

V - 1 土木材料としてポリウレタン樹脂の適用について

東京理工専門学校 正 淨法寺朝美
防衛庁第4研究所 正 ○原田喜三郎
東京理工専門学校 正 黒羽 義次

1. まえがき

筆者らは、ポリウレタン樹脂が硬化性、密着性、弾性などの点ですぐれていることに着目し、ポリウレタン樹脂を土木材料として適用することについて、基礎的に検討中である。この報告は、ポリウレタン樹脂を土木材料として適用するために、(1) ポリウレタン樹脂の硬化性状、(2) ポリウレタン樹脂コンクリートと鉄筋との付着性状、(3) ポリウレタン樹脂で表面処理した普通コンクリートの曲げ強度、(4) ポリウレタン樹脂コンクリートを製造するときの問題点とその解決策 などについて、基礎的に実験検討した結果をまとめたものである。

2. 使用した材料

この実験に用いた材料の主要なものはつぎのとおりである。

(1) ポリウレタン樹脂(国産)

比重 1.01 ~ 1.23, 粘度 100 ~ 380 cps (20℃), 二液混合型(混合比 1:1), 可使時間 約3~5分, 硬化時間 3日

(2) 骨材

川砂利(最大寸法 25mm, 比重 2.65), 川砂(比重 2.56)を炉乾燥後、常温まで空気中で冷却したもの

3 使用したポリウレタン樹脂の硬化性状について

この実験で用いたポリウレタン樹脂の硬化性状を知るために、主材と硬化材とを混合してから発熱温度を自動温度記録計(測定範囲 -50 ~ 170℃)によって測定し、温度-時間曲線を、同時に2液混合後の粘度を回転粘度計を用いて測定し、粘度-時間曲線を求めた。その結果を図-1に示した。この図から、この実験で用いたポリウレタン樹脂について、つぎのようなことがわかれると思う。

(1) 発熱温度の最高値は約110℃程度と、比較的低いものであり、樹脂コンクリート用材料として用いる場合、打込み厚さを大きくすることが出来ること。

(2) 可使時間は3分間と短いものであり、適当な施工器具、施工法によってこの樹脂を用いるならば、コンクリート構造物の緊急補修工事用材料として用いることが可能であること。

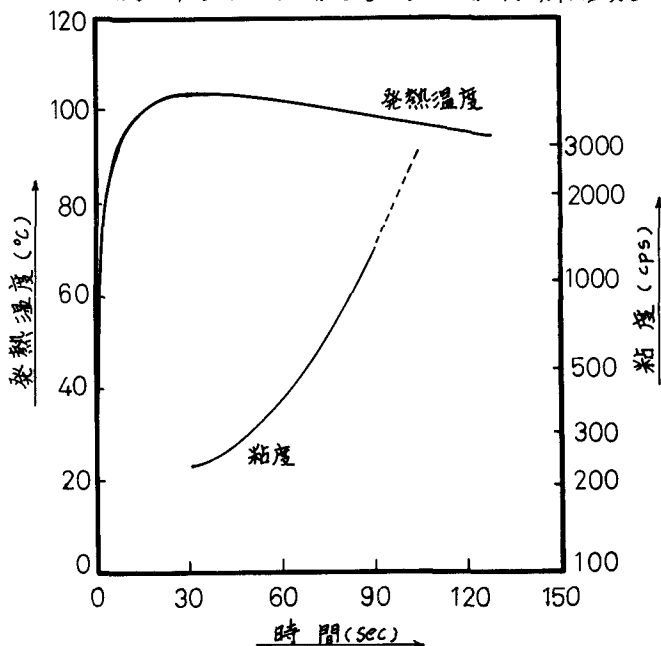


図-1 発熱温度(粘度)-時間曲線

4. ポリウレタン樹脂コンクリートと鉄筋との付着性状について

ポリウレタン樹脂コンクリートと土木材料として用いる場合、樹脂コンクリートと鉄筋で補強することが考えられる。図-2は、異形

丸鋼(横筋 鉄筋径 13mm)を断面15^{cm}×15^{cm}長さ20^{cm}のコンクリート中に埋め込んで引抜き試験した結果と鉄筋応力度と鉄筋の滑動量とによって示したものである。樹脂コンクリートの材令は7日であり、普通コンクリートの材令は28日である。図において○印は鉄筋を型枠に設置し、

