

## 積雪寒冷地における既設 RC 床版の損傷対策技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 25

担当チーム：寒地構造チーム

研究担当者：西弘明、今野久志、岡田慎哉、佐藤京  
 表真也

### 【要旨】

積雪寒冷地における道路橋のコンクリート床版（以下、RC 床版）は、車両走行による疲労のみならず、凍害等の複合作用により床版のコンクリートが脆弱化し、陥没等の損傷に至る事例が多数発生している。RC 床版の陥没部の補修は、陥没部周辺の脆弱化したコンクリートを確実に除去し、既設床版と補修材料とを一体化しなければ、床版の耐荷性、疲労耐久性を得ることができない。

本研究では、既設床版と補修コンクリートの一体化に着目し、陥没部を補修した床版の輪荷重走行試験を実施し、補修された床版の疲労耐久性について検証を行った。

キーワード：鉄筋コンクリート床版、陥没、部分補修、凍害、輪荷重走行試験

### 1. はじめに

近年、道路橋の RC 床版においては、橋梁の老朽化や、交通量の増加等に伴う床版の陥没が数多く報告されている。積雪寒冷地では、図-1 に示すように陥没部周辺のコンクリートが凍結融解作用によって脆弱化しているケースが多い<sup>1), 2)</sup>。したがって、陥没部の補修に当たっては、陥没部周辺の脆弱化したコンクリートを確実に除去し、補修コンクリートと既設床版との一体化<sup>3)</sup>を確保することが耐荷性や疲労耐久性を得るために重要である。

以上から、本研究では、道路橋床版の部分補修工法の適用性を検証するために、試験条件を変えた輪荷重走行試験を行い、部分補修部の耐荷性や疲労耐久性などについて検討した。

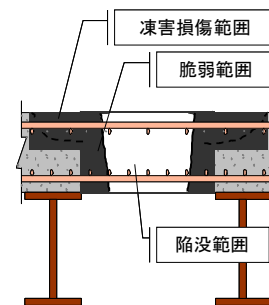


図-1 RC 床版の陥没部と脆弱部のイメージ図

### 2. 試験体概要および試験方法

#### 2.1 試験体概要

本試験に用いた試験体は道路橋床版を約 1/3 に縮小し、その寸法を 1000×1500×75mm として製作した。鉄筋はφ6 を用い、主鉄筋を 50mm、配力鉄筋を 100mm の間隔で設置している。表-1 には試験条件およびコンクリート材料特性を示す。

補修試験体は陥没部周辺の脆弱部をウォータージェット工法<sup>4)</sup>で処理した後、試験体と同等の 10mm の粗骨材を用いた超速硬コンクリートで、床版を補修する状況を再現し製作した。

表-1 試験条件およびコンクリート材料特性

	試験体 ND	試験体 RD	試験体 RW	補修材 (超速硬 Co)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材 A
補修状況	無補修	部分補修	部分補修	—					
試験条件	乾燥	乾燥	水張り	—					
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	36.2	39.9	38.8	40.3					
弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	30.9	32.3	32.3	21.9					
粗骨材の最大寸法 (mm)	15	15	15	15	159	326	923	931	3.26
スランプ (cm)	12	12	12	12					
水セメント比 (%)	48.8	48.8	48.8	48.8					
空気量 (%)	4.5	4.5	4.5	4.5					

補修範囲は打継部界面にせん断力が作用するように荷重幅よりも大きくし、矩形状(上面 245×245mm、下面 225×225mm)とした。

## 2.2 試験方法

写真-1には陥没部を超速硬コンクリートで部分補修した試験体を、図-2には、試験体の配筋図を示す。試験体は3体とし、試験条件は補修の有無、試験体上面の水の有無をパラメータとした。陥没部を設けていない試験体は基準試験体として乾燥状態で、陥没部を補修した2体については、水による影響を確認するため、乾燥状態と、水張り状態のそれぞれにおいて試験を実施することとした。なお、試験体名は1文字目に補修の有無(無:N、有:R)、2文字目に試験条件(乾燥:D、水張:W)を示している。

写真-2(a)には試験機と水張り条件による試験状況を、写真-2(b)には試験体上面の水張り状況をそれぞれ示す。水張り範囲は、走行範囲全体と補修材の施工範囲を水没させるため1300mm×450mmとした。水槽の枠は高さ20mm程度とし、水の深さは2~3mm程度である。

