

UFC および CF を用いた公共構造物の部材の安全性と再生化技術に関する研究

塩害作用を受けた RC 床版の劣化診断

木田哲量・阿部 忠・澤野利章（日大生産工・教授），
梅村靖弘（日大理工・教授），小川洋二（（株）太平洋コンクリート・
コンクリートコンクリート事業部第3グループリーダー）

1. はじめに

積雪寒冷地域における道路橋 RC 床版部材では、路面凍結防止剤・融雪剤（塩化カルシウム）の散布による塩害を受け、劣化損傷が深刻な問題となっており、塩化物イオンによる床版上面コンクリートの土砂化や圧縮鉄筋の腐食進行などの劣化事例が多数報告されている^{1, 2)}。また、沿岸地域では飛来塩分によってコンクリート構造物が劣化し、コンクリートの剥落などの事例も報告されている³⁾。このようなことから、橋梁架設地点の塩分環境に応じた適切な塩害対策が橋梁床版の長寿命化を図る上で重要な課題となっている。しかし、実際に塩害作用を受けた RC 床版に対して、大型自動車の輪荷重を想定した走行荷重による実験はあまり行われていないのが現状である。

そこで本研究では、通常の RC 床版を用いた静荷重実験と走行振動荷重実験を行い、静荷重実験における最大耐荷力と走行振動荷重実験における最大耐荷力を比較し、走行振動荷重が耐荷力に及ぼす影響を明確にする。次に、大型自動車の荷重変動を想定した走行振動荷重を作用させて応力履歴させた RC 床版に、1年10ヶ月間凍結防止剤の散布を行い、塩害を与えた RC 床版の劣化状態について評価するとともに、再度走行振動荷重実験を行い、通常 RC 床版に対する耐荷力の低下率を明らかにすることで、塩害作用を受けた RC 床版の性能評価および合理的な維持管理法の確立の一助とする。

2. 使用材料および寸法

2.1 使用材料

供試体のコンクリートには普通ポルトランドセメント、粗骨材には最大寸法 20mm の骨材を使用した。また、鉄筋には SD295A, D10 を使用した。ここで、コンクリートおよび鉄筋の材料特性値を Table 1 に示す。また、路面凍結防止剤には、融氷効果に速効性がある塩化カルシウムを用いた。ここで、塩化カルシウムの成分を Table 2 に示す。

2.2 供試体寸法および鉄筋の配置

供試体は、実験装置の車輪幅が道路橋示方書・同解説 II⁴⁾（以下、道示 II と称す）に規定する T 荷重の 1/2 モデルであることから、道示 II の規定に基づいて RC 床版を設計し、その寸法の 1/2 モデルとした。なお、最小床版厚の算出では、道示 II に規定す

Table 1 Physical properties of concrete and reinforcements.

Specimen	Concrete compressive strength (N/mm ²)	Reinforcing bar (SD295A, D10)		
		Yield strength (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Young's modulus (N/mm ²)
V20, V30	35.0	370	511	200

Table 2 Component of calcium chloride.

CaCl ₂ (%)	Fe ₂ O ₃	Water Precipitation ratio (%)	PH (20 'Be')
72.0 Above	0.005 Below	0.04 Below	9~10

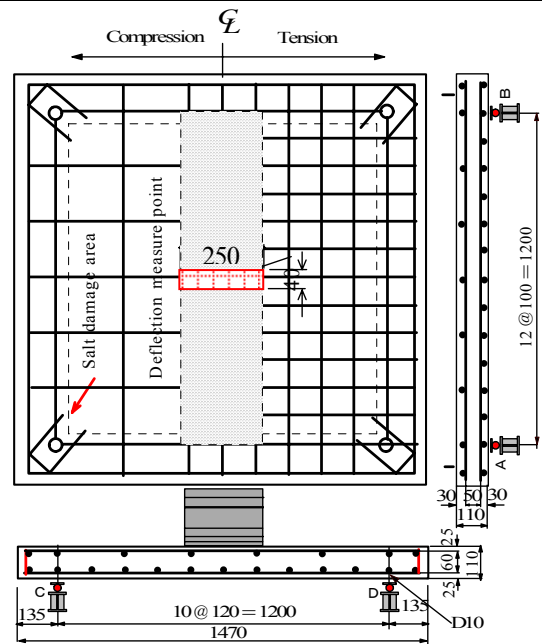


Fig.1 Specimen size.

