

日本道路公団広島建設局

篠原勝三

前田建設工業株式会社研究所 正会員 伊藤雅夫

〇平野富佐夫

1. まえがき

中国自動車道大佐工事の泥岩は、一般に地山状態での安定性は極めて高いが、これを掘削し塊状に分解することによって風化を助長し、特に水浸による強度の低下は著しく工學上好ましくない材料といえる。また大佐工事の泥岩は膨潤性の高い粘土鉱物であるモンモリロナイトを含み水浸による風化速度や、表面の粘土化作用は他の泥岩に比べて速い。

そこで今回は水浸による強度低下の著しい泥岩について種々の試験を行ない、その性状を把握するとともに、この泥岩に混合割合2%、4%および6%の消石灰を混入し、その改良効果を検討した。

2. 泥岩の力学的性質

試験に供した泥岩の性状を表-1に示す。

表-1

比重	2.689	液性限界	36.7 %
積比重	2.304	塑性限界	19.3 %
吸水量	5.47 %	塑性指数	17.4

このような性状を持つ泥岩より直径3.5 cm、高さ7 cmのテストピースを取り、水浸および30℃乾燥による含水比変化と一軸圧縮強度との関係調べた。その結果を図-1に示す。

この泥岩の特質として、水浸過程では、水浸時間にあまり影響を受けずに含水比と強度が得られているが乾燥過程では、含水比の低下に対して急激なる強度の増加が見られる。

また、泥岩の乾湿繰り返しによる風化耐久性を調べるために約20 cm×30 cm×15 cmの試料を24時間乾燥(60℃と110℃の2種類)後、24時間水浸という作業(これを1サイクルとする。)を繰り返し行ない、5サイクル終了するまでの様子と、泥岩の性状の変化を見るために5サイクル

終了後コンシステンシー試験を行なった。風化耐久性は110℃で乾燥した場合、1サイクル終了した時点で崩壊し、60℃で乾燥した場合、若干遅れて2サイクル終了した時点で崩壊している。

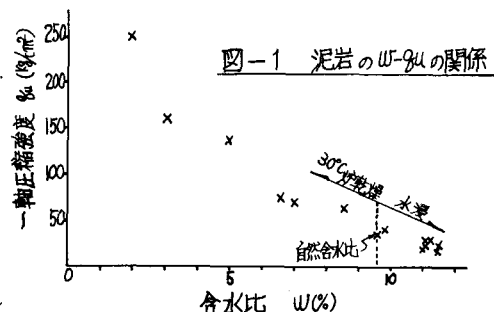
なお、5サイクル終了後のコンシステンシーは、液性限界 $w_L = 26.9\%$ 、塑性限界 $w_p = 16.0\%$ および塑性指数 $I_p = 10.9$ とも初めの泥岩の性状より低減している。

この泥岩を盛土材料として使用した場合、どのような傾向を示すかを検討するために泥岩を塊状にし、締め固めた供試体の一軸圧縮試験、CBR試験および浸透能試験を行なった。

最大粒径4.75 mmシルト以下9.9%および均等係数 $1.8.8$ の試料を用いて、一軸圧縮試験(供試体寸法は直径5 cm高さ10 cmである。)を行ない最適含水比($w_{opt} = 12.7\%$)と最大乾燥密度($\rho_{dmax} = 1.905 \text{ g/cm}^3$)とを求めた。同時に、締め固めた泥岩の水浸による強度の低下を見るため、最大一軸圧縮強度($q_{u,max} = 8.2 \text{ kg/cm}^2$)が得られた含水比($w_{qu,max} = 10.8\%$)で締め固め、水浸1日、2日および4日の一軸圧縮強度を求めた。(図-2)

水浸1日で一軸圧縮強度は非水浸に比べ約1/5に減少し、それ以後水浸させても余り減少していない。

なお、供試体の水浸にあたっては、そのまま水浸させるとスレーキングが生じるので上下に厚さ2 cmのポーラスストーンをのせて、三軸圧縮試験で用いるゴムスリーブをかぶせて水浸させた。



