

[84] 高速道路におけるセメントコンクリート舗装の追跡調査

正会員 ○宮 崎 都三雄 (日本道路公団試験所)
金 子 恒 夫 (財) 高速道路調査会
村 木 宏 行 (日本道路公団試験所)

コンクリート舗装の版厚設計は、一般に大型車交通量に応じて 30cm から 25cm のいずれかをとる標準設計法を採用しており、高速道路のような大規模な工事では大型車の走行位置及び走行頻度分布並びに輪荷重分布を用い、縦自由縁部又は縦目地部に発生する荷重応力を求め、これに版上下面の温度差より生ずる温度応力の計算値とをたし合わせ、その合応力を繰返し数をコンクリート版疲労曲線に照し合わせ、最終的に版の疲労破壊をチェックする解析的方法が併用されている。

ここでは東北自動車道(矢板)、中央自動車道(小渕沢、富士見)におけるコンクリート舗装で行われて来た追跡調査結果、並びに東名・名神における交通実態調査結果を用い、これらを現在行われている版厚設計方法の各段階・条件に照し合わせ、高速道路におけるコンクリート舗装版厚の解析的設計に関する諸資料の整理及び今後における問題点等をまとめた。また、併せて版厚設計におけるいくつかの要因が、版疲労抵抗に及ぼす影響について追跡調査結果をとり入れた計算例をもとに検討を行ってみた。

I. 追跡調査項目と調査結果

(1) 調査項目

現在までに行われて来た追跡調査項目及びその概要を示せば下記のようである。

大型車走行位置及び走行頻度分布： 東名岡崎・静岡地区、車輪走行位置分布と各走行位置における走行頻度調査

輪荷重応力測定： 東北道矢板地区、中央道小渕沢地区、富士見地区の計 3 地点で測定。コンクリート舗装版中にひずみ計を埋設し、大型車を用いて載荷試験を実施

輪荷重分布： 東名静岡地区、大型車の軸重分布測定

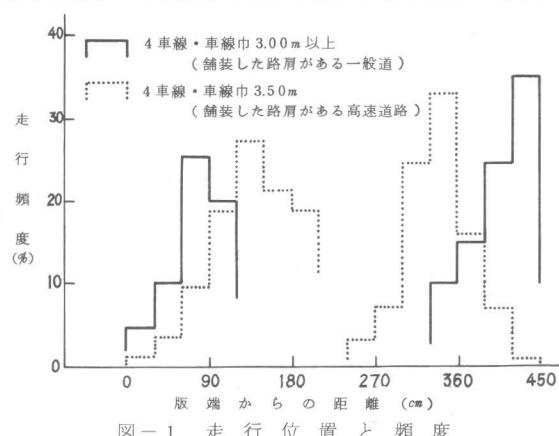
版内温度測定： 東北道矢板地区、中央道小渕沢地区、富士見地区の計 3 地点で測定、コンクリート舗装版中に温度計を埋設し温度分布、時間変化を記録

(2) 調査結果

a) 大型車走行位置及び走行頻度分布

東名岡崎及び静岡地区において測定された大型車の走行位置及びその頻度分布を示せば、車線巾は若干異なるが、側帯 75cm 部分迄をコンクリート版として版自由縁よりの距離を基準に整理し直し、現在設計上提案されている走行位置及び頻度分布と比較して示したもののが図-1 である。アクセスコントロールされ、十分な巾員が確保されている高速道路では、走行位置がかなり車線中央寄りであり、従来の位置分布を修正する必要があるものと考えられる。

なお、今回得られた走行位置及び走行頻度を自由縁、縦目地及び中央部(路肩側レーンマークより 75cm の位置)の各位置を基準としてまとめると表-1 のようである。



b) 輪荷重応力測定

東北道及び中央道において実施された静載荷試験結果を図-2に示す。試験は6t, 10t, 14t, のシングル軸, 14t, 20tのタンデム軸の大型トラックを用い、自由縁、縦目地部、中央部の各所における静載荷を行い、コンクリート版底面から15~25mm上に埋めこんだカールソン歪計によって測定したヒズミにヤング率を乗じて求めた値のものであるが、載荷重による発生応力度及びその増加率は自由縁が一番大きい。また版内発生応力は同一軸重においてはシングル軸よりタンデム軸の方が小さく、これは軸重の大きくなる程顕著のようであり、特に自由縁部においては応力的に大きな差が見られる。すなわちタンデム軸荷重による設計公式が別に必要ではないかと考えられる。ただし図-2においてタンデム軸の輪荷重を前後輪½づつと仮定すると、タンデム軸の応力曲線(点線)とシングル軸の応力曲線(実線)はほとんど重なる。従って暫定的にはタンデム軸荷重を1軸荷重に分解して(½として)通過回数を2回に数えるという便法を採用することは後述するタンデム軸によるひずみ測定結果とも考え合せ、可能のように思われる。