輪荷重のタイヤ幅は165mm、走行範囲は1000mmとした。また、試験体の支持条件は、橋梁床版の一部として連続性を再現するため、走行方向の2辺(長辺)を単純支持、走行直角方向の2辺を弾性支持としている。

載荷荷重は20kN から開始し、試験体NDは最大荷重35kNまで1万回毎に5kNずつ漸増させる階段載荷とした。

試験体RWについては30kNで終局を迎えたため試験体RDについても30kNを最大として連続走行させている。

## 3 試験結果

### 3.1 輪荷重走行回数の比較

図-3には、各試験体の中央部の活荷重変位と等価走行回数<sup>5)</sup>(P=30kN)の関係を示す。試験は変位が急増した時点を終局状態と判断し試験を終了している。

試験体NDでは8万回で変位が急増し終局となったのに対し、試験体RDでは走行時の10万回まで変位の急増は発生しなかった。これより、部分補修を実施した場合でも、疲労耐久性能が低減する傾向はみられなかった。

また、試験体RWでは1万回に至る前に終局に達しており、補修試験体では湿潤状態とすることで疲労耐久性が著しく低下することが確認された。

### 3.2 上面の損傷状況

表-2には各走行回数の試験体上面の損傷状況を示す。



写真-1 補修状況(上面)

