

トンネル内プレキャスト RC 舗装の構造設計法の開発

石川工業高等専門学校専攻科 学生会員 北口航
石川工業高等専門学校 正会員 西澤辰男

1. まえがき

プレキャスト RC 舗装 (PRCP) とは、工場であらかじめ製作された鉄筋コンクリート舗装版(RC 版)を路盤上に敷き並べる工法である¹⁾。補修に時間を要さないためトンネル内の舗装に使用されている。このような PRCP に対する力学的な解析に基づいた構造設計法は確立されていない。本研究の目的は力学的な構造解析と疲労解析に基づいた合理的な構造設計法を開発することである。そのために RC 版の上下面の温度差によるそり拘束応力については、温度差を実測して、温度差の頻度分布を求め、温度応力を算定する。荷重応力については 3DFEM で計算する。両者の応力を合成した応力をコンクリート版の疲労曲線に適用して疲労度を求めて照査する。このような計算に基づいた疲労度と版厚の関係から最低版厚を決定するプログラムを作成した。

2. 温度応力

トンネル内での温度差の頻度を知るために、新潟県の朝日トンネル内の PRCP 版内の上中下に設置した温度センサーによって連続的に深さ方向の温度を測定した。2003 年秋から 2004 年夏まで、季節ごとに 1 週間測定した。温度応力の計算に必要な上下面の温度差を計算しヒストグラムとしてまとめた。RC 版厚 25cm の頻度分布を図-1 に示す。この図より、トンネル内の温度差は明かり部に比べて非常小さく、最大でも 4℃程度である。したがって、温度応力はかなり小さいと考えられる。本研究において温度応力は岩間による(1)式で計算した²⁾。

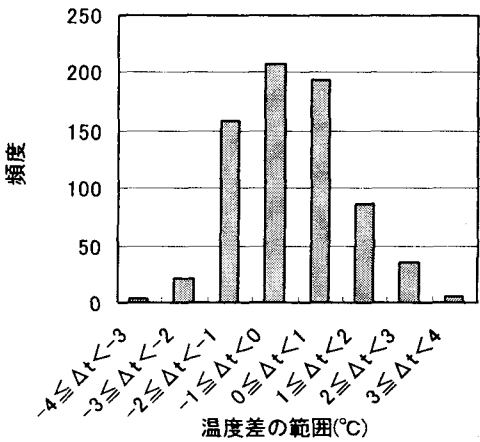


図-1 温度差の頻度分布

$$\sigma_t = 0.35C_w \alpha E \Delta t \tag{1}$$

σ_t : 温度応力 C_w : そり拘束係数 α : 線膨張係数

E : 弾性係数 Δt : 上下面の温度差

3. 荷重応力

荷重応力の計算は 3DFEM (3 次元有限要素法) を用いた³⁾。計算に用いた材料定数を表-1 に示す。寸法は厚さ 20,23,25cm, 横 1.5m, 長さ 5.5m とし、配置は図-2 のように 6 枚並べた RC 版を想定する。

表-1 材料定数

項目	値
コンクリートの弾性係数(MPa)	30000
コンクリートのポアソン比	0.2
コンクリートの熱膨張係数(°C)	0.00001
中間層の弾性係数(MPa)	5000
中間層のポアソン比	0.35
路盤の弾性係数(MPa)	2000
路盤のポアソン比	0.35
路床の弾性係数(MPa)	50
路床のポアソン比	0.35