図-3は自由縁部における輪載荷位置と荷重応力比との関係をとり、舗装要綱の規格値と対比して示したもので、東北道はより低減が大きく、中央道の場合は提案値より低減が低めである。

版中央部について応力比を示せば図-4のようである。図中横軸中央の載荷位置0より左側は、大型車後軸左輪を対象とした場合の路肩寄りの載荷位置を示し、右側は同じく縦目地側寄りの載荷位置を示すものである。左側へ載荷位置が移動した場合には同距離右側へ移動した場合に比べ、特に1m程度を境にして応力の低減があまり見られない。これは左輪が中央部より遠ざかり、その影響が小さくなる反面、右輪が中央部に近づいたため、その影響があらわれるためではないかと思われる。

図-5は版内に埋設した歪計の一例をタンデム軸について示したものである。タンデム軸の場合には走行速度80km/hrの場合にも車軸通過毎に反応のピークが見られ、車軸通過に応じた荷重

表-1 走行位置と頻度

走行位置 (cm)	1.5 (0~30)	4.5 (31~60)	7.5 (61~90)	10.5 (91~120)	13.5 (121~150)	16.5 (151~180)	19.5 (181~210)
舗装要綱(自由縁) -十分市巾の路肩がある-	0.05	0.10	0.25	0.20	—	—	—
自由縁 -路肩巾 75cm -	0.01	0.03	0.09	0.19	0.27	0.21	0.19
舗装要綱(縦目地) -十分市巾の路肩がある-	0.25	0.35	0.15	0.10	—	—	—
縦目地縁	0.01	0.07	0.16	0.32	0.24	0.07	0.03
中央部 (縦目地側)	0.21	0.09	0.03	0.06	—	—	—
中央部 (自由縁側)	0.27	0.19	0.09	—	—	—	—