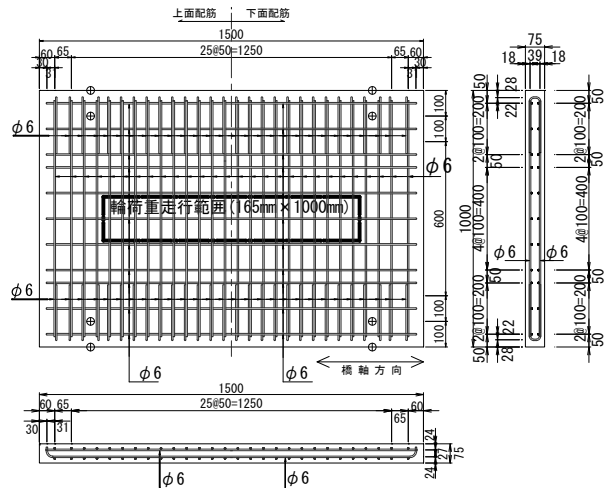


図-2 試験体配筋図



(a) 試験状況 (b) 水張りの状況

写真-2 試験時の写真

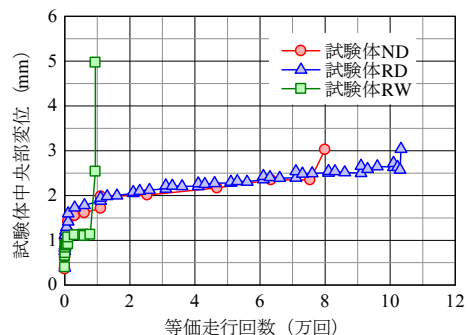
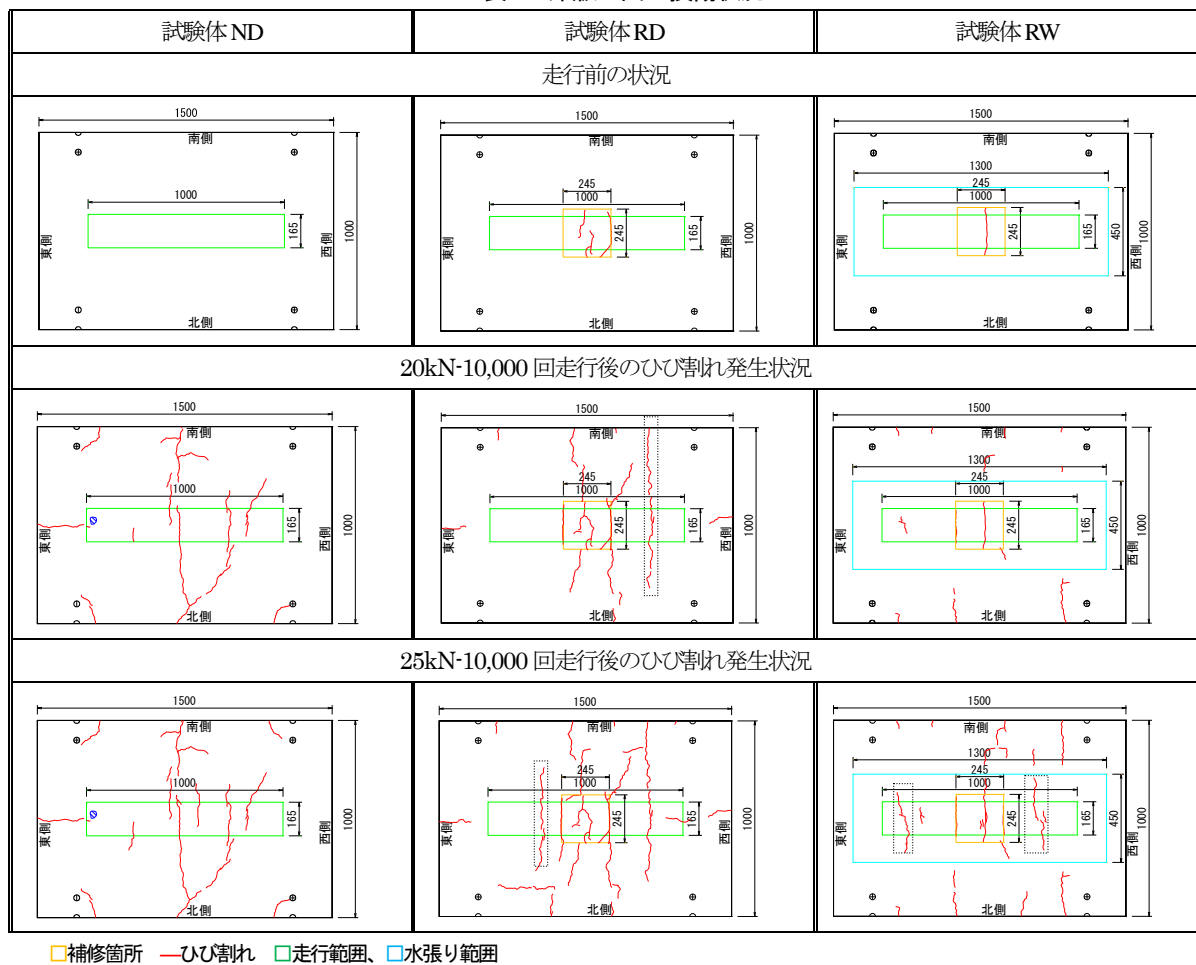


図-3 試験体中央部の鉛直変位

表-2 床版上面の損傷状況



試験体 ND は、20kN・10000 回走行後は試験体中央部で南北方向に大きな曲げひび割れが発生していた。25kN・10000 回走行後はひび割れが増していた。

試験体 RD は走行前に、補修材に乾燥ひび割れが生じていた。20kN・10000 回走行後は試験体 ND と同様に中央部に南北方向の曲げひび割れと、その西側に大きなひび割れが発生していた。25kN・10000 回走行後は補修材の東側にひび割れが生じていた。

試験体 RW は走行前において、RD と同様に補修材に乾燥ひび割れが発生していた。20kN・10000 回走行後は、試験体 ND、RD に生じた南北方向の大きなひび割れがみられない。25kN・10000 回走行後は補修材の両側に 30mm 程度の小さなひび割れが生じていた。

以上より、湿潤状態の RW と、乾燥状態の ND、RD のひび割れ状況に水の影響はみられなかった。

### 3.3 試験終了後の試験体の損傷状況

表-3 には各試験体の輪荷重走行試験終了後の損傷状況を示す。表には試験体上面・下面の、ひび割れや剥離状態など損傷した部位の拡大写真とひび割れ図を示している。

試験体 ND では、上面の輪荷重走行範囲で剥離が生じている。また、下面では亀甲状のひび割れが発生し、コンクリートのブロック化が生じている。終局は押し抜きせん断による変位の増大であった。

試験体 RD では、走行試験後の試験体の状態は、上面においては境界部近傍の母材が深部まで剥離し鉄筋が露出していた。その範囲は ND と比較して若干広範囲である。また、下面においては亀甲ひび割れが顕在化し、ブロック化が顕著に確認されたが、終局は補修材と母材の境界部ではなく、補修材を取り囲むように広がる押し抜きせん断による変位の増大であり、これは試験体 ND と同一である。

