

文献抄録

文献調査委員会

滑走路のグルーピング

Boeing Company Report / 片岡 真二
 繊維強化複合材料内部の弾塑性応力分布
 AIAA Journal / 松本 徳久
 骨材の表面積を関数としたコンクリートの
 透水性と高強度 RILEM / 国広 悦司
 アリゾナ気象制御研究プログラム
 Proc. of A.S.C.E., IR / 橋本 健

滑走路のグルーピング

“Runway Grooving”

Boeing Company Report, May (1970)

この報告書は、ボーイング社がグルーピング(溝切り)の効果を調べるために行なったものである。結果はグルーピング効果のきわめて大きいことを示している。

滑走路のグルーピング効果としては次のことが考えられる。①航空機のブレーキ性能と操縦の安全性を増す。②車輪のスピンアップ比率を増加させる。③ダイナミックドロプレニングの発生を遅らせる。④滑走路表面の排水の改善となる。

図-1 は滑走路が深さ約 1 cm の水でおおわれているときのコンベヤ 990 航空機のブレーキアクションの様子である。 μ_{wet}/μ_{dry} は、水びたしの滑走路と乾いた滑走路でのブ

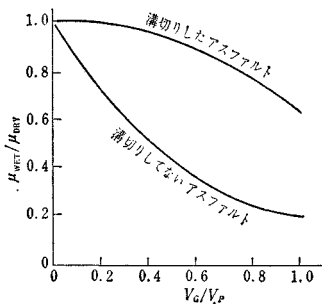


図-1

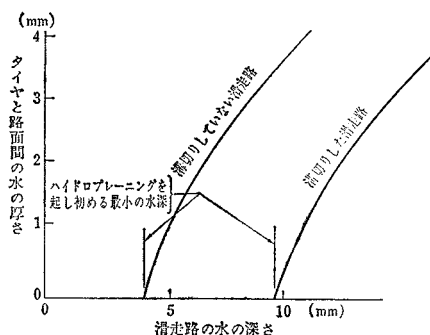


図-2

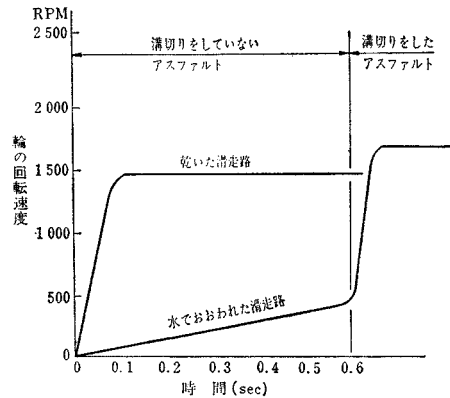


図-3

レーキングアクションの比率である。 V_g は走行速度、 V_p は理論上のドロプレニング速度を示す。

図-2 は航空機がドロプレニングを起こすのに、グループされた滑走路は、なめらかな滑走路の 2 倍の水深が必要である。

図-3 はグルーピング効果を調べるため車輪を横すべりさせ、ブレーキをゆるめながら、スピンアップの特性をはかったものである。乾いた滑走路では車輪はすぐスピンアップするが、水びたしのなめらかな滑走路では、滑走路のグループされた位置にくるまで車輪のスピンアップは非常におそい。グループされたところでは、車輪は乾いたコンクリートの上と同じくらいの速さの速度である。

湿潤滑走路での停止性能におけるグルーピングの効果についてみる。図-4 は新しい、横すべりをしないタイヤを装備した B-737 の stopping 能力による湿った滑走路に対するグルーピングの効果を示している。

90 000 lb (40.7 t) の停止距離は 300 ft (約 91 m) 改善できる。

図-5 はドロプレニングをさける効果と停止させるときのブレーキアクションをいっそうよくさせる効果を合わせたものである。停止距離は 3 000 ft (910 m) 以下では、エンジンを逆噴射することなく、2 000 ft

