積雪寒冷地における既設 RC 床版の延命手法について

（独）土木研究所寒地土木研究所　正会員　○三田村　浩
（独）土木研究所寒地土木研究所　正会員　吉田　英二
北海道開発技術センター　正会員　赤代　恵司
大阪工業大学　フェロー　松井　繁之

１．はじめに

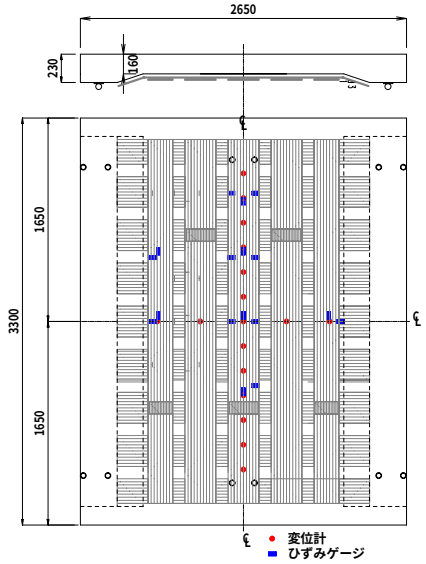
道路橋の鉄筋コンクリート床版の劣化因子としては，大型車両の輪荷重の繰り返し作用による疲労が主に考えられてきた．しかし，積雪寒冷地である北海道の橋梁床版では，写真－1 に示すように滞水による凍結融解の繰り返し作用により，床版上面のかぶりコンクリート部分がスケーリングや砂利化に進展することで有効床版厚が減少し，それにより疲労耐久性能が大きく低下することが判ってきた．そのため，寒冷地特有の劣化損傷を受けた既設 RC 床版の延命手法を策定することが急務となっている．

写真－1　凍害損傷（砂利化）状況

既設床版の寿命を延命させる一手法として，床版上面の損傷部を補修し，下面を補強した供試体を製作し，輪荷重走行試験による疲労耐久性の評価を行った．

２．実験概要

実験は，基準とする供試体（以下：基準供試体）と補修・補強を施した供試体（以下：補強供試体）の 2 供試体で実施した．図－1 に供試体・シート補強形状図を示す．基準供試体については，120ｋN から荷重漸増載荷にて破壊まで行った．補強供試体は，予備載荷としてたわみ劣化度 0.5 を目標に載荷し，下面側にひび割れを発生させ, 凍害劣化を模擬するため床版上面 20mm の部分を切削した．その後ウォータジェットで 70mm のコンクリート部分を除去し，再びジェットコンクリートで補修した後，下面側を CFRP 繊維シートで補強した供試体において輪荷重走行試験を実施した．



図－1　供試体・シート補強形状図

供試体は, 昭和 39 年に施工された実橋梁の床版をモデルとして設定し，鉄筋については，実橋に併せて SR235 の丸鋼を用いている．補強材は，炭素繊維をストランド状に加熱成形した後にすだれ状に織りこんだ繊維シートを使用した．接着は 25cm 幅シートを 10cm 間隔で格子状に接着した．実験には，クランク式の輪荷重走行試験機を用いた．供試体は 2 辺単純支持，2 辺弾性支持とし，スパン中央部の幅 500mm の載荷板上の 2000mm 範囲に鉄輪を往復させて載荷した．

３．実験結果

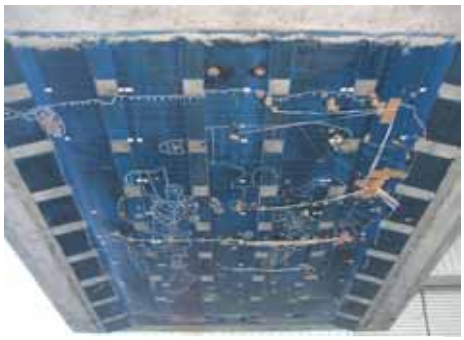
基準供試体については，載荷荷重を 200ｋN に増加させてから，たわみが急増し，41.8 万回・活荷重たわみ 11.2mm の時点で押抜きせん断破壊により終局に至った．150kN 荷重による走行回数（N_{150}）に換算すると N_{150} ＝∑（(載荷荷重／150kN)$^{12.76}$×載荷回数）＝1,008,600 回となる．

これに対して，松井式[1)] から求められる終局走行回数（Nf）は，せん断耐力 Psx＝316.5kN と P＝150kN 荷重とのせん断強度比 P／Psx＝0.474 であるから, a＝(Log1.52－Log(P／Psx))／0.07835＝(Log1.52－Log0.474)／0.07835＝6.459　⇒　Nf＝ 10^{a} ＝ $10^{6.459}$　　2,877,600 回となる．

