

大阪市立大学工学部 正 員 三 笠 正 人

同 学生員 〇 岸 本 好 弘

同 学生員 望 月 秋 利

昨年の報告⁽¹⁾で砂の等体積せん断試験におけるせん断初期の垂直応力の著しい低下現象について述べたが、その後2種の砂について一面せん断および三軸圧縮試験機を用いて乾燥飽和の両条件の下で、等体積くりかえしせん断試験を行なつて砂の流動化現象の解明を試みた。ここでは主に南森町砂のデータを挙げておく。

1. 試料および試験方法

試料は大阪市内の南森町地下鉄工事現場より採取した砂(以下南森町砂と呼ぶ)および標準砂を使用した。その要目を表-1に示す。初期間げき比 e_0 は0.95, 0.85, 0.75で、初期垂直圧力 σ_0 は10, 30, 50 γ (一面ではさらに70 γ)をかけた。

くりかえす変位量はふつうの等体積一面せん断試験で垂直応力が最小になるときの水平変位量を基準としたが、その変位量も初期条件によって変わるので整理の都合上、表-2のように決めた。またくりかえす方向、くりかえし回数

	南森町砂	標準砂
比重	2.627	2.649
60% 粒徑	0.4 ^{mm}	0.16 ^{mm}
均等係数	1.78	1.28
最小間隙比	0.67	0.59
最大間隙比	1.01	0.95
安息角	35.4°	34.4°

表-1

一面せん断(面ぶれ)		
	南森町砂	標準砂
0.95	± 0.5 ^{mm}	± 0.5 ^{mm}
0.85	± 0.5 ^{mm}	± 0.5 ^{mm}
0.75	± 0.3 ^{mm}	± 0.3 ^{mm}
三軸圧縮(片ぶれ)		
	0~1.0 ^{mm}	

表-2

せん断方法はすべてヒズミ制御で、一面せん断ではヒズミ速度0.88^{mm}/分、所要時間約3^分/1周期(± 0.5 ^{mm}の時)、2^分/1周期(± 0.3 ^{mm}の時)、三軸試験ではヒズミ速度0.26^{mm}/分、所要時間約10^分/1周期である。また使用

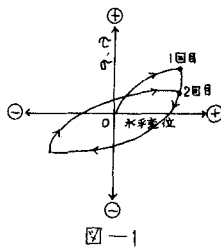


図-1

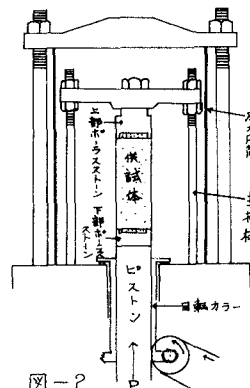


図-2

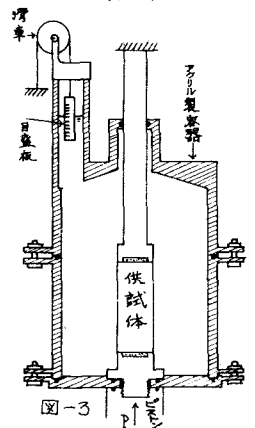


図-3

した三軸試験機は図-2に示すような構造で、供試体の両端が固定されているので引張試験、くりかえし試験が容易に行なえるものである。

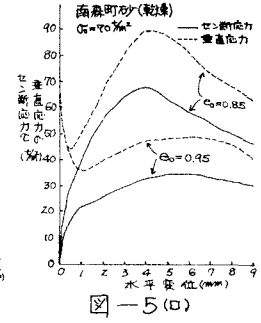
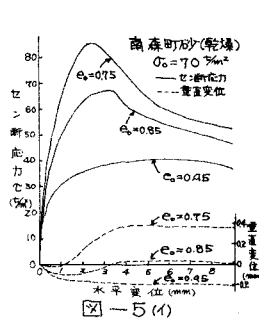
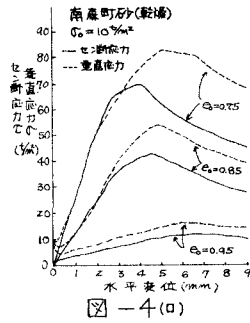
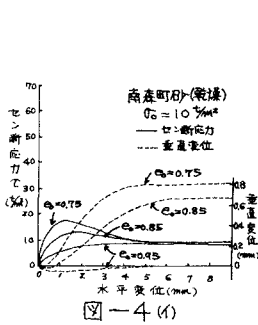
なお一面せん断の供試体の体積制御方法はすでに報告したので略すが、三軸試験における方法は図-3のような供試体をかこむ特殊なケースを圧力室内に設けて体積変化をチェックして行なつた。詳細は講演時にスライドで説明する。

