

CS-26

多点繰返し載荷した下面増厚補強 RC 床版の損傷度

武蔵工業大学大学院 学生会員 金田 尚志 奈良建設 技術研究所 正会員 佐藤 貢一
 武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道 武蔵工業大学 フェロー 小玉 克巳

1. はじめに

RC 床版下面に補強筋を取り付け、ポリマーセメントモルタルで一体化させる下面増厚補強工法により補強された RC 床版は、実橋と室内実験モデルにおいて、たわみ量及び母床版の鉄筋応力低減、静的耐荷力向上、疲労寿命延長等良好な結果が得られている。室内実験モデルの疲労試験は、載荷板を介して多点繰返し載荷試験で行ってきた。著者らは、せん断力影響線からマイナー則を用い累積損傷度を算出することにより、全ての載荷位置の載荷回数を考慮した疲労破壊回数を算出した¹⁾。本報は、大阪大学の松井らの輪荷重走行試験と多点繰返し載荷試験の損傷度を比較検討を行った。

2. 実験概要と実験結果

本実験は図-1のように実橋 RC 床版の 80% のモデルを用い、表-1 に示すとおり無補強・下面増厚補強床版あわせて 12 体の供試体を図-2 のように滞水環境下において 40cm×16cm×1cm の鋼製載荷板を介し、2 辺単純支持 2 辺自由端で多点繰返し載荷試験を行った。載荷点は 3 点で、載荷間隔は供試体 No. ⑤~⑧で 25cm、それ以外は 50cm として実験を行いその結果を表-2 に示す。供試体

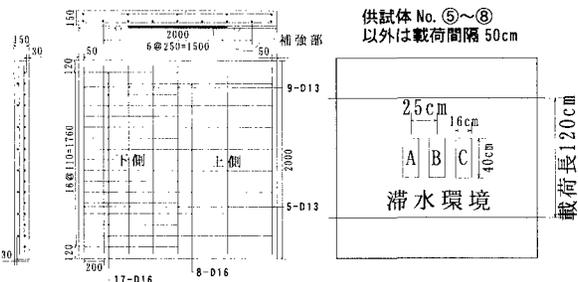


図-1 供試体概略図

図-2 載荷条件

No. N-2, ②, ⑦は、3 点とも 200

万回終了後も破壊に至らなかったため、上限荷重を上げた。供試体 No. ⑧は、乾燥状態で無補強床版を B 点のたわみが劣化度 1.0²⁾ となるように、B 点に上限荷重 166.6kN で 15 万回、A・C 点に 5 万回繰返し載荷し、劣化させた後に補強を行った。破壊形態は、全ての供試体で押抜きせん断破壊となった。せん断力影響線とマイナー則を用い、全ての載荷位置の載荷回数を考慮した換算回数を算出した¹⁾。荷重比 S:(上限荷重/松井式理論値³⁾)と換算回数 N_{eq} から図-3 の S-N 線が得られた。供試体 No. ③, ④は試験開始早期に補強部が剥離したため、疲労寿命が短くなった。

表-1 補強概要と静的試験結果

供試体 No.	補強工法	補強材	補強厚 (cm)	静的耐荷力 (kN)
N-1, 2, 3	無補強	-	-	377.3 (413.4)
①	アクリル接着	鉄筋	1.3	490.3 (498.8)
	CFRP	-	-	-
②	アクリル接着	鉄筋	1.5	485.4 (517.4)
	PC 繊維	-	-	-
③	型枠流し込み	鉄筋	2.0	445.2 (513.0)
	D6 鉄筋	-	-	-
④	型枠流し込み	鉄筋	2.0	490.3 (513.0)
	D6 鉄筋	-	-	-
⑤	コテ塗り	鉄筋	2.0	470.7 (513.0)
	D6 鉄筋	-	-	-
⑥, ⑦	吹き付け	鉄筋	2.0	529.6 (513.0)
	D6 鉄筋	-	-	-
⑧	吹き付け	鉄筋	2.0	441.9
	D6 鉄筋	-	-	-

