

橋梁床版コンクリートの打重ね時間間隔に関する検討

日本橋梁建設協会 正会員 ○出口哲義，田中喜一郎，石川 孝，桐山 忍  
中原智法，神頭峰磯，高橋泰永，春日井俊博

1. 目的

コンクリートの打込み中は、コールドジョイントが発生しないように、コンクリートの打重ね時間間隔に留意する必要がある。そのため、コンクリート標準示方書[施工編]（2017）では、コンクリートを2層以上に分けて打込む場合の許容打重ね時間間隔の標準として、外気温が25℃以下の場合は2.5時間、外気温が25℃を超える場合は2.0時間を限度として定めている。ここに定める時間間隔は、上層と下層に分かれた水平打重ね面が想定されており、打重ね面に対して上層のコンクリート自重が下層に作用することによる一体化も期待できる。しかし、橋梁床版はコンクリート厚さが薄く、打重ね面は概ね斜めとなるため、上層コンクリートの自重を過度に期待することは難しい。そこで、橋梁床版でコンクリートを打重ねる場合において、時間経過に伴うコンクリートの一体性について実験的に検討を行った。本報では打重ね時間間隔を変えた供試体を作製し直接引張試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、打重ね時間間隔ごとのコンクリート引張強度を確認するため、表-1に示す1層目の打込み完了後に2層目を打重ねる時間を30分ごとに設定し、最大許容打重ね時間間隔の2.5時間を超えた3.0時間までの7水準の供試体を実験室温度20℃で作製した。また、打込むコンクリートは3回に分けて練混ぜた。その後、28日間の水中養生を行い、引張試験を実施した。引張強度は、割裂試験（JISA1113）により間接的に求めることが一般的であるが、打重ね面の破壊性状についても確認する目的から、図-1に示す角柱供試体（100mm×100mm×300mm）に引張試験用金具を取付けて直接引張試験を実施した。また、現場施工では、打重ね面に内部振動機を挿入して締固めを実施するが、実験では、打重ね時間間隔ごとの締固めを実施しないコンクリートの一体化を検証するため、打重ね面の締固めは実施せずに型枠を木槌で叩く程度の締固めにより供試体を作製した。

実際の床版の打重ね面を再現するため、打重ね面の角度は45°とした。供試体は図-2に従い1層目は型枠を45°に傾けて表-2に示す配合のコンクリートを打込み、2層目は型枠を水平にして打込んだ。なお、コンクリートに依存する引張強度を検証するため鉄筋は設置しない。また、直接引張強度試験以外に、コンクリート凝結時間を確認するため、凝結時間試験（JIS A 1147）により貫入抵抗値の計測も行った。

3. 実験結果

直接引張試験の結果を図-3に示す。0.5hで引張強度が

表-1 供試体の種類

| 水準<br>(試験ケース) | 打重ね<br>時間間隔 | 練混ぜ後打込み時間    |      | 供試体<br>数 量 |
|---------------|-------------|--------------|------|------------|
|               |             | 1層目          | 2層目  |            |
| 0.0h          | 0.0時間       | 30分(同時に打込み)① |      | 各水準<br>3体  |
| 0.5h          | 0.5時間       | 30分①         | 0分②  |            |
| 1.0h          | 1.0時間       | 30分①         | 30分② |            |
| 1.5h          | 1.5時間       | 30分①         | 60分② |            |
| 2.0h          | 2.0時間       | 30分①         | 0分③  |            |
| 2.5h          | 2.5時間       | 30分①         | 30分③ |            |
| 3.0h          | 3.0時間       | 30分①         | 60分③ |            |

