

輪荷重の繰返し载荷を受けた RC 床版の耐力に関する検討

北武コンサルタント株式会社 正会員 ○坂口 淳一
株式会社コムスエンジニアリング 正会員 土屋 智史
北武コンサルタント株式会社 正会員 渡辺 忠朋

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以後、RC と呼ぶ）床版は、輪荷重を直接支持する部材であるため、移動荷重の繰返しにより損傷が進展し、破壊に至る場合がある。

現行の照査法¹⁾では、最大の変動作用に対する断面破壊の照査と、一定荷重振幅に換算された設計耐用期間内の変動作用に基づく疲労破壊の照査の組合せにより、断面破壊に対する安全性を担保している。

これに対して、上述の照査法では、変動作用の繰返しにより耐力の低下した部材に大きな変動作用が作用する状態に対して、断面破壊に対する安全性を的確に評価できない可能性が指摘されている²⁾。これを回避するための前提として、繰返しの変動作用を受けても設計耐力を保持することが挙げられる。

そこで本検討では、RC 床版の輪荷重走行試験の供試体を対象に、有限要素解析を用いて、繰返し载荷を受ける部材の耐力の変化を確認する。

2. 解析概要

本検討では、図-1 に示す RC 床版の輪荷重走行試験供試体³⁾を解析対象とする。解析モデルは、図-2 に示すように、対称性を考慮した 1/2 モデルとする。支持条件は、輪荷重走行試験と同じく長辺を単純支持とし、短辺を弾性支持とする。

材料構成則は、コンクリート標準示方書設計編¹⁾に準拠する非線形材料構成則を基本として、コンクリートの高サイクル疲労損傷の影響を考慮したモデル⁴⁾を用いる。RC 床版の材料特性値は、コンクリート圧縮強度 30 N/mm²、鉄筋降伏強度 345 N/mm²とする。端部の弾性支持材(H 鋼)などは、弾性体とする。

荷重の载荷は、初めに、図-1 中に示した走行範囲に対して、所定の繰返し回数まで、荷重 98 kN の一定荷重を輪荷重走行方向に往復して载荷する。その後、供試体中央部に設けた载荷版に、鉛直下向きの静的荷重を変位制御により破壊に至るまで载荷する。

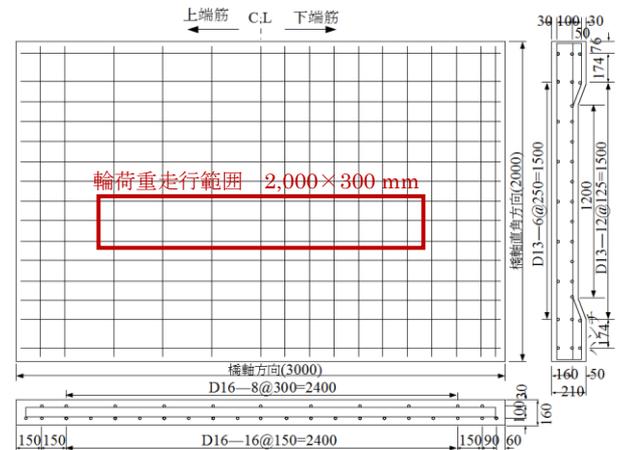


図-1 解析対象の実験供試体の形状及び配筋³⁾

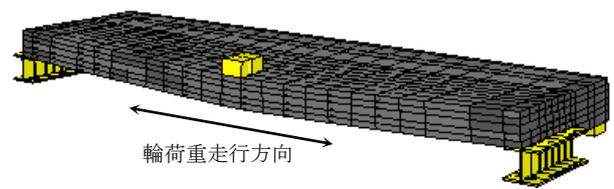


図-2 三次元解析モデル

解析ケースは、移動荷重の繰返し回数を 0 回または、 2×10^i 回 ($i=0 \sim 11$) とした 13 ケースとする。繰返し载荷中は、床版上側の载荷版は極微小な剛性の要素とし、静的载荷時に鋼材と同じ剛性を付与する。

3. 解析結果

図-3 に、繰返し载荷後に行った静的解析の荷重と変位の関係を示す。図より、事前の移動荷重の繰返し回数の少ない場合には、荷重-変位関係に大きな変化見られないものの、繰返し回数が増えるに従い乖離が生じ始め、 $2 \times 10^{10} \sim 10^{11}$ 回の繰返し载荷を与えたケースで、耐力及び剛性が大幅に低下していることが確認できる。なお、 $2 \times 10^{10} \sim 10^{11}$ 回の繰返し载荷を事前に与えたケースで、载荷荷重 0 kN の時点に見られる変位は、移動荷重による残留変位である。

図-4 に、繰返し载荷中の最大たわみ及び繰返し载荷後の残留たわみと繰返し回数の関係を示す。図-5 に、荷重 98 kN に対する剛性と繰返し回数の関係を

キーワード 鉄筋コンクリート床版、非線形有限要素解析、疲労破壊

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4-7 北武コンサルタント(株) TEL011-851-3181

示す。図より、繰返し回数が多いほど、最大及び残留たわみが大きくなり、剛性が低下する傾向が見られる。このとき、図中に青線で示した繰返し回数 $2 \times 10^5 \sim 10^7$ 回の付近から、繰返し回数に対するたわみと剛性の変化が大きくなっており、床版内の損傷の状態が変化していることが推察される。

