

超速硬コンクリートのはつり作業の効率化に関する研究

中村 浩章・小野 秀一・渡邊 晋也

1. はじめに

超速硬セメントは、凝結時間を15～40分と短時間で調節可能な早強性を有した材料であり、その特徴から鉄道踏切、トンネル床版、コンクリート舗装、橋梁の鉄筋コンクリート床版および伸縮装置などの時間的制約を受ける補修工事に多用されている。

その一例として、写真—1に都市内高速道路における伸縮装置本体の取替え工事を示す。当該工事は、一般に車線規制を伴う夜間に行われ、短時間の施工による早期の交通開放が必要となることから、後打ちコンクリートには超速硬セメントを使用した超速硬コンクリートが用いられる。超速硬コンクリートは3時間で24 N/mm²以上の強度が発現し、最終的には60 N/mm²以上の高強度に到達する。しかしながら、伸縮装置の取換えを行う場合には、高強度の後打ちコンクリートをはつる工事が必要となり、作業時には通常ブレーカー等を用いるため、騒音が発生し近隣の住環境への影響は大きい。

本研究は、超速硬コンクリートのはつり作業効率化を目的として、超速硬コンクリートが熱分解によって強度低下を引き起こす点に着目し、後打ちコンクリートの加熱によるはつり時の低騒音化および撤去作業の高効率化の可能性に関する検討を行ったものである。本報では、超速硬コンクリートを加熱することで、はつり作業の効率化と作業時間の短縮を考慮し、各種実験検討を行った結果の概要について紹介する¹⁾。

なお、本研究は、首都高メンテナンス東東京(株)の発注により、(一財)首都高速道路技術センターが実施し、そのうち実験部分を施工技術総合研究所が担当したものである。

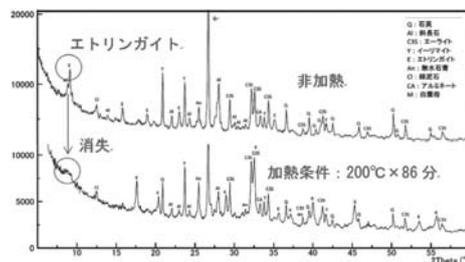


写真—1 後打ちコンクリートと取替え工事

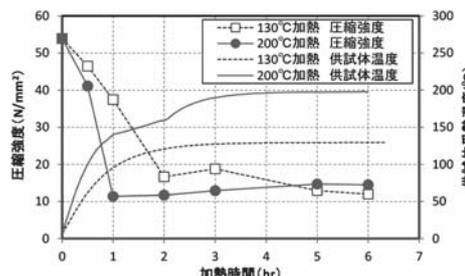
2. 超速硬コンクリートの熱的特性

超速硬コンクリートは、硬化初期にエトリンガイト(3CaO·Al₂O₃·3CaSO₄·32H₂O)を大量に生成させることで組織を緻密化し、早期に強度発現させる特徴を有している。エトリンガイトは、多くの水分子を保有しており、60℃付近から脱水しやすくなると言われている²⁾。図—1に示すエックス線回折結果では、200℃加熱環境下において、エトリンガイトの結晶相が熱分解により消失していることがわかる。また、φ100×h200 mmの超速硬コンクリート供試体の受熱温度と圧縮強度の関係を調べたところ、図—2のとおり、130℃および200℃で加熱された超速硬コンクリートの圧縮強度は非加熱の半分以下となり、加熱により強度低下をさせることが可能であることが確認された。

一方、コンクリート床版に用いられる普通コンクリートは化学的性質の違いにより300℃以上にならないと脆弱化しないことから、後打ちコンクリートへの適切な条件の加熱によって、コンクリート床版に影響を及ぼすことなく、後打ちコンクリートのみを脆弱化させ、はつることが可能となる。



