

コンクリート舗装の破損要因分析

東北工業大学○学生員 内山哲郎
東北工業大学 正員 村井貞規

1.はじめに

コンクリート舗装版はその下層の路盤や路床に比べて剛性が大きいので、荷重はコンクリート版のスラブアクションによって支持される。つまり、路盤や路床の負荷が小さくコンクリート版の曲げ剛性によって交通荷重を分散して支持している。本研究では、建設省が平成5年までに調査した全国の一般国道のコンクリート舗装路面性状写真を元に、コンクリート舗装に発生したひび割れの破損要因を単純集計とクロス集計により整理し、さらに破損の原因となるコンクリート舗装版内の応力を有限要素法により検討したものである。

2.コンクリート舗装のひび割れに関する分析

コンクリート舗装路面性状写真から図1のようなスケッチを作成し、コンクリート版のひび割れの状況を分類した。その種類はコンクリート版の中央部・端部での横ひび割れ、中央部・わだち部での縦ひび割れ、隅角部、版全体に及ぶ斜めひび割れ、目地部周辺のひび割れとパッチ処理の8タイプとした。それらを元に、単純集計では版長、版幅、版厚に関するひび割れの状況を、クロス集計では縦ひび割れ、横ひび割れ、斜めひび割れ（隅角部と版全体）それぞれがどんな種類の版に見られるかを分析した。

3.分析結果

(1) 単純集計

版長に関しては、表2から版長が6.0mのとき、中央部・端部の横ひび割れが6.3%と高い値を示した。中央部・わだち部の縦ひび割れは版長が短くなると破損が見られない。隅角部のひび割れも同じことがいえる。

版幅に関しては、表3から中央部での横ひび割れは、版幅が狭くなると破損確率が5倍に増加するが、端部での横ひび割れは版幅が広いほど増加する。中央部での縦ひび割れは版幅が広くなると増加し、わだち部のひび割れの破損確率は0.1%から1.1%に増加している。

版厚に関しては、表4から中央部での横ひび割れは版厚が薄くなるにつれて、増加するが中でも25cmから20cmに薄くなると破損確率が2.5%から11.0%に急増している。中央部の縦ひび割れはあまり変化がないが、わだち部では版厚が厚くなるとひび割れも増加した。



図-1 コンクリート舗装のスケッチ

表-2 版長に関するひび割れ

版長[m]	縦ひび割れ		横ひび割れ		斜めひび割れ		隅角部		目地部		パッチ	
	確率[%]	件数	確率[%]	件数	確率[%]	件数	確率[%]	件数	確率[%]	件数	確率[%]	件数
3.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
3.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
4.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
4.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
5.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
5.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
6.0	6.3	6	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
6.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
7.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
7.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
8.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
8.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
9.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
9.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
10.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
10.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
11.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
11.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
12.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
12.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
13.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
13.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
14.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
14.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
15.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
15.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
16.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
16.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
17.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
17.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
18.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
18.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
19.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
19.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
20.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
20.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
21.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
21.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
22.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
22.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
23.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
23.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
24.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
24.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
25.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
25.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
26.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
26.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
27.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
27.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
28.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
28.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
29.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
29.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
30.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
30.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
31.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
31.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
32.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
32.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
33.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
33.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
34.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
34.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
35.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
35.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
36.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
36.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
37.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
37.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
38.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
38.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
39.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
39.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
40.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
40.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
41.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
41.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
42.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
42.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
43.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
43.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
44.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
44.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
45.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
45.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
46.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
46.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
47.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
47.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
48.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
48.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
49.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
49.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
50.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
50.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
51.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
51.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
52.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
52.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
53.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
53.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
54.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
54.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
55.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
55.5	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
56.0	0.1	1	0.1	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	

(2) クロス集計からは以下のようなことが言える。

表5の縦ひび割れでは、版厚が25cmで版幅3.75mのときに10個と縦ひび割れ全体の55.5%とかなりの割合を占めている。縦ひび割れは版幅が長く、版厚が薄いものに多く見られる。

表6の横ひび割れでは、版幅3.25mで版厚20cmと25cm合わせて42個あり、全体の55.4%と多く発生している。横ひび割れは版幅が狭く、比較的版厚の薄いものに発生しやすい。

