

V-27 舗装用ローラー転圧コンクリート (RCC) の疲労特性について

北海道大学工学部 学生員 島 崎 勝
同上 正 員 菅 原 照 雄
同上 同 上 姫 野 賢 治

1. はじめに

ローラー転圧コンクリート舗装 (以下RCCP) は、従来のコンクリート舗装とは異なり、水量の小さい硬練りコンクリートをアスファルト舗装用フィニッシャーで敷均し、ローラによって転圧して得られる舗装であり、いくつかの問題点を抱えているものの、早期交通開放ができ、経済的ともいわれ道路技術にとって非常に魅力的な工法であるといえる。

古くは、米国のワシントン州のヤキマ空港の滑走路に適用したのが最初といわれ、わが国でも1952年に札幌一千歳間に用いたのが最初である。その後、約30年間あまり用いられていなかったが、1973年のオイルショック以降再び注目をあび、現在ではスペイン、アメリカ、フランスをはじめ各国でその施工、研究がなされている。

本研究では、このローラー転圧コンクリート (以下RCC) についてセメントの種類、配合、養生日数含水比をかえ、力学的性状として、疲労試験および静的強度試験によってその疲労特性を検討する。

2. 供試体

2-1 使用材料

1)セメントの種類

普通ポルトランド、中庸熟、フライアッシュの3種類とした。

2)骨材

本研究で使用した骨材の性状をセメントおよび混和剤とともにTable. 1に示す。また、ふるい分け試験結果、骨材の粒度曲線はTable. 2, Fig. 1に示す。

2-2 配合

砂の5mm通過量35%および42%の2種類とし、それぞれC配合、D配合とする。なお、配合表、粒度曲線は、Table. 3、Fig. 2に示す。 Table. 3 配合表 (kg/m³)

配合区分	セメントの種類	水	セメント	骨材	骨材				混和剤	
					20mm	13mm	減水剤	A E 剤		
C	普通ポルトランド	105	300	1092	556	572	1.80	0.24		
	フライアッシュ	105	318	1075	547	562	1.91	0.25		
	中庸熟	105	300	1094	557	573	1.80	0.24		
D	普通ポルトランド	105	300	956	646	626	1.80	0.24		
	フライアッシュ	105	318	942	636	616	1.91	0.25		
	中庸熟	105	318	959	647	627	1.80	0.24		

材 名	産地又は製造者	比重	吸水率	備 考
粗骨材	70-13	2.86	0.66	砂 石
細骨材	13-5	2.81	0.88	
粗骨材	70-13	2.70	1.81	川 砂
セメント	70-13	3.16	—	—
セメント	70-13	3.11	—	
減水剤	日本ゼオン (株)	—	—	M-10
A E 剤	—	—	—	A M-20

Table. 1 使用材料および主な品質

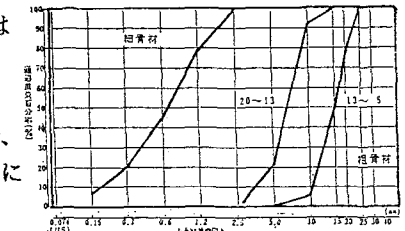


Fig. 1 骨材の粒度曲線

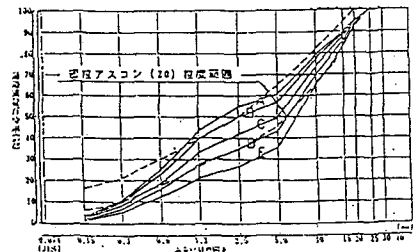


Fig. 2 骨材合成粒度曲線

Fatigue characteristics of Roller Compacted Concrete (RCC) for pavement
by Masaru Shimazaki, Teruo Sugawara and Kenji Himeno

2-3 含水比

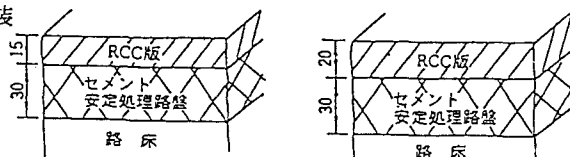
単位水量105kg/m³、ただし、28日養生のもののみ126kg/m³も作製する。なお、単位水量105kg/m³は、C配合の最適含水比である。

