

ロックアンカーの PC 鋼棒とグラウトとの付着特性試験

九州電力(株) 正会員 ○香月 理
正会員 溝上 建

1. はじめに

一般的に C_L 級以上の岩盤に定着する引張り型ロックアンカーの引き抜き抵抗力は、グラウトと引張り材の付着強度に支配される。引張材に PC 鋼棒を用いる場合、PC 鋼棒表面には凹凸状のリップがあるため引き抜き荷重作用に伴い定着部グラウトにはダイレーション(半径方向の垂直変位)が生じる¹⁾ことから、定着部周辺岩盤の拘束効果(すなわち、周辺岩盤の変形剛性)が定着部グラウトの付着強度に影響を及ぼし、ロックアンカーの引き抜き抵抗が変わる可能性がある。本稿では、PC 鋼棒とグラウトの付着面を平面展開した供試体を作製し、周辺岩盤の拘束効果を境界条件として採り入れた垂直剛性一定制御による一面せん断試験を行い、周辺岩盤の変形係数と付着強度の関係について検討した結果について報告する。

2. 試験概要

筆者らは図-1に示すような削孔径 135mm, PC 鋼棒径 ϕ 36mm 定着長 3m の引張り型ロックアンカーを、変形係数 300MPa の C_L 級岩盤に定着させて原位置試験を行った結果、PC 鋼棒とグラウトの境界面で破壊が生じていたため²⁾、本稿では PC 鋼棒とグラウトの境界面の平面展開模型を用いた一面せん断試験を行った。供試体の作成方法は、まず、円筒形をなす PC 鋼棒のリップを平面展開した図-2に示す鋼製プレートを作成し、その上にグラウトを打設して供試体を作成した。アンカーの PC 鋼棒はエポキシ樹脂が粉体塗装されているが、今回の試験では鋼製プレートの表面には市販のスプレータイプの合成樹脂塗装を行った。グラウトの配合は水セメント比 38.5%、減水剤の添加量を 3.0%とし、室内養生後の 28 日強度は概ね 55MPa であった。一面せん断試験は供試体を鋼製のせん断箱にセットし、図-3に示す不連続面せん断試験装置を用いて行った。下箱を水平に動かすことによりグラウトと PC 鋼棒の境界面をせん断するもので、上箱はせん断供試体を挟み込む形で設置され、垂直荷重は 2 箇所、で載荷可能な構造となっている。なお、垂直剛性一定制御は、2 本の垂直ジャッキを独立して行う。試験は、表-1に示す

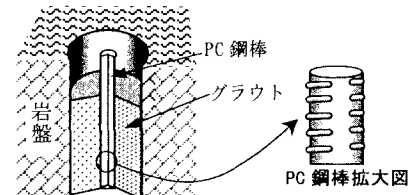


図-1 アンカー体の概要

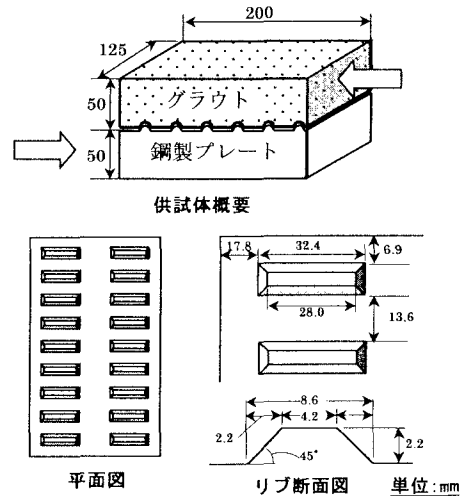


図-2 平面展開模型

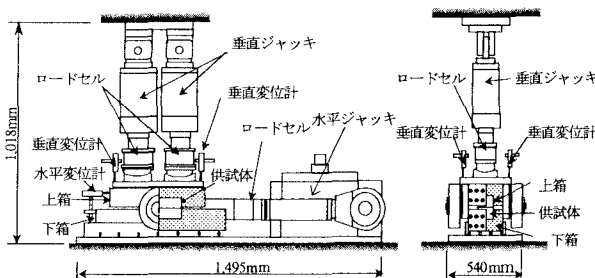


図-3 不連続面せん断試験機

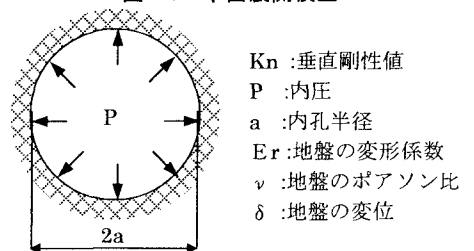


図-4 孔内の変形係数

垂直剛性を変えた合計 5 ケースを行った。比較試験としてケース 1 は垂直剛性 0，すなわち垂直応力一定条件で，ケース 5 は垂直剛性 ∞ ，すなわち垂直変位一定条件での試験である。ケース 2,3,4 の周辺岩盤の変形係数から一面せん断試験の垂直剛性(K_n)の換算値は，図 - 4 に示すように円孔内に等分布载荷する時の変形係数，荷重，変位等の関係から，次式で求めた。

$$K_n = \frac{P}{\delta} = \frac{Er}{(1+\nu)a} \quad \dots (1)$$

なお， $C_L \sim C_H$ 級相当の定着岩盤(変形係数 200~2000MPa)を想定した。また，初期垂直応力は，試験機の性能上最小の値である 0.14MPa とした。せん断は変位速度 0.2mm/min の変位制御で行った。