る 1 日 1 方向の大型車両の計画交通量を 500 台未満と設定した。

供試体寸法は、全長 1470mm、支間 1200mm、厚さ 110 mm の等方性版である。鉄筋は複鉄筋配置とし、軸直角方向および軸方向にそれぞれ有効高さ 85mm, 75mm とした。また、圧縮鉄筋量は引張鉄筋量の 1/2 を配置した。供試体寸法および鉄筋の配置を Fig. 1 に示す。

3. 実験方法

3.1 実験概要

実験は、通常の RC 床版には、静荷重実験と走行振動荷重実験を行い、最大耐荷力を評価する。また、

塩害を作用させる床版には、走行振動荷重により応力履歴させた後、塩害作用を与え、その後、走行振動荷重実験による残存耐荷力から耐荷力の低下率を評価する。ここで、各実験方法を以下に示す。

3.2 通常のRC床版に関する実験

(1) 静荷重実験

RC床版の静荷重実験は、Fig. 1に示すように輪荷重を最大応力の生じる支間中央に載荷して行う実験である。荷重の大きさは5.0kNずつ増加する段階荷重とした。なお、静荷重実験におけるRC床版の供試体名称はN-Sとする。

(2) 走行振動荷重実験⁵⁾

走行振動荷重実験は、一往復ごとに荷重を増加させる段階荷重とし、供試体の最大耐荷力を得る。荷重載荷方法は、荷重0.0kNから1走行ごとに鉄筋が降伏するまでは10.0kN、降伏後は5.0kNずつ増加し、走行は支点Aから支点Bを折り返す1往復2.4m(片側1.2m)とする。また、走行速度は一往復13secで走行する18.5cm/sとし、振動数が1.8Hzの片振り荷重とする。なお、供試体の名称は荷重振幅±20%とした供試体をN-V20、荷重振幅±30%とした供試体をN-V30とする。

3.3 塩害作用を与えたRC床版に関する実験

(1) 走行振動荷重による応力履歴RC床版の作用荷重

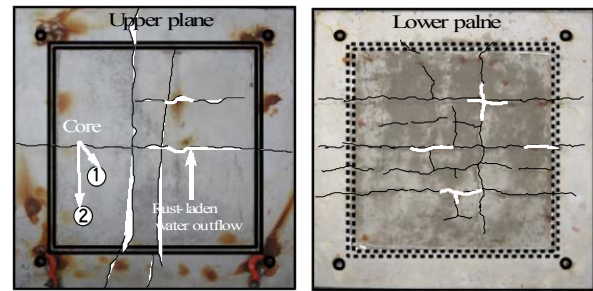
本実験のRC床版は、道示Ⅱの規定に基づいて設計し、その1/2モデルとしたものである。したがって、本実験における作用荷重は、道示Ⅱに規定するT荷重100kNの1/2とした場合50kNとなる。しかし、道示Ⅱに規定する活荷重曲げモーメント式には約20%の安全率が含まれていることから、この点を考慮して応力履歴させる際の荷重は、基準荷重60kNまでとした。よって、基準荷重60kNで走行した場合の上限荷重および下限荷重は、走行振動荷重V20で72kN-48kN、走行振動荷重V30で84kN-42kNとなる。

(2) 応力履歴RC床版の塩害作用方法

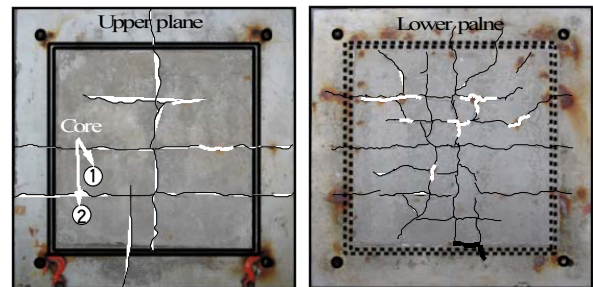
走行振動荷重実験による応力履歴を受けたRC床版の上面にエンピ管で110cm×110cmの枠(Fig. 1)を設置し、水を満載する。一般的な凍結防止剤の散布量は40g/m²~80g/m²程度とされていることから、本研究では凍結防止剤である塩化カルシウム40gをエンピ管の枠内に週3回の間隔で1年10ヶ月間散布し、暴露試験を行った。なお、雨水・乾燥を防止するために供試体をビニールシートで保護した。

