

デジタル画像解析を適用した鉛直打継目処理の管理手法

三井住友建設(株) 正会員 工博 ○中村 収志
 三井住友建設(株) 正会員 工修 玉置 一清
 三井住友建設(株) 正会員 工修 荻野目太志
 三井住友建設(株) 正会員 工修 竹之井 勇

1. はじめに

コンクリートの打継目は、施工上、分割施工する場合の新・旧コンクリートの接合部と定義され、設計上は連続体として扱われる。しかしながら、打継ぎ処理が不適切な場合は、コンクリートの一体性が確保されず、構造上の弱点になるとともに腐食因子の侵入を招くことになり、耐久性が低下する。特に分割施工が必要な長大コンクリート橋は、鉛直打継目が多数発生するため、打継ぎ処理の施工においては耐久性への配慮が必要不可欠となる。

一方、これまでのコンクリートの鉛直打継目の処理方法は、硬化した打継面を、ワイヤブラシ、手はつり、機械はつりなどによって粗にする方法や遅延剤を塗布して高圧水により除去する方法など、多様な処理方法が採用されている。しかしながら、処理方法の選定や処理後の凹凸度については、明確な基準が無く、施工者の経験的判断に委ねられているため、強度、水密性などの品質については、ばらつきが生じやすい。本管理手法は、鉛直打継目の処理効果をデジタルカメラを用いたステレオマッチング技術の画像解析により数値化し、定量的な指標により管理するものである。画像処理の方法、評価指標と曲げおよびせん断強度との関係、実施工での適用例などを報告する。

2. 鉛直打継目処理における課題

鉛直打継目の施工は、硬化したコンクリートの表面を削り、粗にした後、新しいコンクリートを打ち継がなければならない。その代表的な手法を表-1に示す。これらの処理方法は、例えばチップングの場合、人的要因や作業条件によって仕上がりの良否にばらつきが生じ、遅延剤を使用する場合においては、雨の影響を受けるなど、現場の施工条件によって遅延剤の効果が異なることが知られている。

図-1は、当社で実施した2面せん断試験(図-6参照)による打継ぎ処理手法および施工条件の相違による強度のばらつきを示したものである。処理方法によっては強度が著しく異なること、同じ処理方法でも施工条件によっては大きく強度が低下することなどが確認された。したがって、施工条件・構造条件に応じて、打継目の要求性能を満足する処理方法を選択するとともに、凹凸度の仕上がり程度を定量的に管理する手法が必要であった。

表-1 鉛直処理の手法と施工条件による影響

手 法		施工条件による影響	
		コンクリート打設前	コンクリート打設後
チップング		-	作業条件によって、ばらつきが生じる
遅延剤	型枠塗布型 +高圧水	水溶性	雨天の影響大
		非水溶性	雨天の影響小
	フィルム型+高圧水	非水溶性	雨天の影響小
			高圧水処理が遅れるほど硬化は進行 ↓ 凹凸度は低下

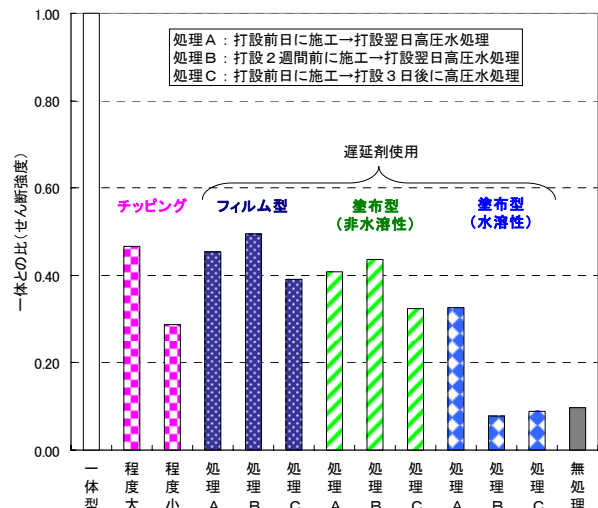


図-1 打継ぎ処理手法および打継ぎ処理条件の相違による強度のばらつき

3. 鉛直打継目デジタル画像解析の概要

鉛直打継目の処理効果を数値化するため、「デジタルカメラを用いたステレオマッチング技術の画像解析」を適用した。デジタル画像解析には、市販のデジタルカメラ、専用の基準枠（□300×300，□200×200，□150×150），画像解析用の専用プログラムを使用する。