コンクリートの練混ぜ回数 ①1練目、②2練目、③3練目

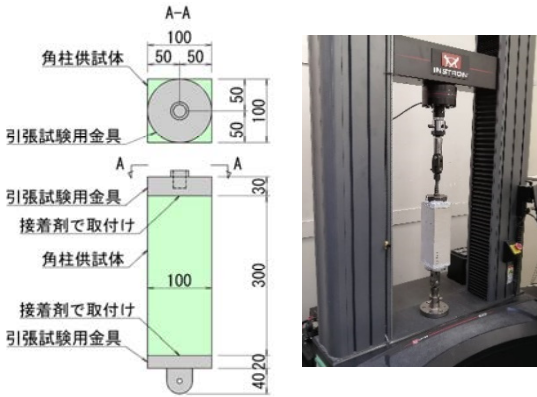


図-1 供試体および直接引張試験状況

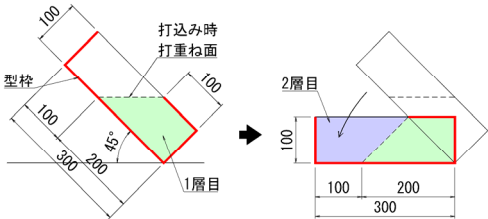


図-2 打込み方法

表-2 配合

| 配合名       | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m³) |     |     |     | AD<br>(C×%) | AE<br>(C×%) |
|-----------|------------|------------|-------------|-----|-----|-----|-------------|-------------|
|           |            |            | W           | C   | S   | G   |             |             |
| 27-12-20N | 55.0       | 46.0       | 165         | 300 | 826 | 992 | 0.25        | 0.002       |

キーワード 床版，打重ね時間間隔，引張試験，破断形状，コールドジョイント，レイタンス  
連絡先 〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目6-11  
(一社) 日本橋梁建設協会 TEL：03-3507-5225

2.0N/mm<sup>2</sup> 程度まで低下し、1.0h で引張強度が一旦 3.0N/mm<sup>2</sup> 程度まで増加する。その後は 1.5h で 2.0N/mm<sup>2</sup> 程度、2.0h で 1.2N/mm<sup>2</sup> 程度となり、時間の経過とともに引張強度が低下することが確認できた。0.5h から 1.0h の間で引張強度が増加した現象についての原因は特定できず、今後の検討課題とする。なお、引張強度はコンクリート標準示方書では  $f_{tk}=0.23f_{ck}^{2/3}$  で算出するが、圧縮強度の特性値を呼び強度 (27N/mm<sup>2</sup>) とすれば  $f_{tk}=2.07\text{N/mm}^2$  となる。

供試体の破断形状を表-3 および図-4 に示す。破断形状は、供試体の金具付近で破断 (破断形状 A)、打重ね面の下端を起点に断面方向に破断 (破断形状 B)、打重ね面の下端を起点に打重ね面に沿って破断 (破断形状 C) の 3 種類であった。破断形状 B や C で破断の起点が打重ね面下端に認められる要因は、供試体上面はコテ仕上げにより打重ね面が一体化する効果があるが、下端側はその効果が無いことが考えられる。

破断面の確認結果を図-5 に示す。破断形状 A は、取付け金具の形状で破壊したが破断面全体に割れた骨材が確認できたためコンクリート内で割れが発生したと判断できる。破断形状 B は、打重ね面の下端側の一部にレイタンスが確認できたが、破断面の全体に割れた骨材を確認できたため、下端のレイタンス部分でコンクリートが剥れた後、コンクリートの割れに進展したと判断できる。破断形状 C については、打重ね面に沿って全体的にレイタンスが確認でき、割れた骨材はほぼ確認できないことから、その範囲がコールドジョイントとなりコンクリートの剥れが発生したと判断できる。引張試験では、コンクリートが一体化していた割れの部分で引張強度を保持しており、1.5h を超えるとコンクリートが一体化していない剥れの部分が増加し、それに伴い引張強度が低下したと考えられる。

一方、貫入抵抗値の計測では、1.5h で 0.2N/mm<sup>2</sup> となり、コールドジョイントが生じる危険性が高い 0.1N/mm<sup>2</sup> を超えている。このため、この時すでに 1 層目のコンクリートは、凝結が開始傾向にあった可能性が高く、さらに打重ね面のレイタンスがコンクリートの一体化を妨げたと考えられる。

