

IV-10 コンクリート用骨材の粒度表示に関する考察。

大阪大学工学部 正員 久保直志
 企 上 水野俊一
 企 上 ○ 藤倉 徹
 企 上 並 泉 正

コンクリートを経済的に造るために骨材が具備すべき性質のうち最も重要なものの一つはその粒度組成である。骨材の粒度組成はまた固まらぬコンクリートのウオーカビリテー・コンステンシーに直接影響し、したがって建築物の重要さに応じて充分な管理を行わねばならない。土木学会においてはコンクリートを経済的に造る所帯の目的を得るために骨材の粒度範囲が規定されていて通常この粒度分布を教示するにフルイ分試験により粒度曲線で示されているのは衆知の通りである。

更に粒度を端的に表現するため粗粒率で表わすことが従来より行われているが、この粗粒率の欠点の一つは骨材細目の程度は表わし得るが骨材粒度の大きさや骨材の粒度分布は表わし得ない。尚ほ一方粒度曲線だけではその骨材の粗粒率およびその他の性質を知るために計算とそれを表示するには別の表を要するものが普通である。

ところが今、骨材粒度分布と粗粒率またはその他の性質との関係を三角図表とこれに似た多角形図表によつて骨材組成がいかなる場合でも簡単にしかも正確に表すことができるのであることをここに報告する。

(1) 骨材の粒度分布と粗粒率との関係。

骨材の粒度分布については各口で適当な範囲を定めておらず、土木学会が規定する標準範囲は図-1の通りである。これは最大寸法によって異なるもののでこの粒度の粒度を用いると通常所帯のコンクリートを経済的に作るということが出来るということを示しているのである。今この粒度曲線でもわかる様に一つの粒度曲線が描かれてもその骨材の粒度分布を表わすのに対して粗粒率あるいはその他の性質については表わし得ない。また一方同じ粗粒率（あるいはその他の性質、たとえば比表面積）をもちつつ様な骨材の粒度は無数に存在するわけであり、もし粗粒率に与えられた場合その粒度表現は限りがない。

図-2はF.M.=2.88およびF.M.=7.50のそれぞれ3種の骨材の粒度曲線である。これは次の図-3、の如く著さおえるとその粒度分布はまったく異なるものであることがより一層わかる。

これらのことからして粒度分布と粗粒率あるいはその他の性質とを合せて表すことを必要と有効である。

図-1.

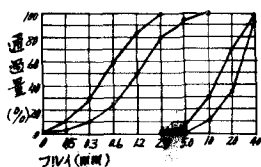


図-2.

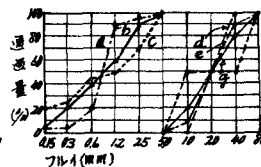
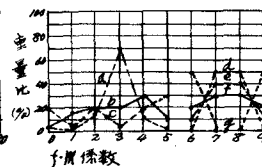


図-3.



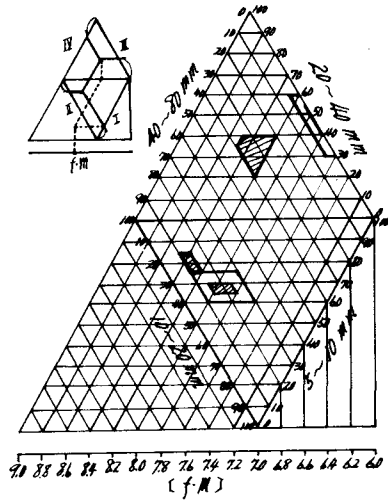
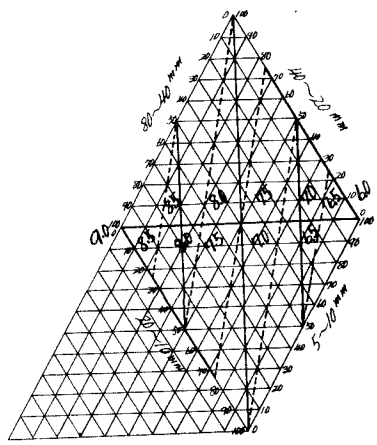
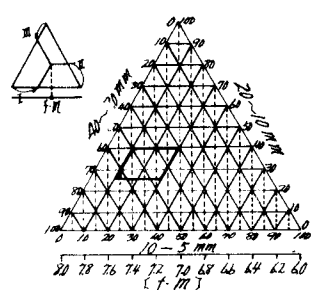
いま三種の粒径をこの骨材について考えたとするとその組合とは無限にあるが図-4のようは三角形図表で示すとその三角形内にある一実がその骨材の粒径組成を示す。そしてその実の位置に直線を下とばすの直線が粗粒率でありその直線上の各実が粒径の分布は異なるがどれも同一の粗粒率をもち。したがってこの例では $F.M.=700$ が一番広い範囲の粒径組合である。尚図中枠内は土木学会規定の標準範囲であってその粗粒率範囲は $700 \sim 755$ であることがわかる。

次に四種粒径の粒径をこの骨材については図-5の様な菱形図形を用いると菱形を二分のする上の三角形内のある実と、下の三角形内にある実、この二実とがその骨材の粒径組成を示し粗粒率は図中の直り表示される。尚この場合図-1粗粒率範囲を示せば図-5の直り粗粒率は定められおのとおりの粒子の組合とは限定され範囲が決定される。この例では $F.M.=750$ の組合とが一番範囲が広いことがわかる。

図-5.