図—1 エックス線回折結果

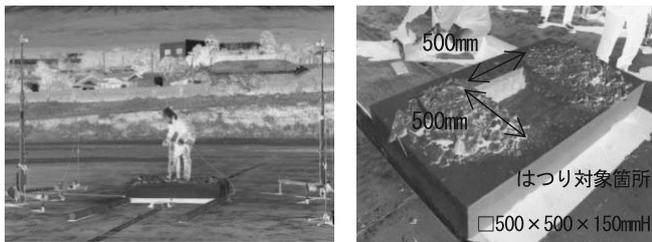


図—2 試験体受熱温度と圧縮強度

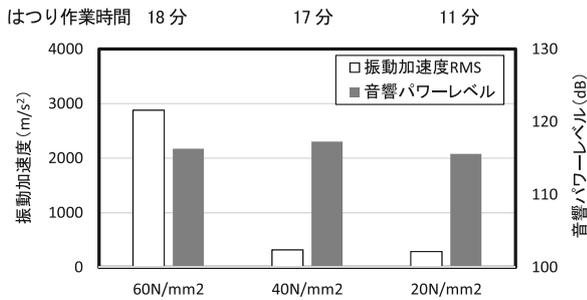
3. はつり作業性へのコンクリート強度の影響

事前検討として、コンクリート強度がはつり作業時の振動や騒音作業時間に及ぼす影響を把握するため、圧縮強度の異なる（呼び強度 20, 40, 60 N/mm²）コンクリート床版を用いて、写真—2 に示すハンドブレイカーによるはつり時の振動加速度、作業騒音および作業時間を計測した。騒音を表す音響パワーレベルは、図—3 に示すとおり、ハンドブレイカー自体の音が支配的であったため、コンクリート強度による差はみられなかったが、床版の振動加速度は、コンクリート強度 60 N/mm² のものと比べ、40 N/mm² で 1/5 以下、はつり作業時間はコンクリート強度 20 N/mm² で 3 割ほど低下した。

以上のことから、既設コンクリートのコンクリート強度を低下させることができれば、作業効率を向上させられる可能性が示された。



写真—2 はつり作業時間、騒音、振動計測



図—3 コンクリート強度と騒音・振動の関係

4. はつり性能評価試験と結果

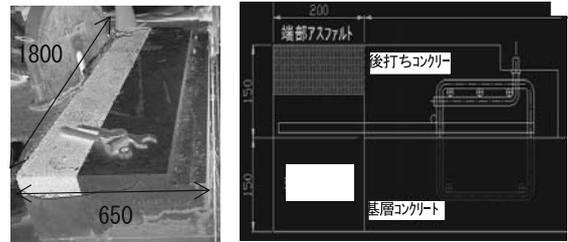
先述のように、後打ちコンクリートを加熱することによりコンクリートの強度が低下し、はつり作業の効率化の可能性があることが見出された。そこで、後打ちコンクリートを加熱し、はつり、打設までを含めた伸縮装置の取替え工事を夜間規制内に完了させることを想定して各種の実験を行った。ここでは、その一例として、後打ちコンクリートにスリット加工をして、各スリットに挿入したプレートヒータから加熱を行う方法について検討した結果を紹介する。

(1) 試験方法

(a) 試験体

橋梁伸縮装置の後打ちコンクリート部を想定し、普通コンクリート（呼び強度 27）からなる基層コンクリートと、超速硬コンクリートからなる後打ちコンクリートの 2 層構造の模擬試験体を用いた。試験体の形状は写真—3 のとおり、□ 1800 × 650 × h300 mm で、実橋で取り付けられているゴムジョイントの取り付け部と同様に配筋したジョイント模擬試験体で、端部にはアスファルトを舗設した。試験体には、試験体上面から深さ方向 60 mm, 90 mm および基層コンクリートとの境界にあたる 150 mm の位置に熱電対を設置し、コンクリートの受熱温度を計測した。

後打ちコンクリート部として打設した超速硬コンクリートの配合を表—1 に示す。セメントには太平洋セメント製スーパージェットセメントを用いた。



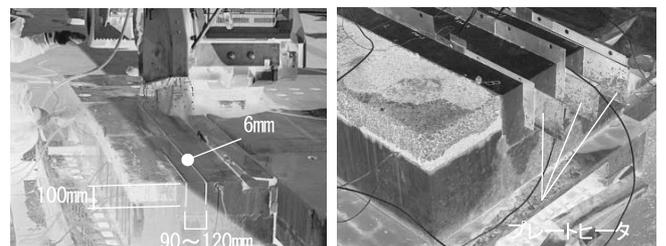
写真—3 試験体外観および形状寸法

表—1 示方配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				セメント	水	細骨材	粗骨材	減水剤	遅延剤
20	12 ± 2.5	37.2	43	400	149	787	1051	2.8	2.4