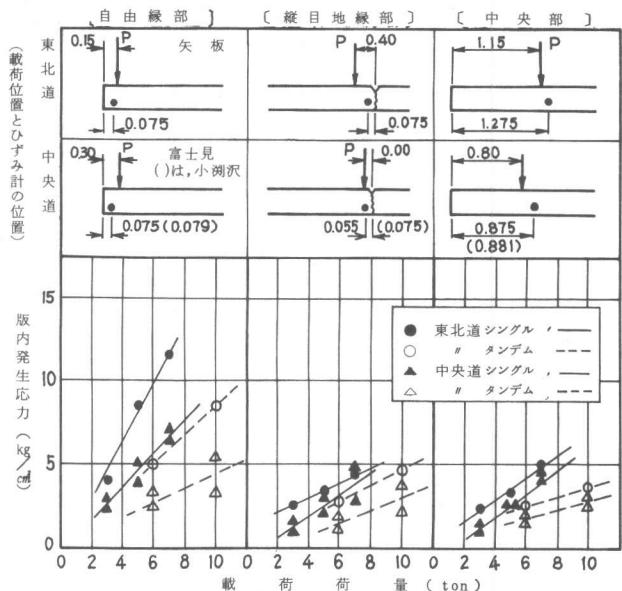


図-2 静載荷試験

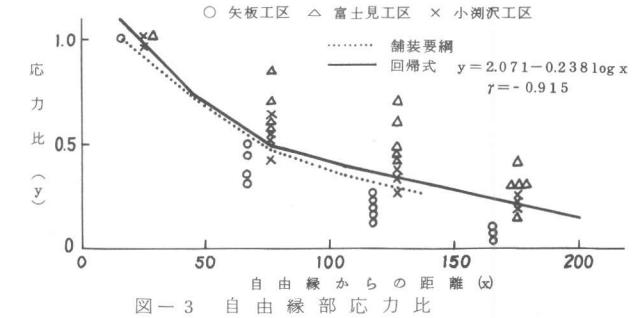


図-3 自由縁部応力比

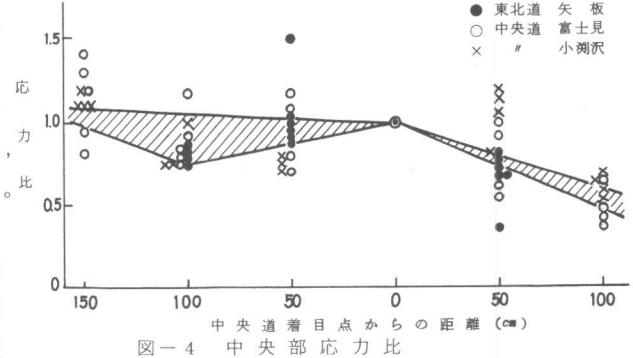


図-4 中央部応力比

応力の繰返しがみられる。タンデム軸を対象とする場合には、前記静荷重結果とも合せてシングル軸との荷重応力度へ与える影響の相違及び軸通過に伴う応力の繰返しについて確認、考慮する必要があると思われる。

図-6は東北道矢板における供用開始後の実交通荷重下(2日間測定)で測定されたひずみデーターをもとに版自由縁、中央部(走行頻度の高い位置・版端より1.7m、路肩レーンマークより約92cm)及び縦目地部における荷重発生応力とその頻度を示したものである。大型車の走行頻度が大きい版中央部に発生する平均応力が一番大きいことがわかる。側帯迄一体打ちを原則とした高速道路におけるコンクリート舗装では、大型車の走行位置が中央部付近に集中するため、図-6の結果にも示されるように版中央部の疲労抵抗にも設計上着目する必要があると考えられる。

c) 軸重分布測定

東名静岡付近で50年3月及び52年3月において実施された上下線の大型車の軸量分布を総合し、軸重を21毎に整理し図示すると図-7のようになる。この軸重測定は、大型車の前後軸を問わず測定された結果であり、後輪軸のみを対象としたものではない。表-2は上記50年3月における軸重測定結果を、大型車各軸について整理したものである。各軸(前後軸、シングル軸、タンデム軸)とともに各平均軸重にはそれ程大きな差はなく、軸重測定より輪荷重分布を推定する限りでは、軸重と通過軸数に着目しこれを荷重応力算定

