

コンクリート舗装厚の設計曲線

竹下 春見* 田中 淳七郎**

1. 舗装厚設計の公式

コンクリート舗装厚を設計する場合に考えなければならないことは、設計施工した舗装が荷重を支えるに十分な厚さをもっており、その寿命年間を通じて安全でありしかも経済的でなければならないことである。

そして過去 30 年くらいの間に幾多の人々によつてこの問題が研究されてきている。即ち C. Older が 1924 年に有名な隅角公式を発表して以来、A. T. Godbeck, N. G. Spangler, G. Murphy, R. D. Bradbury, H. M. Westergaard, F. Sheets, E. F. Kelley, L. W. Teller, E. C. Sutherland, G. Pickett, 及びその他の人々によつて各種の公式が発表されている。また各協会などにより実験的に理論を補正することも行われている。

しかし現在普通に使用されている計算式は Virginia, の Arlington において Bureau of Public Road が実験した結果により H. M. Westergaard の式を補正した所謂 Arlington 公式であり、これは G. Pickett によるものである。この公式は計算が面倒であり、従つてこれによる設計曲線も発表されているが、相当枚数が多い。

Arlington 公式は複雑であるが、この式と比較的よく合う公式に簡単な F. Sheets の公式がある。これは

$$S = \frac{2.4 W \cdot C}{d^2}$$

ここに、 S は輪荷重 W (kg) によつて生ずる舗装隅角部の設計曲げ強度 (kg/cm^2), W は隅角部の静荷重 (kg), C は路盤の支持力に関係する係数であり、路盤支持力係数と関係づけられている。

Arlington 公式も Sheets 公式も土木研究所井上静三技官の作製したノモグラムがある。しかしこのノモグラムも Sheets 公式によるものは一度で舗装厚の決定ができるが、Arlington 公式によるものはトライアルをくりかえさなければならない。

2. 舗装厚決定に必要な資料

Arlington 公式又は Sheets 公式を使用する場合に現場で測定したり、与えなければならない値は、交通による輪荷重と路盤支持力係数及びコンクリートの設計曲げ強度である。

交通による輪荷重は英国などにおいては重交通として 12,000 lbs を採用しているが、これはわが国における現行の第一種荷重 5.2 t とほぼ等しい。最近交通荷重の増加が叫ばれているが、地方幹線道路としては 5.2 t を輪荷重としてまず間違いはあるまいと思われる。近く重車

輛として 20 t 自動車正式荷重になるはずであるが、これだと輪荷重は 8 t になる。特に重要な重交通道路としては 8 t 荷重として設計しなければならないであろう。

路盤支持力係数はどうしても現地で測定しなければならない。上記の二公式を使用する場合注意しなければならないことは、式中路盤支持力係数は径 76 cm の円形載荷板を使用して沈下量 1.25 mm に相当する値をとらなければならないことである。

わが国では普通現場において載荷試験は径 30 cm の載荷板を使用しているの、これを 76 cm 載荷板に依る路盤支持力係数の値に補正しなければならない。

その方法は“土と基礎” Vol. 1, No. 2 に三木助教が紹介している。即ち

$$K_{76} = \frac{1}{2.2} \cdot K_{30}$$

例えば、直径 30 cm の載荷板で実測した場合の支持力係数が $12.3 \text{ kg}/\text{cm}^2$ であれば、これを 76 cm 載荷板に補正した値は

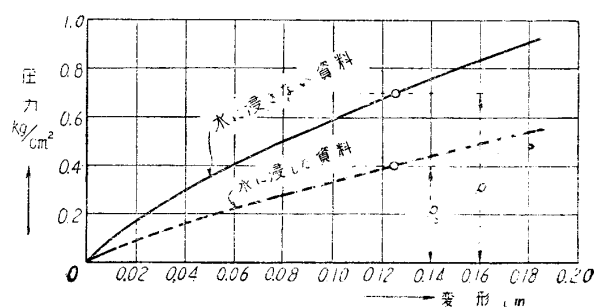
$$K_{76} = \frac{1}{2.2} \times 12.3 = 5.6 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