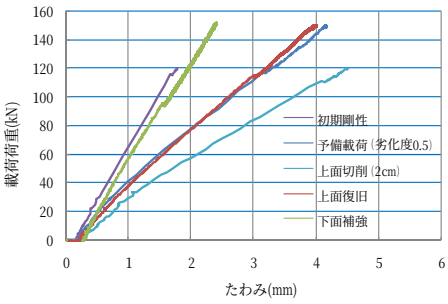
キーワード　積雪寒冷地，既設ＲＣ床版，輪荷重走行試験，上面凍害劣化
連絡先　　〒062-8602　北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号　ＴＥＬ011-841-1698

補強供試体は, たわみ劣化度の目標値を 0.5 相当として予備載荷を行った．その結果，150kN×　2 千回載荷にて活荷重たわみが目標値の 4.02mm に達し載荷終了とした．本載荷は，各荷重段階での活荷重たわみが基準供試体よりも小さくなり，荷重を上げた段階毎で増加は見られるが荷重が一定の間はたわみの増加は殆ど少なく安定している．260kN に荷重を増加させてから，たわみが急増し 66.2 万回・活荷重たわみ 16.2mm の時点で押抜きせん断破壊により終局に至った．（写真－２）150kN 荷重による走行回数に換算すると N_{150}＝94,950,330 回となる．

一方，松井らにより提案されている配力鉄筋による剥離破壊耐力分を考慮したせん断耐力を算出すると 410.77kN となり，150kN に換算した終局走行回数は Nf＝8,081 万回であった．



写真－2　破壊状況



図－2　状態別荷重とたわみ関係

４．剛性の変化

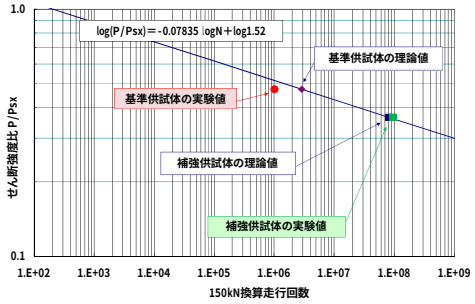
図－2 に状態別の荷重とたわみ関係を示す. 初期剛性に対して劣化度 0.5 まで載荷した時点での剛性は大きく低下している．これは，輪荷重の繰返し疲労により下面側にひび割れが発生しているためである．併せて，凍害劣化を模擬して 2cm 切削した場合は，圧縮抵抗領域が減少することで更に大きく低下する．また，上面側の復旧のみでは予備載荷時の劣化状態までしか剛性の回復は認められなかった．これは，すでに下面側に発生したひび割れの影響が残存するためと考えられる．このため，下面側のひび割れに対しては，繊維シートで補強することで，ひび割れ幅が抑制され剛性はほぼ初期剛性まで回復することが確認された．

表－1　補強による延命効果

	基準供試体	補強供試体
計算による破壊回数（回）	2,877,600	80,812,000
比　率	1.0	28.1
実験での破壊回数（回）	418,000	662,000
150kN換算破壊回数（回）	1,008,600	94,950,330
比　率	1.0	94.1
計算による破壊回数に対する比率		33.0

５．繊維シート補強による延命効果

表－１に補強の延命効果を示す．実験は，基準供試体が 101 万回で終局に至ったのに対して, 補強供試体は 9,459 万回となったことから約 94 倍の補強効果が得られた．また，理論式で求められる補強効果は，基準供試体が 288 万回に対して補強供試体は 8,081 万回であることから約 28 倍となる．これらのことから，実験結果における基準供試体は丸鋼鉄筋の付着力の低下で理論式より少ない走行回数となり，補強供試体は丸鋼鉄筋の付着力の低下が下面側の繊維シートの付着力によって抑制されたことによるものと考察される．したがって，実験供試体に異形棒鋼を考慮した場合においても，およそ 9,495／288＝33 倍の補強効果があるものと考えられる．



図－3　S－N 曲線

６．まとめ

凍害疲労劣化した床版に対して，補修・補強した場合の効果について下記の知見が得られた．

① 凍害疲労損傷した床版について，上面補修では初期剛性は回復できないが，下面補強することで剛性の回復が可能となり，併せて高い疲労耐久性の向上が確認できた．

② 基準供試体に比べて，下面に繊維シート補強した供試体は，約 94 倍の寿命延伸効果が得られた．また，床版に異形棒鋼を用いた場合でも約 33 倍の補強効果があるものと推察される．

③ 松井式によるせん断耐力及び終局走行回数算定式および配力鉄筋による剥離破壊耐力分を考慮したせん断耐力算定式からほぼその補強効果を評価できることが確認できた．（図－３）

参考文献

1）松井繁之：道路橋床版～設計・施工と維持管理　平成 19 年