III-153 フォールコーン法における先端角度の影響

函館高専 正員 佐野佶房
〃 〃 ○清水誠一

1. まえがき

液性限界(LL)測定に，フォールコーン法を用いようとする場合に関係してくる種々の要素についていろいろな角度からの研究報告がなされている[1~7]。これら多くの研究は，コーンの貫入速度，容器寸法，落下総重量等の実験装置や実験方法により，なんら影響されることなくより良い精度でLLを求めることができるようにするというのがその主たる目的である。

今まで，取扱上非常に便利で，かつ測定結果に影響のないような必要最小限の容器寸法を知るために，容器の深さ，直径，コーン重量等について一連の研究を行って来たが，本報告は特にコーン先端角を変化させることにより貫入量にどのような影響が生じるか検討を加えてみたものである。

2. 試料および実験方法

今回使用した試料は表-1に示す3種類の市販粘土である。供試体の含水比は4段階に調整し，缶に詰め十分に養生した後実験に用いた。実験に使用した容器の寸法は表-2に示すように，深さを一定(40mm)とし内径を変化させたもの5個と内径を一定(100mm)とし深さを変化させたもの5個との2つの場合に分けて行った。この一定の深さおよび内径の寸法は，コーン先端角90°，落下総重量100grの場合鉛直方向，水平方向の拘束はそれぞれ貫入量の3倍，6倍ぐらいとの報告がなされている[1,2,3]のでそれを参考にして決定した。

落下総重量は100gr，コーン先端角は60°，90°，120°，150°の4段階に分け貫入測定をくりかえした。

No.	LL	I_p	G_s
F	63.2	35.1	2.591
E	52.0	30.9	2.680
D	328.5	294.3	2.530

表-1 試料土

深さ (mm)	内径 (mm)				
40	81	59	53	42	30
記号	A	B	C	D	E
内径 (mm)	深さ (mm)				
100	52	40	30	25	20
記号	G	H	J	K	L

表-2 容器寸法

3. 試験結果と考察

3.1 容器寸法の影響(その1)

i (深さ)

初めに，それぞれのコーン先端角における必要最小限の容器の深さについて検討してみる。図-1は深さ52mmの容器での貫入量P_Gを基準として他の貫入量P_H~P_Lとの比をとって表わしたものである。

この図から判断して，コーン先端角が60°の場合には25mm程度でも十分とみなしてさしつかえないように思えるが，大体コーン先端角が60°，90°の場合には，他の研究者の報告にもあるように[1,2,3]30mm以上であれば十分とみなしてよいだろう。しかし，コーン先端角が120°になると30mmでは不十分となり40mm以上の深さが必要となる。コーン先端角が150°については40mm程度の深さでも

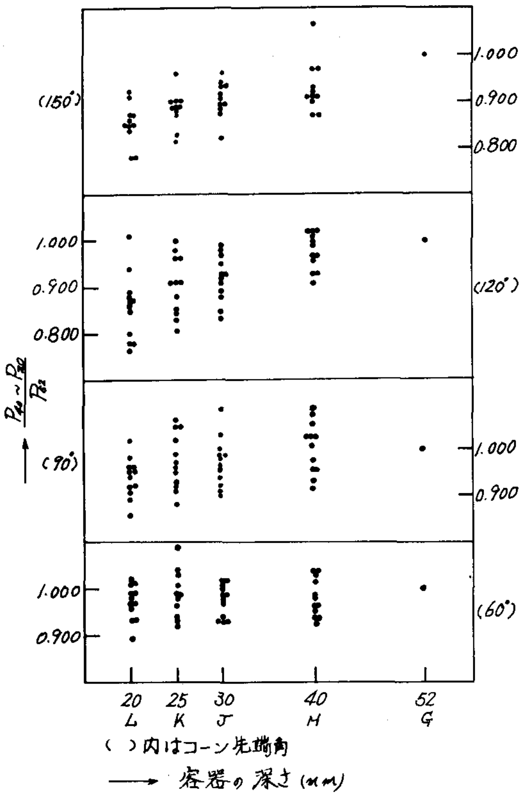
不十分で，より深い容器を用いることが望ましいように思われる。

(ii)（直径）

深さの場合と同じように直径の関係を図化して考えてみると，コーン先端角が60°，90°の場合には59mm程度であれば十分とみなせるが，コーン先端角が120°，150°の場合には59mmでも不十分でありそれ以上のものが必要とされる。