(3) 塩害作用後の走行振動荷重実験による残存耐荷力

RC床版および塩害作用を与えたRC床版に、3.2(2)の項で示した走行振動荷重実験を行い、残存耐荷力を評価する。走行振動荷重実験における荷重の大きさは、1走行ごとに5.0kNずつ増加する段階荷重とし、破壊するまで荷重の増加と走行を繰り返す



(1) Specimen S-V20



(2) Specimen S-V30

Fig. 2 RC specimen after salt damage

行った。なお、最大耐荷力とは一走行を維持し得た最大荷重とする。走行範囲をFig. 1に併記した。塩害作用を与えたRC床版供試体の名称は荷重振幅±20%をS-V20、荷重振幅±30%をS-V30とする。

4. 実験結果および考察

4.1 応力履歴RC床版のひび割れ状況

走行振動荷重V20およびV30で基準荷重60kNまで載荷し、その後、塩害作用として塩化カルシウム40gを週3回の間隔で1年10ヶ月間散布して暴露試験を行った後の供試体上面、下面のひび割れ状況および錆汁の発生状況をFig. 2に示す。

走行振動荷重実験により応力履歴させた供試体S-V20には、応力履歴時のひび割れ状況は、下面は目視で確認できるものの上面のひび割れは目視では確認出来なかった。しかし、塩害作用後の上面のひび割れは軸直角方向、軸方向に0.04mm程度みられた。このひび割れの発生位置は、床版に配置した圧縮鉄筋位置付近と一致している。また、下面は応力履歴時に発生したひび割れと同位置であり、軸直角方向および軸方向ともに鉄筋配置位置に発生している。次に、鉄筋の錆汁も部分的に発生していることが確認できる。発生位置は供試体上面、下面ともにひび割れ発生位置、すなわち鉄筋の配置位置付近に部分的に沈着している。

走行振動荷重V30で応力履歴させた供試体S-V30も走行振動荷重V20で応力履歴させた供試体とほぼ同様のひび割れが発生している。錆汁は、上面では僅かに発生しているのが確認できるのに対し、下面ではひび割れ発生位置に多く沈着が見られる。

両供試体ともに塩化カルシウム40gを1年10ヶ月間散布することによる塩害作用と暴露試験を行った

が、塩化カルシウムは常に蓄積されることから塩害による劣化が目視でも確認できる。ここで、土木学会コンクリート標準示方書⁶⁾による構造物外観上のグレードを Table 3 に示す。これによると、本供試体には、塩害作用によりひび割れ幅の拡大が見られ、表面には錆汁の発生が確認されたことから、構造物外観上のグレードと劣化の状態を診断すると、両供試体ともに状態 II-1 である加速期前期に相当するものと考えられる。

4. 2 塩害作用を受けた RC 床版の塩害分析位置

(1) 塩化物イオンの分析

塩化物イオン分析では、塩害作用時のひび割れ損傷位置及び塩害作用後の走行振動荷重実験における破壊後に、ひび割れ損傷が比較的少ない位置でコア採集を行う。ここで、本供試体のコア採集位置を Fig. 2 に示す。塩化物イオンの分析用のコアはφ60mm (Fig. 2, Core ①)、鉄筋の腐食状況用のコアはφ70mm (Fig. 2, Core ②) を採集し、分析する。

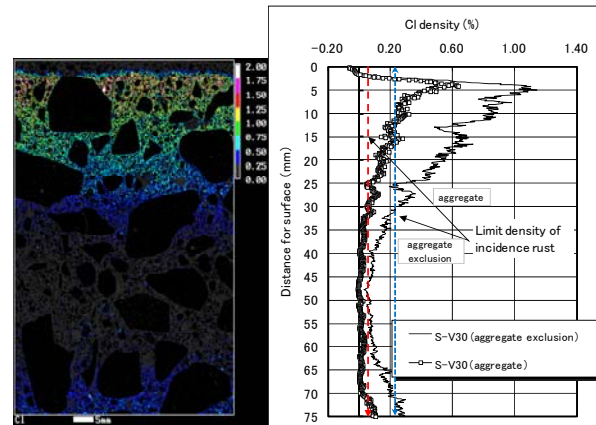
(2) EPMA による分析方法⁷⁾

塩化物イオンの分析には、電子プローブマイクロアナライザ (Electron Probe Micro Analyzer) ; (以下、EPMA と称す) を用いた。コア試験体を縦半分切断し、メタクリル樹脂により補強した後、切断面を観察面として研磨した。