		一面せん断試験(等体積くりかえし)				D---乾燥砂 W---飽和砂
e_0	σ_0	10	30	50	70	
南森町砂	0.95	D 0.03	0.03	0.03	0.05	
		D 0.08	0.10	0.14	0.14	
	0.85	W 0.07	0.08	0.08	0.10	
	0.75	D 0.30	0.35	0.43	0.46	
標準砂	0.75	D 0.40	0.25	0.33	0.28	
		W 0.34	0.19	0.16	0.27	

表-3 4回くりかえした後の残留垂直応力の割合(標準砂は3回)

		三軸圧縮試験(等体積くりかえし)			D---乾燥砂 W---飽和砂
e_0	σ_0	10	30	50	
南森町砂	0.95	D 0.10	0.16	0.09	
		D 0.47	0.42	0.23	
	0.85	D 0.23	0.36	0.20	
	0.75	D 0.21	0.21	0.21	
標準砂	0.82	D 0.47	0.47	0.47	
		W 0.18	0.18	0.18	
砂	0.76	D 0.38	0.38	0.32	
		D 0.38	0.38	0.32	

表-4



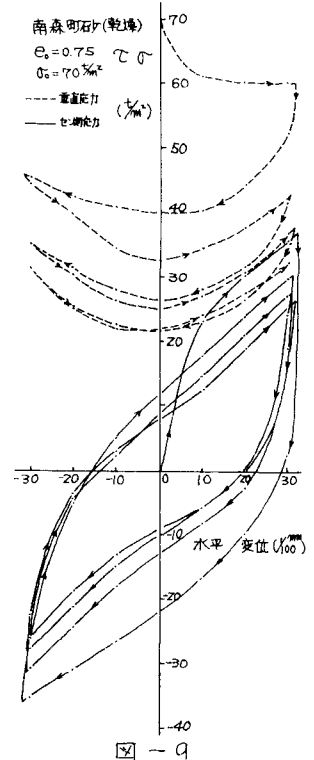
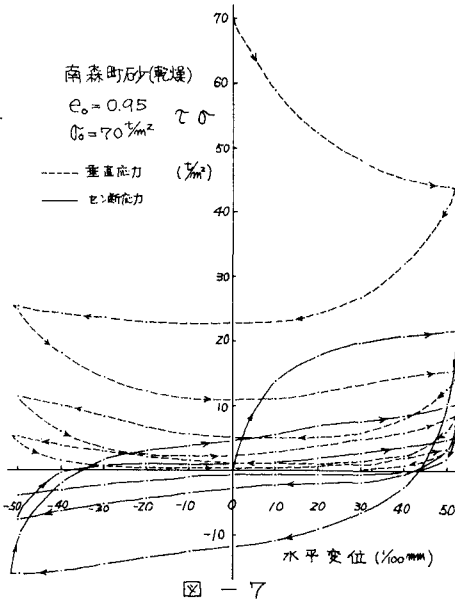
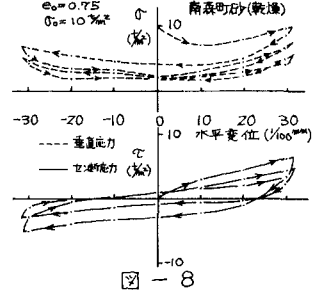
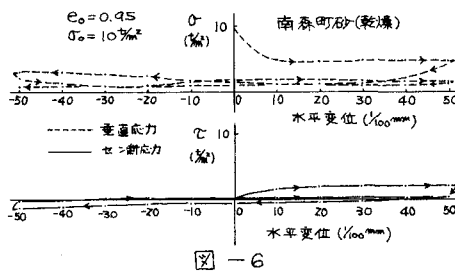
2. 実験結果および考察

