

Ⅲ-A410

橋梁基礎の原位置試験結果と設計上の物性値評価について

東日本旅客鉄道(株) 上信越工事事務所 正会員 飯塚英之
 同 上 佐藤憲一
 同 上 正会員 高木謙次

1. はじめに

ハツ場ダム建設（群馬県）に伴う J R 吾妻線付替工事で、支間 180 m の単線中通路式アーチ橋が計画された。概略設計段階での基礎形式は、凝灰角礫岩及び亀裂の多い安山岩を支持層とした大型直接基礎（底面寸法 30m×17m）となった。支持岩盤には常時で約 20,000tf（約 40tf/m²）の鉛直荷重が作用するため、固定アーチ橋基礎の支点変位を抑える必要があること、基礎設置位置が溪谷の斜面上となるため、斜面による支持力低減を考慮する必要があることから、原位置での正確な支持力評価が必要となった。本報では、室内試験結果から評価した物性値と原位置試験から得られた物性値の比較を行い、過去の同種岩盤の試験結果を加味した設計上の物性値評価を行ったので、その結果について報告する。

2. 支持岩盤状況

表-1 に地質調査に基づく支持岩盤性状を示す。橋台 1 A 付近の支持岩盤は C_M 級、RQD : 80~90% であり、比較的良好な凝灰角礫岩であったが、ボーリング調査結果から 2 A 側の支持岩盤は、凝灰角礫岩に安山岩が貫入する地質構造を成すものと推定された。したがって、貫入による熱変成作用の影響や 2 A 側支持岩盤の岩級分類及び RQD から推定される Deere の岩盤良好度、単位体積内割れ目数 J_v¹⁾ から判断すると、岩盤の岩質は、クラッキーかつ脆弱であり、小さい岩盤ブロックから構成されるものと予想された。

3. 室内試験結果からの物性値評価

現行の設計において求まる地盤の極限支持力は、その地盤が亀裂等を内包しない連続体であるという仮定を前提としている。そのため、今回は室内試験で求めた粘着力 c 、摩擦角 ϕ に対して岩盤の亀裂特性を反映させるために、地山の縦波弾性波速度とコア供試体の超音波伝播速度の違いから求まる亀裂係数に相関した低減係数により c 、 ϕ を補正する方法²⁾ により検討を行った。また、今回、基礎が斜面上に設置されるため、すべり線を仮定した鉛直支持力の低減³⁾ についても検討を行った。その結果を表-2 に示す。亀裂の影響を考慮すると c が 2 割、 ϕ が 6 割に、斜面の影響を考慮すると極限支持力が半減される結果となった。

4. 原位置試験結果

岩盤強度は、一般に岩自体の強さの他に、亀裂間の粘着力や拘束圧にも支配される。また、亀裂を介して相互の岩盤ブロックが剛体力学的挙動を示すことも知られている。このような場合、前述の物性値を補正する方法では、精度よく岩盤の物性値を求めることは困難である。したがって、原位置での正確な物性値を把握するため、特に、岩盤強度が弱いと考えられる 2 A 側でブロックせん断試験を実施することとした。

試験位置は、直接基礎の支持層として計画している自破碎状安山岩層の GL-8.5 m（ブロック 1,2）及び GL-10.0 m（ブロック 3,4）の位置とし、各位置 2 ブロックずつ試験を行った。試験位置までは、直径 3 m の調査坑を掘削してゆき、所定位置の孔内で試験を実施した。載荷方法は以下の通りである。

Key Word : 軟岩 *soft rock* , 原位置試験 *in-site shear test* , 橋梁基礎 *bridge foundation*

連絡先 : 群馬県高崎市栄町 6-26 J R 東日本 上信越工事事務所 TEL 027(324)0212 FAX 027(321)3991

表-1 支持岩盤性状

項目	1 A 基礎岩盤	2 A 基礎岩盤
岩級区分	C _M	C _L ~C _M
RQD (%)	70~90	10~25
Deere の岩盤良好度	良い	極めて悪い
単位体積内割れ目数 J _v	8~14	27~32

表-2 補正係数一覧

項目	1 A 側		2 A 側	
	C	ϕ	C	ϕ
亀裂による低減	K _C : 0.2	K _{ϕ} : 0.6	K _C : 0.2	K _{ϕ} : 0.6
斜面による低減	λ : 0.48 (斜面先破壊)		λ : 0.57 (斜面先破壊)	

※ λ : 「直接基礎の斜面による鉛直支持力補正係数算定プログラム」の計算結果

垂直載荷 : 初期垂直応力は、設計上、直接基礎底面の常時垂直応力が約 4.0 kgf/cm^2 となることから、1.0、2.0、3.0、 5.0 kgf/cm^2 の4段階とした。予備載荷は載荷速度 $0.25 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$ とし、各段階で5分間の静止載荷とし、本載荷は $0.50 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$ とした。