導電性を持たせるために観察面に炭素を蒸着し、測定用試料とした。Cl (塩化物イオン), Ca (カルシウム), Si (けい素), および S (硫黄) について、Table 4 に示した測定条件で、個々のピクセルごとに定量し、それらを集積して面分析結果として表示した。

(3) EPMA 面測定結果

塩害作用を受けた RC 床版の EPMA による面分析より得た供試体 S-V30 表面からの塩化物イオン濃度分析を一次元化し、浸透性を評価した結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より、供試体 S-V30 の塩化物イオンの浸透深さは、構造物として問題となるレベルの鉄筋腐食発生という観点から 1.2 kg/m^3 を限界値⁸⁾とした場合、骨材込み、骨材を除外した場合のいずれも表面から約 30mm となっている。圧縮鉄筋位置における塩化物イオンの鋼材腐食発生限界値濃度は、コンクリート単位容積当りの量として $0.3 \sim 2.4 \text{ kg/m}^3$ 程度である。本実験における EPMA 試験はコンクリート表面から 75mm のコア採集の結果であり、75mm 付近においても塩化物イオンの浸透が見られ、 1.2 kg/m^3 の限界値を超えていることから、下縁の引張鉄筋にも腐食が発生しているものと考えられる。したがって、圧縮鉄筋の配置位置が床版上面から 25mm の位置、引張主鉄筋は上面から 85mm の位置であることから、圧縮鉄筋および引張鉄筋ともに塩害の影響を受けて腐食が伸展しているものと考えられる。



(1) EPMA plane analysis graphics

(2) Evaluation of Percolation graphics

Fig. 3 Result of salt percolation for EPMA plane analysis

Table 3 Structural grade of outside

Structural grade of outside	State of deterioration
Stage I - 1 (Incubation period)	Unusual thing has not been found on the surface. Chloride ion is below the density of corrosion limit state.
Stage I - 2 (Development period)	Unusual thing has not been found on the surface. Chloride ion is above the density of corrosion limit state, and corrosion has started.
Stage II - 1 (The preceding team of progressive period)	Corrosion appear in the crack and rust-laden water outflow has been found.
Stage II - 2 (The last team of progressive period)	Corrosion cracks appeared and rust-laden water outflow can be found easily. Partial stripping has been found, and corrosion level has increased.
Stage III (Deterioration period)	Corrosion cracks appeared and rust-laden water outflow are all over the place the cracks width and the deflection are greater. Stripping can be found easily.

(4) 鉄筋の腐食

塩害作用による鉄筋の腐食グレードは、土木学会標準示方書では Table 4 のように規定されている。この基準をもとに鉄筋の劣化度を評価することとする。塩害作用を受けた RC 床版の鉄筋腐食に関するコア抜きは、Fig. 2 に示す②の位置である。コア採集の鉄筋番号およびコアから採集した鉄筋を Fig. 4 に示す。本供試体の腐食グレードは土木学会の基準によると、供試体 S-V20 の圧縮鉄筋 (V20-1, 2) は腐食グレードの II に相当する。引張鉄筋の V20-3 の配力鉄筋は錆がわずかにみられることから腐食グレードは II, V20-4 の主鉄筋は全面に錆が確認できることから腐食グレードは III に相当する。次に、供試体 S-V30 の場合は、塩化物イオンの浸透深さが圧縮鉄筋を超えているにもかかわらず、圧縮鉄筋 (V30-1, 2) の腐食グレードは II 程度である。また、V30-3 の配力筋には鉄筋が全周に渡って錆が発生し、V30-4 の主鉄筋でも全周および全長に渡って錆が発生していることから、腐食グレードは III に相当する。なお、供試体 S-V20, 30 とともに圧縮鉄筋に比して引張鉄筋の腐食が大きい傾向を示しているが、この要因としては応力履歴させた際に、供試体下面から上面に向かって貫通ひび割れを呈していることから、上面から散布した塩化カルシウムがひび割れを通じて下面方向に流れ込み、供試体下面に塩化カルシウムが沈

着したために、引張側の鉄筋のほうが腐食の進行が進んだものと考えられる。

以上の結果より、本実験による塩害作用を受けた RC 床版は、構造物外観上および鉄筋の腐食グレードからも、加速期前期から後期に相当するものと考えられる。この結果は構造物としての機能上、安全性、使用性には特に問題は無いものと判断されるが、外観上第三者への影響を及ぼすものと考えられる。したがって、道路橋 RC 床版の場合は、早期の表面処理やひび割れの補修を施す必要がある。また、RC 床版上面には防水層の義務化が重要となるものと考えられる。

