

### Ⅲ-23 切土岩盤上に設置された直接基礎の隆起要因

四国電力株式会社 ○正会員 岩原廣彦  
(株)四電技術コンサルタント 正会員 川邊敏弘  
(株)四電技術コンサルタント 田村栄治  
(株)四電技術コンサルタント 藤川 聡

#### 1. はじめに

四国地方、三波川帯の切土岩盤に直接設置されたコンクリート基礎が、平成9年の掘削以降、最大49mm隆起した。造成盤の切り取り深さは30mの規模であり、基礎の隆起箇所は幅約20mの泥質片岩破碎帯にかかる。隆起した基礎周辺で実施した調査、室内試験から、基礎の隆起原因はトンネルの盤膨れなどで問題となるような膨潤性の粘土鉱物であるスメクタイト（モンモリロナイトとも呼ばれる）が多く含有されていることが主要な原因であることが分かった。

四国地方では、御荷鉾緑色岩類や黒瀬川構造帯中の蛇紋岩にはスメクタイトが含まれることが多く、トンネル施工時に盤膨れを生じるなど、問題となる地盤であることが知られている。しかし、三波川帯の泥質片岩分布域ではスメクタイトが含有される事例として中央構造線に近接する地すべり地において報告例<sup>1)</sup>はあるが、一般的には盤膨れが問題となることは稀な事例である。

#### 2. 基礎地盤の性状と各種試験結果

基礎地盤は掘削時の記録、ボーリング調査、トレンチ調査から、主に泥質片岩、一部塩基性片岩の破碎帯地盤から構成される（図1、図2）。泥質片岩の破碎帯は原岩色の黒灰色を呈すD級岩盤に相当する。施工時には、破碎帯地盤は乾燥下では非常に固い粘土地盤であり、機器基礎の荷重強度が $25\text{KN/m}^2$  ( $2.6\text{tf/m}^2$ ) と比較的小さいことから、圧密の恐れはなく基礎地盤として問題ないものと判断した。

##### 1) 基礎と破碎帯との位置関係

破碎帯は基礎の長手方向にほぼ直交する $\text{N}60^\circ\text{E}$ の走向で分布し、南へ $50$ 度程度で傾斜している。基礎部における破碎帯の鉛直方向の厚さは最大約 $20\text{m}$ である。

##### 2) 基礎の隆起状況

基礎工事は平成9年9月に行なわれ、基礎の変位測定では、隆起は掘削後1年程度が大きく、現在では隆起は沈静化の傾向にある（図3）。

##### 3) 基礎地盤の透水性と地下水

破碎帯部の地盤は透水係数が $1.15\sim4.29\times10^{-6}\text{cm/sec}$ と難透水性である。ボーリング孔を利用した破碎帯中の地下水位観測では、水位は深度 $0.36\sim0.7\text{m}$ 程度と地表近くに観測された。

地下水位が高い理由としては、破碎帯が難透水性地盤であること、基礎部周辺の造成地盤では路盤材を含め厚さ $20\sim50\text{cm}$ の岩砕の埋め戻しが行なわれ、表面はアスファルト舗装がなされており、岩砕埋め戻し土と基礎地盤との境界に沿って雨水が浸透、流下し易くなっていることが考えられる。

##### 4) 基礎地盤の物理・力学特性

破碎部の地盤は、乾燥条件下では硬い粘土状を呈するが、浸水すると軟質となる。破碎帯粘土は、土の密度（比重）約 $2.76\text{g/cm}^3$ 、単位体積重量約 $23.0\text{KN/m}^3$  ( $2.35\text{gf/cm}^3$ )、含水比 $6\sim10\%$ 、粘土分含有率約 $14\sim42\%$ 、塑性指数 $12\sim27\%$ の砂質粘土ないし粘土質砂からなる。孔内載荷試験による泥質片岩の変形係数は、 $13.7\sim84.8\text{MN/m}^2$  ( $140\sim865\text{kgf/cm}^2$ ) と小さい。一方、泥質片岩破碎帯を取り巻く塩基性片岩は堅硬であり、その変形係数は $860\sim1,560\text{MN/m}^2$  ( $8,800\sim15,900\text{kgf/cm}^2$ ) 程度と大きい。