あらかじめ骨材をそのまわりに十分突き固めた後に樹脂を骨材の空隙に圧入含浸する打設法(圧縮強度 $\sigma_c = 250 \text{ kg/cm}^2$)によるものであり、△印は樹脂と骨材とを混合したものを鉄筋のまわりに突

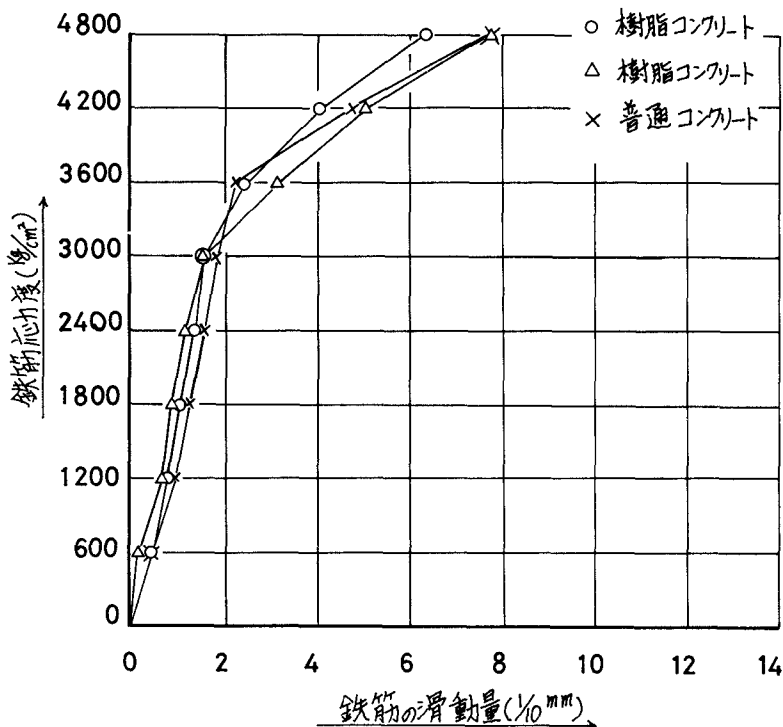


図-2 鉄筋応力度と鉄筋の滑動量との関係

き固めながら打設する方法(圧縮強度 $\sigma_c = 241 \text{ kg/cm}^2$)によるものである。また、×印は普通コンクリート(圧縮強度 $\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$)の場合を示している。図-2から材令7日におけるポリウレタン樹脂コンクリートの付着性状は材令28日における普通コンクリートの場合と同程度のものであることがわかる。また、普通コンクリートの場合、鉄筋の滑動量が増加すると横ひびわれ、縦ひびわれが生じ、コンクリートが破壊することがあるが、樹脂コンクリートの場合、コンクリート表面にひびわれが現れる前に鉄筋が破断した。

5. ポリウレタン樹脂で表面処理した普通コンクリートの曲げ強度について

ポリウレタン樹脂は密着性、弾性、強度特性などの点ですぐれた性質をもつものであり、これらの性質をいかして、薄層舗装、すべり止の舗装、普通コンクリートの防食被覆、普通コンクリートの補強など面で利用の道があると思われる。図-3は、普通コンクリート曲げ供試体の引張縁にポリウレタン樹脂を積層したときの曲げ強度と樹脂積層率[(樹脂積層厚(mm)/150mm)×100%]との関係を示したものである。供試体は断面15^{cm}×14.7^{cm}、15^{cm}×14.5^{cm}、15^{cm}×14.2^{cm}、長さ53^{cm}の普通コンクリートを打設後、3週間水中養生したものを3日間空中で乾燥し、ワイヤブラシで樹脂積層面を処理した後、四塩化炭素で汚れをとりポリウレタン樹脂を塗り、3^{mm}、5^{mm}、8^{mm}だけ積層し出上り高さを15^{cm}としたものである。強度試験は普通コンクリート打設後4週目に実施した。