4.3 実験耐荷力

通常の RC 床版および塩害作用を与えた RC 床版の最大耐荷力を Table 5 に示す。

(1) 通常の RC 床版

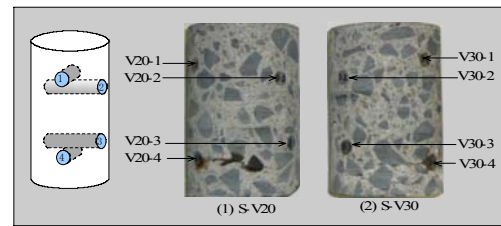
静荷重実験における最大耐荷力の平均は 167.8kN である。また、走行振動荷重 V20 の平均耐荷力は 141.6kN であり、走行振動荷重 V30 の平均耐荷力は 140.5kN である。したがって、走行振動荷重 V20, V30 の耐荷力は本実験の範囲内では荷重振幅の影響による耐荷力の低下はほとんどみられない。次に、静荷重実験の最大耐荷力の平均と走行振動荷重実験の最大耐荷力の平均とを比較すると、走行振動荷重 V20, V30 ともに約 16%の耐荷力の低下が見られる。これは、振動荷重で床版に衝撃力を与えることにより耐荷力が低下したものと考えられる。

(2) 塩害作用を与えた RC 床版

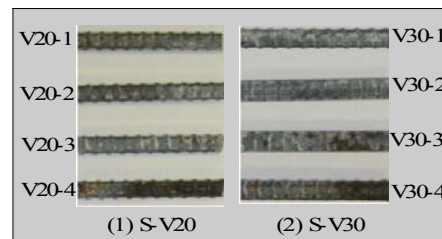
塩害作用を与えた供試体 S-V20 の最大耐荷力は 131.8kN である。塩害作用を受けない供試体 N-V20 の最大耐荷力と比較すると、塩害作用を受けた供試体 S-V20 との耐荷力比は 0.93 となり、塩害を受けることにより 7%耐荷力が低下した。同様に、走行振動荷重 V30 の場合は、塩害作用を受けた供試体 S-V30 の最大耐荷力は 123.5kN であり、塩害作用を受けない供試体 N-V30 と比較すると 0.88 となり、塩害を受けることにより 12%耐荷力が低下した。また、塩害作用を受けた供試体 S-V20 と S-V30 との耐荷力を比較すると走行振動荷重 V30 の場合で 5%耐荷力が低下しており、荷重振幅の違いにより耐荷力

Table 5 Maximum load-carrying capacity and deflection

Specimen	Experimental maximum load-carrying capacity (kN)	Average load-carrying capacity (kN)	load-carrying capacity ratio	Maximum deflection (mm)
N-S-1	165.3	167.8	—	14.1
N-S-2	170.2			11.6
N-V20-1	137.9	141.6	0.84 (=V/S)	11.5
N-V20-2	145.3			11.2
S-V20	131.8	131.8	0.93 (=N/V)	13.0
N-V30-1	143.8	140.5	0.84 (=V/S)	14.8
N-V30-2	137.1			11.7
S-V30	123.5	123.5	0.88 (=N/V)	14.9



(1) Core concrete of RC slab



(2) Corrosion state of reinforcing bar

Fig. 4 Reinforcing bar corrosion for salinity seepage

Table 4 Corrosion grade of re-bar

Corrosion grade	State of reinforcing bar
I	In mill scale condition, a thin layer of rust has been developed finely all over the place. The concrete surface has no rust adhered.
II	The floatage rust has been found partially. The macula has appeared in small areas.
III	The floatage rust is generated all over the surroundings or alone the reinforcing bar. The section damage can't be confirmed by eyes.
IV	Section damage has occurred.

