

IV-71 繰返し衝撃を受けるアスファルト合板の性状について

山口大学工学部

正員 ○ 樋渡正美

山口大学工業短期大学部

正員 上田 衛

鹿島建設広島支店

室田安弘

1. 緒言

道路を高速車輦が通過すると、その上の一
 点では瞬間的な衝撃荷重を受ける。筆者等はア
 スファルト舗装が繰返し衝撃を受けるときの性
 状を説明するため次のような実験を行なった。
 即ち粗粒度アスコン、密粒度アスコンおよびト
 パカの三種についてマーシャル供試体を作り、これ
 を図-1に示す通り載荷解ジと60℃の水槽に入れ
 てCBR自動夾固め装置にセットし、重量45kgのラ
 ンマーを45cmの高さから繰返し落下させた。こ
 のようにして一度回数だけ衝撃荷重を作用させ
 た後マーシャル安定値と変位量を測定して種々
 検討してみたので、その結果をここに報告する。

2. 供試体の製作

この実験に使用した材料の性質を表-1に示されている。このうち消灰はいずれも山口県産であつ

表-1 使用材料の性質

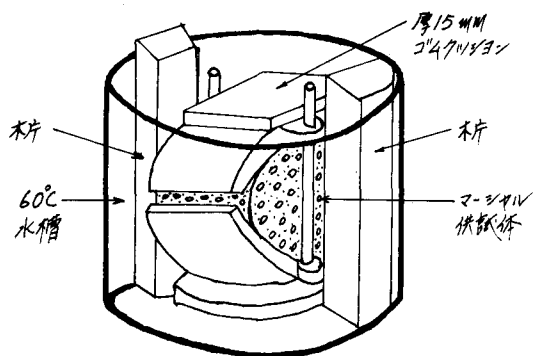
種類	碎石	粗砂	細砂	石粉	古タイヤを粉砕した天然ゴム粉末						アスファルト					
比重	2.731	2.633	2.629	2.724	比重	水分(%)	0.075mm 通過率(%)	0.25mm 通過率(%)	0.75mm 通過率(%)	2.0mm 通過率(%)	比重 (25℃)	軟化度 (25℃)	軟化度 (60℃)	引込率 (6℃)	伸度 (15℃)	
産地	山陽町	萩穂町	豊浦町	美祿市	1.49	49.4	99.8	91.5	43.4	21.2	16.2	1.031	96	45.0	318	150mm

表-2 消灰の重量配合(%)

配合の種類		標準配合			最大密度の配合		
種類	粒径(mm)	粗粒度 アスコン	密粒度 アスコン	トパカ	D=25mm n=0.38	D=20mm n=0.40	D=15mm n=0.42
碎石	25~20	12.5	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0
	20~13	21.0	10.0	0.0	13.9	13.8	0.0
	13~10	9.0	10.0	7.5	7.4	8.4	10.4
	10~5	17.5	20.0	10.5	16.3	18.4	22.6
	5~2.5	12.5	17.5	9.5	12.6	13.9	17.0
粗砂	2.5~0.6	15.0	19.0	25.0	17.5	19.0	22.6
	0.6~0.3	5.0	5.5	11.0	5.6	5.9	6.9
細砂	0.3~0.15	2.5	6.0	14.0	4.3	4.5	5.2
石粉	0.15以下	5.0	12.0	22.5	14.3	14.1	15.3
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

て、母岩の種類は碎石が安山岩、石粉が石灰岩であ
 る。またこの実験ではゴム入アスファルトの衝
 撃抵抗を比較検討するため古タイヤを粉砕した
 天然ゴムの粉末を使用した。但しその添加量はア
 スファルトの重量に対し10%である。次に消灰の
 重量配合は表-2に示す通り標準配合と最大密度
 配合の二種を採用している。前者はアスファルト
 舗装要領と協ける配合の中実をとつたもので
 あり、後者は最大密度の混合物がえられるという
 Talbotの式 $P = \left(\frac{d}{D}\right)^n$ と基づくものである。
 表-2に示す値はこれら二種の消灰を使用し、製
 作された供試体から求めた最大密度時の数値
 である。なおアスファルトの混合率はすべての配合と対して5%とし、マーシャル供試体の製作は土

図-1 実験装置



木学会編「土木材料実験指導書」によつてゐる。

3. 繰返し衝撃使用のマージナル安定値

上述の試験体に対し密度と飽和度を測定した結果と、一度回数だけランマーを踏下させた後にマージナル試験を行つた結果を表-3に示されてゐる。これらの数値は試験体3個に対する平均値であつ

