

## 技 術

# 鋪裝混凝土用骨材の配合に就て

山 田 元

混凝土の配合を如何にすべきかと云ふことは随分古い問題であつて吾々土木技術者は耳にタコの出来る程聞かされて居り、汗牛充棟の混凝土の書物の上を見ても、古い所はさて置いて先づ Fuller の曲線から始めて Edward の表面係數、Abrams の水比説、Talbot の基準水量説等々と、幾多の名論卓説大實驗を奇羅星の如く併べ立て、丁寧懇切に紹介して居る。が併し、然らば鋪裝用混凝土に對しては如何なる配合とすべきかと云ふ點に就ては鮮明に記述して居るものは誠に少く、よし記述してあつても唯二、三の慣行を紹介するに過ぎない、之は何故であるか。

一體従來の混凝土に關する名論卓説の多くは云ひ合はした様に何れも單に耐壓強度の實驗結果から歸納されて居る。之は混凝土の如く複雑な性質を有し、且従來は主として耐壓材としのみ使用された材料に對しては無理からぬ事ではある。併し何人も直ぐ氣が付く様に、鋪裝混凝土の所要強度は決して單に耐壓強度のみではない、否寧ろ耐壓強度は單に夫自身の値のみを以て云へば第二義以下かも知れない。ハンノーバー工科大学の R. Ozeon 教授は、鋪裝用混凝土の要素は次式

で表はされる「性示數」を以て表示せらるべきであると稱して居り近來多數の共鳴者を出して居るのは當然の事である。

$$k = \frac{\gamma D + \beta Z}{\gamma A}$$

上式中  $k$  : 性示數

$D, Z$  : 夫々混凝土の耐壓及抗曲強度

$A$  : 斷面面積

$\infty, \beta, \gamma$  : 常數 (之を如何に取るべきかは未だ定論がない。)

従來は唯漠然と一般に混凝土の抗曲強度、磨耗抵抗力等は何れも耐壓強度に比例するものと考へられて居り、従つて配合も此の觀念の下に定められて居つたが、之は耐壓強度を第一義とする場合には支障ないが、鋪裝用混凝土の如く、上述  $Z, A$  等が判斷の標準として耐壓強度と同等以上の價值ある場合に於て、「大體比例する」等と云ふ漠然たる觀念の下に其配合を決定する譯に行かぬのである。尤も Abrams 氏は抗曲強度及磨耗抵抗力に關しても、例の如く極めて廣汎なる實驗をしては居るが、其所論稍もすれば、持説 水比説 の擴張に急なるの嫌があり、直に之に全幅の信頼を置いて、鋪裝混凝土の配合の決定に應用するは躊躇せざるを得ないのである。

勿論、混凝土用骨材は、瀝青質鋪裝材に於けるが如くデリケートな影響を鋪裝其物には與へない、併し他の一般土木工事に於ては全然無視して顧みない抗曲強度に信頼するものであり、且又、表層材の如きは他工專用のものに比し其配合が極めて好く、最低 1 : 2 : 4 を下らない程度であるから其配合を如何にするかは工費の上に至大の影響がある。故に吾々

は従来の耐壓強度第一主義の舊製を脱し、D, Z, 及 A の各について従来の試験結果を清算するの必要がある。  
 鋪装用混凝土に於て、骨材の粒度性質、配合水比等を一定し唯セメントの種類のみを違へて諸要素を實驗すると第一表の如くである。

第一表 混凝土諸性質のセメント種別による比較

1. 28日の新果を示す
2. 磨耗は Bauschinger 機に據る容積 (cm<sup>3</sup>) を以て示し、之を以て磨耗面積 50cm<sup>2</sup> を割たる數 (磨耗厚さ (cm) の逆數) に基きて%を定む。

セメント 種別	耐 壓 強 度		抗 曲 強 度		磨 耗	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>3</sup>	%
A	215	100	43.4	100	23.5	100
B	241	112	50.6	117	22.7	103
C	269	125	58.1	134	21.0	112

