

結合剤による固結強度の生成機構

早稲田大学 正 眞 森 麟

1. まえがき

結合剤によって砂を固結させた場合、固結物の圧縮強度 q_u は結合剤自身の圧縮強度 q_u' の数倍から十数倍に拡大され、この拡大率は砂の粒度や結合剤の性質と強度などに影響される。このことは前回報告したが、今回は結合剤によって固めた砂の強度がどのようなメカニズムで発生するものについて調査をした。

2. 固結強度の生成機構について

砂はそれ自身では粘着力はなく、摩擦角として 30° 付近の値を示す。結合剤としてはアクリル・アמיד剤を用いたので、摩擦角は全く粘着力 C' のみである。この2つのものを混ぜて固結させたものの内部摩擦角中は砂だけの場合と強んど同じで 30° 付近であるが、粘着力 C は結合剤自身の粘着力 C' の2倍程度から7, 8倍程度が増加する。固結物と結合剤自身の一軸圧縮強度比 q_u/q_u' は

$$\frac{q_u}{q_u'} = \frac{2C \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})}{2C'} = \frac{C}{C'} \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

となるので、結合剤に砂が混合されることによって強度が拡大されるメカニズムは結合剤の粘着力 C' が砂の中に入って、数倍の大きさをもち C という値にまで増加する過程を明らかにすればよいわけである。

結合剤に用いたアクリル・アמיד剤は初めは液状で砂の間隙の中に入って、ある時間経過後固化する。砂の間隙の中に入った結合剤はかなり薄い膜状になって、砂粒子に付着しているの、この状態の結合剤の粘着力は結合剤のみを固化させたときの粘着力 C' より大きくなっていくことが考えられる。また結合剤によって固められた砂が破壊する場合には粒子の移動とともに粒子周囲の結合剤の膜が引張られるような変形をする。このため粒子と互いに押しつけ、有効応力が発生して見掛けの粘着力を発生することも想像される。

C' が C にまで拡大するメカニズムとして上記のような2つのものが考えられるので、この観測に立つて次のような実験を行なった。固結物の内部摩擦角 ϕ を $0 \sim 30^\circ$ まで種々にかえるために結合剤の粘性も極めて大きくして、砂粒子が液中に懸濁したまま固化できるようにした。このためアクリル・アמיד剤に CMC を添加したものを結合剤として用い、結合剤に混ぜる砂の量を變えてゆくと、砂量がある限度以下では ϕ はゼロなり（砂が完全に懸濁した状態）、砂の量を増すと次第に ϕ の値が大きくなる。用いた砂は粒徑別にした5種類がある。

砂の中に入った結合剤の膜の厚さは測定困難なので、固結物中の砂全体の合計表面積 S （粒子を球とし粒子は全粒平均粒徑のものとした）で固結物中の結合剤の体積を割った値を“厚さ指数 T ”とした。この厚さ指数 T と C/C' との関係と内部摩擦角 ϕ をパラメーターとして示すと図-1のようになる。同一粒度の砂では ϕ が大きくなるほど砂はつまり、厚さ指数 T は増加してきている。

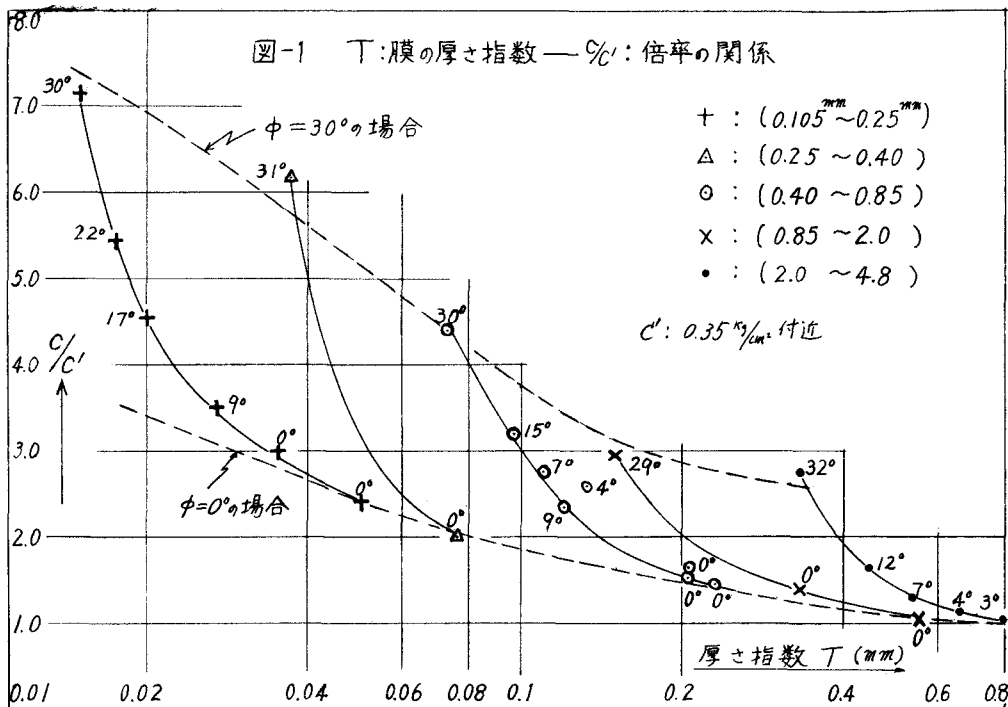


図-1において、 $\phi = 0$ の曲線が結合剤の粘着力 C' が薄膜状になったことだけで、粘着力が増加する比率を示すものである。厚さ指数 T が0.5mm以上では薄膜効果は殆んどなく C/C' は1に極めて近い。 T が薄くなるほど C/C' の値は増加し、0.1mm以下では2以上に至る。

ϕ が 0 より大きくなると、厚さ指数 T が同じでも粘着力 C の値が大きくなり、砂の摩擦角 ϕ が粘着力の増加に関係をもつことを示している。 ϕ の値が大きくなるほど粘着力の増加も大きい。

図-1に $\phi = 0$ の曲線と $\phi = 30^\circ$ の曲線を比較して同一の厚さ指数 T における粘着力の比 C/C_0 を計算してみると表-1のように、どの厚さ指数でも C/C_0 は大体2付近である。これは ϕ が 0° から 30° に増加すると粘着力が摩擦角のために約2倍に拡大されることを意味している。

結合剤の濃度を図-2の場合より薄くした強度の小さいもので砂を固結すれば C/C' の値は大きくなり、濃度と高くして強度の大きい結合剤を用いれば C/C' の値は小さくなることの実験結果が明らかにされている。これには結合剤が同じものであれば強度の小さいものほど、同じ厚さ指数 T において薄膜効果が大きくなり、結合剤の強度が大きくなるほど薄膜効果が減少することの最も深い関係があると思われる。

厚さ指数 T_{mm}	0.35	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05	0.02
C/C_0	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0	2.2	2.1

表 - 1