次に、最大粒径 38.1 mm 、シルト以下 4.6% および均等係数 50 の試料を用いて、CBR試験（供試体寸法は直径 15 cm 、高さ 12.5 cm である。）を行なった。非水浸の場合、修正CBR値は 15.5 と大きな値であるが、水浸すると急激に修正CBR値は減少し、1日水浸で修正CBR値 3.0 と非水浸の $1/5$ に減少し、それ以後水浸しても余り減少せず、4日水浸で 2.0 となっている。

なお $\phi 15\text{ cm}$ と $\phi 5\text{ cm}$ のモールドを用いて締め固めを行なったが、各々の締め固め条件は表-2に示すとおりである。

また、泥岩の乾湿繰返しによる強度変化を見るために、最適含水比に調整した試料をろ層 92 回締め固め後、4日水浸させ、その後モールドごと 30°C で24時間乾燥させて、また4日間水浸養生を行なう。（これを1サイクルとする。）1サイクル、ろサイクルおよびろサイクル終了後、各々水浸後と乾燥後にそれぞれ貫入試験を行ないCBR値を求めた。その結果を図-2に示す。

表-2

供試体寸法	試料最大粒径	ハンマー重量	ハンマー高さ	突き固め回数	突き固めエネルギー
$\phi 5\text{ cm}, H=10\text{ cm}$	4.76 mm	1.5 kg	25 cm	3層-44回	$25.22\text{ cm}\cdot\text{kg}$
$\phi 15\text{ cm}, H=12.5\text{ cm}$	38.1 mm	4.5 kg	45 cm	3層-92回	$25.21\text{ cm}\cdot\text{kg}$

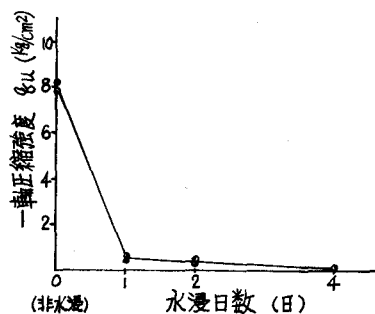


図-2

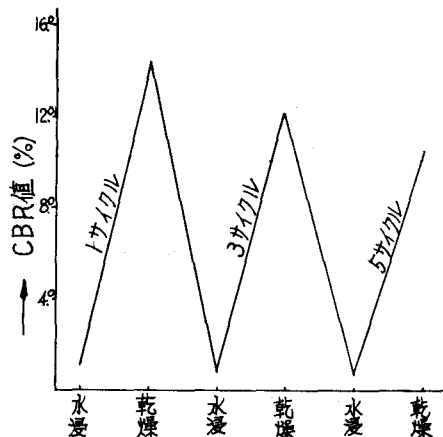


図-3

次に、締め固められた土の水による浸透性を調べるために、次のような試験を行なった。

$\phi 15\text{ cm}$ のモールドにスパーサーデスクを入れ、その上口紙を敷き試料を入れ締め固める。締め固め後、底板とスパーサーデスクを取り去り、モールドを逆にして有孔底板に密合し、モールド内に水を満たす。

水を満たして1日、2日、4日、8日および18日後にモールド内の水を取り出し、モールド内の試料のコーン指数と含水比（上、中および下部分の段階）を測定した。結果を（図-4）に示す。

1日経過すると、試料上部は含水比が最初の約半倍と極端に増大し、コーン指数も最初の $1/80$ に減少し、それ以後の変化はあまりない。試料の中部、下部についても同じような傾向が見られるが、水の浸透による強度の低下の著しいのは表面の 5 cm 程度で、それより下部ではある程度の強度を持っている。