2-4 作製方法と養生

混合は、パン型ミキサーを使用し締固めは振動タンパーを用いて2層に分けて行った。モールドはφ10H 20を用い、脱型後、水中養生(約20℃)を行った。なおダイヤモンドカッターでφ10×8cmの寸法に切断した。

なお、本研究で用いたRCCは、Fig. 3に示すように大成道路株式会社により苫小牧に試験舗装されたものである。

Fig. 3



3. 静的強度試験

3-1 試験方法

Fig. 4に示すように、供試体の上下にステンレス製の載荷板を置き、その載荷板を加圧することによって供試体の鉛直面に一樣な引張応力を生じさせた。

なお、試験機はインストロン1185型万能試験機を用いた。

3-2 理論解析

本研究では、引張応力の算出に、Hondrosの弾性解による解法を用いた。その計算式に、本研究の条件を入れて数値分析した結果は次のようになる。

$$\sigma_t = 0.0618 \cdot P / t$$

P: 荷重 (kg)

t: 供試体の厚さ (cm)

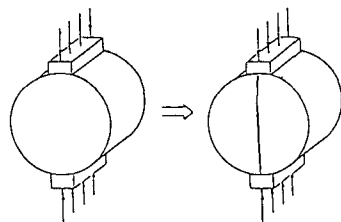


Fig. 4 圧裂試験法の概念図

3-3 試験結果

1) 養生日数と引張強度の関係

Fig. 5は、養生日数と引張強度の関係を示したものである。(1)がC配合、(2)がD配合である。

養生日数が長くなるほど、強度が高くなることを示しているが、セメントの種類による差のないことがわかる。次に、C配合とD配合を比較する

と、C配合の方の強度が高い。但し、本研究では含水比をC配合の最適含水比としているため、単純に配合の差であるとはいえない。

2) 養生日数と圧縮強度の関係

Fig. 6は、養生日数と圧縮強度の関係を示したものである。圧縮強度に関しても、

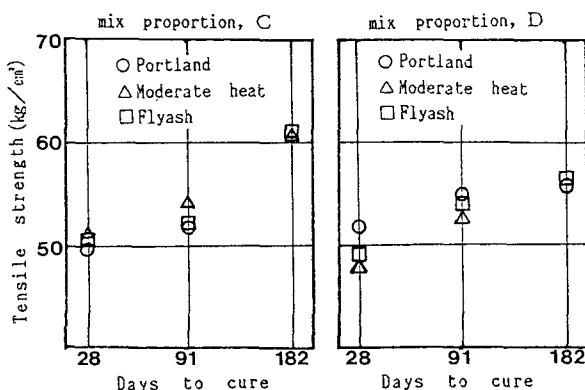


Fig. 5 relationship between Days to cure and Tensile strength

引張強度と同様の結果がみられる。これらの結果から、RCCは通常舗装用コンクリートと比較して、同等、もしくは、それ以上の強度をもつことが確認された。しかしながら同時に、含水比の選定および供試体の作製が大変難しい材料であることがわかる。

4. 疲労試験

4-1 試験方法

この試験は、インストロン1350型油圧サーボ式疲労試験機を用い、荷重制御、ハーバーサイン波10回/秒の繰り返し载荷で行った。上記の静的強度試験の結果をもとに応力レベルを変化させ、疲労破壊回数をもとめた。同時に、変形係数がどのように変化していくかを追跡するために、供試体の変形も実測した。

4-2 理論解析

载荷引張応力と疲労破壊回数との関係は、両対数紙上で直線になるとされている。この直線を疲労曲線とよび、次式により解析した。

$$\log \sigma t = A \log N_f + B \quad (A, B \text{ は定数})$$

σt : 载荷応力 (kg/cm^2)

N_f : 破壊回数 (回)