せん断載荷 : 載荷速度は水平分力で $0.50 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$ とし、 2.0 kgf/cm^2 毎に5分間の静止載荷とした。

ダムサイトで実施した原位置試験の既存資料に基づく岩級分類上・下限値⁴⁾に今回の試験結果をプロットしたものを図-1に示す。この図からブロック4はC_L級の上限值に近いが、ブロック1～3はC_L級の平均的な値を示し、地質調査結果から分類された岩級種別と一致した。

図-2にせん断応力と垂直変位の関係を示す。ここで、垂直変位は、沈下する方向が正、浮き上がる方向を負としている。この図を見ると、初期垂直応力 5.0 kgf/cm^2 ; ブロック4の破壊に至るまでの挙動が他の3つの場合と異なり、せん断応力の低い部分で、岩盤ブロックの剛体変形によるダイレイタンス効果と考えられる浮き上がりが生じ、また、せん断強度も他と比べて大きくなっている。これは、この部分の岩盤が、他よりも硬質で割れ目が密着しているためと考えられ、ブロック4の結果については、局所的な性質とし、物性値は同様の傾向を示したブロック1～3の結果から推定することとした。

表-3に試験結果の比較と最終的な物性値評価を示す。三軸圧縮試験(CU)の補正值及び原位置試験の結果を比較すると、原位置試験結果の方が大きな値となることがわかった。調査坑の孔内観察においても亀裂は密着しており、異方が認められないことから、支持岩盤は今回の原位置試験結果程度のせん断強度を確保できると考えられるが、寸法効果や経時劣化等による強度低下を考慮して、 c については、既往事例に従い、1/3程度以下に低減された室内試験の補正值を採用することとした。

5. まとめ

岩盤の破壊は、節理や亀裂の大きさ・数・方向性、吸水状態や風化の程度、拘束圧等に大きく支配される。しかし、これらの影響を定量化する手法は確立されておらず、規模の小さい一般の設計においては、同種同級岩盤の過去の実績や経験から間接的に物性値を推定する方法が多く採られている。

今回、実施した原位置試験は、個別の基礎岩盤特性を正確に評価する上で有効な手段であり、更に検討を重ね、今回の試験結果を一層の安全性、経済性の向上に役立てたいと考えている。

最後に、本報をまとめるに当たり、ご協力いただいた中央開発株式会社の方々に感謝いたします。

《参考文献》

- 1) 「原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針」 土木学会 (1983)
- 2) 「軟岩」 土木学会
- 3) 日下部 : 斜面上の直接基礎の支持力の算定 土と基礎、vol133、昭和60年2月
- 4) 齊藤他 : ダム基礎岩盤の原位置せん断試験値と地質岩盤分類別特性に関する考察 土木技術資料 (1984)

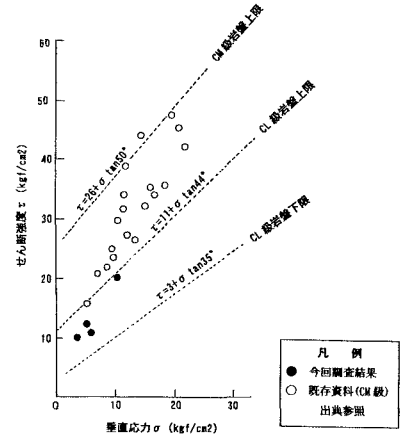


図-1 試験結果とC_L級岩盤上下限値

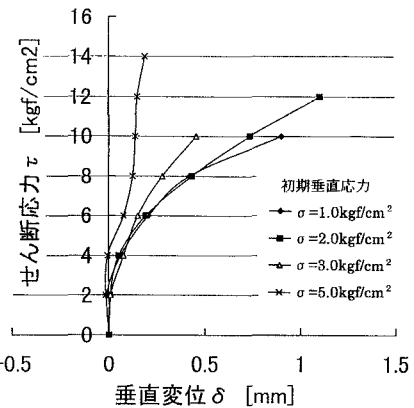


図-2 せん断応力と垂直変位の関係

表-3 試験結果比較と評価結果

項 目	1 A 側		2 A 側	
	C	φ	C	φ
三軸圧縮試験結果	38 kgf/cm ²	30°	10 kgf/cm ²	43°
補正後の物性値	7 kgf/cm ²	18°	2 kgf/cm ²	25°
原位置試験結果	—	—	7 kgf/cm ²	40°
物性値評価結果	7 kgf/cm ²	28°	2 kgf/cm ²	40°
斜面による低減	λ : 0.53 (斜面先破壊)		λ : 0.48 (斜面先破壊)	