上表から見ると、耐壓強度の大なるものは、抗曲強度も磨耗抵抗も共に大であるから、鋪装用混凝土の配合も耐壓強度第一主義で差支へない様に一應見える、併し事實は決して然らず、上記の結果は前にもことわつてある通り、セメントの分量、水比、調度、骨材の粒度、形状及性質等は同様として單にセメントの種類のみを異にした試験であつて、斯の如き場合には耐壓強度が他の要素の標準ともなり得るのである、が一度配合、骨材等を異にすれば決して耐壓強度のみを標準とはなし得ないことは第二表を見れば明である。

第二表 混凝土諸性質の配合による比較

1, 第一表同様の試験方法

2, 磨耗抵抗は磨耗容積( $\text{cm}^3$ )を以て磨耗面積  $50\text{cm}^2$  を割りたる数 (即ち磨耗厚の逆数)

種別	骨材	一立方米所要セメント量	セメント種別	耐壓強度		抗曲強度		磨耗強度	
				$\text{kg}/\text{cm}^2$	%	$\text{kg}/\text{cm}^2$	%	係数	%
I	班岩	400	C	269	100	58,1	100	2,38	100
II	玄武岩	350	B	326	122	64,7	111	1,86	78

即ちセメントを少く用ひた II の混凝土は耐壓、抗曲共に之より好配合の I に比して大であるが磨耗抵抗に至つては著しい遜色を示し、抄くとも表層に對しては I よりも好適であるとは云へないのである。

吾々は先づ抗張強度、磨耗抵抗等に關する實驗に據つて之等に對する概念を得、然る後本邦現代の交通に對して適當なる配合は如何に定むべきかに就て考察しやう。

混凝土の抗張強度に關する實驗は從來數多くあるであらうが前記 Robert Ozon 教授の著書「道路用混凝土」中に掲載せられた實驗は、耐壓強度との對照に於て極めて興味深いものであるから以下其大略を述べやう。

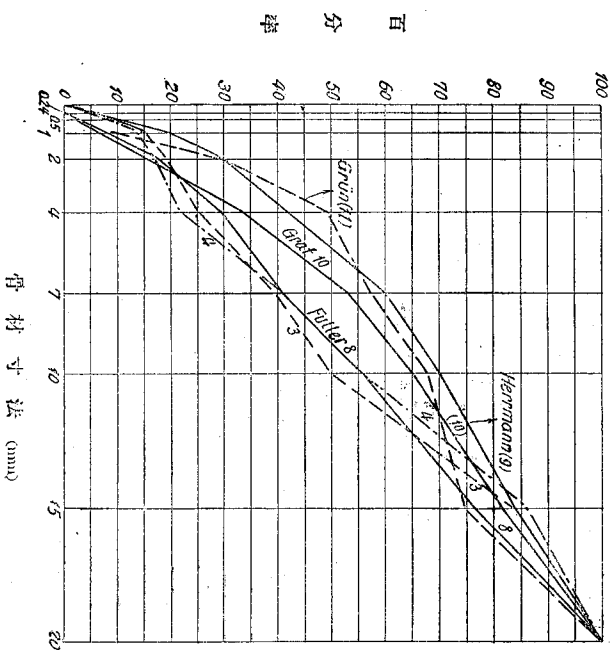
氏は配合 1:4 の混凝土に就て、良質の斑輝岩より成る骨材を第三表に示すが如く II 種の異なる配合に分ちて其抗張、耐壓兩強度を比較實驗した。