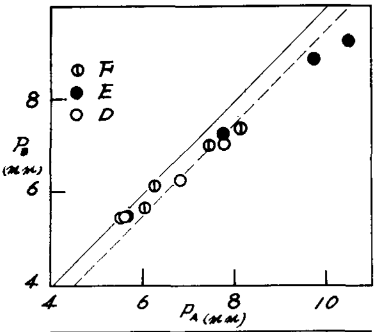
北郷ら[1]の実験報告によるとコーン先端角90，重量100gr，深さ30mmとすると容器の最小直径は53mm～60mmの間にあるという結論が得られているようだ。又，箭内・五味[4]の，コーン先端角60°の場合について行った結果からみても，多少の条件の相異はあるにせよコーン先端角が60°，90°の場合には60mm以上あれば影響がないという結論を得ることができる。

しかし，コーン先端角が120°，150°については直径，深さいずれの場合もコーン貫入時の塑性破壊域がどの程度の大きさをもつか，又コーン先端角が90°の時の貫入量に対してコーン先端角120°，150°の貫入量がどのくらいあるか等を調べてみなければ確かなことは言えない。

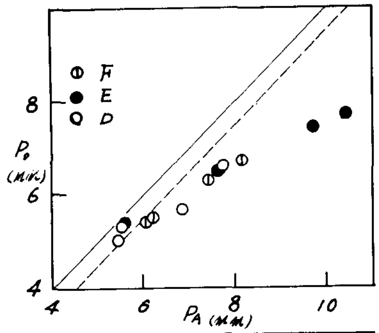


図－1　容器寸法の影響

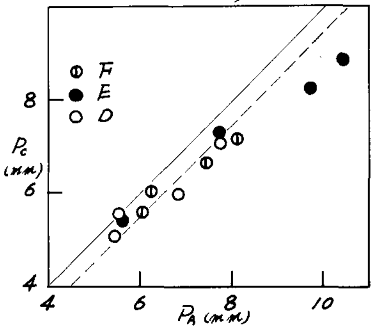
図－2-(1)



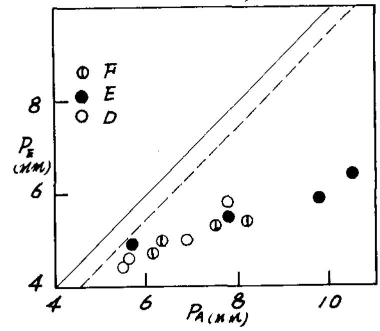
図－2-(3)



図－2-(2)



図－2-(4)



