

III-262

石炭灰の締め特性に及ぼす試料調製～突固め条件の影響

清水建設株式会社技術研究所 正会員 堀内澄夫 玉置克之 尾上篤生 後藤茂

1. はじめに 石炭灰の締め特性は、石炭灰の物性を評価するうえで重要な項目である。石炭灰は水と化学反応し¹⁾、転圧によって破碎しやすい²⁾と報告されている。このため、石炭灰の締め特性は通常の土とは異なり、水と石炭灰との混練時間をはじめとする、様々な因子の影響を受ける可能性が高い。

今回、15種の石炭灰を使用して締め試験を実施し、以下の結果を得た。①突固めエネルギーの増加、混練時間の増加は、最大乾燥密度(ρ_{dmax})を増加させ、最適含水比(W_{opt})を低下させる。②締め試験中に、試料中の水分が数%減少する。③水分の減少は、石炭灰と水との混練時の粒子破碎によって生じている可能性が高い。以上のことから、石炭灰の締め試験では、混練時間や混練速度など、試料の調整条件を統一化する必要があることが判明した。

2. 実験方法 石炭灰は、火力発電所から乾燥状態で排出されたものをそのまま使用した。表-1は、今回使用した石炭灰のうち、代表的なI種、S種の性状を示している。試料の調製～締めは、図-1に示すフローに従った。石炭灰と水道水との混練には、ホバート型ミキサー(容量4.7リットル、回転数140rpm、遊星回転数60rpm)を用い、1回の混練に使用する乾燥石炭灰重量は、2.0kgで一定とした。なお、試験は全て非繰返し法を採用し、石炭灰は常に新鮮なものを使用した。

表-1 石炭灰の性状

	化学成分 (%)				pH	D ₅₀ (μ m)	Gs
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃			
I種	51.0	25.0	9.12	5.87	12.7	11.5	2.31
S種	50.3	28.0	6.12	5.52	12.6	9.7	2.38

3. 実験結果・考察 図-2, 3は、突固めエネルギー(E_c)と ρ_{dmax} , w_{opt} との関係である。図中の ρ_{dmax}' , W_{opt}' は、それぞれ、配合時の含水比(W_p)で整理したときの値である。通常の土と同様に、 E_c の増加にともなって ρ_{dmax} は増加し、 W_{opt} は減少している。ただし、 E_c の影響は石炭灰の種類によって異なっており、I種に比べS種での変化が大きい。これは、S種の間隙比がI種に比べて、かなり大きいと考えられる。

図-4, 5は、突固め試料の混練時間(M)が ρ_{dmax} , W_{opt} に及ぼす影響を示している。 E_c と同様にMの増加も ρ_{dmax} を増加させ W_{opt} を低下させていることが注目される。このことから、水と石炭灰との混練過程は、単に両者を均一化しているだけでなく、粒子破碎や構造破壊など、突固めエネルギーと同様の作用を持っているものと考えられる。

図-2, 4の ρ_{dmax} と ρ_{dmax}' を比較すると、突固め後の試料の含水比(W_m)で整理した ρ_{dmax} の方が、 $0.01g/cm^3$ 程度大きい。図-6は、石炭灰の代表的な締め曲線であるが、最適含水比付近で W_m が W_p より数%低いこ

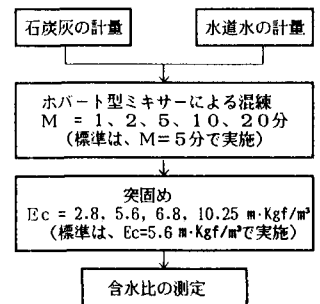


図-1 実験のフロー

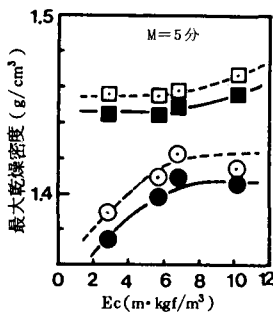


図-2 最大乾燥密度への E_c の影響
 ρ_{dmax} (□: I種, ○: S種)
 ρ_{dmax}' (■: I種, ●: S種)

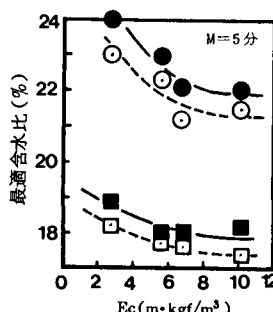


図-3 最適含水比への E_c の影響
 W_{opt} (□: I種, ○: S種)
 W_{opt}' (■: I種, ●: S種)

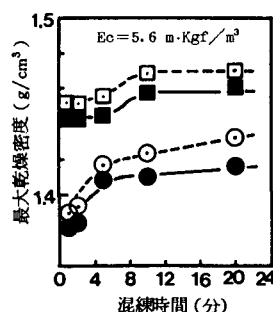


図-4 最大乾燥密度へのMの影響
 ρ_{dmax} (□: I種, ○: S種)
 ρ_{dmax}' (■: I種, ●: S種)

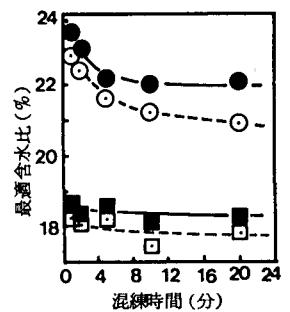


図-5 最適含水比へのMの影響
 W_{opt} (□: I種, ○: S種)
 W_{opt}' (■: I種, ●: S種)

