

CRC版の応力解析におけるせん断伝達モデルの検討

セメント協会 正会員 ○泉尾 英文
 広島大学名誉教授 名誉会員 佐藤 良一
 ニチレキ 正会員 亀田 昭一
 広島大学 正会員 小川 由布子
 セメント協会 正会員 吉本 徹

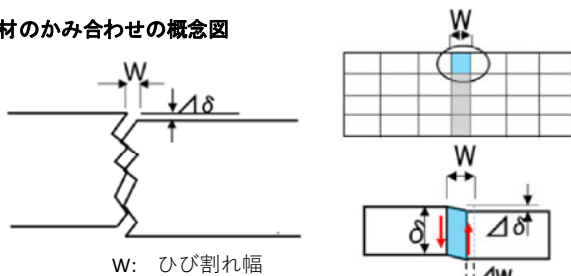
1. はじめに

盛土の不同沈下を考慮した設計法を確立するために、路盤とコンクリート版の剥離・接触を考慮した連続鉄筋コンクリート舗装版（CRC版）の応力解析の枠組みを構築している¹⁾²⁾。CRC版の版厚設計では、横ひび割れ部におけるせん断伝達特性の評価が重要であり、本手法では骨材かみ合い時のせん断ひずみとかみ合い後のせん断剛性によってその特性を表している（図-1）。合理的な γ_z を設定するために、既往のせん断試験結果³⁾⁴⁾を再整理して γ_z を算出、その値を用いて不同沈下がある場合の荷重伝達率の評価をFEMによって試みた。

2. ひび割れ部における骨材のかみ合わせに関する実験的検討

CRC版のひび割れ部のせん断伝達特性を図-2に示す試験で評価した既往の結果³⁾⁴⁾を再整理し、骨材のかみ合い時のせん断ひずみ(γ_z)を算出した。まず、せん断試験の結果（図-3）をもとに、せん断応力が発生し始める「せん断変位($\Delta\delta$)」と「ひび割れ幅(W)」を文献の図の画像からデータ抽出アプリケーションによって読み取り、骨材かみ合い時のせん断ひずみ ($\gamma_z = \Delta\delta / W$) を算出した。 γ_z は、表-1に示すように最大で0.44(No.1)であったが、この値はSmirnov-Grubbs検定⁵⁾にもとづき外れ値として判断して棄却した。そのため、 γ_z は0.08~0.29の範囲にあり、 γ_z とひび割れ幅に明確な傾向は認められなかったため平均することとし、その値は0.19であった。これは、幅0.3mmのひび割れ部では、0.057mmの段差（せん断変位）が生じた時に骨材がかみ合い、そのかみ合いによるせん断応力の伝達が発生し始めることを意味する。

骨材のかみ合わせの概念図



骨材かみ合い時のせん断ひずみ $\gamma_z = \frac{\Delta\delta}{W}$

せん断剛性 G_z (N/mm²)
 かみ合い前 1×10^6
 かみ合い後 11667

図-1 ひび割れ要素のせん断伝達モデル

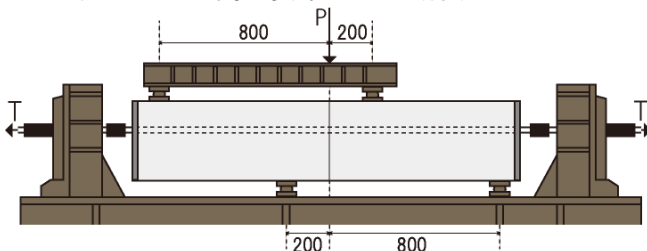


図-2 せん断試験の概要³⁾⁴⁾

表-1 せん断試験にもとづく γ_z の算出結果

No	鉄筋比 %	ひび割れ幅 mm	せん断変位 mm	せん断ひずみ	文献
1	0.88	0.314	0.137	0.44	3)Fig.4 D22
2	0.65	0.314	0.092	0.29	3)Fig.4 D19-1
3	0.65	0.217	0.047	0.22	3)Fig.5 D19-2
4	0.45	0.602	0.046	0.08	3)Fig.4 HD16
5	0.45	0.263	0.047	0.18	3)Fig.5 D16
6	0.45	0.223	0.032	0.14	4)Fig.4 D16
7	0.29	0.393	0.074	0.19	3)Fig.5 HD13
8	0.29	0.410	0.097	0.24	4)Fig.4 HD13