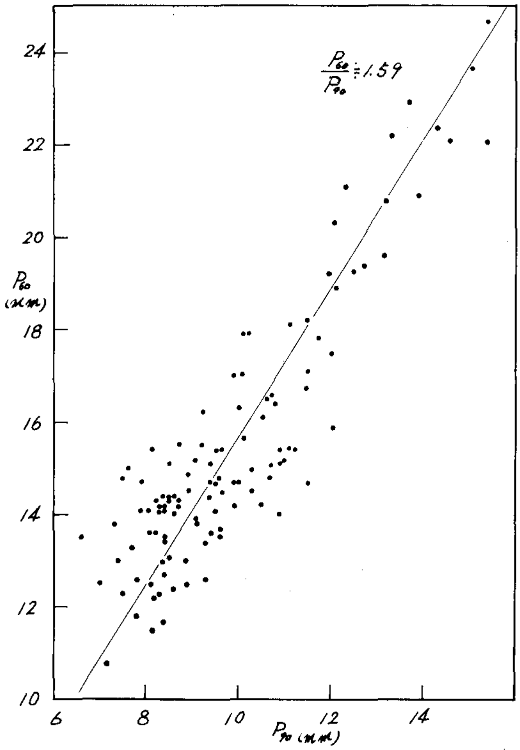
3．2　容器寸法の影響

コーン貫入時に容器寸法によって最小どの程度の貫入量(P_c)から拘束をうけるかを直径，深さに関し調べるために，同じ含水比における最大容器の貫入量P_{max}を横軸に，その他のPを縦軸にとって測定値をプロットしたものの一部を図－2に示してある。　PがP_{max}より小さな値であれば容器の大きさによって拘束されているものとみなし，それぞれについてP_cを求めてみると確実な値は歴然とは求められないが，おおよそ表－3のようになる。

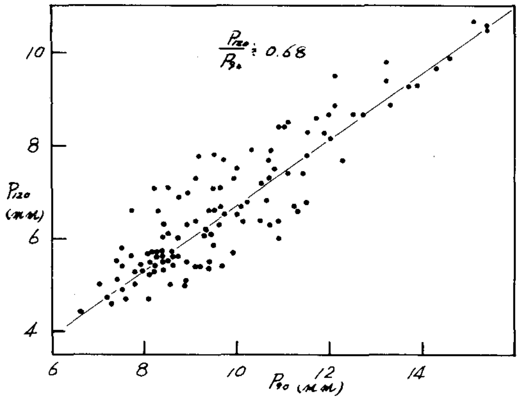
容器の直径および深さをそれぞれD，Hとし，D.H/P_cを求めたものを右側に示してあるが，コーン先端角が大きくなるにつれてDH/P_cも少しづつ大きくなっていることがわかる。これはコーン先端角が大きくなるとコーンが土中に貫入する時の塑性破壊域も大きくなってゆくためと推定される。

		P_c				D and H / P_c			
		P_{60} (mm)	P_{90} (mm)	P_{120} (mm)	P_{150} (mm)	P_{60} (mm)	P_{90} (mm)	P_{120} (mm)	P_{150} (mm)
D	59	13~13.5~14	10 ~ 10.5	9.5 ~ 10	4.5~5~5.5	4.5~4.4~4.2	5.9~5.6	6.2 ~ 5.9	13.1~11.8~10.7
	53	11~11.5~12	8.5~9~9.5	8 ~ 8.5	4 ~ 4.5 ~ 5	4.8~4.5~4.4	6.2~5.9~5.6	6.6 ~ 6.2	13.3~11.8~10.6
	42	9.5~10~10.5	7.5~8~8.5	6.5	3.5 ~ 4	4.4~4.2~4.0	5.6~5.3~4.0	6.5	12.0 ~ 10.5
	30	8~8.5~9	5 ~ 5.5 ~ 6	4.5~5	2.5~3	3.8~3.5~3.3	6.0~5.5~5.0	6.7 ~ 6.0	12.0 ~ 10.0
H	40	13.5~14	10.5 ~ 11	10~10.5	4.5 ~ 5	3.0~2.9	3.8 ~ 3.6	4.0~3.8	8.9~8.0
	30	13.5	9.5	7~7.5~8	4 ~ 4.5	2.2	3.2	4.3~4.0~3.8	7.5~6.7
	25	13	8 ~ 8.5	6~6.5~7	3.5 ~ 4	1.9	3.1~2.9	4.2~3.8~3.6	7.1~6.3
	20	11.5	7.5 ~ 8	5.5~6	2.5~3	1.7	2.7~2.5	3.6 ~ 3.3	8.0~6.7