3. 試験結果

せん断変位とせん断応力，垂直変位，垂直応力との関係を図 - 5 に示す。せん断変位—せん断応力の関係を見ると，垂直剛性が大きくなるほど最大せん断応力及び残留強度は大きな値を示し，立ち上がりの勾配も大きくなるのがわかる。せん断変位と垂直変位，垂直応力との関係から，ケース 1 はせん断過程ではダイレクションの拘束を全く受けて，リブが完全に乗り上げることから，垂直変位は顕著に増加する。ケース 2,3,4,5 では垂直剛性が大きくなると垂直変位がより抑制されることから垂直応力が増大し，この結果，せん断応力(付着応力に相当)が増大している。図 - 6 に最大垂直応力 σ_p と最大せん断応力 τ_p の関係を示す。ケース 2, 3, 4 で得られる $\sigma \sim \tau$ 関係と，ケース 1，ケース 5 のそれは異なっている。これは，試験後の供試体の観察から破壊モードの違いによるものと考えられる。拘束のないケース 1 ではリブ間のグラウトの破壊は全く生じずにリブが完全に乗り上げる破壊が支配的であるが，ケース 5 ではリブの乗り上げが全く許されずにリブ間のグラウトのせん断破壊が支配的である。一方ケース 2, 3, 4 では，中間的な破壊モード，すなわち，リブの乗り上げとグラウトの破壊が複合的に生じている。図 - 7 に定着部周辺

岩盤の変形係数と最大せん断応力(付着強度に相当)の関係を示す(ケース 1 は変形係数 1 MPa に，ケース 5 は 10000MPa にプロット)。定着岩盤の変形係数の増加とともに PC 鋼棒の付着強度が増加することがわかった。

4. おわりに

今後は，今回の試験結果をもとにバネモデルを用いてロックアンカーの引抜き力抵抗を算定し，周辺岩盤の変形係数とアンカーの引抜き抵抗との関係について検討を行う予定である。

表 - 1 試験条件

	初期垂直応力 (MPa)	周辺岩盤の変形係数(MPa)	換算した垂直剛性値(GPa/m)
ケース1	0.14	0	0
ケース2	0.14	228	2.60
ケース3	0.14	912	10.39
ケース4	0.14	1824	20.79
ケース5	0.14	∞	∞

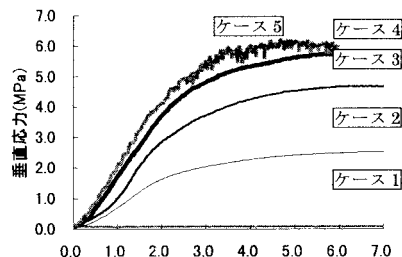
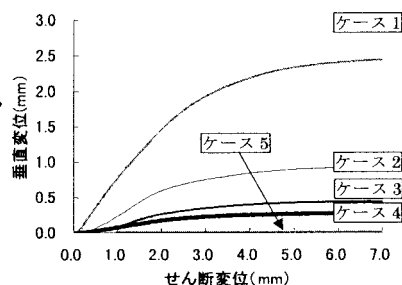
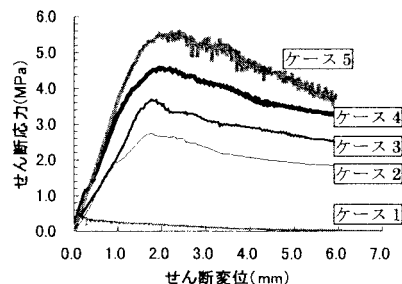


図 - 5 試験結果

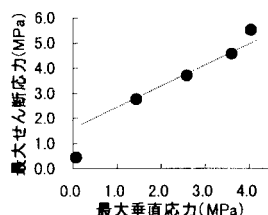


図 - 6 σ_p と τ_p の関係

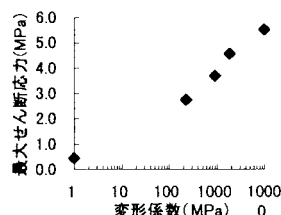


図 - 7 変形係数と τ_p の関係

【参考文献】

- 1) 蛭子清二：鉄塔基礎用ロックアンカーの引き抜き耐力に関する研究，奥村組特定研究報告，1995
- 2) 溝上 建：ロックアンカーの送電鉄塔への適用に関する研究，研究報告，九州電力（株）総合研究所，No99123，1999.3