第三表 骨材配合表

番 號	配 合 法	粗 粒 材		中 粒 材		細 粒 材				
		50mm/15mm	15/10	10/7	7/4	4/2	2/1	1/0.5	0.5/0.25	0.25/0
1	1 : 1 : 1	10.7	22.7	14.2	19.2	7.3	5.9	6.6	4.7	8.7
2	1.5 : 1 : 1	13.7	29.1	12.2	16.4	6.3	5.0	5.7	4.1	7.5
3	2 : 1 : 1	16.5	34.0	10.6	14.4	5.5	4.4	5.1	3.5	6.5
4	2 : 1.5 : 1	14.0	30.7	14.2	19.2	4.8	3.8	4.4	3.2	5.7
5	1 : 1 : 2	6.0	17.6	10.6	14.4	11.0	8.8	10.2	7.0	13.0
6	1 : 0.5 : 1.5	10.7	22.7	7.1	9.6	11.0	8.8	10.1	7.0	13.0
7	0.5 : 1 : 1	6.4	13.6	17.0	23.0	8.8	7.2	7.9	5.7	10.4
8	Fuller 法	23.6	21.6	14.1	11.7	11.7	9.5	4.8	3.6	0.0
9	Herrmann 法	11.1	14.0	10.1	18.1	12.0	11.0	7.0	7.0	5.0
10	Grad 法	8.1	17.2	11.8	18.0	17.0	8.9	4.2	2.8	0.0
11	Grdm 法	25.0	7.0	10.5	8.1	19.7	22.3	4.3	3.1	0.0

表中 1~7 は何式の配合と稱するものでもなく唯骨材を粗粒(20/10<sup>mm</sup>)、中粒(10/4<sup>mm</sup>) 及細粒(4/0<sup>mm</sup>) の三種に分け之を大體整数比に配合せるもの 8-11 は目下獨逸技術界に於て相當重きを置かれて居る骨材配合法に據つたもので 8 は Herrmann 曲線に従ひ、唯之より混合すべきセメントだけを捨除せる所謂 Ozon 法に據れるもの、9 は柏林市道路材料試験所長 Dr. Herrmann の配合法に據るものにして、Bredschneider 氏の實驗に基き最大耐壓強度を與へると稱せらるゝ骨材粒度曲線に従つたもの、10、11 は O.Grof 教授の提唱せる方法に従つたもの、即ち混凝土の強度を左右するものはモルタルであ

との觀念の下に、獨逸舊規定の粗細兩骨材の分界點  $7.5\text{cm}$  以下の所謂砂又は碎石屑とセメントとの、最大耐壓強度を目的とする標準配合に従つたもの、II は Grun 氏の主張に従ひ、従来の標準曲線式配合に基かずに、使用骨材に就て最大密度を有する様に粗骨材中に細骨材を混合し必要以上の細骨材を用ひない方法である（尤も實際上のムラを補ふ爲に 10% の餘裕を見込む）。之等を一括すれば第一圖の如くである（但し 1~7 中耐壓強度の最大及最小のもののみを取る）



之等諸種の配合の骨材を用ひ重量比1:1の混凝土につき其耐壓、抗張耐強度を試験せる結果を示せば第四表の如くである。(セメント強度省略)

第四表 混凝土強度表

番號	配合法	耐 壓 強 度			抗 張 強 度		摘 要
		5日	7日	28日	7日	28日	
1	粗 : 中 : 細 1 : 1 : 1	340	449	528	22	35	2~3個の平均以下同じ
2	1.5 : 1 : 1	341	441	508	26	29	
3	2 : 1 : 1	<u>374</u>	<u>489</u>	<u>605</u>	20	32	細粒材(4/2)25%
4	2 : 1.5 : 1	324	390	426	18	25	
5	1 : 1 : 2	388	435	513	<u>30</u>	<u>40</u>	細粒材 50%
6	1 : 0.5 : 1.5	307	453	467	21	35	
7	0.5 : 1 : 1	312	397	443	23	37	
8	Fuller 法	314	470	526	20	31	
9	Herrmann 法	347	445	608	26	33	
10	Graf 法	<u>440</u>	<u>513</u>	<u>676</u>	26	39	細粒材 34%
11	Grtin 法	327	436	493	30	41	細粒材 49%

上表中耐壓試験は A.M.B. (獨逸モルタル及混凝土委員會) の耐壓試験方法に據つたものであるから、骨材の粒度が上記の如く廣範圍に亘つて異なる場合には、嚴密に云へば其<sup>9/10</sup>。も一様とは云ひ難いから強度の差違を悉く骨材の種別に歸す