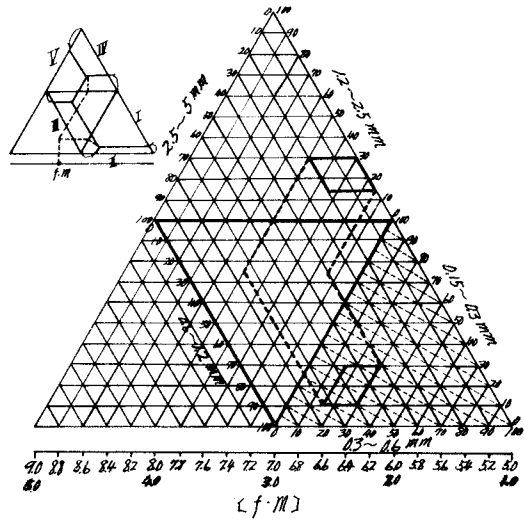
図-4.

図-5.



また四種粒径のものは図-6の通りであり、更に六種粒径になれば正六角形

図-6.



形を順次増せばよい。

(II) 骨材粒径分布と粗粒率に対する標準偏差との関係。

骨材の粗粒率は細粒の粒径を端数に表わすために通常用いられるがこれだけでは粒径組成の判別は不可能である。このために粒径分布の粒径を表すのに粒径の標準偏差を用いる方法があるが、この方法は *Concrete and Constructional Engineering* (1956. 3). に発表されているので詳細は省略する。

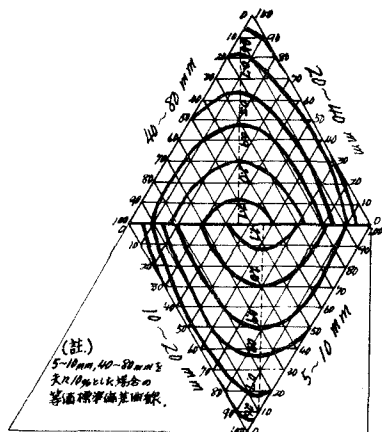
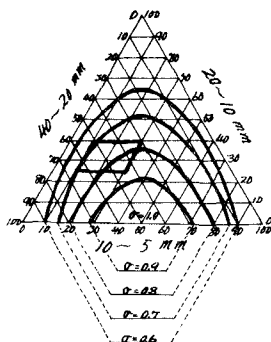
いま、同じ粗粒率の粒径の標準偏差を求めたとすると三角形図表で示される三種の粒径については図-7、の通りである。これをみると

骨材の両極端の粒子がそれぞれ全体の2分1をしめる球状粒の標準偏差が一番大であり、同値粗粒率を山つ粒の標準偏差では中間粒子の混入割合の少ないものほど大きい。土中骨材の標準粒のうち最大寸法40mmの粗骨材では、その骨材の粗粒率に対する標準偏差は約0.70~0.85に相当する粒の4の倍であることがわかる。

以上の結果をシミュレーションの粗粒率について図-7、図-8の通りである。三様粗粒が加減と同様に両極端粒子がそれぞれ全体の50%をしめる球状粒の10のが最大であり、両極端粒子のうち粗粒率係数の大きい粒子の混入割合が増加すれば着形図形を二等分した下の三角形内に描かれた等価標準偏差曲線はその対称軸を中心に右の方向に、逆に両極端粒子のうち粗粒率係数の小さい粒子の混入割合が増加すれば上の三角形内に描かれた等価標準偏差曲線はその対称軸を中心に左の方向に、それぞれ平行移動する。したがってこの場合も中間粒子の混入割合の少ないものほど標準偏差は大きいことがわかる。

図-7.

図-8.



以上の結果をシミュレーションの粗粒率について図-7、図-8の通りである。三様粗粒が加減と同様に両極端粒子がそれぞれ全体の50%をしめる球状粒の10のが最大であり、両極端粒子のうち粗粒率係数の大きい粒子の混入割合が増加すれば着形図形を二等分した下の三角形内に描かれた等価標準偏差曲線はその対称軸を中心に右の方向に、逆に両極端粒子のうち粗粒率係数の小さい粒子の混入割合が増加すれば上の三角形内に描かれた等価標準偏差曲線はその対称軸を中心に左の方向に、それぞれ平行移動する。したがってこの場合も中間粒子の混入割合の少ないものほど標準偏差は大きいことがわかる。