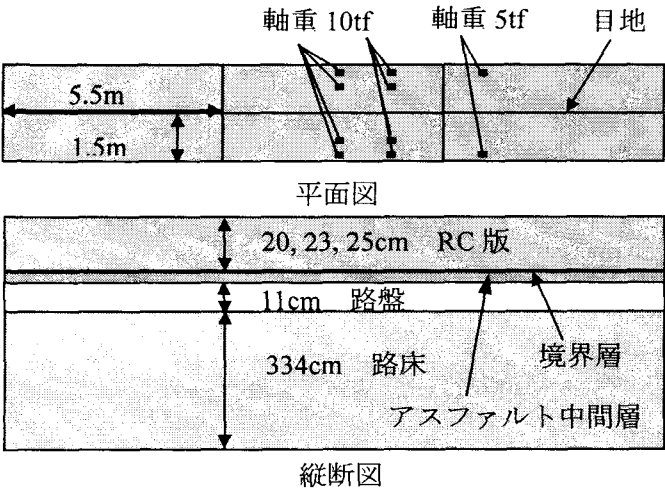


図-2 RC 舗装版の配置と断面

4. 疲労解析

疲労解析の期間は 20 年とした。トンネル内の舗装を想定して車輪走行位置は一箇所を通るものとした。各交通区分での日輪荷重数は表- 2 に示したように想定し、各荷重に対しての相対頻度を計算した。荷重応力は RC 版厚を 20,23,25cm としてそれぞれアスファルト中間層がある場合とない場合を計算した。輪荷重 5tf での応力値 σ MPa を計算して、応力値が最大となる地点の応力を疲労解析に用いた。Pt_f による応力は $P/5 \cdot \sigma$ MPa で応力値を計算した。岩間式から温度応力は温度差に比例するので、温度差の頻度を温度応力の頻度として用いた。交通区分による荷重応力の相対頻度、温度応力の相対頻度、荷重応力と温度応力の合成応力、コンクリートの疲労曲線、20 年間の全輪数および曲げ強度から疲労度を計算した。RC 版の曲げ強度を 5.0(MPa)としたとき、横軸に RC 版の厚さを取り、縦軸に疲労度を対数目盛で表示した結果が図- 3 である。このように、疲労度と版厚の関係を片対数で表示すると、その関係は直線で近似できることがわかる。当然のことながら、重交通になるほど疲労度は大きくなる。アスファルト中間層がある場合とない場合では、中間層がある方が疲労度は低いことから、中間層の有効性がわかる。

表- 2 日輪荷重数

交通区分	L	A	B	C	D
輪荷重(tf)					
1	100	4706	6190	9929	19995
2	50	339	816	1905	4836
3	10	180	539	1109	3603
4	5	89	260	613	1959
5	4	47	136	328	1009
6	3	30	73	192	657
7	2	25	33	94	365
8	1	12	16	38	162
9	0	7	7	17	72
10	0	5	3	8	37
11	0	3	2	6	38
12	0	0	0.3	3	7
13	0	0	0.2	1	2
合計	175	5443	8075.5	14243	32742

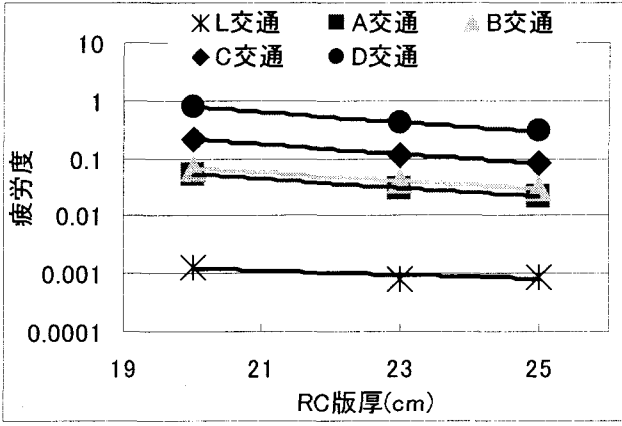
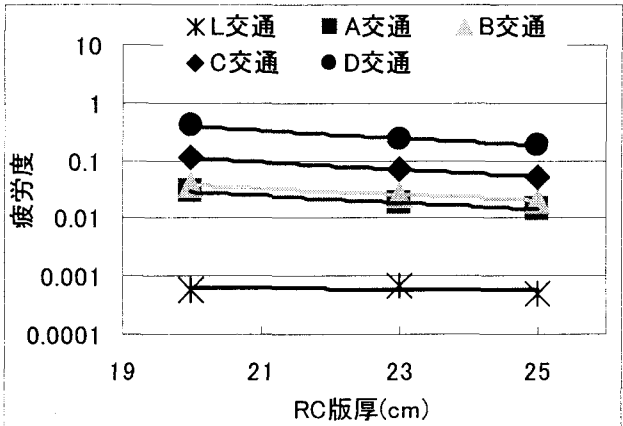


図- 3 厚さと疲労度の関係

5. 計算プログラム

疲労度と版厚の関係をを用いて、設計条件に合わせて最低版厚を設計するプログラムを開発した。図- 4 はプログラムの表示画面である。図- 4 において白い欄に値を入力もしくはリストから選択することで、入力条件の下での最低版厚を赤い欄に、計算結果に合わせた舗装モデルを隣に表示するプログラムである。図では RC 版、アスファルト中間層、路盤を表示している。同様に明かり部に対応する構造設計プログラムを開発していく予定である。

交通量	D交通
期間(年)	20
中間層の有無	有
信頼性(%)	50
曲げ強度(MPa)	45
最低版厚(cm)	10
計算	
最低版厚	21

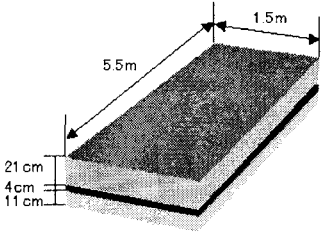


図- 4 計算プログラム

参考文献 1) 山田英雄,西澤辰男,池田孝司:プレキャスト RC 舗装の構造設計法,第 9 回北陸道路舗装会議技術論文集,2003. 2) 日本道路協会:舗装設計施工指針,2001. 3) 西澤辰男:3 次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発,舗装工学論文集第 5 巻,2000.