(b) 加熱装置の配置と加熱目標

スリット形状は、写真—4 に示すとおり、幅 6 mm、深さは床版通し筋を切断しないよう 100 mm とし、スリット間隔を 90 ~ 120 mm とした。各スリットにプレートヒータを挿入し加熱温度を 400 °C として加熱を行った。後打ちコンクリートの深部まで加熱されたかの判断基準については、深さ 90 mm の受熱温度が、超速硬コンクリートの圧縮強度に低下がみられた 130 °C に到達させることを目安とした。



写真—4 スリット加工およびプレートヒータ

(2) 試験結果

図-4に後打ちコンクリートの深さ方向における受熱温度の計測結果を示す。時間経過とともに受熱温度は上昇し、加熱後60分における深さ90mmの地点の受熱温度が130℃に到達することが確認された。

加熱後の後打ちコンクリートおよび比較として非加熱のものについて、はつり性評価を行った。加熱後はハンドブレイカーで容易にはつることができることに加え、写真-5のとおり、ハンマーやバールなど人力による破砕も可能であった。しかし、所定の受熱温度に到達しなかった箇所は、人力によるはつり出しは困難であった。非加熱の場合、人力によるはつり出しは困難で、ハンドブレイカーでは加熱したものに比べ時間を要した。

以上のように、超速硬コンクリートを用いた後打ちコンクリートを加熱することで、はつり性の効率化が認められた。ハンドブレイカー使用時の騒音レベルは先述のとおり、加熱有無による違いは見込めないが、バールなどを用いてある程度後打ちコンクリートを壊し、仕上げとしてハンドブレイカーを用いるなどの組合せで、騒音発生時間を減らし騒音低減を実現することが期待できる。

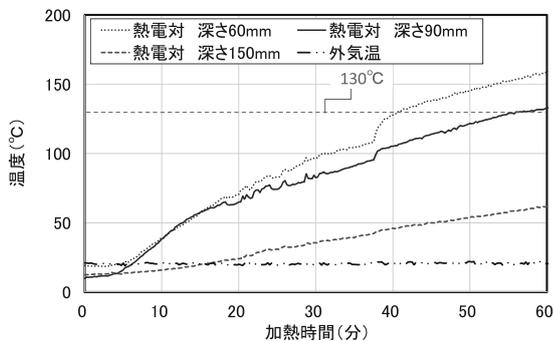


図-4 後打ちコンクリートの受熱温度



写真-5 後打ちコンクリートの加熱部の破砕

5. おわりに

伸縮装置取替え工事における後打ちコンクリート(超速硬コンクリート)のはつり時の騒音低減および撤去作業の効率化を図ることを目的として、後打ちコンクリートを加熱することで脆弱化させ、その後はつり取る方法を考案し、ここでは加熱試験により受熱と脆弱化の関係を把握した。この結果、加熱工法および条件を適切に設定することによって、後打ちコンクリートは脆弱化し、はつり性の向上が認められた。

今後、本実験で得られた技術的知見を活用し、図-5に示す後打ちコンクリート加熱システムを用いて試験施工に取り組み、改善を図りながら効率的かつ低騒音のはつり技術の実用化を目指していく予定である。

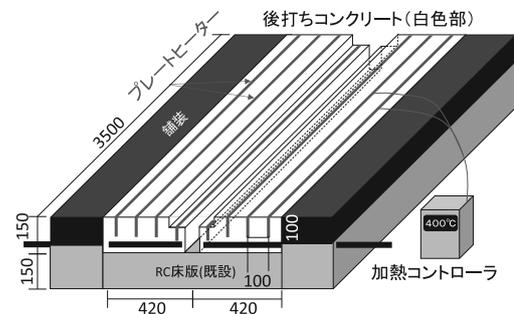


図-5 加熱システム

J C M A

《参考文献》

- 1) 繪嶋武史, 岡部次美, 小野秀一, 飯塚明彦: 伸縮継手取替え工事の騒音低減と効率化の実験的研究, 第73回土木学会年次学術講演会 VI-572 (2018.8)
- 2) 坂内秀雄, 中川晃次: エトリンジャイトの加熱変化, Gypsum&Lime No.97 (1968.8)

[筆者紹介]



中村 浩章 (なかむら ひろあき)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員



小野 秀一 (おの しゅういち)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 部長



渡邊 晋也 (わたなべ しんや)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員