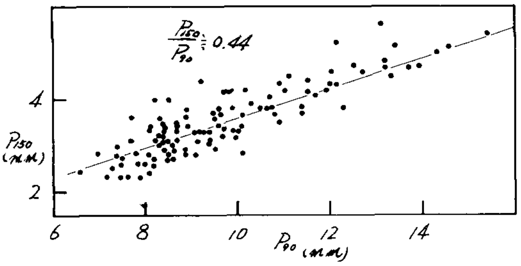
表－3　P_c および D.H/P_c



図－3－(1)



図－3－(2)



図－3－(3)

3．3　コーン先端角と貫入量の関係

コーンが土中に貫入するとき，コーン貫入量と土の強度との間には次式が成立すると考えられる。

$$g = Q / \pi (P \tan\theta)^2$$

ここに　P：コーン貫入量　Q：コーン重量　θ：α/2（α：コーン先端角）

g：土の支持力強度

60°の場合　$g_{60} = Q / \pi (P_{60} \tan 30°)^2$　90°の場合　$g_{90} = Q / \pi (P_{90} \tan 45°)^2$　となる。

今，Qは一定であり，$g_{60} = g_{90}$とおけば$P_{60} / P_{90} = 1.73$なる関係が得られる。　同様にしてP_{90}とP_{120}，P_{150}との関係を求めてみると，$P_{120} / P_{90} = 0.58$，$P_{150} / P_{90} = 0.27$となる。　これはP_{90}に対しP_{60}においては1.73倍となりP_{120}，P_{150}においてはそれぞれ0.58，0.27倍の貫入しかないことを示す。

図－3はコーン先端角90°の場合の貫入量P_{90}を横軸にとり，コーン先端角60°，120°，150°の場合の貫入量P_{60}，P_{120}，P_{150}を縦軸にとってP_{90}に対する他の貫入量$P_{60,120,150}$の割合を示したものである。

この図によると$P_{60} / P_{90} \doteqdot 1.59$，$P_{120} / P_{90} \doteqdot 0.68$，$P_{150} / P_{90} \doteqdot 0.44$となり，上記の値と極端なちがいはないようである。

4．まとめ

以上の結果をまとめてみると次のようになる。

i）LL測定用容器の必要最小限の容器寸法は，コーン先端角が60°，90°の場合にはこれまでも言われて来たように，直径60MM，深さ30MMあれば十分であるが，コーン先端角が120°，150°の場合にはコーン貫入時の塑性破壊域およびP_{90}に対する$P_{120,150}$の割合から検討し，最大貫入量をそれぞれ9MM，5MM程度におさえるなら，両者とも直径60MM，深さ40MMの容器であれば十分と推定される。

ii）コーン貫入時の塑性破壊域のコーン先端角によるちがいは表－3に示されているようにコーン先端角が大きくなるにつれて拡がってゆく。

iii）コーン先端角が大きくなると貫入量は小さな値になる。　その割合はP_{90}を基準にするとP_{60}は1.59倍，P_{120}は0.68倍，P_{150}は0.44倍程度である。

5．参考文献

1）北郷・益田・佐野：液性限界測定法に関する実験的研究（才3報）　土と基礎　Vol 15　No 12　1967年12月

2）佐野・北郷：コーンによる土の破壊機構について　技術報告資料9号（土質工学会北海道支部）1969年2月

3）北郷・益田：液性限界測定法に関する実験的研究（才4報）　土と基礎　Vol 17　No 9　1969年9月

4）箭内・五味：フォールコーン法で液性限界を求め得るか　土と基礎　Vol 13　No 10　1965年10月

5）佐野：　フォールコーンの貫入量と含水比との関係について

技術報告資料10号（土質工学会北海道支部）　1970年2月

6）佐野：　フォールコーン重量とコーン貫入量との関係について

才6回土質工学研究発表会　1971年　6月

7）佐野・清水：フォールコーンにおける容器深さの影響

才26回土木学会年次学術講演会概要集　1971年　10月