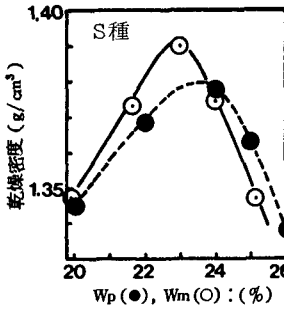


図-6 石炭灰の締固め曲線例

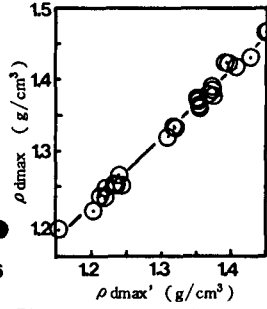


図-7 ρ_{dmax} と $\rho_{dmax'}$ との関係
($M=5$ 分, $E_c=5.6$ $\text{m} \cdot \text{Kgf}/\text{m}^2$)

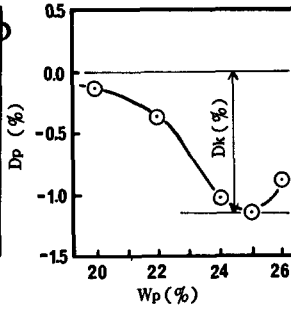


図-8 D_p と W_p との関係

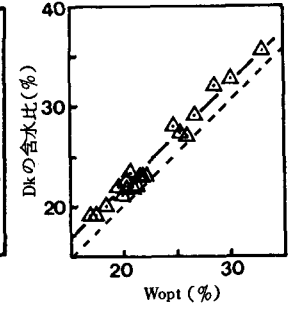


図-9 D_k の含水比と W_{opt} の関係

とが分かる。これは、締固め試験中に数%含水比が低下していることを意味する。図-7は、15種の石炭灰における ρ_{dmax} と $\rho_{dmax'}$ との関係であり、図-2、4と同様、 ρ_{dmax} の方が大きくなっている。これは、図-6と同様、全ての石炭灰で0.8～2.8%の含水比低下が W_{opt} 付近で生じていたためである。

この含水比低下の原因として、次の3項目が考えられる。⑧石炭灰粒子と水との化学反応。⑨水の蒸発。⑩石炭灰粒子の破砕（破砕粒子への水の吸着）

⑧は一定重量の石炭灰に対して均等に含水比を低下させる。図-6のデータを含水比低下量(D_p :%)と W_p とでプロットすると図-8を得る。明らかに W_{opt} 付近に D_p の極小値(D_k)が存在している。 D_k は、全実験ケースで確認されており、⑧は主原因でないと結論できる。なお、図-9は、 D_k における W_p と W_{opt} との関係であり、 D_k は W_{opt} より数%高い含水比に位置している。

締固め試験中の水の蒸発は、主として水と石炭灰との混練時に生ずると予想される。しかし、蒸発を実測したときの例では、含水比低下は最大でも0.5%程度であるので、現段階では、主原因とは考えにくい。ただし、石炭灰の種類によっては、特定の含水比範囲で混練した場合に試料温度が大きく上昇し、蒸発も活発化する可能性がある。今後、実験し、可能性を調査する予定である。

粒子破砕は最適含水比付近で生ずると報告³⁾があり、図-9との傾向とも一致するので、含水比低下の原因の可能性は高い。粒子破砕は、石炭灰と水との混練時、および実固め時に生ずると考えられる。図-10は E_c と D_k との関係である。データのバラツキが大きいため結論はできないが、 E_c は D_k に影響を及ぼしていないようであり、 E_c の変化は粒子破砕の程度にあまり影響していないと推察する。図-11は、 M と D_k との関係であり、 E_c と異なって、 M の増加は D_k を増加させている。このことから、粒子破砕の程度は石炭灰と水との混練条件によって変化している可能性が高いと考える。

以上述べたように、試験中の含水比低下の原因については未解明点が残されているものの、試料調製方法（混練方法）が試験結果に大きな影響を及ぼすことは明確である。このため、石炭灰の締固め試験方法は、条件を統一化して実施する必要があると考える。

4. おわりに 石炭灰の混練条件が、締固め密度に大きく影響することが判明した。これは、石炭灰に水を2度に分けて添加すると高密度状態でスラリー化できること⁴⁾にも深く関係していると考えられる。今後実験を重ね、詳細に詰めてゆきたい。

参考文献

- 1) 堀内ほか：フライアッシュの強度特性に関する研究（清水建設研究報告，No 39，'84）
- 2) Leonalds, G.A. et al. : "Pulverized Coal Ash as Structural Fill, Proc. ASCE, GT4 (517-531)'82
- 3) 松尾ほか：マサ土の締固め特性に及ぼす粒子破砕の影響，土質工学会論文報告集，Vol. 16, No. 4, '76
- 4) 堀内ほか：石炭灰の土木材料としての利用に関する研究（その7）（第19回土質工学会，'84）

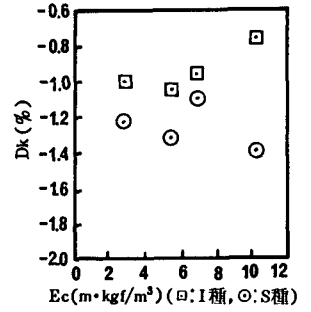


図-10 E_c と D_k の関係

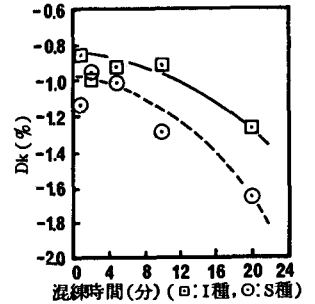


図-11 M と D_k の関係