表-3 マージナル試験の結果

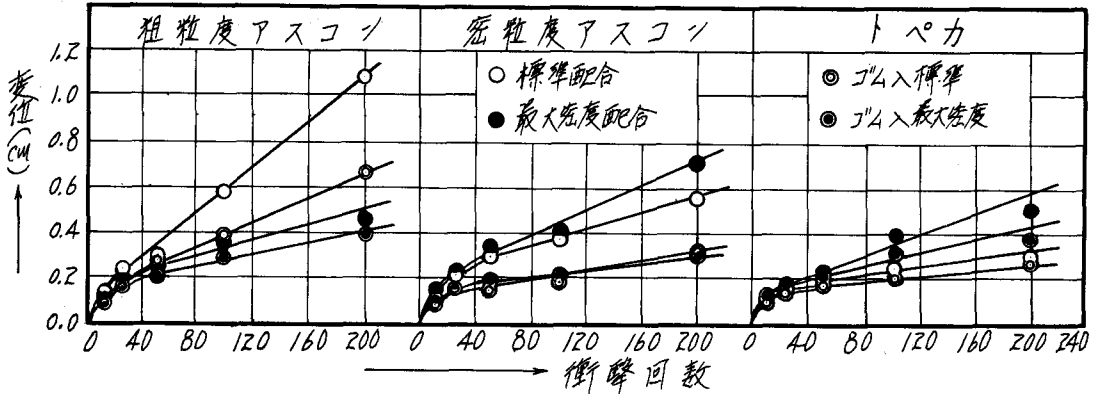
ゴム粉末		なし							添加						
衝撃回数		0	10	25	50	100	200	平均	0	10	25	50	100	200	平均
粗粒度 アスコン	密度 (g/cm^3)	2.37	2.35	2.37	2.39	2.38	2.37	2.37	2.35	2.38	2.36	2.37	2.38	2.37	2.37
	飽和度 (%)	67.0	65.0	67.3	70.6	69.2	67.2	67.7	64.2	69.1	66.4	67.4	69.1	67.5	67.3
	70-値 (g/cm^3)	34.0	29.3	33.0	32.0	42.7	58.0	38.2	48.7	46.0	48.7	52.0	50.7	68.3	52.4
	安定値 (kg)	357	565	624	672	568	563	558	772	683	536	532	550	512	531
$D=25\text{mm}$ $n=0.38$	密度 (g/cm^3)	2.44	2.44	2.43	2.44	2.46	2.46	2.44	2.41	2.43	2.44	2.43	2.43	2.42	2.43
	飽和度 (%)	83.0	82.0	80.2	82.8	86.1	87.2	83.6	75.6	80.3	83.2	79.0	80.5	77.9	79.4
	70-値 (g/cm^3)	48.3	48.7	47.3	40.3	61.0	57.0	50.4	50.0	50.0	62.3	52.0	53.7	61.3	54.9
	安定値 (kg)	866	788	873	868	967	1150	919	706	845	889	837	860	953	848
細粒度 アスコン	密度 (g/cm^3)	2.43	2.42	2.42	2.40	2.41	2.42	2.42	2.40	2.40	2.40	2.38	2.40	2.40	2.40
	飽和度 (%)	80.0	77.1	77.2	74.4	76.5	78.5	77.3	73.5	74.3	74.6	70.5	73.5	74.0	73.4
	70-値 (g/cm^3)	39.0	40.7	39.0	42.7	42.3	42.7	41.1	40.0	36.0	34.0	27.7	45.7	50.3	37.0
	安定値 (kg)	828	858	817	790	927	1084	884	836	1081	937	909	1127	1195	1014
$D=20\text{mm}$ $n=0.40$	密度 (g/cm^3)	2.44	2.46	2.45	2.46	2.48	2.46	2.46	2.42	2.41	2.39	2.41	2.43	2.43	2.42
	飽和度 (%)	82.5	86.5	85.3	86.2	91.1	86.6	86.4	78.3	76.8	72.4	76.9	80.2	79.9	77.4
	70-値 (g/cm^3)	45.0	40.0	46.3	54.3	57.3	39.0	47.0	50.3	43.3	47.0	45.7	47.3	61.0	49.1
	安定値 (kg)	738	809	742	796	1006	954	841	697	758	642	739	951	986	796
トパカ	密度 (g/cm^3)	2.35	2.33	2.35	2.33	2.28	2.29	2.32	2.34	2.34	2.32	2.36	2.33	2.36	2.34
	飽和度 (%)	68.4	65.0	69.3	65.6	57.0	59.3	64.1	66.7	65.5	62.6	70.0	63.6	70.4	66.5
	70-値 (g/cm^3)	22.7	28.0	25.3	23.0	33.7	36.0	28.1	26.3	27.0	26.3	29.3	36.0	32.0	29.5
	安定値 (kg)	920	1036	1193	1204	1124	1183	1110	1098	987	896	1036	1065	1453	1089
$D=13\text{mm}$ $n=0.42$	密度 (g/cm^3)	2.43	2.37	2.44	2.43	2.44	2.41	2.42	2.40	2.42	2.43	2.44	2.42	2.43	2.42
	飽和度 (%)	81.4	69.9	83.0	82.1	82.6	76.6	79.3	75.4	78.4	81.3	83.0	78.2	82.1	79.7
	70-値 (g/cm^3)	44.0	25.3	37.0	43.7	56.7	43.0	41.6	35.0	40.3	35.3	39.7	36.0	33.3	36.6
	安定値 (kg)	905	973	1028	958	1070	1193	1021	643	770	798	810	909	1054	831

