

九州大学工学部 正員 山内豊聰
同 同 〇時津俊次
同 学生 青砥 宏

1. まえがき

高速道路の建設でボタを路床と路体に使用する計画が立てられた。ボタは一般に焼ボタと生ボタに大別されており、焼ボタは中交通の道路までは路盤材料として十分に利用し得ることが明らかにされているが、生ボタは水に弱いゆえ路体に利用するにしても検討すべきことが少なくない。この種の問題の解決はできるだけ実際に近い試験道路を設け現地試験を行なうのが理想的であるが、それが現在不可能のため計画断面から部分断面を数箇所抽出してそれぞれを試験し、それらの結果を組合わせて計画断面全体の検討を行なうこととし、当研究室の繰返し平板載荷試験装置を用いて実験を行なった。

2. 計画および抽出断面

計画断面の盛土高は6mで舗装部55cm、路床部100cmであり、設計荷重としては舗装表面に8tの輪荷重が径40cm(荷重強度7.0kg/cm²)で作用するものと想定する。抽出断面は図-1に示す5種とし、それらの荷重強度は図-2に示すように設計荷重がそれぞれの断面の中心軸上の深さにおいてつぎのブシネス7の式によって拡散される大きさとする。

$\sigma_z = p \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (a/z)^2} \right\}^2$; ここに σ_z : 円形等分布荷重を受ける深さ z における垂直応力, p : 円形等分布荷重の強度, a : 円形等分布荷重の半径, z : 地表面からの深さ。

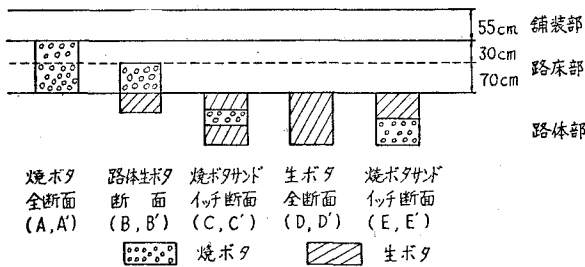


図-1 断面の位置

(アルファベットは断面記号でダッシュを付したものは水深状態を示す)

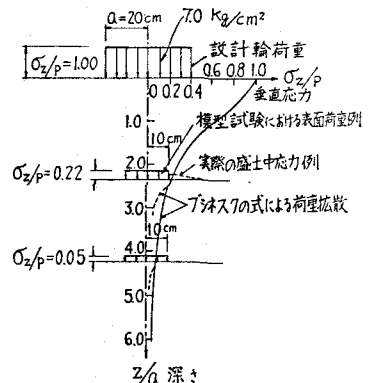


図-2 実際盛土と模型試験における荷重強度の比較

計画盛土中の応力と抽出断面に加える応力の相違は図-2から分るようによつてのようである。(1) 荷重強度の相違と荷重面積の相違とが相殺する傾向がある。(2) 深さ方向の荷重拡散は抽出断面の方が著しい。(3) 実際の盛土断面の水平面には深さ方向の土被り圧が作用し、表面荷重だけの抽出断面とは異なる。

3. 実験方法およびその結果

試料は福岡県粕屋郡赤見町五坑の焼ボタおよび福岡県粕屋郡伊賀木タ山の生ボタでそれらの性質は表-1に示すとおりである。試験槽は断面が1.4m×1.4m、深さが1.0mで、断面打設に際しては含水比はCBR実固め曲線の最大乾燥密度の90%密度が得られる範囲とし、各層の打設ごとにその表面で平板載荷試験を行ない現場密度および含水比を測定した。載荷板は径20cm、載荷周期は6秒で、載荷2秒、除荷4秒としそれぞれ非水浸と水浸状態に対し10万回の繰返し載荷を行なった。繰返し載荷中は載荷板上の全沈下量、塑性沈下量および各層ごとの土圧を測定し、載荷終了後は打設時と同様に各層表面上で平板載荷試験を行なった。実験結果は抽出断面のうち焼ボタ、生ボタの性質と特徴的に示すであろう焼ボタ全断面(A) 生ボタ全断面(D)および焼ボタサンドイッチ断面(C)の3種を選び沈下量、荷重拡散能力および弾性係数の考察を行なう。なお弾性係数はつぎのバービスターが図-3に示すような地盤に対して求めた2層系理論を各層表面上で行なった平板載荷試験の結果を適用して求める。