となる。

支持力係数を測定するための平板載荷試験を行うときはその路床の含水量が条件のもつとも悪いときとは限らない。従つて路床材料が A-6, A-7 を多く含んでいて吸水性が大きいと思われる場合には、最悪の条件で試験した値に変換する必要がある。そのためには Corps of Engineers で考察した次の方法で補正する。

(i) 路床土の代表的な乱されない資料を採集し、一つの資料については自然状態のまま圧密試験を行い、もう一つの資料については、自然状態の土に $0.035 \text{ kg}/\text{cm}^2$ の荷重をのせて 4 日間吸水させその後で圧密試験を行う。

(ii) 圧密試験の結果図一に示すように図示する。



図一 圧密試験の結果

平板載荷試験で 0.125 cm 沈下を起すに必要な圧力が $p=0.7 \text{ kg/cm}^2$ であったとする。従つてその場合の K_{76} の値は

$$K_{76} = \frac{0.7}{0.125} = 5.6 \text{ kg/cm}^3$$

図-1 によれば吸水資料が自然状態と同じ変化を生ずる場合の圧力は $p_s=0.4 \text{ kg/cm}^2$ となつている。

(iii) 従つて図-1. の場合には吸水を考慮した支持力係数は

$$K_s = K_{76} \frac{p_s}{p} = 5.6 \times \frac{0.4}{0.7} = 3.2 \text{ kg/cm}^3$$

となる。

コンクリートの設計曲げ強度をいくらにとるかは、コンクリートの配合設計によりきまる曲げ強度にいくらの安全率を加味するかによつてきまる。使用する安全率は舗装の寿命年間にくりかえされる輪荷重の回数によつて変つて来る。基本的な考え方としては輪荷重の大きさに拘わらず繰返し回数が $100,000$ 回を超える場合は安全率を 2 にとり、繰返し回数が $100,000$ 回以下の場合は 2 以下の値をとることになつてゐるが、実際問題として荷重別に交通量を実際に測定することは困難であり、将来を予想することは尙更困難である。

従つて配合設計の場合、安全率を 2 にとつて、例えば設計強度を 30 kg/cm^2 にしようとするれば

$$30 \text{ kg/cm}^2 \times 2 = 60 \text{ kg/cm}^2$$

の曲げ強度が得られるようにコンクリートの配合をきめる方がよい。

3. 設計曲線

作製した設計曲線は 5.2 t 荷重と 8 t 荷重の二種である。座標の横軸には K_{30} がプロットしてある。これは我が国では直径 30 cm の載荷板が殆んどをしめてゐるからそれによる路盤支持力係数を kg/cm^3 でとつてある。縦軸は舗装版の厚さを cm でプロットしてある。

設計曲線を作製するときに使用した公式は Arlington と Sheets であるが、両者の関係はコンクリートの設計曲げ強度 ($S: \text{kg/cm}^2$) が 30 kg/cm^2 のときには殆んど一致し、 30 kg/cm^2 以下のときは Arlington 公式による方が舗装厚が厚くなり、逆に 30 kg/cm^2 以上の場合には、Sheets 公式による方が厚くなり、 30 kg/cm^2 より遠ざかるに従つて Arlington と Sheets による差が大きくなる。その状態は図-2 に示すごとくである。