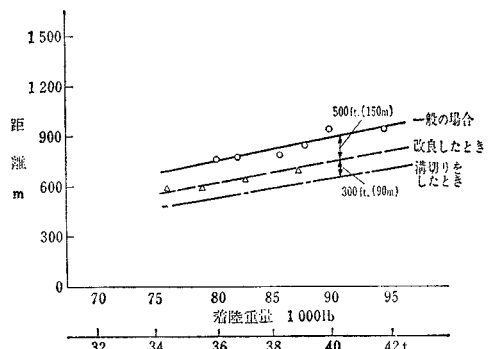


図-4

長 p で割ったもの), E_r, E_f はそれぞれ樹脂, 繊維の弾性定数である。式 (1), (2) からわかるように, 最大応力は $\theta=0$ において生じ, 外力の増加とともに $\theta=0$ で降伏応力 Y_r となり, さらに外力を増加させれば $\theta=\pm\theta$ までの領域で降伏応力 Y_r となる。この間の応力計算において, 少しめんどろな積分を実行せねばならぬが, 著者はある条件のもとに簡略化を行なって求めている。

さて, 以上の結果を図示すると, 図-3 を得る。この図によって外力の増加とともに塑性領域がどのように広がるかわかる。なお, 材料がいったん降伏応力 Y_r に達すると応力はそれ以上増加しないと仮定して計算を行っている。

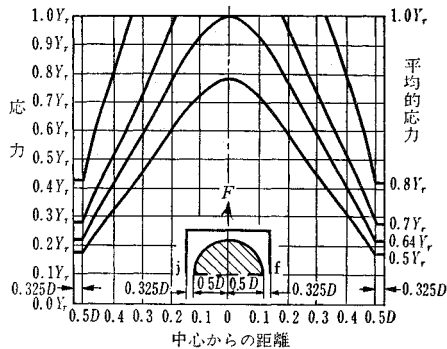


図-3 繊維部分が比較的小さい場合の代表的要素内の弾塑性応力分布 ($E_f/E_r=25, A_f/A=0.6$)

(2) $S < 0$ の場合 (繊維部分 68% 以上)

このときにも (1) の場合と同様な仮定から応力分布を求めるのであるが, (1) の場合と比べ幾何学形状がやや複雑であり, 応力分布を示す式も長くなる。図-3 に対応した図が得られるが, ここでは省略する。

さて, 以上二つの場合を総合して, みかけ上の応力-ひずみ図を描くと 図-4 となる。弾性限界を示す破線から, 塑性領域に入るときの平均的ひずみは繊維部分が増加するに従って小さくなっていることがわかる。第二の

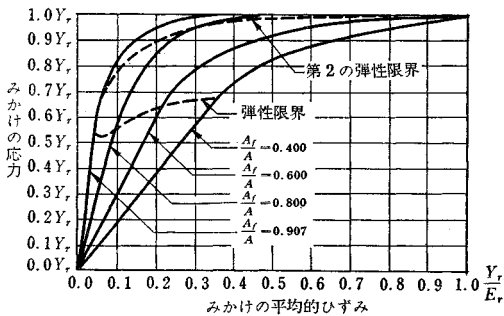


図-4 みかけ上の応力-ひずみ関係 ($E_f/E_r=25$)

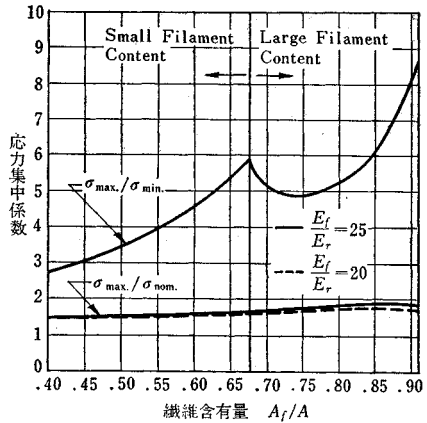


図-5 応力集中係数

弾性限界というのは繊維部分が 68% 以上のとき代表的要素内で塑性領域が端部にも発生しはじめる点を示している。

図-5 は応力集中係数を示す。応力集中係数とは要素内の最大応力値と平均的応力 ($\sigma_n = F/p$) との比であり, 図からこの値が繊維含有量とほぼ直線の関係にあることがわかる。