撮影の方法は、基準枠を表面処理後のコンクリート面にセットする。基準枠から約50cmの距離をとり、デジタルカメラを用いて左右から1枚ずつ撮影する（左右の撮影ポイントは約20cmの間隔，図-2）。解析の基準となる全3種の基準マークを8個以上写し込み、撮影後、基準マーク、打継面にピンボケがないことを確認する。撮影した2枚の写真をパソコンに取り込み、ステレオマッチングの原理を用いた専用プログラムを使用して画像処理を行う（写真-1）。

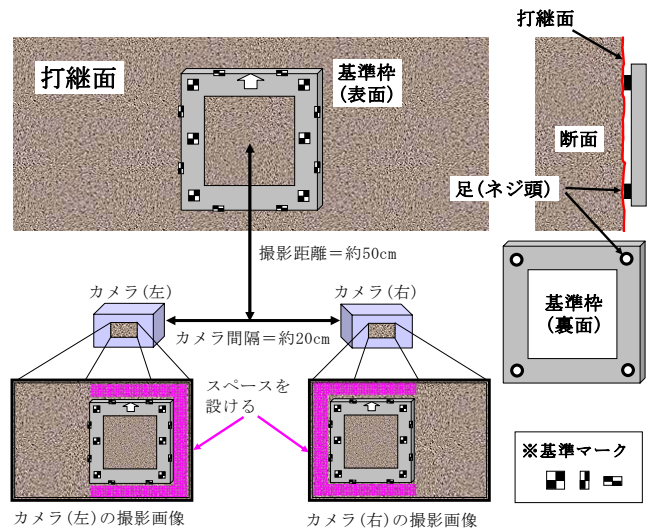
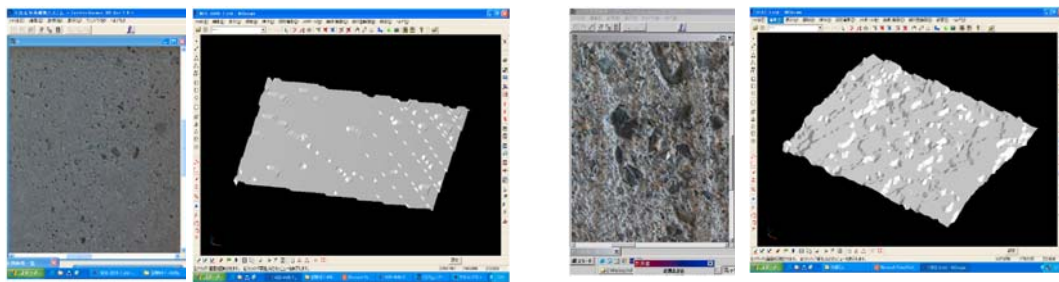


図-2 デジタルカメラによる撮影方法



a) 無処理面の画像処理

b) 打継処理面の画像処理

写真-1 ステレオマッチング技術による画像解析

ステレオマッチングにより解析された画像から、表面の凹凸度を抽出する。データは1ライン1mmピッチとし、10mm間隔で抽出する（図-3）。なお、定量評価の方法は、十点平均深さ、中心線深さ、表面積率など、既往の研究でいくつか提案されているが、本研究では、後述する強度試験で現状最も相関が高かった「平均深さ」を採用した。「平均深さ」とは、最も高い山の頂部を通る水平線からの深さを表すものである（図-4）。図-5に抽出したデータを座標化した例を示す。この評価値を用いて、粗面処理の仕上がりがり状況（凹凸度）を管理する。