図-2 では輪荷重が 5.2 t の場合のみを示したが、輪荷重が 8 t の場合に於ても前述の関係は同じである。

そこで、両者の曲線の中で舗装版の厚さの値が大きくなる方の曲線を設計曲線として採用することにした。

図-3 は輪荷重が 5.2 t の場合、図-4 は輪荷重が 8 t の場合の設計曲線である。

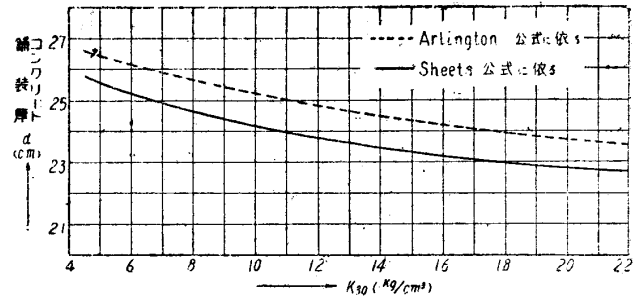


図-2 a 荷重 5.2 ton の場合
コンクリート曲げ強度 20 kg/cm^2 の際の K_{30}
とコンクリート舗装版厚の関係曲線

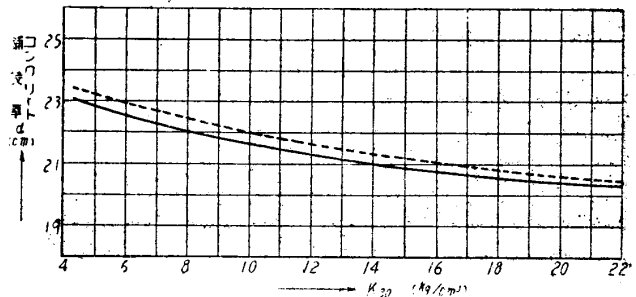


図-2 b 荷重 5.2 ton の場合
コンクリート曲げ強度 (S) $= 25 \text{ kg/cm}^2$ の際の
 K_{30} - d 曲線

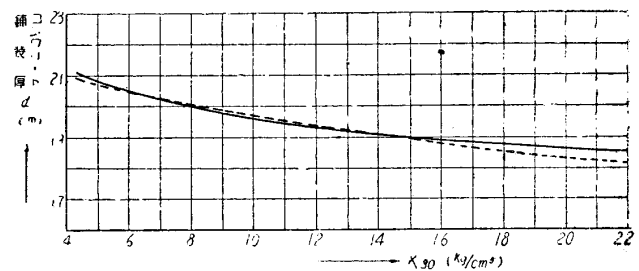


図-2 c 荷重 5.2 ton の場合
コンクリート曲げ強度 (S) $= 30 \text{ kg/cm}^2$ の際の