表-2 疲労試験結果

供試体 No.	上限荷重 (kN)	載荷回数 (回)		
		A 点	B 点	C 点
N-1	145.0	3.0×10^5	5.0×10^5	-
	19.6	-	-	-
N-2	98.0	2.0×10^4	2.0×10^4	2.0×10^4
	14.7	-	-	-
	137.2	8.2×10^3	5.0×10^3	5.0×10^3
N-3	166.6	-	2.5×10^3	-
	29.4	-	-	-
①	166.6	4.3×10^4	-	1.6×10^4
	29.4	-	-	-
②	166.6	2.0×10^4	2.0×10^4	2.0×10^4
	29.4	-	-	-
	215.6	3.6×10^4	-	3.8×10^4
③	166.6	9.8×10^4	3.0×10^5	-
	29.4	-	-	-
④	166.6	-	3.9×10^3	-
	29.4	-	-	-
⑤	166.6	1.6×10^4	2.0×10^3	-
	29.4	-	-	-
⑥	166.6	2.0×10^4	2.0×10^4	1.7×10^4
	29.4	-	-	-
⑦	166.6	2.0×10^3	2.0×10^4	2.0×10^4
	29.4	-	-	-
	196.1	-	6.0×10^4	-
⑧	166.6	-	7.0×10^3	-
	29.4	-	-	-

() は松井式による理論値³⁾

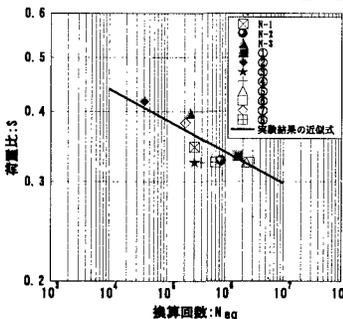


図-3 S-N 線

キーワード: せん断力影響線, 累積損傷度, 多点繰返し載荷試験, 輪荷重走行試験, 疲労寿命
 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部土木工学科コンクリート研究室 (TEL) 03-3703-3111 (内) 3241 (FAX) 03-5707-1165
 〒222-0033 横浜市港北区新横浜 1-16-2 奈良建設機技術研究所 (TEL) 045-475-6060 (FAX) 045-473-3287

3. 多点繰返し載荷試験と輪荷重走行試験の比較

図-4, 5 に松井らの輪荷重走行試験と本実験の多点繰返し載荷試験のモデルと載荷板縁上の主筋方向のせん断力分布を示す。本実験モデルは、他の2点の載荷点の影響を受けているが、松井らのモデルは損傷の1番大きい中央点は、載荷1回で車輪位置が $50 \leq y \leq 250$ の影響を受けている。また本モデルは支間長 120cm, 2 辺単純支持支持で、載荷板は 40cm×16cm であるのに対し、輪荷重走行試験のモデルは支間長 180cm, 2 辺単純支持 2 辺剛性支持で載荷板は 30cm×12cm であるため、同じ載荷荷重でも橋軸直角方向の発生せん断力が異なる。したがって、上限荷重と載荷回数だけでは、両者を単純に比較することはできない。輪荷重走行試験の方が多点繰返し載荷試験より1回の載荷が中央点に及ぼす損傷が大きく、一般に多点繰返し載荷試験よりも、疲労寿命は短くなる。