4-3 試験結果

1) 疲労曲線

a) 単位水量 $126 \text{ kg}/\text{m}^3$

この供試体はデータのバラツキが、非常に大きい。これは、含水量が大きいために、均一な供試体ができていないことを示している。そのため、セメントの種類や配合による差をみるができなかった。また、一本の疲労曲線として解析するのが困難であった。

これらの結果より、全てのデータをまとめて密度別に、疲労曲線の解析を試みた。すなわち、ある密度グループを選定し、そのグループごとに解析するものである。この方法により、ある程度データの整理ができた。その結果が、Fig. 7である。

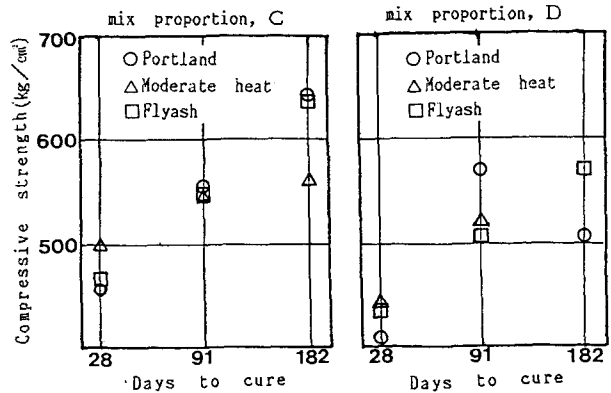


Fig. 6 relationship between Days to cure and Compressive strength

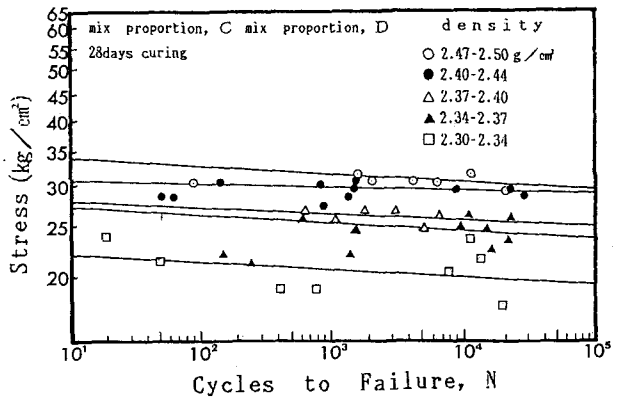


Fig. 7 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

密度の範囲は、 $2.30\text{--}2.50\text{g/cm}^3$ （理論密度に対し、87% -95%）であり、バラツキは非常に大きい。これらを5つのグループに分け、疲労曲線を描いた。

グラフは、密度が高くなるにつれて、その疲労抵抗性が增大することを示している。

疲労抵抗性は、密度による影響の大きいことがわかる。

b) 単位水量 105kg/m^3

この供試体は、上記の供試体と比較すると、強度も高く、データおよび密度のバラツキが小さい。

まず、セメントの種類および配合による差を比較するために、そのデータを配合別にグラフに表したのが、Fig. 8、Fig. 9である。

C配合の方が、強度も高く、バラツキが小さい。しかし、どちらの配合ともセメントの種類による差はみられない。これらの図は、養生日数28日のものであるが、91日、182日についても同様の結果が得られた。

この結果より、セメントの種類による差を無視しC配合、D配合とも密度別に疲労曲線を描いた。

Fig. 10、Fig. 11は、養生日数28日の疲労曲線である。

どちらも、密度の高いグループの疲労曲線ほど上側に位置しており、その疲労抵抗性が大きいことを示している。

密度の範囲は、C配合が $2.57\text{--}2.64\text{g/cm}^3$ D配合が $2.54\text{--}2.60\text{g/cm}^3$ となっており、C配合のほうが大きい。強度は、密度の高いC配合のほうが高く、バラツキも小さい。これは前述したように、含水比をC配合の最適含水比として計算していることが要因の1つと考えられる。そのため、真の配合差をみるためには、D配合も最適の含水量とし、比較する必要がある。