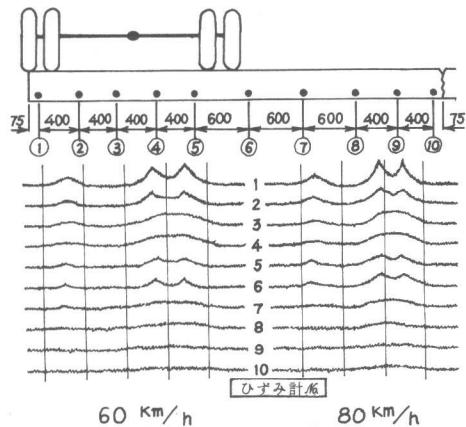


図-5 ひずみ計の応答波形

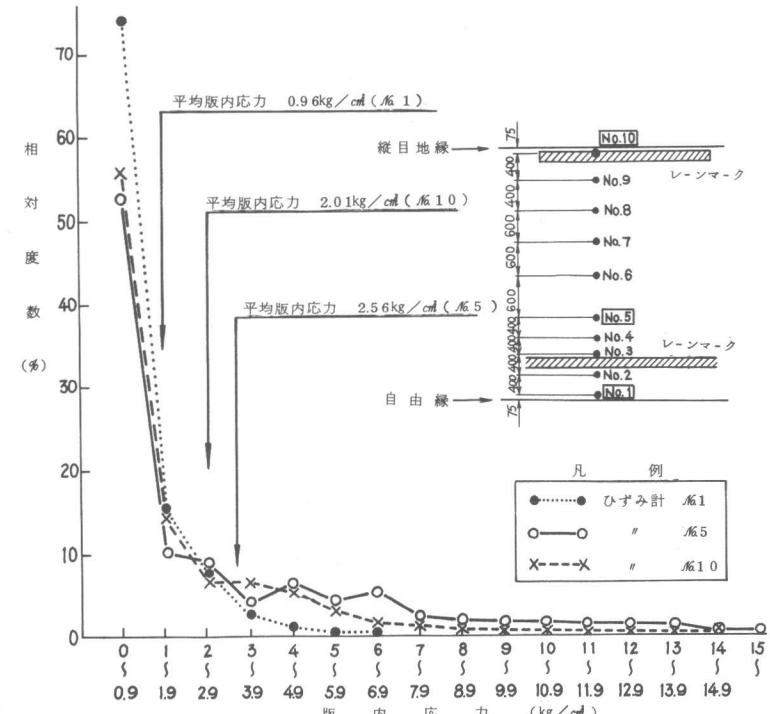


図-6 供用開始後的一般車両が版内に発生させる荷重応力分布図

表-2 車種別軸別平均軸重表 (s. 503 東名)

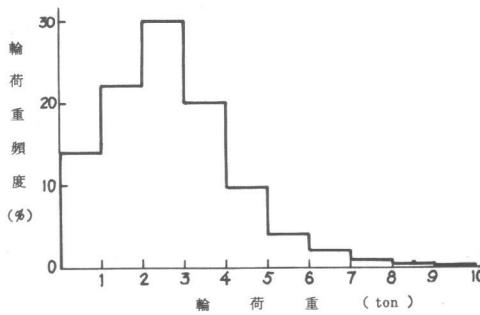


図-7 高速道路の輪荷重分布

車種	走行線	軸重 (Ton)										
		第1軸 上り	第2軸 下り	第3軸 上り	第4軸 下り	第5軸 上り	第5軸 下り	第1軸 下り	第2軸 上り	第3軸 下り	第4軸 上り	第5軸 下り
SU-2	走行	3.0	3.6	4.1	5.7							
	追越	3.1	2.4	4.7	3.2							
SU-3	走行	4.7	5.3	6.5	8.8	5.7	6.7					
	追越	4.7	4.2	6.9	5.5	6.1	5.6					
ST-3	走行	3.6	3.2	4.2	5.5	3.5	6.4					
	追越	4.1	2.9	4.9	3.7	1.0	5.8					
ST-4	走行	4.4	5.1	6.7	8.5	5.3	6.1	4.8	5.4			
	追越	4.3	3.9	5.8	6.3	4.7	3.7	4.9	5.4			
TR-4	走行	4.3	5.9	5.7	2.3	4.5	7.5	3.7	8.8			
	追越	3.6	4.0	5.2	5.1	1.0	4.0	2.3	6.2			
ST-5	走行	4.4	5.2	4.8	5.8	6.9	7.8	5.0	5.2	4.9	4.8	
	追越	4.3	3.5	4.2	4.0	5.8	5.6	6.2	4.0	5.4	3.8	
BUS	走行	3.9	4.7	7.2	9.9							
	追越	4.1	3.6	8.1	7.2							



に用いるのが現実的ではないかと思われる。表-3はやはり東名のデータより各種大型車の通過台数と軸数の関係より大型車1台当たりの平均軸数を算出したものである。大型車1台当たりの平均軸数は2.6軸であった。

d) 版内温度分布測定

中央道において測定された版内温度記録より、気温及び版上下面の温度差を2時間毎に整理した結果を図-8に示す。版上下面の温度差が負から正に転ずる時間帯は大略8時～10時頃であり、正より負に転ずる時間帯は18～20時頃のようである。正の温度の時間を8～18時間とすると、この時間帯に通行する大型車の1日全大型

車交通量に占る割合は東名・名神で47～60%であった。また東北道、中央道の温度測定データより、版上下面の温度差とその年間頻度を從来設計上提案されている値と対比して示せば表-4のようである。

II. 版厚設計条件が版疲労抵抗に及ぼす影響について

版厚設計条件が版疲労抵抗に及ぼす影響を調べるために、下記要因をとりあげて、版自由縁部、縦目地部及び中央部の各々について舗装要綱提案式及びウェスター・ガード式（中央部）を用い疲労抵抗値を計算した。数値計算に当っては、走行位置分布とその頻度、輪荷重分布、走行位置と輪荷重応力の関係等については、前出の追跡調査結果を用いており、従って高速道路のコンクリート舗装を対象としている。なお、コンクリート版の疲労曲線については、繰返し曲げ回数が500万回迄のものを用いた。また、温度応力の算出については、自由縁、縦目地、中央部とも同一の計算式を用いている。

