までの谷の底の標高の平均値の差で表面粗さの値を求める。

$$H1 = 1/5 \sum Pi - 1/5 \sum Vi$$

Pi : 粗さ曲線の平行線から山までの高さ

Vi : 平行線から谷までの高さ

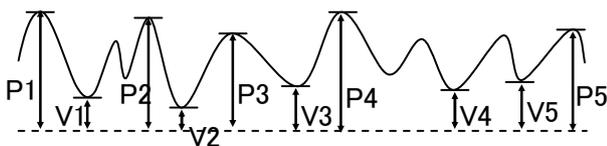


図-5 十点平均粗さ

②中心線平均粗さ H2

直線の上側と下側の面積が等しくなる中心線を求め、中心線から粗さ曲線までの高さを f(x) とすると、f(x) の絶対値の総和を測定点数で除したものの

$$H3 = \int |f(x)| dx / L$$

L : 測定点数

f(x) : 中心線から粗さ曲線までの高さ

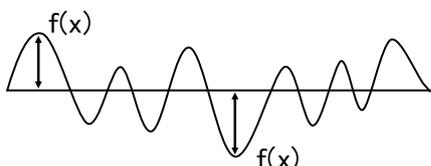


図-6 中心線平均粗さ

③平均深さ d

最も高い山の頂部を通る水平線からの深さの平均を表したもの

$$d = \sum d(x) / L$$

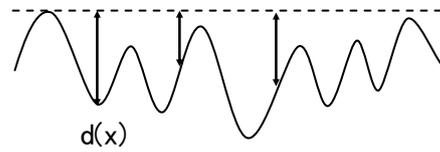


図-7 平均深さ

④表面積率 r

凹凸表面積または線長を、投影した面積または線長で除したもの

$$R = \sum Ri / \sum Li$$

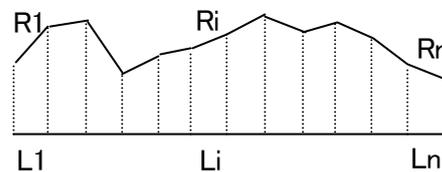


図-8 表面積率

3. 性能実験結果

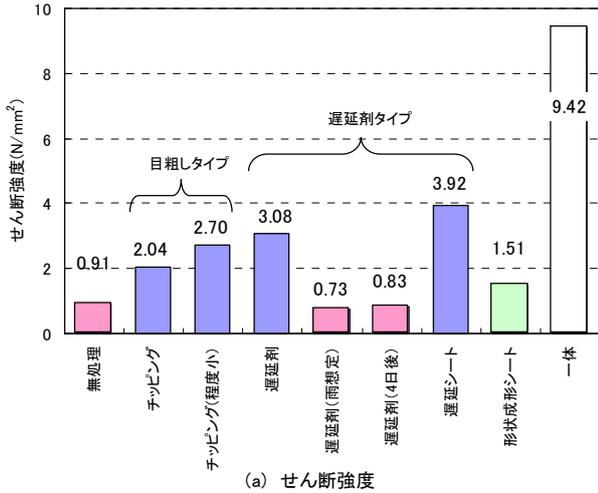
(1) せん断強度

載荷実験時のコンクリート圧縮強度は、旧コンクリート(材齢 14 日)が 40.0N/mm²、新コンクリート(材齢 7 日)が 39.1N/mm²であった。

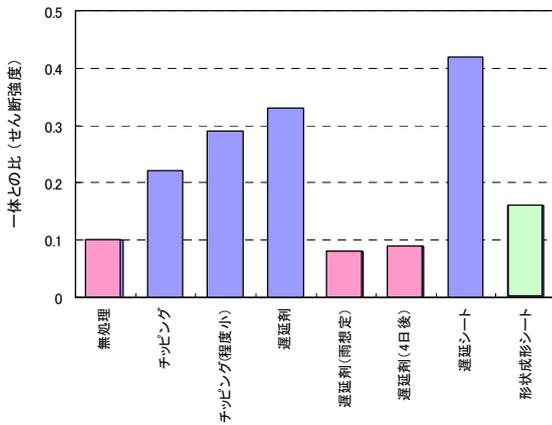
図-9(a)(b)に、各施工法による打継目せん断強度の比較を示す。せん断強度は、標準的に施工したものに関しては、一体型の 20~40%程度と施工法によるばらつきが大きく、遅延シートを用いたものが最も大きかった。また、遅延剤に関して施工の不具合を再現した No.5 および No.6 は、無処理のもの(No.1)と同程度であり、一体型の 10%程度、標準的に施工したものと比較しても 30%程度しか、せん断強度がないという結果になった。