図-6に、最大荷重と繰返し回数の関係を示す。図から、最大荷重にばらつきが見られるものの、たわみ及び剛性の勾配が変化した後の繰返し回数 2×10^6 回の付近から、耐力が低下し始めていることが確認できる。本検討の条件では、繰返し回数 2×10^8 回までの耐力の減少は比較的小さいものの、異なる条件によっては耐力が大きく低下することも想定される。

4. まとめ

本検討では、移動荷重の繰返し載荷後に押抜き方向の変位制御による静的解析を行うことで、載荷実験での同定が困難な、繰返しの変動作用を受けたRC床版の耐力を確認した。その結果、破壊により変位が急増する回数よりもオーダーの異なる少ない回数で、耐力低下に至ることが認められた。

現行の照査法において、最大の変動作用に対する断面破壊の照査は、繰返しの変動作用に対して設計耐力を保持していることが前提となる。そのため、供用期間中の繰返しの変動作用に対する限界は、上述の耐力を保持できる限界と考えられる。あるいは本検討のように、変動作用の繰返しによる耐力の低下が直接求められれば、繰返し載荷の影響を考慮した耐力に基づき断面破壊の照査が可能となる。

参考文献

- 1) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書【設計編】，2013.
- 2) 土木学会：鉄筋コンクリート構造物の設計システムーBack to the Future IIー，コンクリート技術シリーズ104，2014.
- 3) 前島拓，子田康弘，土屋智史，岩城一郎：塩害による鉄筋腐食が道路橋RC床版の耐疲労性に及ぼす影響，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，Vol.70, No.2, pp.208-225, 2014.6
- 4) Maekawa, K., Gebreyouhannes, E., Mishima, T. and An, X. : Three-dimensional fatigue simulation of RC slabs under traveling wheel-type loads, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.4, No.3, pp.445-457, 2006.

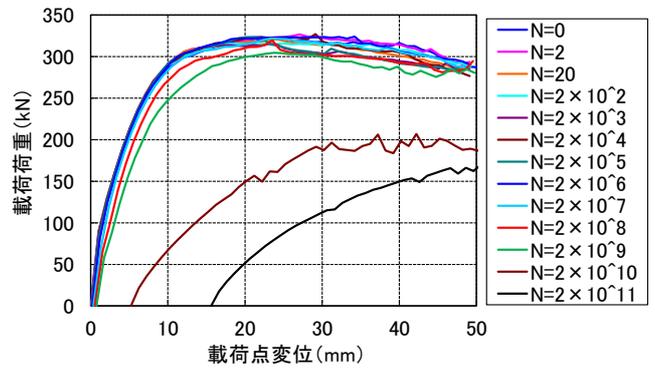


図-3 載荷荷重-載荷点変位関係

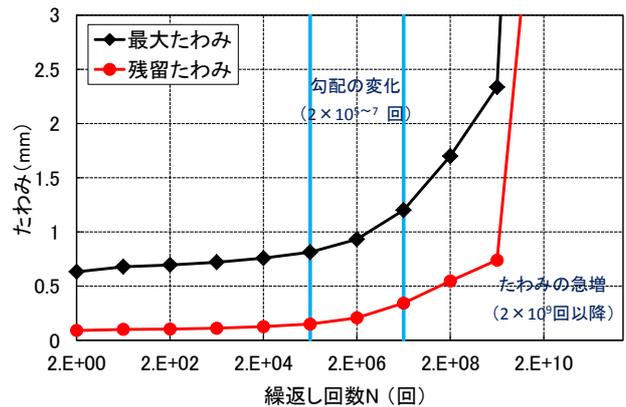


図-4 たわみ-繰返し回数関係

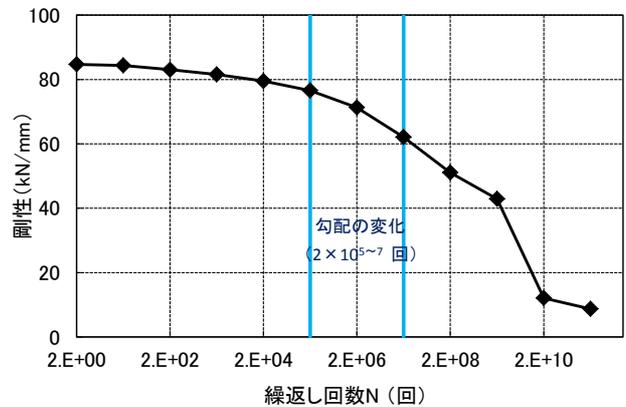


図-5 静的解析時の剛性-繰返し回数関係

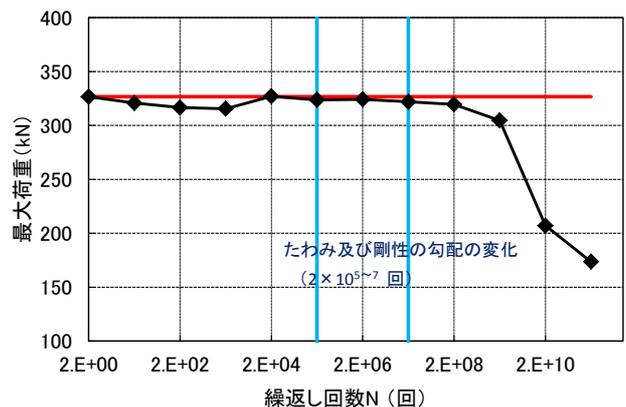


図-6 最大荷重-繰返し回数関係