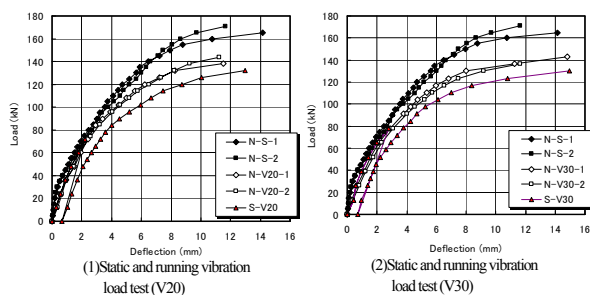


Fig. 5 load-deflection relation

に差異が生じる結果となった。

以上の結果より、塩害作用を受けた RC 床版においては荷重振幅の違いにより耐荷力に差異が生じることから、構造物外見上および鉄筋腐食グレードから推察される劣化の状態、すなわち状態 II-1 である加速期前期であっても、構造物の安全上の観点からは安全性に影響を及ぼしているものと判断される。

4.4 荷重とたわみの関係

実験より得られた荷重とひずみの関係を Fig. 5 に示す。なお、塩害作用を受けた供試体は、走行振動荷重による応力履歴時の荷重とたわみおよび荷重除荷時の残留たわみを初期値とした。また、荷重は走行振動荷重による上限荷重とする。

(1) 静荷重実験

静荷重実験の場合の荷重とたわみの関係は、荷重

130kN 付近までは線形的に増加している。その後、荷重 150kN 付近からたわみの増加が著しい。供試体 N-S-1 の最大たわみは荷重 165.3kN で 14.1mm である。また、供試体 N-S-2 の場合もほぼ同様な増加傾向を示し、最大たわみは荷重 170.2kN で 11.6mm である。

(2) 走行振動荷重 V20

走行荷重実験 V20 の場合は、供試体 N-V20-1, 2 とともに荷重 80kN 付近まで線形的に増加し、その後の荷重増加でたわみの増加も大きくなっている。最大たわみは、供試体 N-V20-1 は荷重 137.9kN で 11.5mm, 供試体 N-V20-2 は荷重 145.3kN で 11.2mm である。また、静荷重実験と走行振動荷重 V20 の場合を荷重 100kN で比較すると、約 1.24 倍のたわみ差が生じており、走行振動荷重を受けることによりたわみが増大する傾向にあることが分かる。

塩害作用を与えた供試体の応力履歴は、走行振動荷重 V20 で基準荷重 60kN まで走行させた。この時点での供試体 S-V20 のたわみは 2.24mm であり、荷重除荷時の残留たわみは 0.65mm であった。そこで、塩害作用後のたわみの計測は残留たわみ 0.65mm を初期値として計測した。全体的なたわみは、供試体 N-V20 と同様な増加傾向を示しているが、基準荷重 75kN (上限荷重 90kN) 付近からたわみの増加が著しくなっている。最大たわみは上限荷重 131.8kN で 12.9mm である。次に、供試体 N-V20 と供試体 S-V20 とのたわみを基準荷重 80kN で比較すると、供試体 S-V20 のほうが 1.3 倍程度大きくなっている。

(3) 走行振動荷重 V30

走行振動荷重 V30 の場合の供試体 N-V30 の荷重とたわみの関係は、上限荷重 78kN まではほぼ線形的に増加しているが、その後の荷重増加からたわみの増加が大きい。最大たわみは上限荷重 143.8kN で 14.8mm である。また、静荷重実験と走行振動荷重 V30 の場合を荷重 100kN で比較すると約 1.2 倍のたわみ差が生じており、走行振動荷重を受けることによりたわみが増大する傾向にある。

塩害作用を与えた供試体の応力履歴は、基準荷重 60kN まで荷重振幅 $\pm 30\%$ の走行振動実験で行った。応力履歴時の荷重とたわみの関係は供試体 N-V30 と同様な増加傾向を示している。応力履歴時のたわみは荷重 78kN で 2.8mm, 残留たわみは 0.7mm である。塩害作用後の走行振動荷重実験のたわみは、供試体 S-V30 は荷重 60kN まで線形的に増加し、その後の荷重増加ではたわみの増加が著しくなった。また、最大たわみは上限荷重 131.8kN で 14.9mm である。次に、供試体 N-V30 と供試体 S-V30 とのたわみを基準荷重 80kN で比較すると、塩害作用を受けた供試体 S-V30 が約 1.15 倍上回っている。