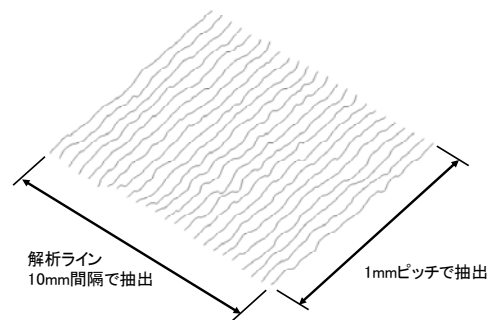


図-3 データの抽出点

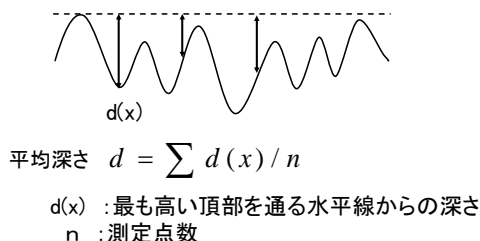


図-4 平均深さ

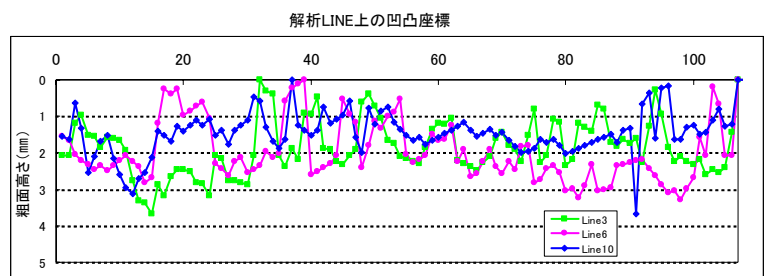


図-5 解析ライン上の凹凸座標

4. 評価確認試験による管理値の設定

評価指標を決定するにあたり、各種処理を施した打継面の曲げ強度およびせん断強度について評価確認試験を実施した。使用した試験体を図-6、図-7に示す。せん断試験は二面せん断試験を採用し、打継面の大きさを、幅300mm、深さ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週間経過後に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。打継面の処理方法としては、無処理、チップング処理、型枠塗布型遅延剤による処理、フィルムタイプ遅延剤による処理を選定し、処理面の平均深さの測定とともに強度試験を実施した(写真-2)。

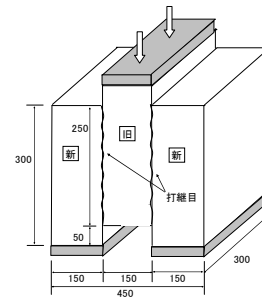


図-6 二面せん断試験体

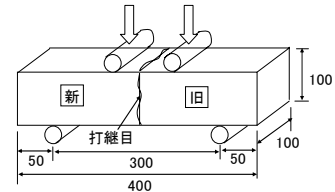


図-7 曲げ試験体

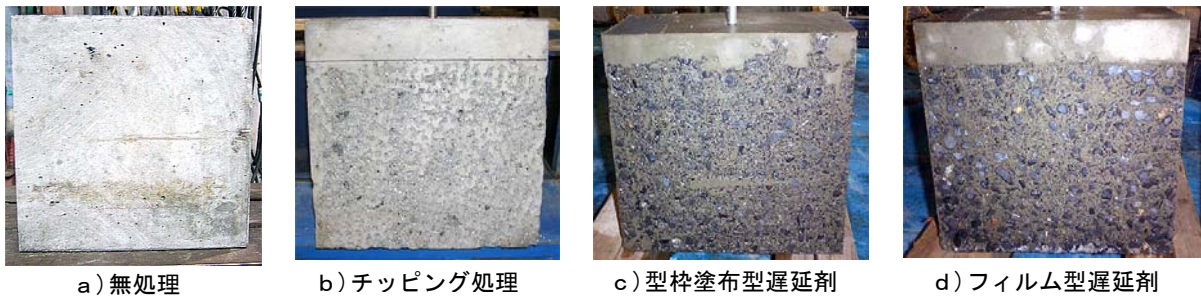


写真-2 打継処理面状況

図-8は、これらの試験体のせん断強度および曲げ強度とデジタル画像解析により算出した処理面の平均深さの関係を示したものである。処理方法および施工条件により平均深さが異なり、せん断強度、曲げ強度とも平均深さが大きくなるほど強度が上がる傾向となり、相関関係が確認できた。

本管理手法で設定した要求性能としての必要条件とそれを満足する平均深さを以下に示す。

- ① 従来技術であるチップングと同等以上の性能を有する (必要平均深さ：d = 1.3mm)
- ② せん断強度は道路橋示方書Ⅲの許容押し抜きせん断応力度以上 (必要平均深さ：d = 0.2mm)
- ③ 曲げ強度は道路橋示方書Ⅲの許容曲げ引張強度以上 (必要平均深さ：d = 1.5mm)

以上の3つの条件を満たす平均深さは1.5mmとなるが、現時点ではばらつきを考慮して、上記結果に2割程度の安全率を見込み、平均深さ1.8mm以上を自主管理値としている。