表-1 試料の性質

	焼ボタ	生ボタ
粒子の比重	2.55	2.51
三角座標による分類	砂質ローム	砂質ローム
液性限界(%)	N.P.	47.8
塑性限界(q%)	N.P.	24.7
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.664	1.710
最適含水比(q%)	20.5	14.0
修正 CBR (%)	36	8

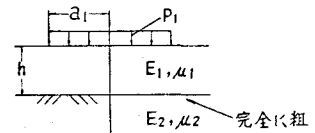


図-3 二層系地盤

$$\rho = \frac{1.5 P a_1}{E_2} F_w = \frac{1.5 P a_1}{E_2} \left[\frac{1}{\{a_1^2 + h^2 (E_1/E_2)^{3/2}\}^{1/2}} \left(1 - \frac{E_2}{E_1} \right) + \frac{E_2}{E_1} \right]$$

ここに ρ : 表面の弾性沈下量, P : ρ を与えるときの荷重強度, a_1 : 載荷板の半径, E_1 : 上層の弾性係数, E_2 : 下層の弾性係数, h : 上層の層厚。

ただし実験では剛性載荷板を用いるため上式に $\pi/4$ を乗じる。

(1) 沈下量は図-4(a)および(b)に示すようにA断面非水浸時は問題ないが水浸時は1万回付近からの塑性沈下量の増加が著しく破壊状態に入ったと思われる。C, D断面は荷重強度が著しく生ボタが主体または多く入っている断面であるが沈下量は小さくとも塑性沈下量は水浸時の方が非水浸時よりはるかに小さい。

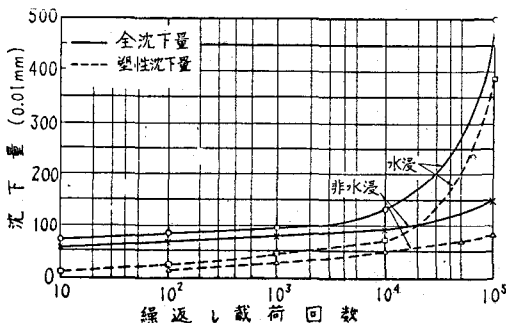


図-4(a) 沈下量と載荷回数の関係(A断面)

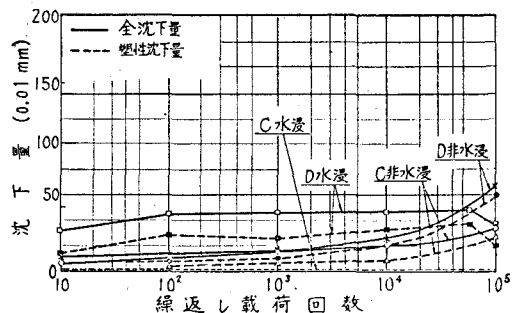


図-4(b) 沈下量と載荷回数の関係(C, D断面)

(2) 荷重拡散能力は図-5 (a), (b) および (c) に示すように A 断面非水浸時は表面下 40 cm から上部でブシネス7のグラフより外側に離れており、水浸時はさらに悪く表面下 60 cm 付近から大きく外側に離れている。これは焼ボタの荷重拡散能力の悪さとともに水浸による低下すなわち焼ボタの脆さを示すものと思われる。C 断面水浸のそれは非水浸時に比して非常によく沈下量の現象とも一致している。D 断面非水浸時のそれはブシネス7のグラフより良く、水浸時はそれにほぼ等しい。

(3) 弾性係数は表-2 (a), (b) および (c) に示すように焼ボタは非水浸時は繰返し載荷による稀固め効果が促進されるが、水浸時は減少し特に荷重強度が大きい A 断面では C 断面に比して著しい。生ボタは非水浸時は明らかに増加しているが水浸時の減少が特に著しい。

表-2 弾性係数の載荷前と載荷後の比較

(a) A 断面 単位 (kg/cm²)

深さ (cm)	非水浸		水浸	
	載荷前	載荷後	載荷前	載荷後
0				
20	焼ボタ	668	1516	537
			496	175
80	焼ボタ	496	476	224
		16.7	93.5	37.8
				258