図-10 に、凹凸面の各指標算定値とせん断強度の関係を示す。中心線平均粗さを除いて、各指標と No.8 を除いたせん断強度は、おおむね比例関係にあると考えることができる。

No.8 の形状成形シートは表面積率および中心線平均粗さが最も大きく算定されたが、せん断強度は比較的小さい部類に属し、相関関係から大きく外れる結果になっている。今回使用した形状成形シートの凹部は直径 10mm であり、凸部はモルタルのみで形成されており、モルタルでは噛み合わせ効果が小さかったものと考えられる。



(a) せん断強度



(b) 一体との比

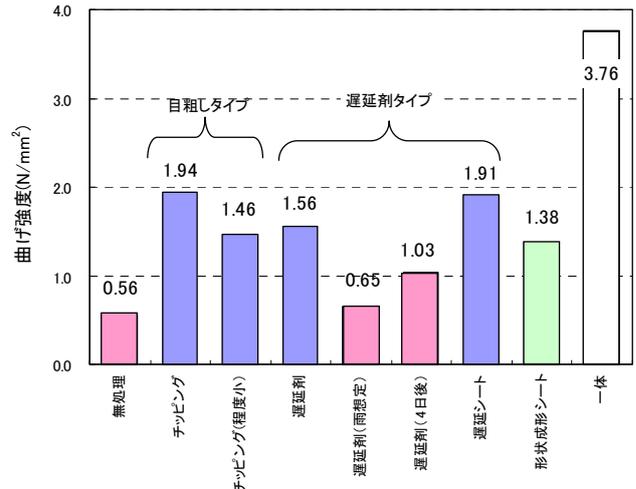
図-9 各施工法によるせん断強度の比較

次に、チッピングの程度をパラメータとした No.2 と No.3 のみに着目すると、入念に施工を行い、凹凸面の粗さの指標が2倍程度あった No.2の方が、せん断強度が低くなるという逆転現象が見られた。この原因として、入念にチッピングを施すことにより、打継目表層付近に微細なひび割れを多数誘発してしまったことが考えられる。単に凹凸形状の大小のみでは、せん断強度を推定できない場合があることが示唆される。

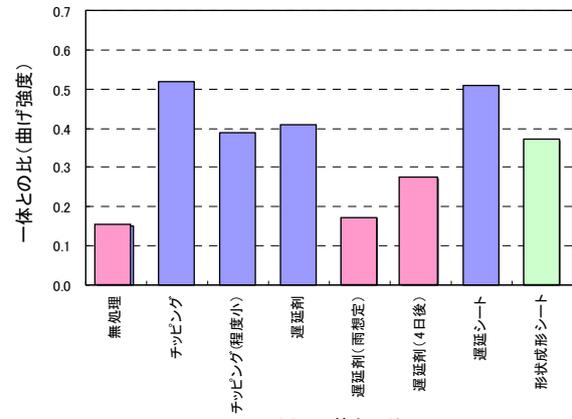
(2) 曲げ強度

図-11 (a) (b)に、各施工法による打継目の曲げ強度の比較を示す。曲げ強度は、標準的に施工したものに関しては、一体型の40~50%程度とせん断強度の結果に比べると比較的高いものであった。しかし、一体との比については、試験体寸法の影響が強いものと考えられ、今後さらにデータを蓄積して検討をしていく必要がある。

施工の不具合を再現し、遅延剤の効果を不十分にした No.5およびNo.6は、せん断強度同様、無処理のもの(No.1)とほとんど変わらない結果である。No.8の形状成形シ-



(a) 曲げ強度



(b) 一体との比

図-11 各施工法による曲げ強度の比較

トは、せん断強度での比較結果に比べると、曲げ強度に関しては標準施工に比べ大きな差はない。

図-12に、凹凸面の各指標算定値と、曲げ強度の関係を示す。指標算定値は、曲げ試験体によるものではなく、先に示したせん断試験体で計測したものをを用いている。No.8の形状成形シートを除くと、いずれの指標も比較的高い相関係数の高いものであった。特に、平均深さ指標が、チッピングや遅延剤などの施工方法に関わらず、最も良好な相関関係が得られた。

曲げ強度の場合、せん断強度とは異なり、凹凸形状の高低差を評価した平均粗さなどの指標より、付着する面積の増加に着目した表面積率の指標が適しているものと当初考えていた。しかし、表面積率が卓越して大きい No.8の形状成形シートの曲げ強度は、それほど大きいものではなく、せん断強度同様、形状成形シートによる打継目は、標準施工によるものと同じ指標で評価することは困難であるものと考えられる。