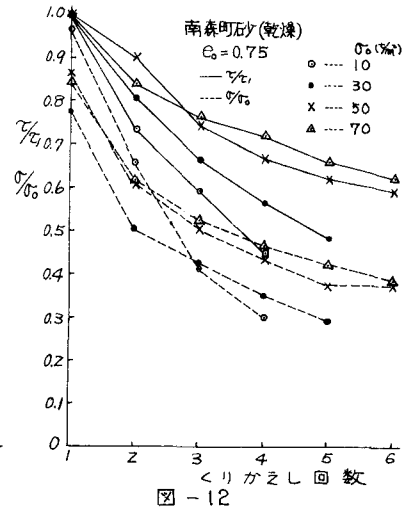
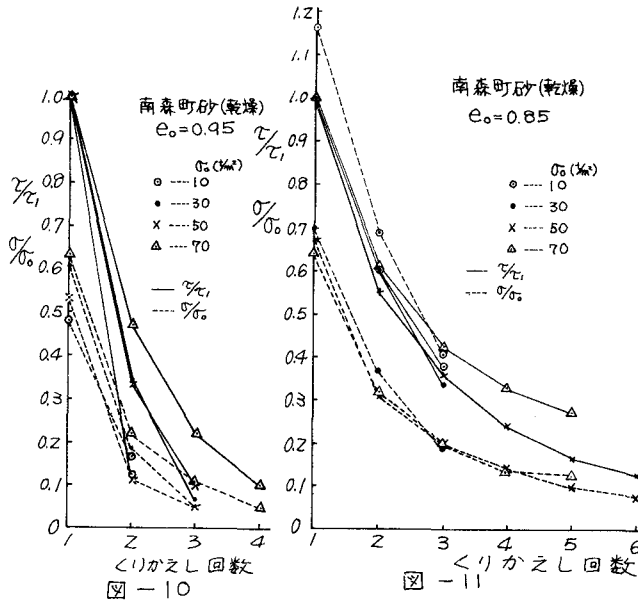
行なった等体積くりかえしセン断試験結果の一覧表を表-3, 4に示す。表中の数字は一面セン断では4回くりかえした後に残留する垂直応力の割合(%)で、三軸試験では3回くりかえした後の残留有効側圧の割合(%)である。

1) 一面セン断試験結果
南森町砂で $\sigma_0 = 10\%$ および $\sigma_0 = 70\%$ の場合の等圧、等体積セン断試験結果を図-4, 5に示す。 $\sigma_0 = 10, 70\%$ のときの限界向ゲキ比 e_{LH} はそれぞれだいたい 0.95, 0.87 と推定できる。

等体積セン断でセン断初期に垂直応力が最小になるあたりの水平変位でくりかえした試

験結果を次に示す。図-6 は $e_0 = 0.95, \sigma_0 = 10\%$ の非常にゆるい状態で行なった一例である。σ は1回のくりかえしで初期の半分以下にさがり、2回でほとんど0になってしまう。セン断応力でもあまりふえないまま、くりかえしによってほとんど0となる。 σ_0 が 70%





の場合(図-7)では4,5回のくりかえしによってやはり σ_c はほとんど0になる。

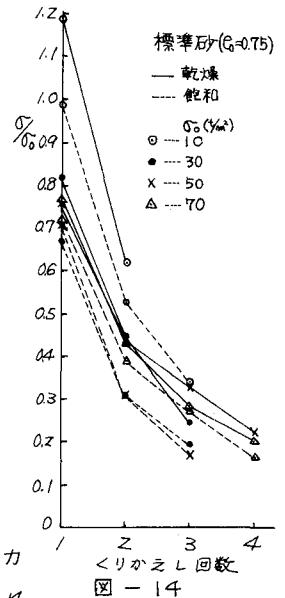
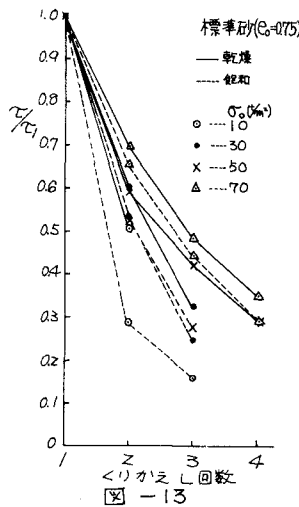
したがっていずれにせよ、このようなゆるい状態では地震時の急激なくりかえしセー断によって流動化を生じることが理解できる。