図-3において、普通コンクリートの28日圧縮強度(割裂引張強度)が181^{kg/cm²}(160^{kg/cm²})、280^{kg/cm²}(238^{kg/cm²})、320^{kg/cm²}(250^{kg/cm²})の順に○印、△印、×印の記号で示した。

この図から、樹脂積層率6%以内の場合、曲げ強度が約2倍程度まで増加することがわかる。また、樹脂の

積層によって乾燥によるコンクリートの強度低下の軽減や防食などの面にも効果があるものと思う。

写真-1、写真-2 は曲げ試験の状況である。

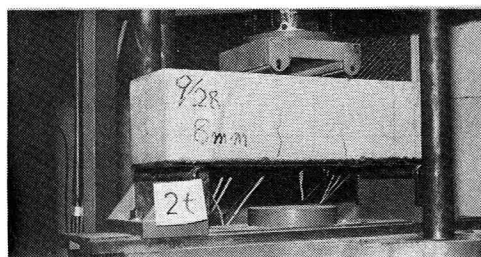


写真-1

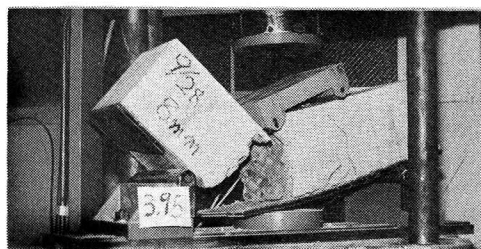


写真-2

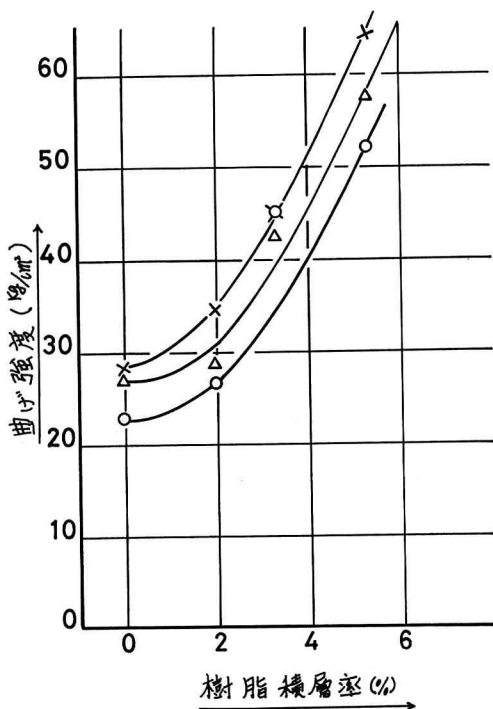


図-3 曲げ強度と樹脂積層率との関係

6. ポリウレタン樹脂コンクリートと製造するときの問題点とその解決策について

使用する骨材の管理の状態とポリウレタン樹脂コンクリートの物性との間には密接な関係があり、特に骨材に含まれる水分、骨材に付着している微細な粒子などはポリウレタン樹脂コンクリートの硬化過程においてガスを発生させ、ポリウレタン樹脂コンクリートが膨張する原因となる。この膨張のために打設したポリウレタン樹脂コンクリートの表面形状が不規則となり、またポリウレタン樹脂コンクリート中に含まれる多数の大きな気泡は強度低下、水密性の低下などの原因となる。

写真-3～写真-5はダイヤモンドカッターで切断した中 10×20 mm試体断面を撮影したものである。

写真-3は樹脂：骨材（粒径 $10 \sim 25$ mm）＝1：4（重量比）

の配合のものであり、樹脂コンクリートの圧縮強度／樹脂のみを硬化させたものの圧縮強度（以下 圧縮強度比）＝0.54であった。

写真-4は樹脂：ガラス玉（粒径 16 mm、 12.3 mm）の2種類を重量比で1：1に調整したものの＝1：4（重量比）の配合のものであり、圧縮強度比＝0.69であった。

写真-5は樹脂：砕ガラス（ガラスびんを砕いて粒径を $10 \sim 25$ mmに調整したものの）＝1：4（重量比）の配合のものであり、圧縮強度比＝0.99であった。