て、表から次のようなことがいへると思ふ。a) 密度と飽和度は当然のことながら標準配合より最大密度の配合の方がかなり大きい。またゴム粉末の添加はこれらの値を較小さくするようである。b) フロー値は最大密度の配合で大きく衝撃回数が増して若干小さくなる。c) 安定値は繰返し衝撃によつて増加しており、いわゆる「ひずみ硬化現象」が認められる。d) 粗粒度アスコンを多くと密度の増大による安定値の増加は認められず、またゴムを添加しても安定値はほとんど変らない。

4. 衝撃回数と変位の関係

前述の試験で一度回数だけ衝撃を与えた後フローメーターで変位を測定した結果が図2に示されてゐる。これからすべての舗装および配合に対しゴム粉末を添加するとひずみは減少することがわか

図-2 衝撃回数と変位の関係

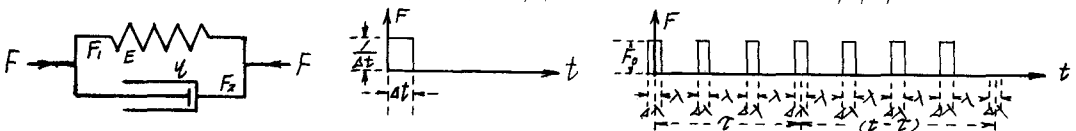


る。即ちアスファルト混合物にゴムを添加しても強度は増加しないのと、繰返し衝撃によるひずみが増加して減少することは往目と値する。次に衝撃回数とひずみの関係を数学的に解析するため、弾性体を粘性固体と看做すると示すフォークトモデルが適用できるものと仮定する。いま図4に示す単位衝撃を

図-3 Voigt Model

図-4 単位衝撃

図-5 衝撃荷重



このモデルに作用させると、その応答 $x(t)$ は次式で与えられる。

$$E x(t) + \eta \frac{dx(t)}{dt} = 0 \quad \therefore x(t) = \frac{1}{\eta} e^{-\frac{E}{\eta} t}$$

従つて図5のような一連の衝撃荷重とあり、 t 時間後と衡られた n 個の衝撃による $(t-T)$ 時間後のひずみ $x(t-T)$ は $x(t-T) = \frac{F_0 \cdot \Delta t}{\eta} \exp\{-\frac{E}{\eta}(t-T)\}$ となる。この式に $T = k(\lambda + \Delta\lambda)$, $t = n(\lambda + \Delta\lambda)$ とおいて k を 0 から $(n-1)$ まで加算すれば、 n 個の衝撃による t 時間後のひずみ E_n が求まる。

$$E_n = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{F_0 \Delta t}{\eta} e^{-\frac{E}{\eta}(n-k)(\lambda + \Delta\lambda)} = \frac{F_0 \Delta t}{\eta} e^{-\frac{E}{\eta}(\lambda + \Delta\lambda)} \{1 - e^{-n \frac{E}{\eta}(\lambda + \Delta\lambda)}\} / \{1 - e^{-\frac{E}{\eta}(\lambda + \Delta\lambda)}\}$$

さて図6上はランマールひずみゲージを貼付けて衝撃力をラビコダーで測ったものであり、図6下は直径10cmの鉄板を昇せたロードセルを路面に埋めて時速30kmで自動車走らせたときの記録である。少し問題はあるが衝撃力を $F_0 = 350 \text{ kg}$, $\lambda = 1.6 \text{ 秒}$, $\Delta\lambda = 0.1 \text{ 秒}$ とし、図2の測定値を式に入れてバネ定数 E とダッシュポット定数 η の値を求めると表4のようになる。これからゴムの挙動する

図-6 実際の荷重

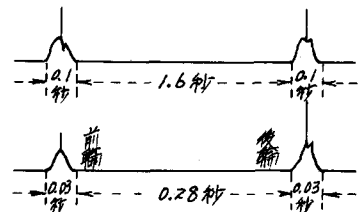


表4 バネ定数とダッシュポット定数

と E がかなり増大することからわかる。

材料	なし					添加				
種別	粗粒度アスコン	D=25mm n=0.38	密粒度アスコン	D=20mm n=0.40	トベカ	D=13mm n=0.42	粗粒度アスコン	密粒度アスコン	トベカ	D=13mm n=0.42
E(MPa)	181	754	619	418	1030	529	488	773	1089	828
$\eta(\frac{M \cdot sec}{cm})$	1279	1008	1137	924	1668	1392	1109	1170	1575	1071