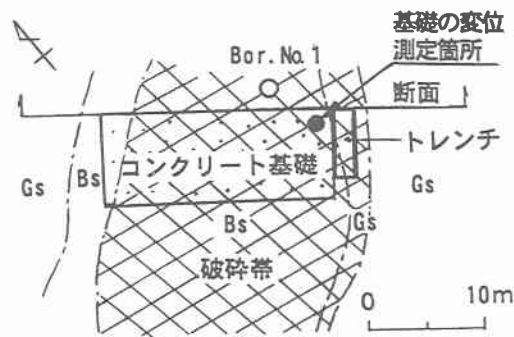


図1 調査平面図

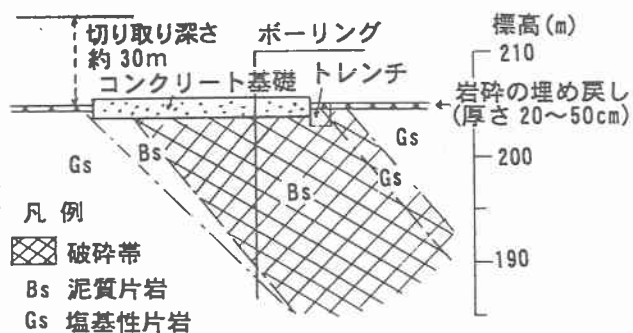


図2 地質断面図

5) 破碎帯地盤のX線分析

破碎帯粘土の水ひ試料（2 μm 以下の粘土試料）の X 線分析結果では、泥質片岩、塩基性片岩の破碎帯とも全域的にスメクタイトを含有し、その含有量は泥質片岩で 10～20%，緑色片岩で 27%程度であり、膨張圧の発生を示唆している。

6) 破碎帯地盤の陽イオン交換容量

陽イオン交換容量(CEC)値は、膨張性地山判定の 1 要素として使われる。試験結果は、泥質片岩破碎帯で 1.6～3.5meq/100g、緑色片岩破碎帯で 13meq/100g であり、膨圧発生の可能性が言われている 20 meq/100g<sup>2)</sup>より小さい値を示す。当地点においては、膨張圧と CEC 値との関連が薄いようである。

7) 破碎帯地盤の吸水膨張圧・吸水膨張率試験

トレンチとボーリングコアから採取した不攪乱試料を用いて室内試験を行った。吸水膨張応力・膨張率は、泥質片岩破碎帯で 30～60KN/m<sup>2</sup> (0.3～0.6kgf/cm<sup>2</sup>)・0.05～0.14%，緑色片岩破碎帯で約 140KN/m<sup>2</sup> (1.0kgf/cm<sup>2</sup>)・0.26%であった。スメクタイト含有率による膨張応力の既存データ<sup>3)</sup>では、含有率 20%で 49KN/m<sup>2</sup> (0.5kgf/cm<sup>2</sup>) 程度の膨張圧が得られており、ほぼ同程度の試験結果となっている。吸水膨張反応は浸水後即時に反応し、いずれも約 1 時間以内から 1 週間以内には反応がほぼ終了している(図4)。なお、隆起している基礎の荷重は、破碎帯の吸水膨張応力の半分程度、25KN/m<sup>2</sup> (2.6tf/m<sup>2</sup>) である。