このようなポリウレタン樹脂コンクリートの有害な膨張を解決する方法として考えられるのは、

(1) 樹脂の硬化時間を短縮する方法。

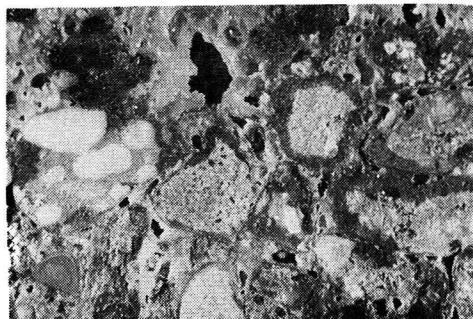


写真-3

(2) 骨材の洗浄・乾燥と強化する方法

(3) 樹脂と相溶性のある油性材料で骨材を前処理する方法

(4) ガス吸着剤を混入する方法 などがある。

樹脂の硬化時間を短縮する方法は ガスの発生により生じた気泡が有害な大きさになる前に樹脂を硬化させ、気泡の大きさを無害な状態で樹脂コンクリートを硬化させようとするものである。図-4は圧縮強度比

と樹脂の可使時間との関係を示したものである。この図から 可使時間 90秒のもののが圧縮強度比が最も高くなっており、この方法の効果があることがわかる。しかしながら この方法は 施工器材 施工法との関連においてさらに検討を加える必要があるものであり、実験を進めている。

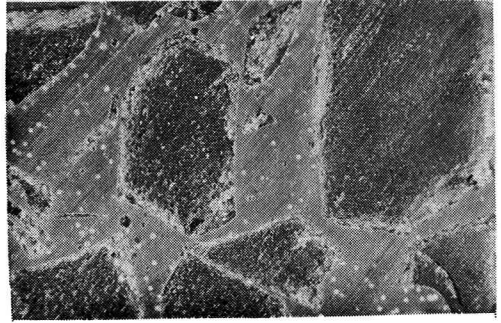


写真-5

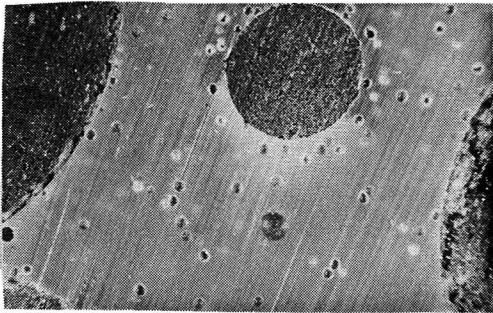


写真-4

骨材の洗浄・乾燥を強化する方法は骨材に付着している微細な粒子を十分な洗浄によって取り除き、骨材を絶乾状態にして使用しようとするものである。超音波洗浄機(28KHz)によって骨材表面の凹部などに付着している微細な粒子を取り除き、乾燥した骨材を使用しポリウレタン樹脂コンクリートを製造した場合 圧縮強度比0.73にまで改善できた。

この問題の解決法についての研究は今後さらに進めていく考えている。

おわりに

この実験を進める上で協力下さった改修第4研究所 高根次夫氏に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- (1) H.G. Geymayer; Use of Epoxy or Polyester Resin Concrete in Tensile Zone of Composite Concrete Beams, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, C.E, March 1969
- (2) 吉田徳次郎; 鉄筋コンクリート設計方法, 昭和33年

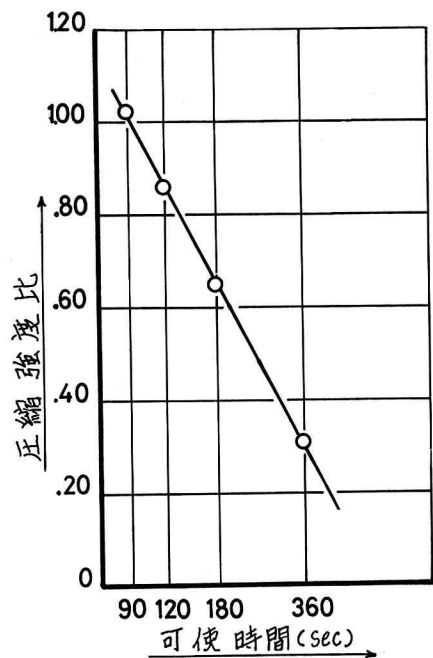


図-4 圧縮強度比と可使時間の関係