 K_{30} - d 曲線

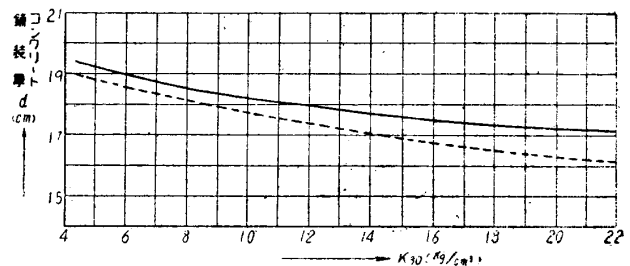


図-2 d 荷重 5.2 ton の場合
 $S=40 \text{ kg/cm}^2$ の際の K_{30} - d 曲線

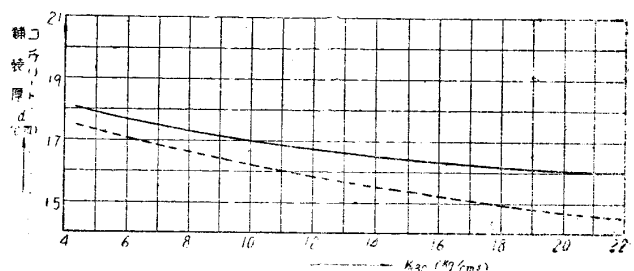


図-2 e 荷重 2.5 ton の場合
 $S=35 \text{ kg/cm}^2$ の際の K_{30} - d 曲線

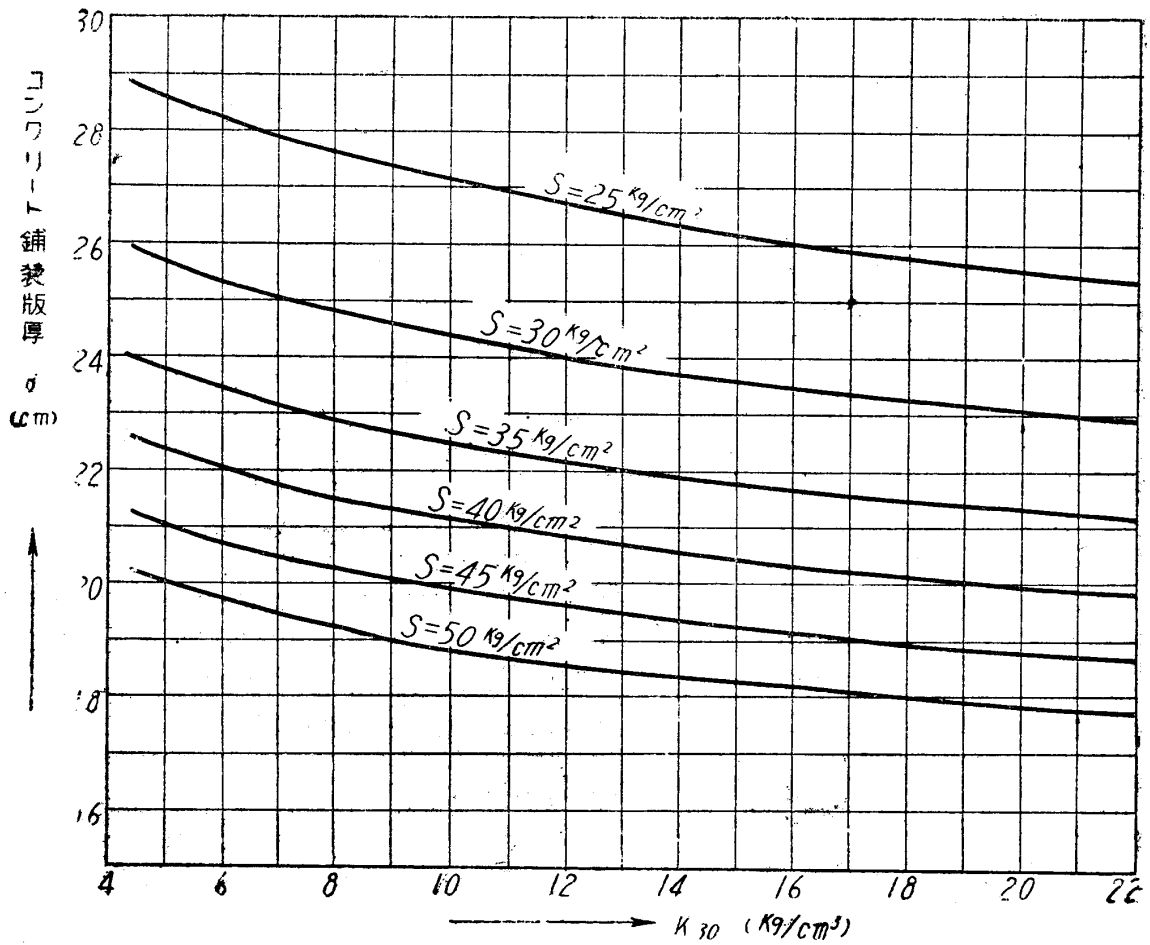


図-3 設計曲線 (5.2 ton 輪荷重の場合) K_{30} は直径 30 cm の載荷板による路盤支持力係数

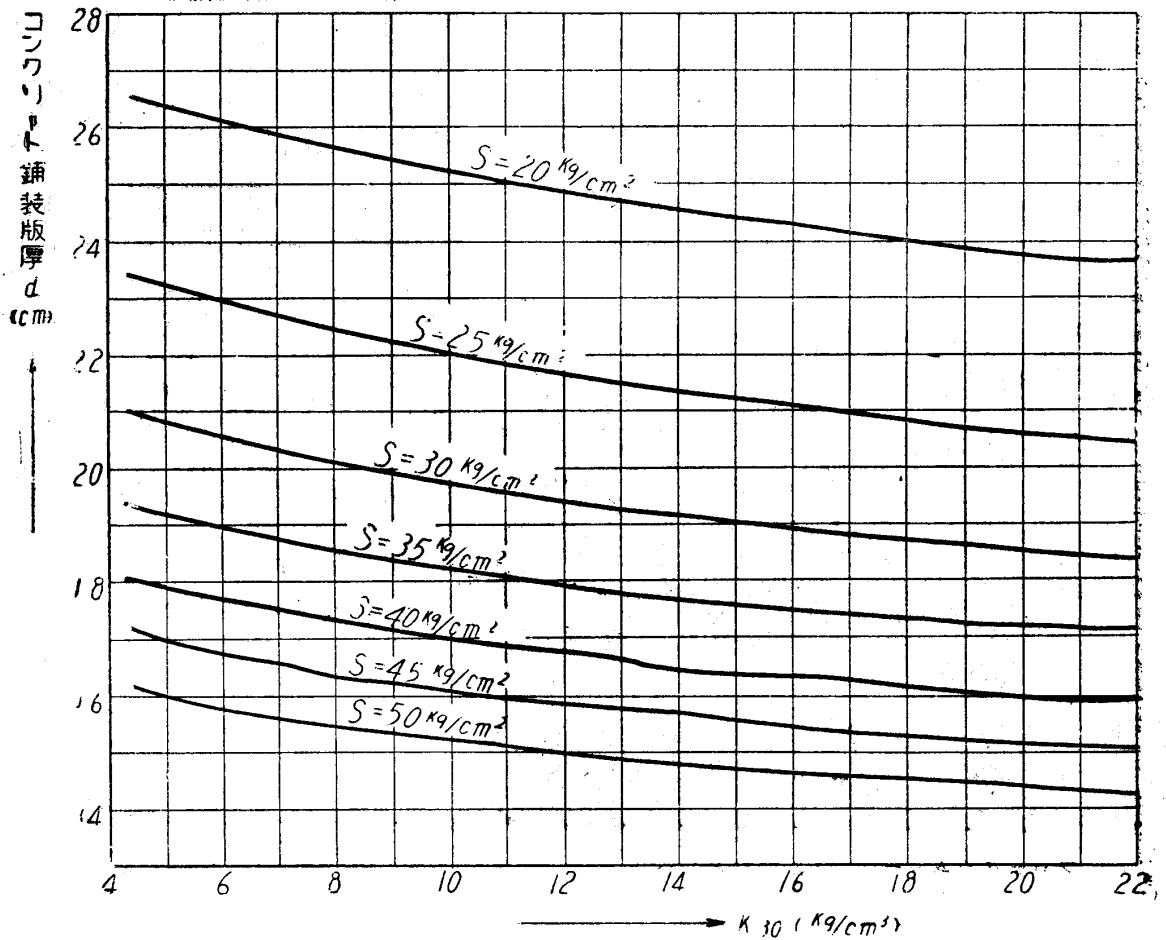


図-4 設計曲線 (8 ton 輪荷重の場合) K_{30} は直径 30 cm の載荷板による路盤支持力係数

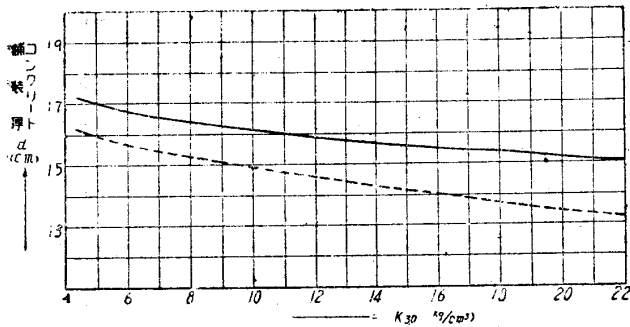