表7の斜めひび割れでは、隅角部の斜めひび割れが、版幅3.75mのとき6個、さらに版厚25cmのときに5個と幅が広く版厚の薄いものに発生している。また、版の全体に及ぶ斜めひび割れは今回のデータからほとんど見られなかった。

4.コンクリート舗装版内の応力

図2、図3は目地で区切られた有限な舗装版内の応力を“コンクリート舗装解析プログラム CpWin2”を使用して、版長7.5m、版幅3.25m、版厚20cmのコンクリート舗装版の4枚からなるモデルを解析したもので、Sxは版下面縦目地方向、Syは版下面横目地方向の応力の大きさを立体図にあらわしたものである。コンクリートの弾性率3.0*10⁴kg/cm²、ポアソン比0.2、路盤K値5kg/cm³の数値を使用した。また、荷重は単輪で5tとした。

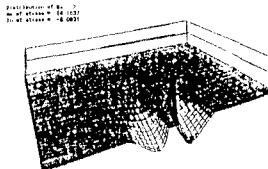


図2 応力分布図 (Sx)

表5 縦ひび割れ

版 幅 (m)	3.25		3.75		0
	0.20	0.25	0.20	0.25	
0.20	0	0	0	0	0
0.25	(0)	(0)	(0)	(0)	11
0.28	1	(5.6)	10	(55.5)	11
0.30	(100)	(9.1)	(58.8)	(90.9)	0
0.35	-	-	0	(0)	0
0.40	-	-	7	(18.9)	7
0.45	-	-	(41.2)	(100)	18
0.50	-	-	1	17	18

(%)内はパーセント

表6 横ひび割れ

版 幅 (m)	3.25		3.75		13
	0.20	0.25	0.20	0.25	
0.20	11	(14.3)	2	(2.6)	13
0.25	(26.2)	(38.6)	(3.9)	(15.4)	53
0.28	31	(40.9)	22	(28.9)	2
0.30	(73.8)	(58.5)	(64.7)	(41.3)	8
0.35	-	-	2	(2.6)	1
0.40	-	-	(3.9)	(12.0)	1
0.45	-	-	8	(19.5)	5
0.50	-	-	(23.5)	(100)	0
0.55	-	-	2	34	76

(%)内はパーセント

表7 斜めひび割れ

版 幅 (m)	3.25		3.75		0
	0.20	0.25	0.20	0.25	
0.20	0	(0)	0	(0)	0
0.25	2	(2.9)	3	(37.5)	5
0.28	(100)	(4.0)	(5.0)	(5.0)	1
0.30	-	-	1	(12.5)	2
0.35	-	-	(16.7)	(100)	0
0.40	-	-	2	(25)	0
0.45	-	-	(23.3)	(100)	0
0.50	-	-	2	0	0

(%)内はパーセント

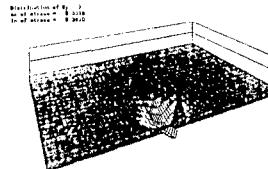


図3 応力分布図 (Sy)

5.解析結果

図4、図5はコンクリート舗装版内の応力について、図2、図3の舗装版モデルの版厚が20cmから25cm、30cmと増したとき、最大応力がSxとSyでどのように変化するかをあらわしたものである。このグラフからは、版厚が増していくとともに最大応力は減少していく。また、路盤K値が5kg/cm³と10kg/cm³を検討してみたが、この範囲では舗装版下面の応力にはほとんど差は現られなかった。

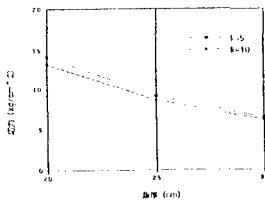


図4 版厚別最大応力 (Sx)

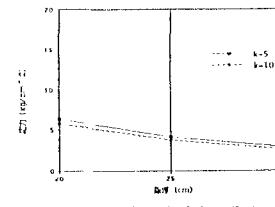


図5 版厚別最大応力 (Sy)

6.考察

実際のコンクリート舗装では、路床・路盤の支持力不足、目地機折の不完全や舗装面以上の交通量、舗装版の温湿度差など、さまざまな要因が複数に関わってひび割れを起こしていると考えられる。今後、さらに樹種選択の因果関係を分析していくたい。