著者は次の 1 次式を提案している。

$$\sigma_{\max}/\sigma_n = 1.2 + 0.7(A_f/A) \dots\dots\dots (3)$$

式 (3) は他の解析方法による結果とほとんど同じ値を与える。

また, 図-4 における直線部分の勾配は複合材料の巨視的な弾性定数を示しており, これをくわしく計算すると 図-6 を得る。

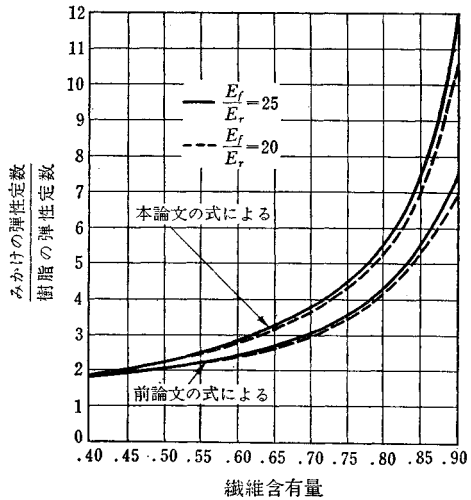


図-6 繊維複合材料の弾性定数

(委員 松本 徳久・訳)

骨材の表面積を関数としたコンクリートの透水性と高強度

“High Strength and Water Impermeability of Concrete as a Function of Surface Area of Aggregate”

RILEM, Vol. 3, No. 14,
pp. 91~98, March-April (1970)

この文献は、コンクリートの強度と骨材の粒度との関係を解析した新しい試みについて書かれたものである。

新しい試みとは、骨材の表面積を関数としたところにある。1 lb の骨材の各粒子のトータル表面積を“表面積係数”と定義したもので、No. 100 (0.149 mm) ふるい以上のふるいに留まる骨材の表面積を係数として表わしたものである。この係数を従来の粗粒率の代りに用いたものである。

(1) 骨材の表面積係数の算出

1) 細骨材の場合

$$“\kappa” (恒数) = \frac{453.6 (1 \text{ lb を } g \text{ に換算})}{144 (1 \text{ ft}^2 \text{ を } 1 \text{ in}^2 \text{ に換算}) \times 100\%}$$

$$= 0.0315 \dots\dots\dots (1)$$

$$A_s (\text{砂 } 1 \text{ g の全表面積}) = \frac{10 \times 6}{6.45 \times D \times Z}$$

$$= \frac{9.302256}{D \times Z} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 D : 骨材 1 粒子の径 (mm)
 Z : 比重 (表面乾燥飽和状態)
 A_s (砂 1 lb の全表面積) = $\Sigma A_s (1 \text{ g}) \times \kappa \dots\dots (3)$

ただし、 Σ : 全粒子の表面積の和 (in²)

表一、2 に計算例を示す。

2) 粗骨材の場合 (5 mm 以上 : 4760 μ 以上)

a) 碎石の場合:

$$A_g (1 \text{ lb}) = \frac{72}{62.4 \times D \times Z} = \frac{1.1538461}{D \times Z} \dots\dots (4)$$

ただし、 A_g : 砂利 1 lb の表面積 (ft²)

D : 1 粒子の平均径 (in)

Z : 比重 (表面乾燥飽和状態)

b) 川砂利の場合:

$$A_g (1 \text{ lb}) = \frac{1.1538461}{D \times Z} \times 0.85 = \frac{0.980769}{D \times Z} \dots\dots\dots (5)$$

