

## 微細な空げき充填のためのセメント注入における混和材料に関する研究

樋口 芳朗

土木工学において注入工法は広い分野に活用されてきたが、地盤・変状構造物・裏込・継目・プレバッド・コンクリート・PC導孔など対象となる空げきがきわめて多種多様であること、注入成果を確かめることが困難であることなどのために、各分野で従来からの慣習と現場の“カン”とに頼って施工することが多かったことを指摘し、空げきを適当に分類して考察し研究することが注人工法を合理化するための第一歩であるとまず述べている。

つぎに従来行われてきたセメント注入における混和材料についての研究を述べ、セメント注入の適用限界を広げるための混和材料ないし併用材料についての研究が必要であることを指摘している。

つぎに注入に関する研究においては、まず注入対象としての空げきの特質分析をあらゆる方面から行なうことが必要であることを指摘し、従来総合的な分析が行われていなかった空げきを、大きさ・長さ・周壁の状態・注入目的・含水状態・温度・有害物の有無・注入反覆の可能性などについて分類したのち、おのおのの特質に応じての適当なグラウトの選択、特に混和材料の選択について論じている。

つぎにセメント注入の適用限界として、細粒からなる軟地盤の微細な間げきや硬地盤の微細な割目に対してはセメントを微粉砕したり減水剤を併用して浸透性を改善しても満足な充填を行なうことは困難なことを明らかにしている。さらに注入予定範囲から逸出するために起こるセメント注入の限界について述べている。すなわちセメントグラウトが注入予定範囲から逸出する状態を掘削によって確認した現場試験について述べ、脱出路がある場合あるいは容易に脱出路が形成される場合、セメントだけを用いることは不適当であると述べている。さらにセメント注入後の沈下収縮によって起こる悪影響についても述べており、注入作業の反覆や周囲への脱水が行なわれにくい場合についての実験結果を示し適当な混和材料の研究が必要であることを指摘している。

つぎに空げきが小さいために生ずるセメント注入の適用限界を拡張するための混和材料ないし併用材料としては水ガラスを用いることが最も有利であり経済的であることを示した。この場合モル比の大きい水ガラスを用いる方が有利であること、セメント注入と薬液注入を併用することが望ましいと判断される地盤に対して注入する場合セメント水ガラス同時注入工法を取るのが最も合理的であり経済的であること、セメント水ガラスグラウトにベントナイトを適量混和するとセメント粒子の沈降を防いで有利であること、固化時間を長くしたいときはモル比をあまり大きくしない方がよいことなどを述べ、シルトまじり砂れき層に対する現場注入試験結果からセメント水ガラスグラウト全部を注入しても満足な止水効果の得られる可能性のあることを確かめている。なお注入材料を選択するに当たって注水量からだけでなく水ガラスの注入量その他からも判断することにすればさらに有利であることを述べている。

つぎに注入予定範囲から逸出するために生ずるセメント注入

の適用限界の拡張につき論じている。従来取られてきたところの注入作業を中断してセメント粒子の沈澱硬化を待つ方法、粗粒材料を混和材料として用いる方法の欠点を現場試験によって示し、急結剤を混和材料として用いる方法が有利となる場合の多いことを述べている。

水ガラスを急結剤として用いる場合もなるべくモル比の大きいものを用いるのが良いことを実験によって確かめ実用的なモル比は3.0~3.8程度であることを指摘している。

注入後における空げき再発生防止のための混和材料につき最後に論じている。グラウトの沈下収縮を防止するための各種の手段、すなわち減水剤を用いること、練りまぜを遅らせたり長びかせたりすること、セメントの軽微な風化を利用すること、セメントの微粉末化あるいはベントナイトを混和することなどについて検討した結果ガス発生剤としてのアルミニウム粉末を用いるのが有利であることを指摘している。さらにガス発生剤としての各種アルミニウム粉末の比較試験を行ない、フレーク状以外のものが無効であることを実験により確かめている。その他注入されたグラウトは抑制されており自由には膨張できないから、発生するガスによって圧力を生じグラウトからの脱水が促進されること、アルミニウム粉末は減水剤と併用すると非常に有利な結果の得られること、密閉容器内だけでた違いに過量のアルミニウム粉末を混和すると高圧を生ずるが、常用される量のアルミニウム粉末によるガス発生作用がコンクリートにひびわれを生ずる原因とはなりえないことなどを実験により明らかにするとともに、できるだけ現場と条件を同じにした条件のもとでアルミニウム粉末の混和量を決める必要があることその他の注意事項を述べている。また膨張性グラウトの試験方法について考察を加え、膨張率その他の簡便な試験方法を提案している。なおグラウト供試体と実際に注入されたグラウトの間には膨張抑制の程度および脱水の程度を同じにすることは不可能であることを指摘してグラウト強度の試験値を論ずる場合の注意事項を述べている。本論文で述べられている減水剤とアルミニウム粉末を併用した注入用混和剤は各分野で広く用いられているが、わが国では著者がはじめて試みたものである。

[筆者：正員 工博 国鉄鉄道技術研究所]

## コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究

岩間 滋

コンクリート舗装の構造設計に関しては、すでに多数の研究が発表されている。しかし今日まで慣用されている設計方法には、(1)最近のコンクリート舗装においては縦縁部から横方向に生ずるひびわれが多いにもかかわらず隅角部の応力をもとしたものしかないこと、(2)車輪の走行位置が道路の横断方向に分布していることが考慮されていないこと、(3)日間および年間を通じての温度応力が考慮されていないこと、(4)舗装コンクリートの疲労曲線はわずか100,000回を限度としていて今日の交通情勢に全く合わないこと、など問題点が少なくない。

この論文は、これらの問題点を解明するために行なった研究を取りまとめたものである。

研究の結果、実験の範囲内で得られた成果を要約すると、つぎのようである。

(1) 輪荷重応力と温度応力を合成した応力に着目すると、最もきびしい応力条件にさらされているのは、コンクリート舗

装版の縦縁部である。

コンクリート舗装版の設計にあたっては、縦自由縁部またはタイヤつき縦突合せ目地縁部の輪荷重応力に関する設計公式および影響線、ならびに大型車の重量別走行台数と後輪の走行位置分布などを考慮して、輪荷重応力の大きさと度数を求め、さらに縦縁部の温度応力に関する設計公式と温度差群の時間を考慮して、温度応力の大きさと時間を求め、輪荷重応力と温度応力の時間的な組み合わせを考慮して合成応力の大きさと度数を決定し、これとコンクリートの疲労曲線を照合することによって、コンクリート舗装版の厚さを定めるのが合理的である。

(2) コンクリート舗装版の自由縁部いっばいの位置に円形載荷板において、荷重を加えた場合の最大引張応力度は、半円形載荷板の仮定を全円載荷板の仮定に改めるなどの考慮払って Teller & Sutherland の公式を修正した、つぎの実験公式に比較よく一致する。

$$\sigma_e = 2.12 (1 + 0.54 \mu) \frac{P}{h^2} [\log_{10} l - 0.75 \log_{10} a - 0.181]$$

ここに、 $\sigma_e$ : コンクリート版自由縁部の最大応力 (自由縁底面の縁方向,  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )、 $\mu$ : コンクリートのポアソン比、 $P$ : 輪荷重 ( $\text{kg}$ )、 $h$ : コンクリート版の厚さ ( $\text{cm}$ )、 $l$ : コンクリート舗装の剛比半径 ( $\text{cm}$ )、 $a$ : タイヤの接地半径 (円形載荷板の半径,  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

すなわちスプリング路盤の仮定は、コンクリート舗装に対しては、十分正確に成立つのである。

タイヤを用いた縦突合せ目地縁部の最大応力は、縦自由縁部の最大応力より小さいがこの部分では車輪の走行度数が多いので、設計上問題となることがある。その大きさは、上式の 0.68~0.75 倍であるから、0.75 倍として設計するのが実用的である。

(3) コンクリート舗装版の温度応力としては、内部応力、

端部こう束応力およびそりこう束応力があるが、間隔約 15 m 以下の収縮目地をもつコンクリート版の設計においては、一般に端部こう束応力を考慮する必要はなく、内部応力とそりこう束応力だけを考えればよい。内部応力とそりこう束応力は、いずれも版両面の温度差に関係する応力であるが、そりこう束応力が引張応力となる時期においては、内部応力はおおむね圧縮力であるから、縦縁部における両応力の和を大きめに与える。次式によって、設計用温度応力を求めるのが実用的である。

ここに、 $\sigma_x = 0.35 c_w \alpha E \theta'$ 、 $\sigma_x$ : コンクリート版縦縁部の温度応力の設計用数値 (底面の縁方向,  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )、 $c_w$ : コンクリート版のそりこう束係数、 $\alpha$ : コンクリートの温度膨張率 ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )、 $E$ : コンクリートのヤング率 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )、 $\theta'$ : コンクリート版表面の温度-底面の温度 (温度差,  $^{\circ}\text{C}$ )

(4) 輪荷重応力の組み合わせについては、大都市付近の道路においては、温度差が正の時間中に 70% の重量車が走行し、地方部の道路においては、温度差が正の時間中に 60% の重量車が走行すると仮定して行なう方法が実用的である。

(5) コンクリート舗装版は、縦縁部を補強することによって、舗装全体の寿命をいちじるしく、のばすことができる。コンクリート版縦目地縁部の補強方法としては、めくら目地構造とすることや、タイヤを使用することが考えられるが、突合せ目地の場合には、タイヤの他に、直径 13 mm くらいの異形鉄筋を 5、6 本使って補強すると、ひびわれの発達を防ぐ効果が高い。

コンクリート舗装版の自由縁部を補強する方法としては、直径 13~16 mm の異形鉄筋を 5-6 本縁部付近に用いる方法、あるいは厚さ約 5 mm の鋼板からつくったエキスパンデットメタルを縁部付近に用いる方法などは、ひびわれの発生と発達を防ぐ効果が高く、コンクリート舗装全体の寿命をのばすのに有効であると思われる。 [筆者: 正員 日本道路公団]

# 土木学ハンドブック

土木学会編

特価 〆 切

6 月 30 日

現場技術者、学生等の必携便覧  
10年振りの全面改訂版です。

合本 (布装) 特価 7,500円 (定価 8,000円)  
(革装) 特価 9,500円 (定価 10,000円)

分冊版 (上巻) 特価 4,000円 (定価 4,500円)  
(下巻) 特価 4,000円 (定価 4,500円)

東京都港区赤坂溜池 5 番地 振替 東京10番 電話 481-8581(代)

技 報 堂