以上の結果より、通常的环境下におかれた RC 床版供試体に比して、塩害作用を受けた供試体の場合

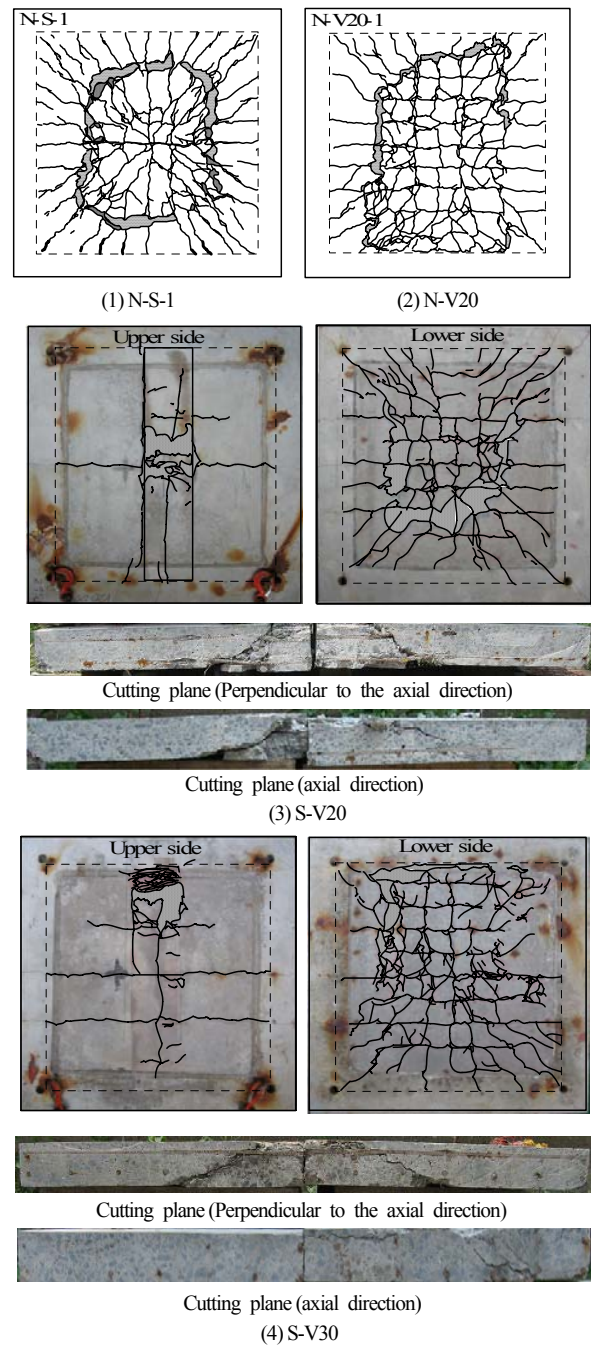


Fig. 7 Failure patterns

には早い荷重レベルでたわみの増大が見られるものの、応力履歴させた際の残留たわみを考慮すると、荷重たわみの関係には顕著な差異は見られなかった。

4. 5 破壊状況

破壊時の状況の一例を Fig. 6 に示す。

(1) 静荷重実験

静荷重実験における破壊時のひび割れ状況は Fig. 6(1)に示すように、荷重載荷位置から降伏線方向にひび割れが発生している。車輪の設置面は 25cm×4cm であるが、降伏線の影響により 25×25cm で押抜かれている。また、引張鉄筋かぶりはダウエル効果によりコンクリートがはく離している。破壊モードは押抜きせん断破壊となった。

(2) 走行振動荷重実験

通常の RC 床版における走行振動荷重 V20 の場合の破壊時の下面のひび割れ状況は Fig. 6(2) に示すように、軸直角方向に 12cm 間隔、軸方向に 10cm～12cm 間隔にひび割れが発生し、格子状を形成している。この格子状のひび割れ位置は、軸直角方向および軸方向に配置した主鉄筋および配力筋の配置間隔と同様な位置である。また、引張鉄筋のかぶりはダウエル効果の影響によりコンクリートがはく離している。最終的な破壊モードは輪荷重の走行中に押抜きせん断破壊となった。

(3) 塩害作用を受けた RC 床版 (S-V20, S-V30)

塩害作用を受けた RC 床版供試体の破壊時の上面および下面のひび割れ状況を走行振動荷重 V20 の場合を Fig. 6(3)、走行振動荷重 V30 の場合を Fig. 6(4) に示す。走行振動荷重 V20 の供試体の上面は、応力履歴と塩害作用により発生したひび割れが、塩害作用後の走行振動荷重による段階荷重載荷によって軸直角方向および軸方向にわずかではあるが伸展している。また、下面は応力履歴時に発生したひび割れが伸展している。破壊時のひび割れ間隔は、軸直角方向および軸方向に配置した鉄筋の位置である。また、引張鉄筋下面はダウエル効果の影響によりはく離が生じている。最終的な破壊モードは、輪荷重が走行中に床版中央で押抜きせん断破壊となった。なお、この破壊位置は、応力履歴時に発生した貫通ひび割れの発生位置であり、錆汁も表面に沈着している位置でもある。