(Ⅲ) 骨材粒分布と比表面積との関係。

コンクリートは骨材とセメント、セメントペーストよりなり、したがってコンクリートの強度は骨材およびセメントペーストの強度、またはそれらの混合比、混合状態によって左右されることは明白である。これらの材料および条件が一定であれば水セメント比がコンクリート強度の直接の原因であることがいわれてきた。したがって細かい骨材が増え強度が低下した場合でも一定のコンクリート強度を得るためのセメント比の増加という説明がなされることが多い。コンクリートの強度と骨材の比表面積との間に一定の関係があることが実証され、骨材比表面積を由にして配合設計が行われるにいたった。また比表面積を求める方法、算式も多数発表されているが、今骨材粒子を球と仮定した場合の比表面積(A)は、

$$A = \sum_{i=1}^n A_i = 4\pi \sum_{i=1}^n n_i V_i^2$$

で表わされる。これを三様粗粒の骨材について表すると図-9の通りである。尚この比表面積は算式を変えた場合はその通り当然変わるが、この場合でも骨材粒子の大小に比表面積が比例関係にあるとあるとこの算式方法は直接適用される。たとえば、図-9は10~5mmの粒の比表面積を4(㎡/g)、20~10mmを3(㎡/g)、40~20mmを1(㎡/g)、とすれば、もし別の方法で10~5mmを3(㎡/g)、を得たとすると仮定条件から20~10mmは1.5(㎡/g)

40~20mmは0.75(%)であって図-9はその手=数値を変えるだけで適用される。

次に四輝觀の粒径の中のものについては、同様な表示方法から図-10の通りである。

図-9.

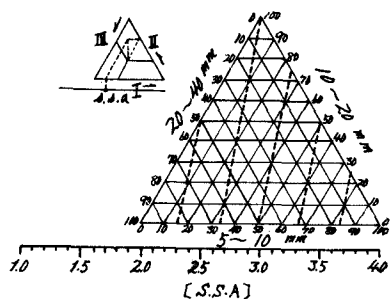
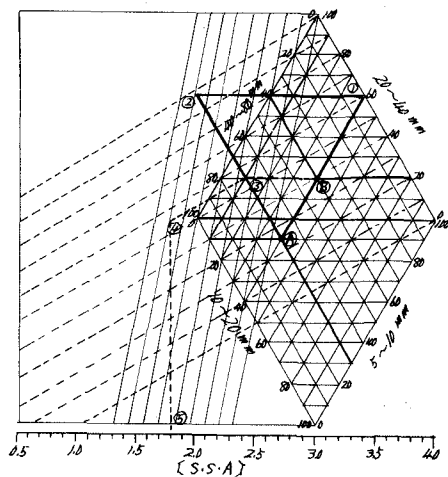


図-10.



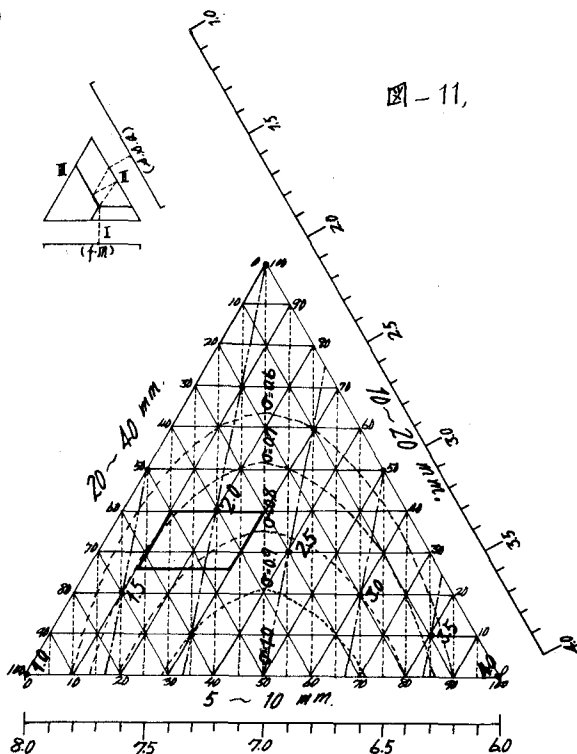
以上、骨材の粒径分布と粗粒率および、その他の性質とを含めて表示することを選べたが、一般の工事現場において骨材の管理に供するためにはその使用骨材の粒径分布が複雑である場合とか、粒径の変化が非常に小さい場合にはおえて図表の読みとりが困難であったり、計算に乏しい場合よりむしろ正確であると思われる場合を考えられる。しかし実験量において骨材のコンクリートにおよぼす影響、そのほか骨材の粒径が変化する場合のデータの整理には順序よく整理できる場合も少なくない。

実際にプレキャストコンクリートの様に粗骨材と細骨材の分布が特殊な場合にはこの図表によって分類した骨材とコンクリートの品位との間の一定の関係を求める実験によって実験できた。

尚、今後この図表の改良も含めて実験を進めたいと考える次第である。

以上、

図-11.



三角図表で表わされる三輝觀の粒径について以上の計算をまとめると図-11.の通りである。