(b) C 断面

深さ (cm)	非水浸		水浸	
	載荷前	載荷後	載荷前	載荷後
0				
30	生ボタ	394	531	210
				75.4
50	焼ボタ	419	1187	467
				422
80	生ボタ	373	344	193
				80.7
		210	219	138
				114

(c) D 断面

深さ (cm)	非水浸		水浸	
	載荷前	載荷後	載荷前	載荷後
0				
40	生ボタ	682	993	250
				98.5
80	生ボタ	202	359	486
				219
		99.1	151	97.2
				115

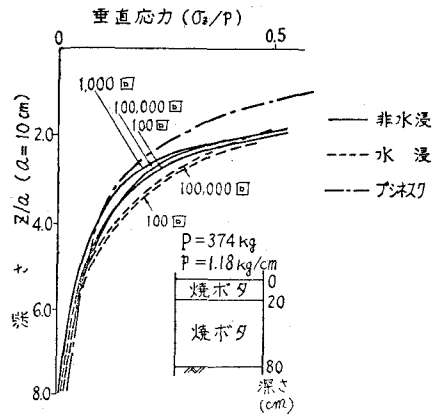


図-5(a) 荷重拡散能力と載荷回数との関係 (A断面)

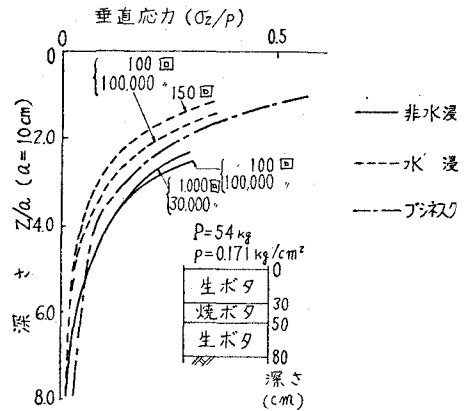


図-5(b) 荷重拡散能力と載荷回数との関係 (C断面)

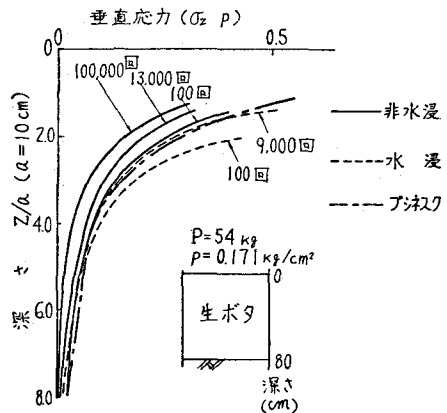


図-5(c) 荷重拡散能力と載荷回数との関係 (D断面)

4. 結論

この実験には2 で述べたような実際との相違があり、また生ボタの長時間の風化は調べ得ない。しかし盛土断面の適否は深さ方向の支持力と荷重拡散が均衡が取れているか否かを弾性および塑性沈下量とともに深さ方向にともない均衡の取れた減少を示すか否かにより判断し得ると考え、結論はつきのように要約される。

(1) 計画断面には重大な欠陥は認められないがA断面水浸は塑性的沈下が累積しやすい。この部分は計画断面の上部にあり焼ボタの透水性は良いので長時間水浸はあまりないように思われるが、できれば何らかの処置処理が望ましい。

(2) 生ボタは本実験のもとでは予想以上に支持力があり、荷重拡散能力はむしろ焼ボタより優れている。しかし水浸による弾性係数の低下が著しくやはり排水を考慮すべきである。

(3) 生ボタと焼ボタのサンドイッチ断面(C断面)は塑性、弾性の沈下量とも小さく支持力も優れており、さらに焼ボタ層は排水層として活用し得るので焼ボタおよび生ボタの特徴を生じた断面と言える。

(4) 弾性係数の値は現場の方が本実験よりも稀固めが効くので焼ボタは $1,000 \text{ kg/cm}^2$ 、生ボタは 400 kg/cm^2 程度を期待し得る。これらの値は盛土の弾性的諸計算に役立つ。

謝辞

本研究は日本道路公団福岡支社福岡工事事務所に協力して行なったものであるが、発表について諒解を与えられた。また当研究室の森巖氏には実験について多大の協力を受けた。ともに付記して深く謝意を表するものである。