

I - B397 地下ダム止水壁の地震時挙動の検討（その3、配合試験）

住友建設 技術研究所 正会員 大久保 達也
 同上 技術研究所 正会員 三上 博
 同上 土木本部 原田 次夫
 同上 ダム室 山田 定信

1. はじめに

筆者等は、地下ダム止水壁の地震時挙動を概略明らかにすることを目的として、一連の解析的研究を実施し、これまで止水壁の耐震検討上考慮すべきいくつかの留意点について明らかにしてきた^{1) 2) 3)}。

本報では、既報での留意点をもとに、地震時に壁体に生じるひずみを低減させるため、低剛性で柔軟性に富み且つ施工性に優れた壁体材料として、ソイルセメントにアスファルト乳剤を添加したものを提案するとともに、靱性、動的特性及び止水性等について一連の配合試験を行ったので報告する。

2. 地下ダム止水壁の地震時挙動と壁体材質

これまでの解析検討で、地下ダム止水壁は長尺帯状構造物であるため、地震動伝達位相差により壁体にダム軸方向応力、壁面内方向せん断応力が卓越して発生し、それらは壁体剛性が高いほど大きくなることを確認している。この検討結果を踏まえると、地下ダム止水壁は耐震上、低剛性でひずみ性能に優れ、所定の強度と止水性を有している壁体が材料的に有利であると考えられる。

今回、こうした知見に基づき、ソイルセメントにアスファルト乳剤を添加したものを対象に配合試験を行った。

表-1 琉球石灰岩の物理特性

湿潤密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 ω_n (%)	一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm ²)	弾性係数 E (kgf/cm ²)	比重 G	吸水率 Q (%)	有効間 隙率 (%)
2.359	2.8	379.9	1.61×10^5	2.505	2.97	7.29

3. 試料と供試体

3. 1. 試料の物理的性質

試料は、沖縄本島南部で採取した琉球石灰岩を用いた。表-1に琉球石灰岩の特性試験結果を示す。今回の配合試験に用いた試料は、止水壁のSMW施工時に岩塊が細粒状に破碎されることを考慮し、10mmアンダーに粉砕し粒度調整したものである。

3. 2. 配合

表-2に今回の試験に用いた配合ケースを示す。止水壁に必要とされる配合目標として、圧縮強度 $q_u = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 以上、透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 程度以下を想定した。試験は、セメントとアスファルト乳剤の添加量をパラメーターとして行った予備試験から基本配合（ケースA-2）を設定し、セメントアスファルト乳剤比C/Aをパラメーターとし、セメント添加量を変化させて行った。ケースBはこれまでの施工例で用いられているSMW固化壁の配合を参考にしたものであり、ケースA-1～A-3（シリーズA）との比較のため試験を行ったものである。

3. 3. 試験項目

試験は、力学特性を把握するために、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験(UU)、圧裂引張試験及び振動三軸試験を実施し、併せて、止水壁としての止水性を確認するために透水試験（変水位）を行った。供試体は $\phi 5 \times 1$

表-2 試験ケースと配合（単位体積当たり）

試験 ケース	琉球石灰岩 S(kg)	水 W(kg)	セメント C(kg)	アスファルト 乳剤 A(kg)	セメントアスファルト乳剤比 C/A $\times 100$ (%)
A-1	727.5	70.0	132.0	280.0	47.1
A-2	727.5	70.0	110.0	280.0	39.3
A-3	727.5	70.0	91.0	280.0	32.5

試験 ケース	琉球石灰岩 S(kg)	水 W(kg)	セメント C(kg)	ベントナイト (kg)	膨張剤 (kg)	増粘材 (kg)
B	727.5	178.3	163.8	5.5	13.7	0.5