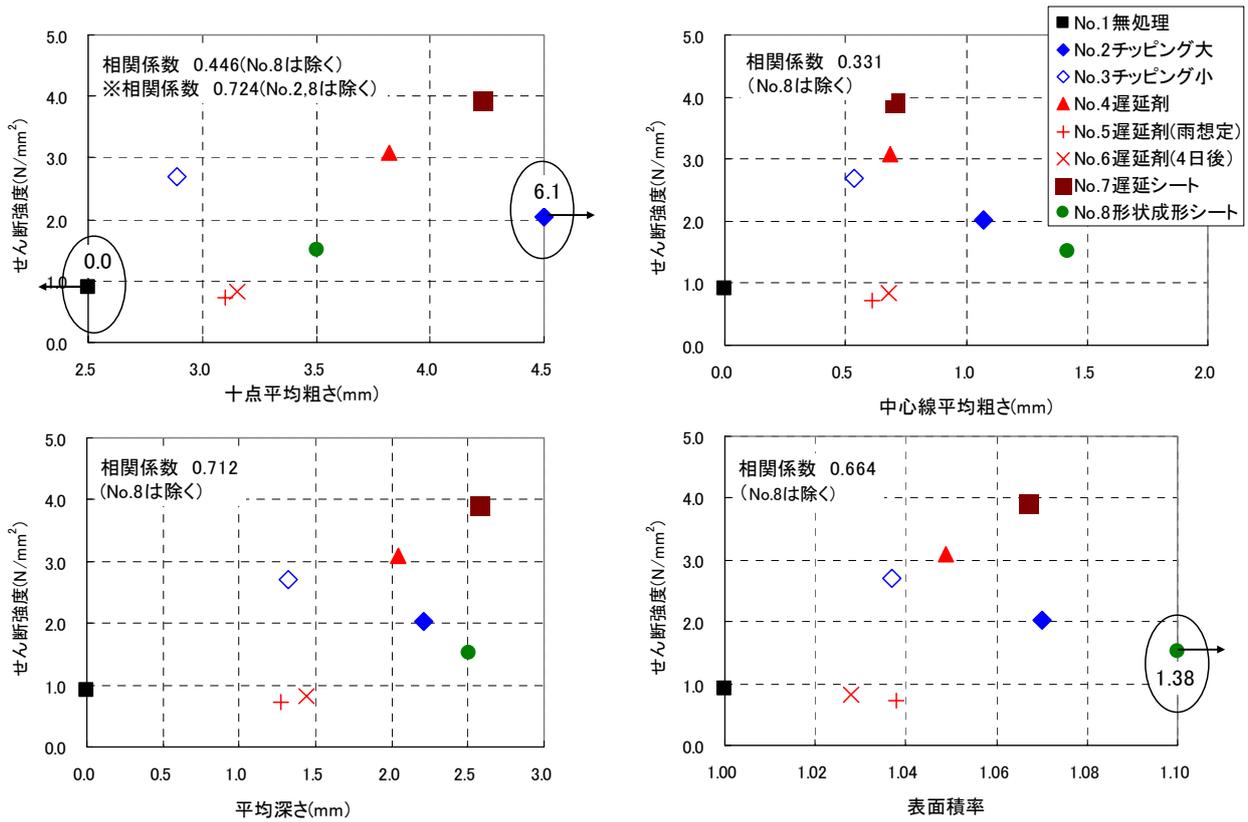


図-10 凹凸面の各指標算定値とせん断強度との関係

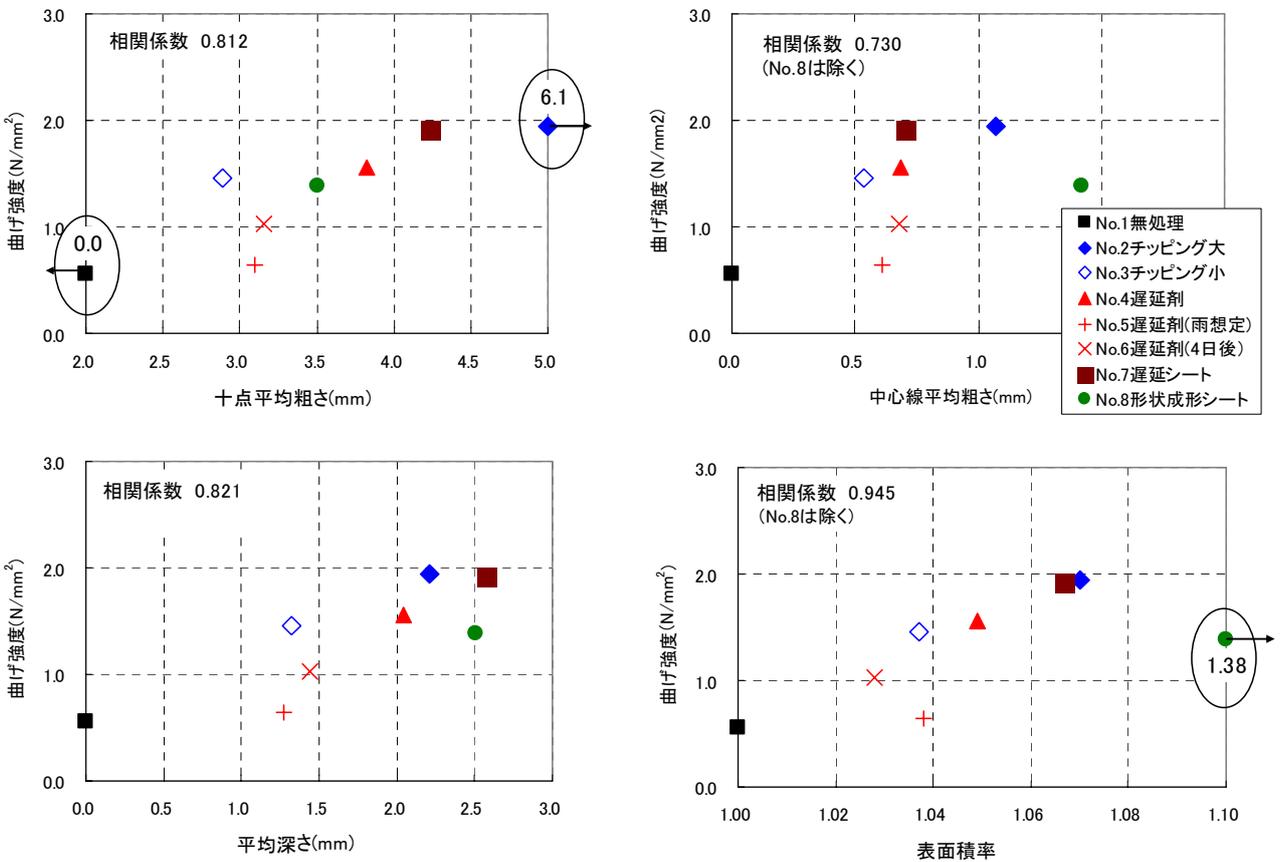


図-12 凹凸面の各指標算定値と曲げ強度との関係

4. まとめ

さまざまな方法で施工した打継目について、二面せん断試験、曲げ試験を行い性能比較を行った結果、以下の知見が得られた。

- ①打継目のせん断強度は、標準的に施工したものに関しては一体型の20～40%程度と施工法によるばらつきが大きく、遅延シートを用いたものが最も強度が大きかった。
- ②型枠に遅延剤を塗布するタイプでは、打込み前に雨に洗い流された場合や、材齢4日まで高圧水処理を施さない場合など、施工の不具合を再現したものである、一体型の10%程度まで強度が低下し、無処理のものとはほぼ同程度であった。
- ③打継目の曲げ強度は、標準的に施工したものに関しては一体型の40～50%程度と、施工法によるばらつきは小さかった。施工の不具合を再現したものに関しては、せん断強度同様、無処理のものとはほぼ同程度まで強度は低下した。
- ④チッピングによる粗面仕上げでは、衝撃による微細ひび割れの存在が打継面のせん断強度に影響することが示唆される結果となった。
- ⑤エアークャップなどの形状成型シートを用いた打継面処理は、標準的に施工されているものと同じ指標で評価することは困難であると考えられる。

参考文献

- 1) 槇谷貴光, 香取慶一, 林静雄: コンクリート打継ぎ面における表面粗さの評価とせん断耐力伝達能力に関する実験研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.17, No.2, pp.171-176, 1995
- 2) 足立一郎, 迫田恵三, 八尋暉夫, 光延優一: ウォータジェットによる処理深さが新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.19, No.1, pp.1459-1464, 1997
- 3) 金子林爾, 山田一久: 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集, Vol.19, No.1, pp.517-522, 1997
- 4) 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集, Vol.20, No.2, pp.1261-1266, 1998
- 5) 古市耕輔, 青木一二三, 宮越雄幸, 平陽兵: 高圧水により処理したコンクリート接合面のせん断耐力に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp.613-618, 2000
- 6) 松田浩, 牧野高平, 山下務, 中島朋史: コンクリート打継部の表面粗度の計測・定量化と曲げ・せん断付着特性に関する研究, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1345-1352, 2005.3