3. 膨張性要因の評価

表 1 の破碎帯地盤の試験結果と吉川(1986)<sup>2)</sup>の泥質岩地山における膨圧の発生を判別する指標を比較すると、膨張要因として、隆起地盤はスメクタイトを多く含有する破碎帯であることが主因と判定できる。さらに、地下水位が高いこと、造成地盤の表層部は岩砕盛土層と掘削地盤との境界部が地下水の水みちとなっていることから、膨張圧発生のメカニズムとしては、雨水や地下水の浸透により、基礎掘削面から吸水膨張が始まり、吸水膨張によりその下方や側方に地下水位が浸透し新たな吸水膨張が発生し、徐々に隆起が生じたものと考えられる。地質構造として、破碎帯は堅硬な塩基性片岩に挟まれることから、破碎帯で吸水膨張が生じた場合、変位は上方へ現われ易いことも基礎隆起要因の 1 つと考えられる。また、泥質片岩破碎帯にスメクタイトが生成された原因として、当地点が鮎喰川断層に近いことから、鮎喰川断層に沿う熱水変質が当地点まで及んでいた可能性がある。

4. 今後の課題

対策工選定の検討にあたっては、今後の隆起変位量をいかに的確に予測することができるかが課題である。このためには、膨張履歴が不確かな地盤の物性値をどのように評価するか、例えば試験で得られた膨張応力は今後予想される膨張応力と等価であるか、などの究明が必要である。現在、膨張発生深度を調査するため、CCD カメラを用いた層別沈下計を設置し鉛直方向の地盤変位を計測中である。これらのデータに基づいて、さらなる原因究明と今後の変位予測を行ったのち、地下水の遮断や地盤改良（イオン交換工法）などの対策工を検討する予定である。

【参考文献】

1) 八木則男他(1995)：中央構造線上の断層破碎帯における一地すべりの特性，土木学会四国支部講演概要集  
2) 吉川恵也(1986)：軟岩地山におけるトンネル施工(1)，土と基礎，34～6  
3) 伊藤驍(1980)：土の膨潤挙動からみた地盤災害，土と基礎，28～2

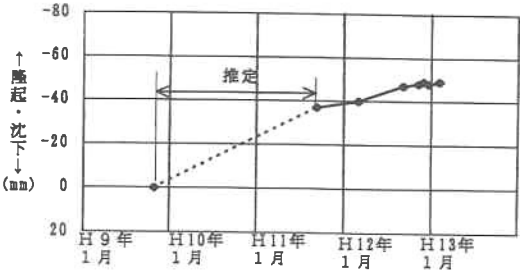


図 3 基礎の隆起測定

表 1 破碎帯地盤の試験結果

| 試験項目          | 試験結果                    | 吉川(1986)をもとにした膨張圧発生の指標 |
|---------------|-------------------------|------------------------|
| 自然含水比         | 6～10%                   | 20%以上                  |
| 塑性指数          | 12～27%<br>平均 22%        | 25%以上                  |
| 2 μm 以下粒子の含有率 | 14～42%<br>平均 27%        | 20%以上                  |
| スメクタイト含有率     | 105～27%                 | 20%以上                  |
| CEC 値         | 2.4～13meq/100g, 平均 4.0  | 20meq/100g 以上          |
| 吸水膨張率         | 0.05～0.26%              | —                      |
| 吸水膨張応力        | 30～140KN/m <sup>2</sup> | —                      |

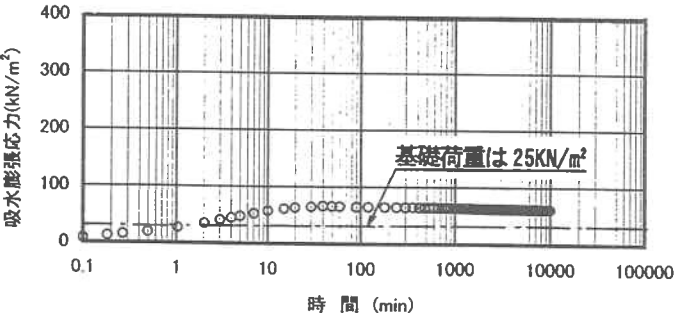


図 4 吸水膨張圧試験の結果例