#### 4. まとめ

本実験により打重ね部に内部振動機による締固めを実施しない場合、打重ね時間間隔が 1.5h を超えると呼び強度から算定する引張強度を確保できなくなることが確認できた。現場施工では、打重ね部分は先に打込んだコンクリート層まで内部振動機を挿入して締固めを実施するが、実験の結果は、適切な締固め方法 (挿入間隔、挿入時間) を怠って締固め不足を起こした場合に相当し、打重ね面では大きくコンクリート引張強度の低下が生じる可能性が高いことを示している。このため、部材厚の薄い橋梁床版では、内部振動機による適切な締固め方法で一体化されるような施工をすることが重要となる。内部振動機を使用した条件下での実験結果は別途報告する予定であり、橋梁床版での適切な許容打重ね時間間隔の検討をさらに進めていきたい。

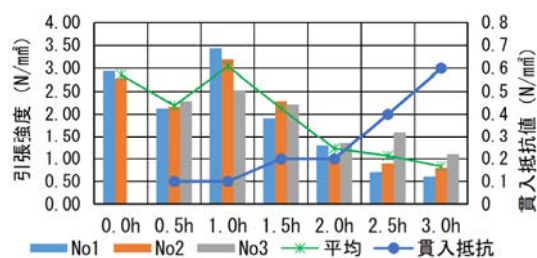


図-3 打重ね時間間隔ごとの引張強度

表-3 引張強度と破断形状

| 水準   | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      | 貫入抵抗 (N/mm <sup>2</sup> ) | 破断形状  |
|------|---------------------------|------|------|------|---------------------------|-------|
|      | No1                       | No2  | No3  | 平均   |                           |       |
| 0.0h | 2.94                      | 2.79 | —※   | 2.87 | —                         | 破断形状A |
| 0.5h | 2.12                      | 2.17 | 2.28 | 2.19 | 0.1                       | 破断形状B |
| 1.0h | 3.43                      | 3.19 | 2.52 | 3.05 | 0.1                       | 破断形状C |
| 1.5h | 1.91                      | 2.28 | 2.21 | 2.13 | 0.2                       |       |
| 2.0h | 1.29                      | 1.05 | 1.34 | 1.23 | 0.2                       |       |
| 2.5h | 0.70                      | 0.89 | 1.60 | 1.07 | 0.4                       |       |
| 3.0h | 0.61                      | 0.80 | 1.10 | 0.84 | 0.6                       |       |

※ 0.0h-No.3については圧縮強度試験に使用

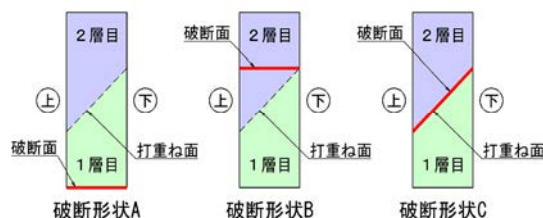


図-4 破断形状

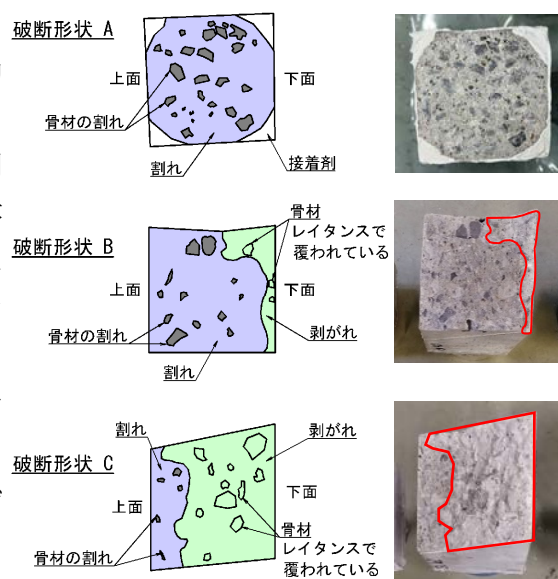


図-5 破断面詳細図