キーワード：地下ダム止水壁、耐震、配合試験、琉球石灰岩、アスファルト乳剤

連絡先：栃木県河内郡南河内町仁良川1726 住友建設（株）技術研究所 TEL. 0285(48)2611, FAX. 0285(48)2655

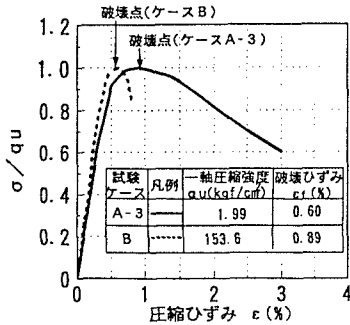


図-3 応力とひずみの関係

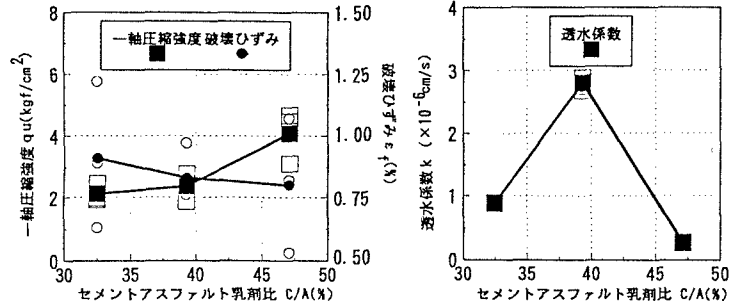


図-4 セメントアスファルト乳剤比の影響（白抜き：計測値、黒塗り：平均値）

0cmとし、 $20' \pm 1' \text{ C}$ で3日間湿潤養生し作成した。

4. 試験結果および考察

4. 1. 静的力学特性と止水性

図-3にシリーズAの一例としてケースA-3と、ケースBについて、一軸圧縮試験より得られた応力（圧縮強度で無次元化）とひずみの関係を示す。ケースA-3はケースBと比較すると、破壊ひずみが大きくなり、破壊後、圧縮ひずみ3%程度まで60%程度の残留強度があり、靱性に富む材料であることが分かる。

図-4に各試験ケースより得られた諸物性値とセメントアスファルト乳剤比の関係を示す。シリーズAは、一軸圧縮強度 q_u は $2.0 \sim 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、弾性係数 E は $400 \sim 800 \text{ kgf/cm}^2$ 程度、破壊ひずみ ϵ_f は $0.8 \sim 0.9\%$ で、ケースBと比べると弾性係数は概して1/100程度、破壊ひずみは1.8倍程度となり、より低剛性で柔軟性に富む材質であった。一軸圧縮強度と弾性係数については、セメントアスファルト乳剤比が高いほど大きくなり、破壊ひずみについてはセメントアスファルト乳剤比が高いほど小さくなった。透水係数 k はばらついているものの、 $k = 0.2 \sim 2.8 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ の範囲にあり、止水壁に必要とされる透水係数をほぼ満たしていた。なお、ばらつきの原因としては、計測手法から生じる誤差が影響したものと考えられる。

4. 2. 動的力学特性

動的三軸試験は、側圧 $\sigma_3 = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で荷重レベルを順次上げていき、各段階で繰返し10回目のサイクルにおける応力とひずみの関係よりせん断弾性係数 G を求めた。図-5に試験より得られた G_0/G （＝初期せん断剛性/せん断剛性）及び減衰定数 h とせん断ひずみ γ の関係を示す。初期せん断剛性 G_0 は $1,200 \sim 2,000 \text{ kgf/cm}^2$ 、減衰定数 h は16～20%であり、アスファルト添加量が大い程、初期せん断剛性 G_0 は小さく、減衰定数 h は大きくなった。

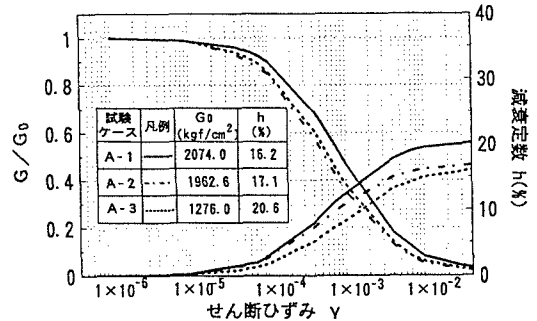


図-5 G_0/G 及び減衰定数 h とせん断ひずみ γ の関係

5. まとめ

今回、地下ダム止水壁の耐震性能の向上を目的に、壁体材料として琉球石灰岩にセメントとアスファルト乳剤を混合した材料を対象に配合試験を実施した。その結果、本材料は、1)低剛性かつ靱性で、2)所定の強度と透水性があり、3)初期せん断剛性 G_0 は低下し減衰定数 h は増加するという特質があり、耐震上有利なものであることを確認することができた。今後、本報で紹介した事例が、地下ダム止水壁の材料の一例として地下ダム計画の一助になれば幸いである。

- <参考文献> 1)三上・上原・原田・箱田：地下ダム止水壁の地震時の挙動、土木学会第50回年次学術講演会、I-B831, 1995. 9
2)三上・原田・山田・大久保：地下ダム止水壁の地震時挙動に関する研究、第6回ダム工学研究発表会、1995. 11
3)三上・原田・山田・大久保：地下ダム止水壁の地震時の挙動(その2)、土木学会第51回年次学術講演会、I-B87, 1996. 9