次に、供試体中央の切断面のひび割れ状況は、軸直角方向が輪荷重接地面から約 45 度の拡がりを持つ押抜きせん断破壊となり、軸方向は床版中央で破壊されたことから 45 度の斜めひび割れとなっている。なお、切断面の鉄筋に錆が見られることから、腐食グレードはⅡ～Ⅲ程度であると推測される。

走行振動荷重 V30 の供試体の上面は、応力履歴時と塩害作用によって発生したひび割れが、走行振動荷重実験によってわずかであるが伸展している。また、下面は応力履歴時に発生したひび割れが伸展して破壊に至っている。ひび割れ間隔は鉄筋の配置間隔程度である。また、引張鉄筋のかぶりにはダウエル効果の影響によりはく離が生じている。最終的な破壊モードは、輪荷重が走行中に支点 A から 90cm 付近で押抜きせん断破壊となった。なお、破壊位置は塩害作用により鉄筋の錆汁が最も発生している位置 (Fig. 3(2)) でもある。

次に、供試体の中央の切断面のひび割れ状況からは、軸直角方向が輪荷重接地面から約 45 度の拡がりを持つ押抜きせん断破壊となっている。また、軸方向は支点付近から 20cm 付近で破壊しているが、破壊位置から支点方向に 45 度の斜めひび割れとなっ

ている。供試体中央の切断面の鉄筋には錆が見られることから、供試体 V-20 と同様に腐食グレードはⅡもしくはⅢ程度であると推測される。

5. まとめ

- (1) 応力履歴後に塩害作用として塩化カルシウム 40g を周 3 回の散布と暴露試験を 1 年 10 ヶ月行った結果、錆汁の発生が目視確認できることから構造物外観上の劣化グレードはⅡ-1 である加速期前期に相当することが明らかとなった。
- (2) EPMA による RC 床版の面分析より得られた塩化物イオン濃度は、コンクリート表面から浸透深さは約 30mm まで影響を及ぼしており、本供試体の圧縮鉄筋は発錆限界濃度を上回っている。
- (3) コアから採集した鉄筋の腐食グレードは圧縮鉄筋側がグレードⅡ、引張鉄筋側がグレードⅢ程度であることが明らかとなった。
- (4) 塩害作用を受けた RC 床版と通常の RC 床版の耐荷力を比較すると、塩害を受けることにより耐荷力が最大 12% 程度低下した。したがって、コンクリート中の鉄筋が塩化物イオンにより腐食する前に予防保全的な補修を行う必要がある。
- (5) 塩害作用を受けた RC 床版の破壊状況から、供試体上面では、軸直角方向および軸方向に貫通ひび割れが発生している。供試体下面では、軸直角方向および軸方向に鉄筋間隔と同じ間隔でひび割れが発生し、格子状を形成している。最終的な破壊モードは、全ての供試体で輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。

参考文献:

- 1) 新銀武：積雪寒冷地の塩化物供給を考慮した床版寿命診断に関する研究、鋼構造年次論文報告集、第 13 巻、pp.347-354 (2005)
- 2) 藤田弘昭、津村浩三、山本昇：青森県日本海沿岸の RC 橋梁において塩分浸透がひび割れと鉄筋腐食に及ぼす影響についての調査、構造工学論文集、Vol.53A、pp.666-673 (2007)
- 3) 山田文則、細山田得三、下村匠：構造の各部位に付着する飛来塩分量に関する現地観測、土木学会第 61 回年次学術講演会、5-284、pp.565-566 (2006)
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ、Ⅱ (2002)
- 5) 阿部忠ほか：走行荷重および変動荷重を受ける RC はりの耐荷力と動的影響、構造工学論文集、Vol.47A、pp.313-320 (2001)
- 6) 土木学会：コンクリート標準示方書 (維持管理編) (2002)
- 7) 河野広隆、渡辺博志、田中良樹：コンクリートのひび割れ部における塩分浸透、土木研究所資料第 3950 号 (2004)
- 8) 土木学会：コンクリート標準示方書 (施工編) (2002)