この結果は、他の養生日数の供試体についても、同様である。ただ、養生日数が長くなると、強度のバラツキが小さくなる傾

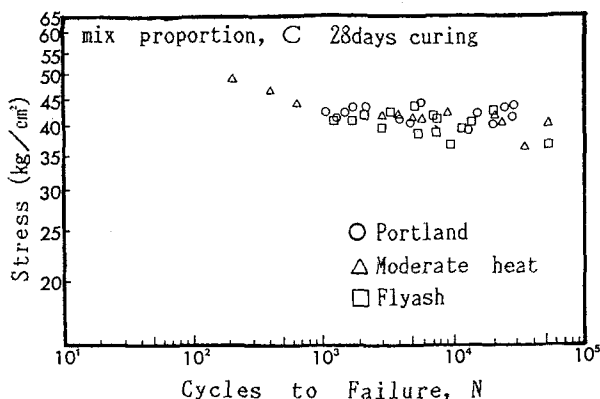


Fig. 8 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

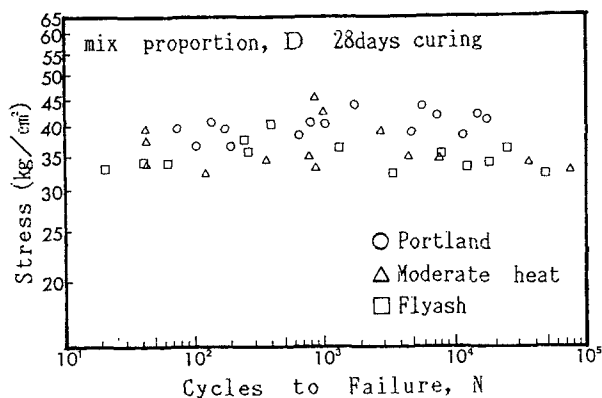


Fig. 9 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

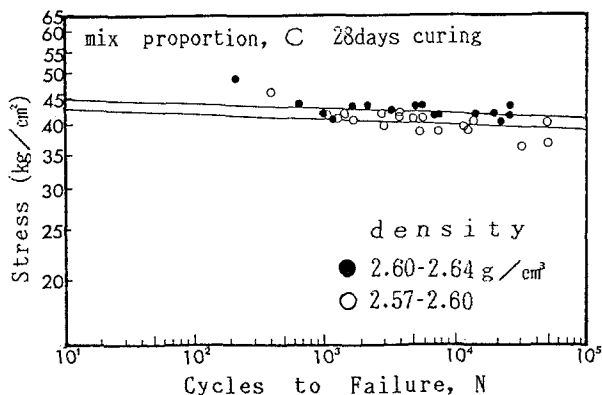


Fig. 10 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

向にある。

以上の結果より、この材料の疲労抵抗性は、密度による影響が大きく、理論密度の96%程度に保つことが望ましいといえる。また、このように品質管理ができれば、従来のコンクリートと同様もしくは、それ以上の強度、疲労抵抗性が期待できる材料であるといえる。

2) 養生日数による影響

Fig. 12, Fig. 13は、同一の密度グループにおいて、養生日数28日、91日、182日の疲労曲線を比較したものである。

どちらも、養生日数が長くなると疲労抵抗性の増大していることがわかる。

図-12のC配合の方は、密度の最も高いグループの疲労曲線であり、強度はかなり高い。また、28日と182日の強度差が、あまり大きくない。このことは、密度の高い高品質な材料であれば、28日で十分な強度が得られることを示している。これは、早期の交通開放が可能であることを利点とするRCCPにとって重要なことである。