計算結果を示せば表-5のようである。

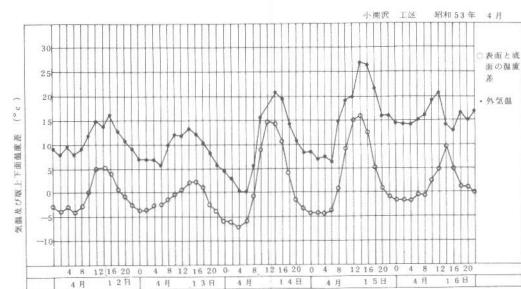


図-8 温度の日変化

表-3 通過台数と軸数

車種	軸数(a)	測定台数(b)	サンプリング率(c)	通行台数(d)=(b)/(c)	(a) × (d)
S U - 2	2	5865	80.7	7268	14536
S U - 3	3	7777	78.3	9932	29796
S T - 3	3	89	79.3	112	336
S T - 4	4	421	79.3	531	2124
T R - 4	4	38	79.3	48	192
S T - 5	5	53	77.9	68	340
B U S	2	368	83.8	439	878
計	—	14611	—	18398	48202
平均軸数 = $\frac{48202}{18398} = 2.62$ 軸/台					

表-4 コンクリート版の温度の大きさと時間の割合

地域	東北道		中央道		舗装要綱 温度差小	温度差大
	矢板工区	小淵沢工区	小淵沢工区	富士見工区		
19(18~19.9)	0.015	0.025	0	0	0.012	
17(16~17.9)	0.026	0.034	0.011	0	0.020	
15(14~15.9)	0.038	0.045	0.025	0.007	0.038	
13(12~13.9)	0.051	0.056	0.041	0.025	0.040	
11(10~11.9)	0.066	0.070	0.059	0.053	0.045	
9(8~9.9)	0.085	0.087	0.082	0.080	0.080	
7(6~7.9)	0.108	0.107	0.109	0.115	0.105	
5(4~5.9)	0.139	0.134	0.146	0.140	0.125	
3(2~3.9)	0.186	0.176	0.203	0.210	0.185	
1(0~1.9)	0.286	0.266	0.324	0.370	0.350	
-1(-0.1~2.0)	0.328	0.323	0.384	0.480	0.390	
-3(-2.1~4.0)	0.386	0.408	0.393	0.380	0.320	
-5(-4.1~6.0)	0.225	0.222	0.201	0.120	0.230	
-7(-6.1~8.0)	0.059	0.046	0.021	0.020	0.055	
-9(-8.1~10.0)	0.002	0.001	0.001	0	0.005	

表-5 要因と水準および計算結果

要因	版厚(cm)	交通量(大型台/日)	温度差データー	基準曲げ強度(kg/cm²)	ヤング係数(kg/cm²)	ボアソン比(μ)	膨張率(℃⁻¹)	支持力K ₇₅ (kg/cm²)	目地間隔(m)	換算軸数(軸/台)
水準-1(基準値)	3.0	1500	東北道実測値	4.5	35×10^4	0.20	10×10^{-6}	1.0	1.0	2.6

要因	水準-1の組合せ	交通量(名神)	版厚(25cm)	温度差(要綱)	基準曲げ強度(40kg/cm²)	"(50kg/cm²)	ヤング係数(30×10 ⁴ kg/cm²)	ボアソン比(0.25)	膨張率(9×10 ⁻⁶ ℃⁻¹)	支持力K ₇₅ (30kg/cm²)	目地間隔(5m)	"(15m)	換算軸数(1.0軸/台)
自由縁部	0.67	8.59	∞	0.49	∞	0.09	0.14	1.29	0.17	0.30	0.17	0.68	0.26
縦目地縁部	0.35	1.86	1.16	0.24	2.56	0.05	0.07	0.39	0.08	0.21	0.08	0.35	0.14
中央部	1.35	7.19	6.09	1.05	4.90	0.25	0.36	1.64	0.41	0.82	0.41	1.36	0.52

* 交通量以後の値は、水準-1の組合せのうち当該要因のみを変えた場合のものである。