ろ、消石灰安定処理

当工区の泥岩について、各種の試験結果より乾湿繰返しによる風化が著しく、また、吸水によって力学的性質が著し

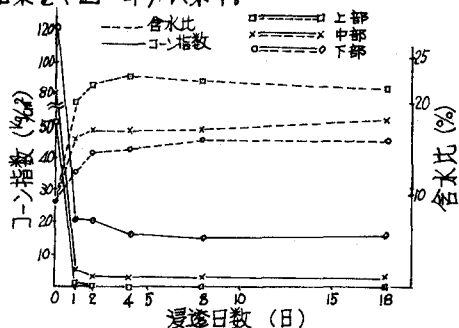


図-4

く劣化することが分かった。そこで安定処理材として消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を使用し、水浸時における泥岩の強度の低下を阻止できるかどうかを検討した。なお消石灰の混合率は泥岩の乾燥重量に対して2%、4%および6%の段階である。また、試料調整は混合後1昼夜放置し泥岩と消石灰が十分になじむようにした。

1) CBR試験

各混合割合に対する非水浸、水浸1日、2日および4日の修正CBR値を図-5に示す。

修正CBR値は混合割合の増加につれ増大し、非処理4日水浸の修正CBR値(約2%)と各混合割合の4日水浸修正CBR値とを比較して見ると、混合割合2%で2.5倍4%で3.5倍および6%で4倍の増加を示している。

また、消石灰安定処理を行っても、水浸1日で強度は急激に減衰し、それ以後の水浸による強度の低下はあまり見られない。

2) 一軸圧縮試験

直径5cm、高さ10cmの試体で水浸による処理土の一軸圧縮強度がどのように変化するかを、非処理の場合と同様に水浸1日、2日および4日について調べて見た。結果を図-6に示す。

非処理の4日水浸における一軸圧縮強度は約0.18kg/cm²であり、他の処理土の4日水浸と比較して見ると、混合割合2%で1.5倍、4%で1.7倍および6%で2.1倍と混合割合の増加につれ4日水浸の一軸圧縮強度は増えている。

また、水浸1日の強度と非水浸の強度とを比較すると、非処理で $\frac{1}{26}$ 、2%で $\frac{1}{20}$ 、4%で $\frac{1}{16}$ および6%で $\frac{1}{4}$ 程度に減少し、それ以後水浸させても余り減少しない。

4. あとがき

以上のような各種の試験結果より当工区の泥岩について次のようなことがええると思われる。

地山状態での泥岩の性状は水浸によっても強度の低下は小さく比較的安定しているが、「水浸→乾燥」の乾湿繰り返し状態では相当な風化作用を受け強度が小さくなる。

盛土材料としての泥岩について見ると、地山より掘削、運搬、敷均しおよび転圧の土作業によって相当に泥岩が破碎され細粒化され、水浸による強度低下も、水浸1日で強度は極端に低下し、それ以後の水浸日数による強度低下はわずかである。

水の浸透による影響は、上層部のみ含水比が高くなり、極端に軟弱化する傾向が見られるが、下層部においては、あまり強度の低下は見られない。

このように水浸過程においては、表層部の軟弱化に伴って一時的に強度は低下をきたすのであるが、気象条件が回復した場合の強度回復を乾湿繰り返し試験の乾燥過程で見ると、かなり強度が回復すると思われる。

泥岩の消石灰安定処理はコンシステンシーが改善され、水に対する抵抗性も増え強度も増加するのであるが、本質的な改良効果もなく、やはり水浸に対してもろい性状が残っている。

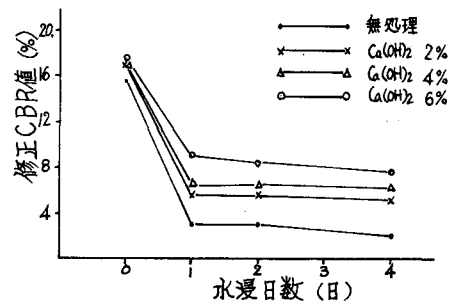


図-5

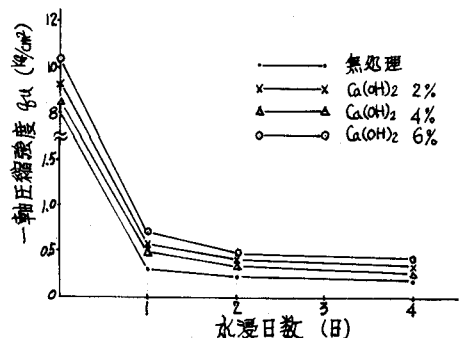


図-6