図-2 f 輪荷重 5.2 ton の時
 $S=45 \text{ kg/cm}^2$ の際の $K_{30}-d$ 曲線

4. 使用方法

地方幹線道路においては図-3 を用い、特殊な重交通道路では図-4 の設計曲線を使用すれば良い。

例えば、地方幹線道路に舗装を設計するとして輪荷重 5.2t と考え、設計の際コンクリートの設計曲げ強度を $S=30 \text{ kg/cm}^2$ とし、路盤の支持力係数は測定の結果 $K_{30}=10 \text{ kg/cm}^2$ とすれば、図-3 より必要なコンクリートの舗装厚は $d=19.7=20 \text{ cm}$ となる。

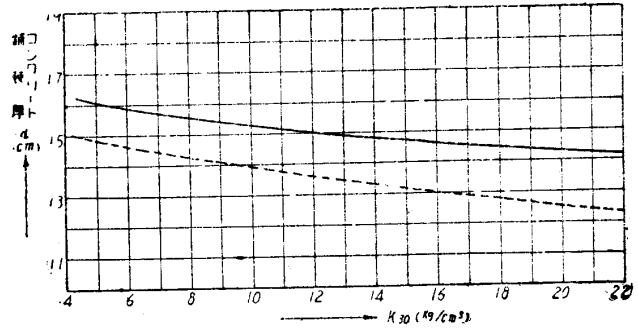


図-2 g 輪荷重 2.5 ton の時
 $S=50 \text{ kg/cm}^2$ の際の $K_{30}-d$ 曲線

特殊重交通道路では同様の場合図-4 より舗装厚
 $d=24.4=25 \text{ cm}$

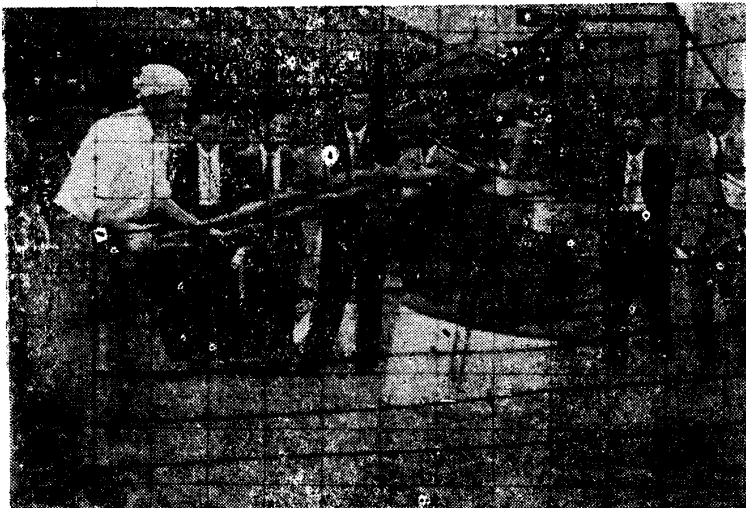
が必要になる。

〔注意事項〕

設計の結果 舗装版厚が 25 cm を越えるような場合は路盤改良により、路盤支持力係数の増大が必要であり、25cm を越えるコンクリート版は熱に依るワーピングの関係から好ましくないとする。

新しい2つの締固め機械

我国においても、新しい締固め機械が試作され、又輸入されて現場で実際に使用される域に達しているが、去る 6 月 18 日に関東地建機械整備事務所において、2つの新しい締固め機械の公開実験が行われた。その一つはドイツから輸入された 500 kg のデルマックフロッグラーで、形状は写真の様なものである。性能は締固め回数毎分 50~60 回、締固め面積毎時 180 平米である。又他の一つの振動式締固め機インパクターは、ラサ工業の試作機で形状は写真に示す様なものである。性能としては 2.5 馬力、打撃力 約 700 kg、打撃数毎分 100~1500 回、移動速度毎分 10 米である。(写真は早大後藤正司氏撮影)



フロッグラーが跳上がったところ



インパクターによる締固め