表一、3 に計算例を示す。

表一 砂 の 場 合 の 計 算 例

ふるいの 名 称	ふるい の 大 小 (mm)	平均径 D (mm)	1 粒子の体積 $V_i = 0.5235 D^3$ (mm ³)	1 cc 中の粒 子 数 (1 000 mm ³ : V_i)	1 粒子の表 面 積 $P = 3.142$ $D^2/100$	全 粒 子 の 合 計 表 面 積 (cm ² /cm ³)	1 in ² = 6.45 cm ²	表 面 積 (in ² /cm ²)	比 重	表 面 積 (in ² /g)	残 分 (%)	各 粒 群 の 全 表 面 積 (in ²)
3/8	4.760	7.142	190.74764	5.243	1.6026765	8.40283	6.45	1.30248	2.65	0.49150	1.4	0.68810
8	2.380	3.570	23.82343	41.975	0.4004447	16.80866	6.45	2.60569	2.65	0.98328	9.4	9.24283
16	1.190	1.785	2.97793	335.819	0.10011118	33.61924	6.45	5.21139	2.65	1.96656	16.8	33.03821
30	0.590	0.890	0.36912	2709.146	0.02488778	67.42463	6.45	10.45205	2.65	3.94417	24.4	96.23775
50	0.297	0.4435	0.045674	21849.294	0.006180061	135.30805	6.45	20.97480	2.65	7.91502	31.0	245.35562
100	0.149	0.223	0.005806	172235.618	0.001562448	269.11471	6.45	41.71446	2.65	15.74131	13.8	217.23008
											96.8	601.80259
											96.8	18.97 ft ² /lb
											砂 1 lb の表面積.....601.80259	
200	0.074	0.111	0.00071609	1396472.500	0.000387125	540.60922	6.45	83.80473	2.65	31.62443	2.2	96.57374
400	0.037	0.0555	0.0000895114	11171761.300	0.000096781	1081.21978	6.45	167.60947	2.65	63.24886	1.0	63.24886

表二 軽 砂 の 場 合 の 計 算 例

ふるいの 名 称	平均径 (mm)	全 粒 子 の 表 面 積 (in ² /cm ²)	比 重 ($MF=2.78$)	表 面 積 (in ² /g)	残 分 (%)	名 粒 群 の 合 計 表 面 積 (in ²)	係 “ κ ” 数
3/8, 4	7.142	1.30248	1.18	1.10379			$\kappa = \frac{453.6}{144 \times 100} = \frac{g \rightarrow lb}{in^2 \rightarrow ft^2 \times 100} = 0.0315$
8	3.570	2.60569	1.22	2.13581	15.1	32.25	
16	1.785	5.21139	1.35	3.86028	22.0	84.92	
30	0.890	10.45205	1.59	6.57361	23.3	153.16	
50	0.4435	20.97480	1.61	13.02783	16.0	208.44	
100	0.223	41.71446	1.90	21.95498	12.1	265.65	
200	0.111	83.80473	2.30	36.43684	(7.1) 5.1	185.83	
pan	0.0555	167.60947	2.51	66.77668	(4.4) 2.4	160.26	
					(100) 96	1090.51	

1 lb の表面積 = 100% - 4% = 96.0% = 1090.51 = 0.0315 = 34.38 ft²/lb

表-3 砕石の場合の計算例

ふるいの 名称	ふるいの大きさ (範囲) (in)	平均径 (in)	1lbの体積 $\frac{12^3}{62.4} = Ln^3$ 比重 (2.65)	1粒子の体積 $V=D^3$ (in ³)	1lb中の 粒子の全数	1粒子の 表面積 (in ²)	1lb中の全 粒子の表面積 (in ²)	ft ² = 144 in ²	ft ² /lb
1	3"~1.5"	2.25	10.4499	11.39062	0.917412	30.37500	27.8664	144	0.19352
2	1.5"~3/4"	1.125	10.4499	1.42383	7.339289	7.59375	55.7327	144	0.38703
3	3/4"~3/8"	0.5625	10.4499	0.177978	55.714560	1.898436	111.4658	144	0.77407
4	3/8"~3/16"	0.28125	10.4499	0.022247	469.721760	0.474606	222.9365	144	1.548161
5	3/16"~#8	0.14060	10.4499	0.002779	3759.768295	0.1186104	445.9461	144	3.09684