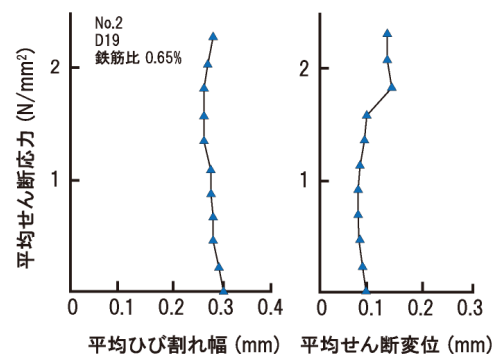


図-3 せん断試験結果の一例³⁾

キーワード 連続鉄筋コンクリート舗装、荷重伝達率、せん断ひずみ、段差、ひび割れ幅、有限要素法

連絡先 〒114-0003 東京都北区豊島4-17-33 (一社)セメント協会 研究所 コンクリート研究グループ TEL:03-3914-2695

3. 骨材かみ合い時のせん断ひずみ γ_z と荷重伝達率との関係

実用性の観点から、 γ_z による CRC 版の荷重伝達率への影響について FEM によって検討した。解析モデルを図-4 に、設定値および鉄筋構成を表-2、表-3 に示す。FWD による荷重伝達率の評価を想定し、ひび割れ近傍に設置した $\phi 30\text{cm}$ の載荷板に、荷重を 100 分割し段階的に載荷した。分割は、ひび割れ部のかみ合い、CRC 版と路盤の接触状況を段階的に確認するためである。なお、自重や温度差などは考慮しておらず、CRC 版下には最大 0.5mm のギャップを想定したモデルであり、荷重作用に限定、路盤からの支持がない点で実際の CRC 版の状況と異なる。CRC 版は、図-5 に示すように γ_z が大きいほどたわみが大きくなり、これは図-6 に示すようにかみ合いの時期が遅れ、段差も大きいためである。この結果から荷重伝達率 ($E_{ff} (\%) = D_{30} / ((D_0 + D_{30})/2) \times 100$) を算出すると、図-7 に示すように、 E_{ff} はかみ合い後に増加し、 γ_z が 0.19 では 49kN において 93% 程度、98kN では概ね 95% に収束するものと思われる。今後、実測値との比較など検証が必要である。

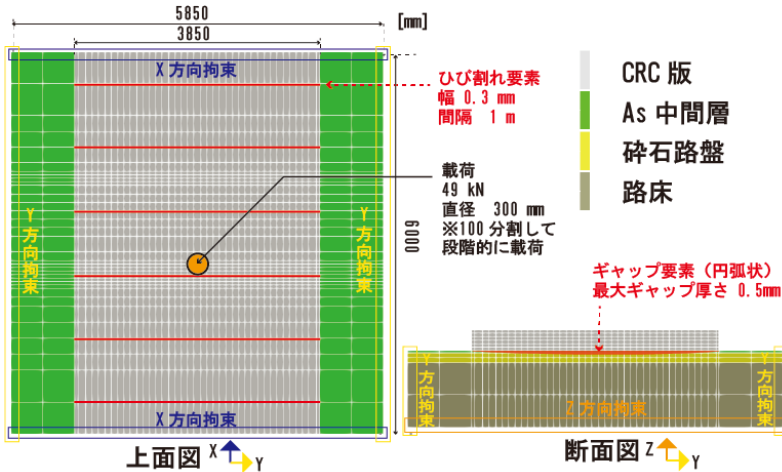


図-4 解析モデルのメッシュ図

表-2 設定値

構成層	層厚 (mm)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
コンクリート版	320	35,000	0.2
As 中間層	40	2,000	0.3
砕石路盤	150	200	0.3
路床	1000	30	0.3
空隙	接触前	0.5*	1×10^{-6}
	接触後		2,000

※ 円弧状における最大ギャップ厚さ

表-3 CRC 版の鉄筋

鉄筋径	D22
鉄筋比 (%)	0.66
ヤング率 (N/mm ²)	200,000
せん断剛性率 (N/mm ²)	8

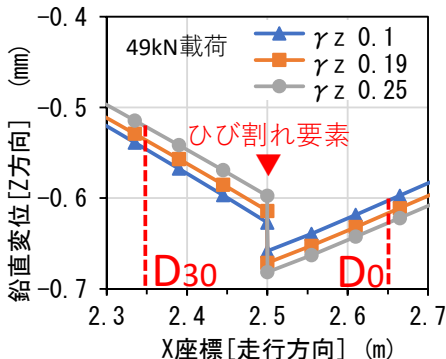


図-5 走行方向の鉛直変位分布に及ぼす γ_z の影響

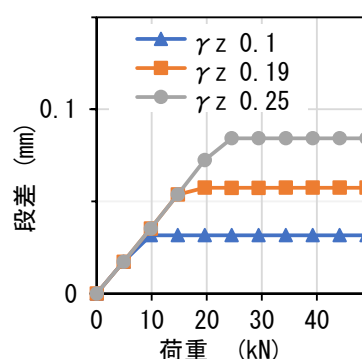


図-6 荷重と段差の関係に及ぼす γ_z の影響

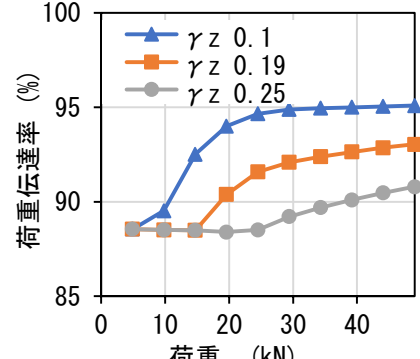


図-7 荷重と荷重伝達率の関係に及ぼす γ_z の影響

4. まとめ

CRC 版の応力解析ではひび割れ部におけるせん断伝達特性の評価が重要であり、骨材のかみ合いが大きく影響することを確認した。今後、各種設定値について精査し、本モデルによる疲労計算へと検討を進めていく予定である。

あとがき 本検討は、セメント協会の「コンクリート舗装の長寿命化・信頼性向上技術検討会」における活動の一環である。検討の一部は、JSPS 科研費基盤研究(C) (一般) (代表佐藤良一、課題番号 18K04301) に基づいて実施した。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 亀田昭一ほか：不同沈下を考慮した CRC 版の自重、温度差、輪荷重による応力履歴解析について、土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会、V-35、2019
- 2) 泉尾英文ほか：不同沈下による版下の空洞が CRC 版応力に及ぼす影響の数値解析的検討、第 34 回日本道路会議、2021
- 3) 佐藤良一ほか：連続鉄筋コンクリート舗装モデル供試体のせん断伝達に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集、No. 45、pp. 684-689、1991
- 4) 佐藤良一ほか：繰り返し荷重を受ける CRCP モデル供試体のせん断変形特性、セメント・コンクリート論文集、No. 46、pp. 952-957、1992
- 5) Frank E. Grubbs: Procedures for detecting outlying observations in samples, Journal of Technometrics, Vol. 11, No. 1, pp. 1-21、1969