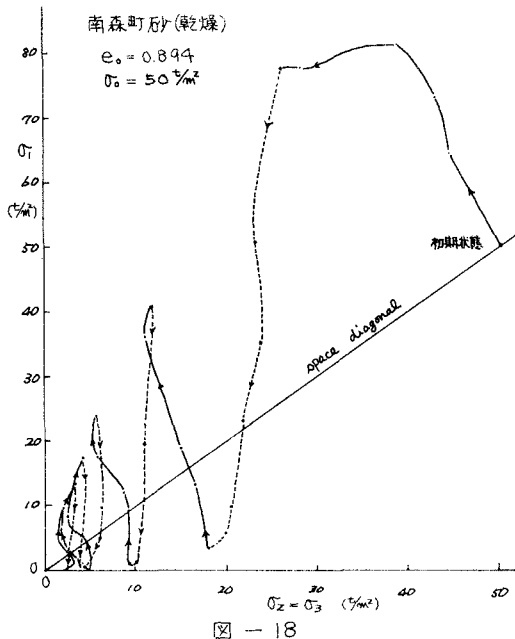
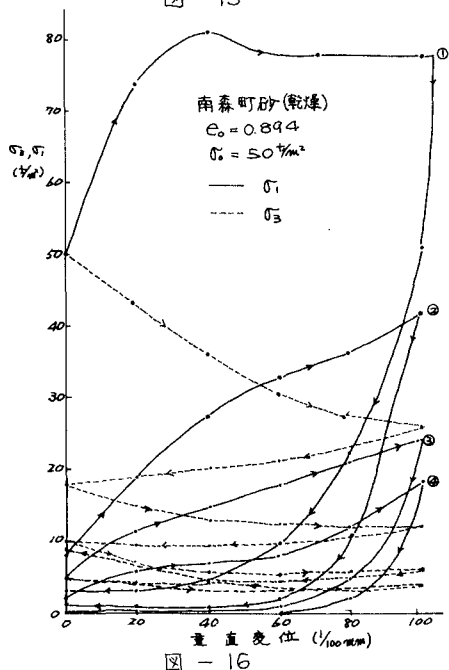
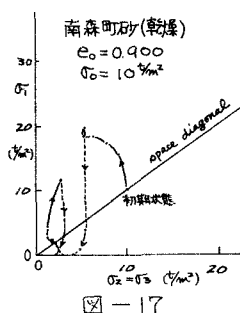
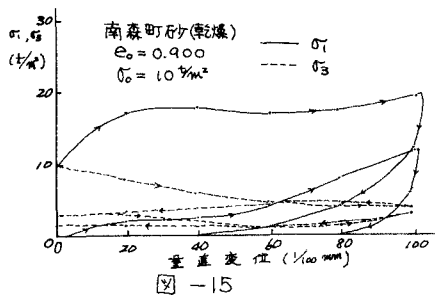
次に密詰めの場合が図-8,9である。 σ_c での変化のしかたは図-6,7に比較して少なく、くりかえし回数5ぐらいで同じレベルをえがくようになる。

上記の σ_c での減少の割合をくりかえし回数に対して $e_0 = 0.95, 0.85, 0.75$ の場合についてプロットしたものが図-10,11,12である。縦軸の τ/τ_c , σ/σ_0 における τ_c は1回目の最終セー断抵抗で、 σ_0 は初期有効垂直応力である。また標準砂についても乾燥、飽和両条件で行な。その結果は図-13,14のようになる。両条件による違いはあまりないようであった。

2) 三軸試験結果

図-15,16は $e_0 = 0.90$ (ゆる詰め)で $\sigma_0 = 10, 50 \text{ t/m}^2$ のもとで片ぶれくりかえし試験を行なったときの軸応力 σ_1 、側圧 σ_3 の変化を垂直変位に対してプロットしたもので、一面セー断の τ , σ の変化と傾向はよく似ている。ただ σ_3 は一面セー断における σ と異なり単調に減少していく。この結果を直接、量的に一面セー断と比較することは困難であるが、三軸試験の場合ゆる詰めでは σ_1 , σ_3 の低下が著しい。これ





らの結果をレントリフの応力図で示したものが図-17,18である。

この研究には文部省科学研究費(試験研究)の補助を得たことを付記して謝意を表する。

参考文献

- (1) 三笠正人, 岸本好弘; 乾燥砂の等体積せん断試験, 第21回年次学術講演概要, 土木学会(1966)
- (2) 森田記元, 三笠正人; 新型三軸圧縮試験機の試作, 第11回年次学術講演概要, 土木学会(1955)
- (3) 三笠正人; 第10回シンポジウム, 土質工学会(1965)
- (4) 三笠正人; 土の力学試験法, 「土質試験法」講習会テキスト, 土質工学会関西支部(1964)