(実験結果は省略する)

(2) 透水性に及ぼす表面積係数の効果

図-1 は、PCA 会報 No. 53, Chicago 1955 に発表されたもので、十分養生したセメントペーストと浸透係数との関係を示したものである。

これを見ると、W/C 40% では、99% の不透水性である。もし、骨材が入っていたとして、これが完全にセメントペーストによりコーティングされていたならば、骨材の吸水は関係されない。また、40% の W/C は、表面積係数の小さい骨材を使用することにより作り出すことができる。

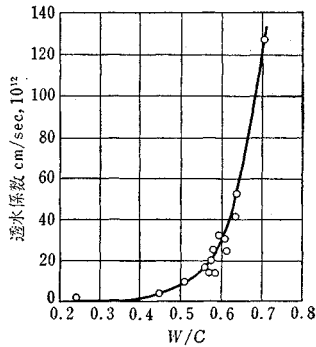


図-1

以上をまとめると、

1) 同一ワーカビリティーで、骨材とセメントの重量割合が同じコンクリートでは、骨材の表面積係数の小さい方が、約 25% コンクリートの強度をアップされることが可能である (385 kg/cm² と 516 kg/cm²)。

2) 同一ワーカビリティーで、骨材とセメントの割合が同じコンクリートでは、骨材の表面積係数の小さい方が、吸水量から計算して、22.5% 密なコンクリートとなる。

3) もし、コンクリートの強度設計において、標準粒度を基準としたならば、セメント量の節約は、表面積係数の小さい骨材を使用することにより可能となる。

4) 骨材とセメントの割合が同じコンクリートで、表面積係数の小さい骨材を用いることにより、より小さい W/C となり、強度はよりアップし、密となり、不透水性も増大することが可能である。

5) コンクリートの設計または製作にあたり、粗粒率 (粉末度係数) よりも正確な表面積係数の条件を設けると、

① フレッシュコンクリート 1 yd³ 中の骨材の全表面

積

- ② 1 lb のセメントによってコーティングされる骨材の表面積
- ③ 1 lb の水により包まれる骨材の表面積
- ④ コンクリートの単位容積の中で 1 lb の水が関係する骨材の表面積

(国広 悦司・訳)

アリゾナ気象制御研究プログラム

"Arizona Weather Modification Research Program"

MacCreedy, Jr., P.B.

Proc. of A.S.C.E., IR Vol. 96, No. 2,

pp. 103~110 June (1970)

本計画は Project Skywater の一環を成すもので、1965 年から開発局の協力を得て MRI の手によって実行されたものである。

ここで目的とすることは次の2つである。

1) たねまき (氷晶の核となるべき物質の散布) による雲頂の上昇、降水量の増加、継続時間の増加の定量的実験。

2) 人工降水における雲の内部プロセスの解明。

San Francisco の孤立丘陵を控える Flagstaff がその試験地として選ばれた。ひと夏を通じて 21 の単独な積雲が観測され、10 個に対してはたねまきを行なった。

たねまきに対して応答する場合は雲頂の温度が -25 °C から -8°C の範囲にあるときに限られる。本実験の特色として、このような雲の選択に、大気などの気象条件を入力とする数値モデルの応用がある。モデルのリアル・タイム利用により適当な積雲の発生が予知されると、飛行機から 沃化銀-アセトン混合物の蒸気を雲底に散布する。

その後のプロセスは、地上のレーダーを積雲内の往復飛行によって追跡する。

(1) たねまきの有効性

図-1 はたねまきによる雲頂の上昇と降水量の増加を

示したものである。たねまきを実施した 10 の積雲については、雲高にして 1800 m, 総降雨量 2 mm, 継続時間 10 分間の増加がみられた。 t 検定による信頼度は、おのおの 96%, 92%, 81% である。