ることは出来ないが耐壓強度は 8 又は 10 の Graf 法によるもの等の如く、細粒材の比較的多いもの換言すれば粒度率の大なるもの程大である。然るに抗張力を見るに、5 の 1:1.2 及 11 の Grün 法に據るものが最大であり耐壓強度とは著しく其趣を異にして居る。最大抗張力を與へた Grün 法は前述の如く骨材の最小空隙を目標とせるものにして其空隙は僅に 26 である。而してその配合は特定の目標なく、唯粗、中、細三種の粒度の骨材を 1:1:2 の整数比に配合せしものに過ぎないが適々其細粒材が全骨材の 50% であつて略 11 の Grün 氏法に従つたものと相等しく、且上表中には頻を厭つて掲載しなかつたが混凝土としての空隙は耐壓抗張何れの試験片に就ても略最小に近い所から見ても上記試験の結果では Grün 氏の提唱するが如く骨材の最小空隙を目標として配合せられたる骨材が大なる抗張力を與ふるに適應するものであつて、従来一般に信ぜられた如く最大耐壓力を與ふるもの必しも常に最大抗張力を與ふるものでない事は明である。

以上 Otzen 教授の實驗結果のみを以て一般的斷案を下すは資料不充分の憾あるは固よりであるが吾々は上記實驗の外、i) 抗張力に對しては空隙の度大なるは望ましくない、ii) 細粒材の多い程骨材の表面積は増大する、従つて一定限度以上に細粒材が増せば其表面を被覆するに必要なセメントペーストは不足を告げることとなる、iii) 同一水比ならば富配合のモルタルは貧配合のモルタルより抗張力大である、等の事實から、上述 Grün 氏の最小空隙を目標とする骨材配合法は、抗曲強度を第一義とする混凝土に對しては合理的な方法と稱すべきであらう。

纏つて、磨耗の方面から見るに、従来行はれた混凝土の磨耗試験法は水平摩擦のみ置きを置く Ansler, Bohme, Banschinger 等と、反對に極端に衝撃に重きを置く ラトラー式のものが多く、希に Vandone 氏の方法の如く廻轉摩擦を以て試験するものや、實際の鐵輪帶を用ふるもの等があるが、資料未だ充分でないから、之等の結果から動かす可からざる斷



定を下すは未だ早計に失するが、單に骨材配分に關する都合を擧げると、

1. 一定限度以内では骨材の粒度率大なれば磨耗抵抗力大となる。(Abrams)。
2. 骨材の粒度  $\frac{1}{4}$  吋以下なるときは著しく磨耗抵抗力を減じ、粒度大となるに従つて抵抗力を増す(土木試験所ラトラ一試験)

3. 混凝土中のモルタルの配合 1:2 以下となれば磨耗抵抗力著しく減少する。(米國道路局)

4. 配合を 1:1.5 以上となすは磨耗に關しては經濟的ではない。(O.Graf)

5. 砂含有量と磨耗量とは殆んど正比例する。(Wawrzyniak)

6. 6mm 以下の細粒材は全骨材の 40% 以下たるべし。(Probst)

7. 細砂の最小量の混凝土が磨耗抵抗力最大である。(米國道路局)

即ち撻くとも細粒材を必要の限度以内に止めることは、磨耗の方面から見ても亦望ましい事なるは明である。

以上を綜合するに、抗曲強度を目標として骨材の最小空隙を得る範圍内に於て細粒を最小限度に使用する Grun 式の骨材配合法は磨耗抵抗力の方面から見ても亦適當なることは明である。故に舗裝混凝土に於ては上層も下層も共に上記方法に據つて骨材を配合すべきである。而して進んでセメント分量を如何にすべきか骨材の種類を如何に擇ぶべきかに關しては土木試験所報告第十四號及第十八號に報告してあるから茲には再論しない。