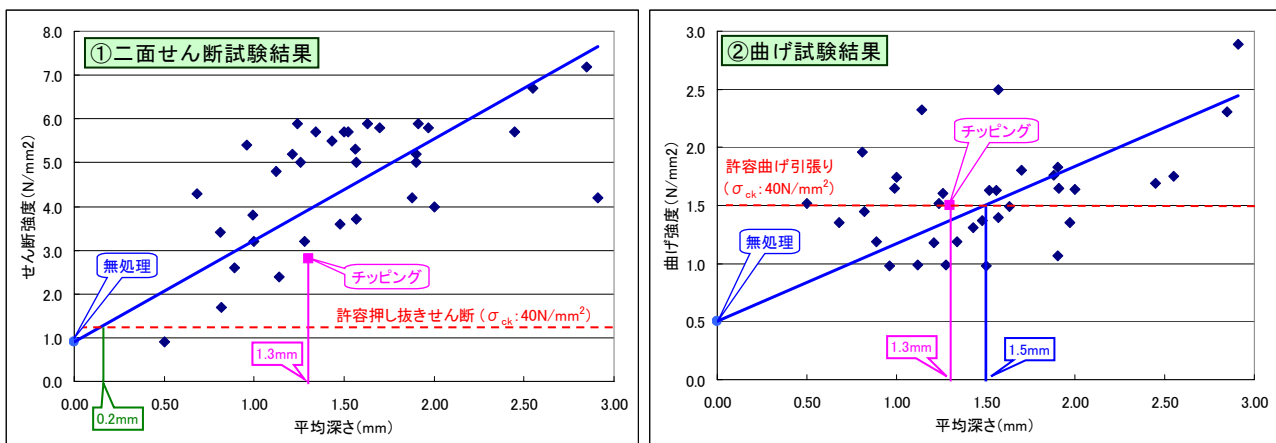


図-8 せん断強度および曲げ強度と平均深さの関係

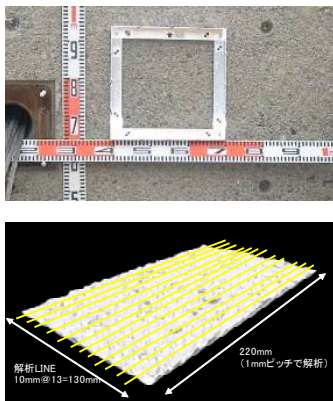
なお、施工条件の違いに関わらず、安定して高い平均深さが得られる処理方法は、フィルム型の遅延剤を使用して高圧水により処理する方法であった。したがって、実施工においては、この処理方法を標準工法とし、デジタル画像解析を適用した管理手法により定量的に評価することとした。

5. 実施工での適用例

評価確認試験で得た評価指標をもとに、現在、多数の現場で本手法による管理を実施している。写真-3は、PC箱桁橋ウェブの撮影状況である。図-9にPC中空床版橋、図-10にPC多主版桁橋の品質管理結果の一例を示す。いずれもフィルム型の遅延剤を使用して高圧水により処理した打継面であるが、平均深さ2mm以上を確保し、評価確認試験の結果とほぼ同様の凹凸度が得られている。

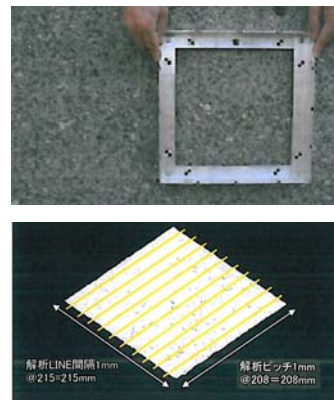


写真-3 撮影状況（ウェブ）



LINE	平均深さ(mm)
1	1.67
2	2.12
3	2.90
4	2.05
5	2.87
6	2.19
7	2.10
8	2.15
9	2.43
10	1.93
11	2.06
12	2.47
平均	2.25 > 1.80

図-9 PC中空床版橋での実施例



LINE	平均深さ(mm)
1	2.39
2	1.69
3	2.36
4	2.36
5	1.87
6	2.00
7	2.11
8	2.08
9	2.10
10	2.33
11	2.42
12	2.12
平均	2.12 > 1.80

図-10 PC多主版桁橋での実施例

6. まとめ

鉛直打継目の品質管理手法にステレオマッチング技術の画像解析を適用し、定量的な指標により評価する手法を提案した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 鉛直打継目は、処理方法および施工条件の相違により、強度のばらつきが生じることをせん断試験および曲げ試験により確認できた。
- (2) デジタルカメラを用いた画像解析により、現場内で簡単に凹凸度の処理効果を数値化することが可能となり、品質管理手法に適用することができた。
- (3) 評価確認試験によって得られた結果から、現場での施工に管理値を設定したことで、鉛直打継目の品質を保証することが可能となった。

なお、本管理手法で設定した管理値は、平均深さという指標を採用した。実施工に適用するにあたり、さらに強度との相関性を高めることのできるスペクトル法を適用した定量評価指標も導入しており、打継ぎ面が湾曲している場合など、平均深さでは誤差が生じる場合に有効となるが、稿を改めて報告したい。

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力伝達能力に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, pp.171-176, 1995.