たねまきの大気への影響は 9 日間程度持続するので、これを考慮して 18 のケース (うち 9 ケースはたねま

き) について上と同様の検討を行なった。結果はそれぞれ 2600 m, 3.58 mm, 15 分, また t 検定は 99%, 98%, 98% であった。

(2) 雲の内部プロセス

たねまきを開始されると積雲の内部では過冷却の水滴が氷晶へと変化する。その様相を図-2 に示す。これは一定高度の飛行調査によって得られたものである。

また、その空間的分布の時間変化は図-3 のようであった。

本実験では次の 3 点がカバーされた。

- 1) 無作為に抽出された雲にたねまきを行なう方法による有効性の検討
 - 2) 雲の内部の微視的解析
 - 3) 他の関連研究との連結 (Coop II と呼ばれる一連の実験, 研究)
- 2) の問題はさらに追求する余地があると考えられる。

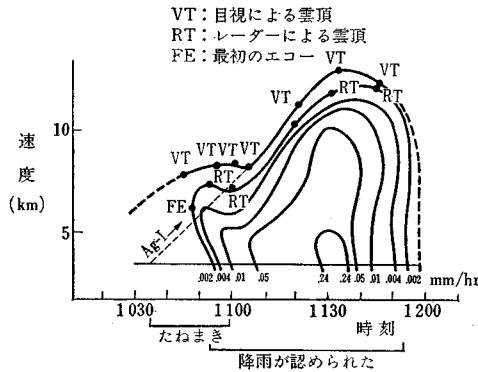


図-1 たねまきによる雲の変化と降雨の増大

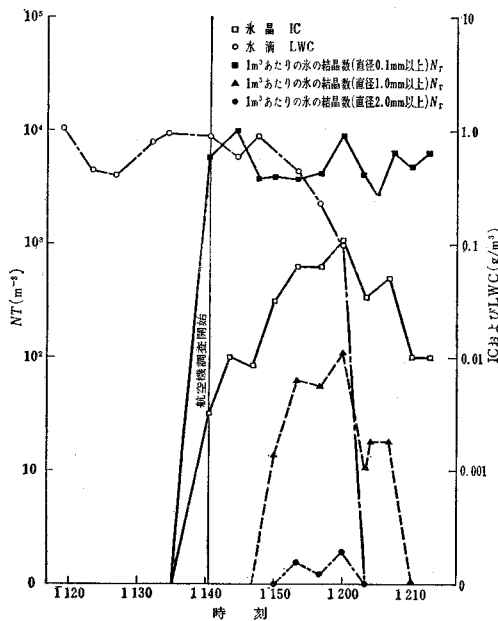


図-2 たねまきをした雲の中の水滴と氷晶

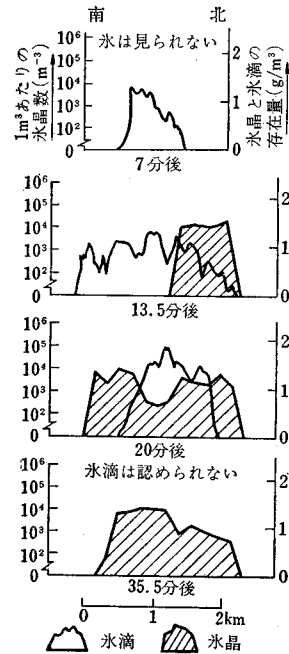


図-3 たねまきによる氷晶の発達

(委員 橋本 健・訳)

土木図書館蔵書目録	1967	● 700 円	会員特価	600 円 (〒 100)
土木図書館蔵書目録	第1集			
土木図書館蔵書目録	1968	● 200 円	会員特価	150 円 (〒 50)
土木図書館蔵書目録	第2集			
土木図書館蔵書目録	1969	● 220 円	会員特価	200 円 (〒 50)
土木図書館蔵書目録	第3集			
土木図書館蔵書目録	1970	● 220 円	会員特価	200 円 (〒 50)
土木図書館蔵書目録	第4集			
土木図書館蔵書目録	1970	● 220 円	会員特価	200 円 (〒 50)
土木図書館蔵書目録	第5集			