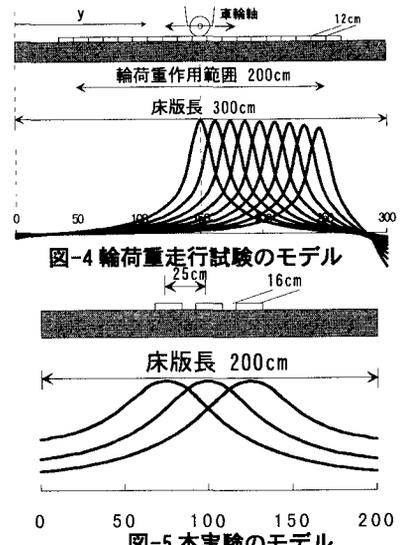


図-4 輪荷重走行試験のモデル

4. 損傷度の算出方法

多点繰返し載荷試験の結果から得られた基本 S-N 線を基に、本実験の供試体を輪荷重走行試験で行った場合の疲労寿命を予測する。ここでは、便宜的に主筋方向を x, 配力筋方向を y とする。はじめに、発生せん断力を補正するために、せん断力補正係数 $r(y)$: (車輪が y 座標のときに松井らのモデル床版中央載荷板縁に発生するせん断力 Q_x) / (本実験モデルの載荷板縁に発生するせん断力 $Q_{x,max}$) を定義する。 $r(y)$ は y に関するせん断力比の関数であり、 $y=50, 250$ で最小となり $y=150$ で最大となる。基本荷重(ここでは上限荷重)を載荷したときの $r(y)$ を荷重比 S に乗じることにより基本 S-N 線を用いて輪荷重モデルを評価できる。 $S \cdot r(50)$, $S \cdot r(250)$ を最小負荷応力, $S \cdot r(150)$ を最大負荷応力として一般化マイナー則⁴⁾を用いて $y=150$ の損傷度を算出する。基本 S-N 線を $\log S = -k \log N + \log C$ とすると、 $S \cdot r(y)$ が単独に作用した場合の疲労寿命は $10^{(-\log S \cdot r(y) + \log C)/k}$ となるので、輪荷重走行1回の $y=150$ におけるマイナー増分 ΔM は最小負荷応力から最大負荷応力まで積分した次の式で表すことができる。

$$\Delta M = \int_{S_0}^{250} \left[1/10^{(-\log S \cdot r(y) + \log C)/k} \right] dy \quad \text{ただし } k=0.0561, C=0.736 \quad (1)$$

本実験の多点繰返し載荷試験における各供試体の最大損傷点における累積損傷度を M とすると $M/\Delta M$ で本実験の供試体を輪荷重走行試験で行った場合の疲労破壊回数 N_e が予想できると考えられる。

5. 輪荷重走行試験との比較

輪荷重走行試験の実験結果から次の S-N 線が得られている⁵⁾。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.077835 \cdot \log N + \log 1.2366 \quad (2)$$

本実験の供試体の P_{sx} を算出し上限荷重 P との比を縦軸、 N_e を横軸にプロットしたものと松井らの結果を図-6 に示す。実際の輪荷重走行試験の結果と比較すると疲労寿命が長い結果となった。

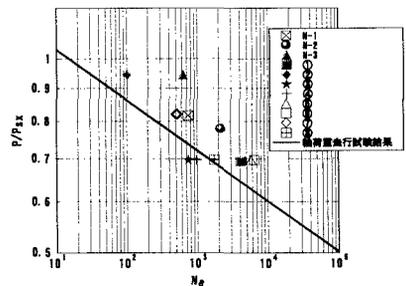


図-6 P_{sx} と N_e の関係

6. まとめ

輪荷重走行試験は、せん断力とねじりモーメントが交番するため、本手法のように床版中央のせん断力の累積損傷度だけでは、完全に評価することはできない。断面力の変化によるひび割れの擦りあわせ等により予想以上に劣化が進んでいると

考えられる。多点繰返し載荷試験の結果から輪荷重走行試験における結果をある程度推測できると思われる。謝辞：本研究の実施にあたり大阪大学松井繁之教授の研究を参考にさせて頂きました。また助言を頂きましたことを記し、感謝の意を表します。参考文献：

- 1) 金田 尚ら：累積損傷度を考慮した下面増厚補強 RC 床版の疲労寿命に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20 (投稿中)
- 2) 松井 繁之・前田 幸男：道路橋 RC 床版の劣化度判定法の一提案，土木学会論文集，第 374/1-6, pp. 419-426, 1986. 10
- 3) 前田 幸男・松井 繁之：鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐荷力の評価式，土木学会論文集，第 348/V-1, pp. 133-141, 1984. 8
- 4) 吉川 弘道・中林 秀和・山内 洋志：変動疲労荷重を受けるコンクリートのマイナー数評価と破壊確率に関する基礎的考察，土木学会論文集，第 520/V-28, pp. 259-268, 1995. 8
- 5) 松井 繁之：移動輪荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 9, No. 2, pp. 627-632, 1987. 6