試験体 RW では、試験体上面に水を張ると、補修材下面のひび割れ位置より水が漏水し、ひび割れの貫通が確認された。走行初期には補修材下面に白色の析出物を伴うひび割れが見られ、その後、母材のひび割れ部からも白色の析出物が見られた。上面の剥離は境界部近傍の母材から発生した。発生後は下面に析出物が多く確認できたが、この段階においても補修材下面に



表-3 試験終了後の試験体の損傷状況

試験体上面		試験体下面	
試験体 ND			
試験体 RD			
試験体 RW			
<p> <span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 輪荷重走行範囲             <span style="color: red; font-weight: bold; margin-left: 10px;">—</span> ひび割れ             <span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></span> 異音発生範囲             <span style="border: 1px solid pink; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></span> 砂利化範囲             <span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></span> 剥落範囲             <span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-left: 10px; margin-right: 5px;"></span> 角落ち             <span style="margin-left: 10px;">写真の損傷範囲</span> </p>			

は剥離はみられなかった。試験体の終局は押し抜きせん断破壊であった。損傷の発生位置は RD と同様に補修材や、補修材と母材の境界部ではなく、補修材を取り囲むように広がっていた。

本実験結果から、補修材自体に乾燥収縮ひび割れが発生していたが、実験終了後の損傷状況は補修材と母材の境界部ではなく、補修材を取り囲むように押し抜きせん断破壊したことから、補修材と母材の境界面の付着性能は十分であることを確認できた。

#### 4.まとめ

既設床版と補修コンクリートの一体化に着目し、陥没部を補修した床版の輪荷重走行試験を実施し、補修された床版の疲労耐久性について検証を行った。本試験で得られた結果は以下の通りである。

- 1) 補修試験体では湿潤状態とすることで疲労耐久性が著しく低下することが確認された。
- 2) 試験体上面のひび割れ状況に水の影響はみられなかつ

た。

- 3) 乾燥・湿潤状態ともに試験体下面の損傷状況は、補修材を取り囲むように押し抜きせん断破壊したことから、補修材と母材の境界面の付着性能は十分であることを確認できた。

今後は、これまでの試験に加えて凍害等の疲労以外の影響を踏まえた検討を行い、寒冷地において適切な補修工法を提案する。

#### 参考文献

- 1) 三田村浩、佐藤京、本田幸一、松井繁之：道路橋鉄筋コンクリート床版上面の凍害劣化と疲労寿命への影響、構造工学論文集、Vol.55A、pp.1420-1431、2009
- 2) 宮川智史、表真也、三田村浩、西弘明：積雪寒冷地におけるコンクリート打継ぎ界面の付着性能評価、土木学会北海道支部論文報告集、Vol.67、2011

積雪寒冷地における既設 RC 床版の  
損傷対策技術に関する研究

- 3) 三田村浩、佐藤京、西弘明、渡辺忠朋：積雪寒冷地における既設鉄筋コンクリート床版の延命手法について、構造工学論文集、Vol.56A、pp.1239-1248、2010
- 4) 五十嵐義行、加藤静雄、今野久志、渡邊一悟：WJ によるコンクリートはつりによる効果検証実験、土木学会年次学術講演会、Vol.59、2004.9  
松井繁之、プレストレスングによる道路橋床版の耐久
- 性向上について、プレストレストコンクリート技術協会、第 6 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp163-168、1996.10
- 5) 安達優、三田村浩、藤川守、松井繁之、積雪寒冷地における RC 床版の耐久性向上に関する研究、土木学会年次学術講演会、I-61、2005

# STUDY ON REPAIRING METHOD OF EXISTING RC DECK SLABS IN COLD, SNOWY REGIONS

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2010-2013

**Research Team** : Structures Research Team and

Cold Region Technology Promotion Division

**Author** : NISHI Hiroaki

KONNO Hisashi

OKADA Shinya

OMOTE Shinya

**Abstract** : In cold snowy regions, there have been many cases of damage to reinforced concrete (RC) slabs of road bridges, depending on the regional environment.

These are induced not only by fatigue from running vehicles but also the combined action with several influences including frost damage are including, and then subsidence of RC slabs have often be observed.

For repairing the subsided section, it is necessary to ensure adhesion property between repair material and existing slab with removing deteriorated parts around the hole completely in order to guarantee load carrying capacity and fatigue durability after repairing.

Focusing on unifying repair material and existing slab, this study conducted wheel load running test to examine fatigue durability of RC slabs whose subsidence had been repaired.

**Key words** : RC deck slab, subsidence, partial repair, frost damage, wheel running test