5. まとめ

本研究において、RCCの疲労特性についてまとめると以下ようになる。

a) RCCは、従来の舗装用コンクリートと同様もしくは、それ以上の強度をもつ。

b) RCCの引張強度、圧縮強度は、配合養生日数に影響される。

c) RCCは、含水比（単位水量）によってその疲労抵抗性に大きな影響をうける材料である。

d) 本研究において、3種類（ポルトランド、中層熟、フライアッシュ）のセメントによる疲労抵抗性に関する差はみられない。むしろ、密度による影響が最も大きく、密度により分類することができる。

e) C配合の最適含水比をとり実験を行った本研究においては、C配合のほうで密度

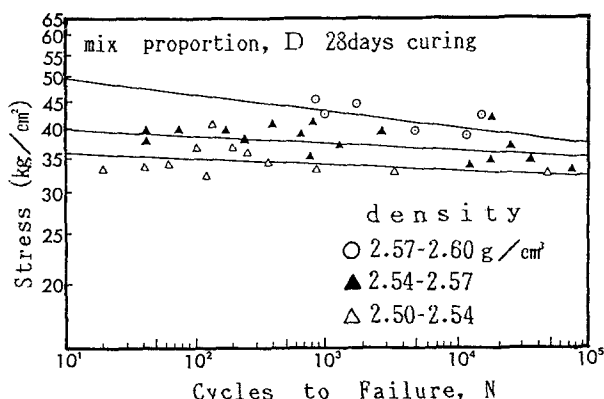


Fig. 11 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

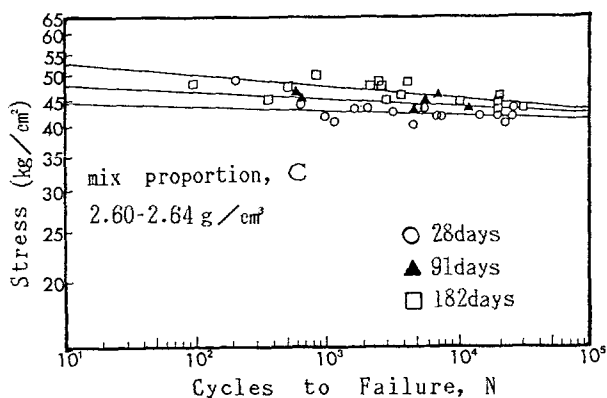


Fig. 12 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

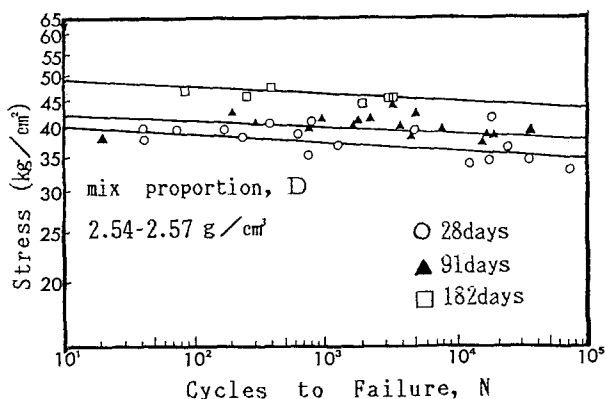


Fig. 13 relationship between Cycles to Failure, N and Stress

のバラツキが小さく密度、強度も高い傾向にあった。しかし、真の配合による差を比較するには、各配合の最適含水比を算出する必要がある。

f) 同配合で同じ密度グループの各養生日数の疲労曲線を比較すると、日数が長くなるにつれて強度は増大し、疲労抵抗性も大きくなる。

e) 品質管理として、含水比の検討を十分に行い、適したミキサ、締固め機械によって十分に混合、締固めを行って、密度を高いレベル（理論密度の96%程度）に保持し、バラツキのない均質な材料を作製する必要がある。その結果として、十分に耐久しうる疲労抵抗性を得ることが可能である。

あとがき

本研究を行い、強く感じたことは、RCCの水量の選定および作製方法がいかに大変であるか、ということである。しかしながら、それを克服できる技術が確立されれば、その利点をいかし広く利用されうる興味深い材料である。そして現在、諸外国および我国の各地で広く研究がなされている。

なお、本研究の疲労試験における解析は、実験室内のパーソナルコンピュータにデータを取り込んだ後、大型計算機センターのSASを用いて行った。

本研究を遂行するにあたり、その供試体を作製して頂いた、大成道路株式会社北海道技術試験場の方々に、厚く感謝の意を表する。