

# 13. 岩盤不連続面の3次元分布を考慮した解析的検討による

## 原位置岩盤の平板載荷試験の評価

### Evaluation of In-Situ Plate Loading Test by Analytical Studies Considering Three-Dimensional Distribution of Discontinuity of Rock Mass

岩荅和広<sup>1</sup> 坪田裕至<sup>1</sup> 國西達也<sup>1</sup> 岩田直樹<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>中国電力(株), <sup>2</sup>中電技術コンサルタント(株))

#### 1. はじめに

岩盤上に設置する大型構造物の設計にあたっては、岩盤の変形特性に影響を及ぼす割れ目の物性を考慮した地盤の安定性評価が重要となる。これを反映し、最近の研究では、割れ目の変形特性の拘束圧依存性や非線形性を考慮できる複合降伏モデルの地盤応答解析への適用性検討が行われているが、実際の岩石・岩盤物性を用いて複合降伏モデルの妥当性を検討した事例は少ない。このため、本研究では、実際の岩盤の割れ目性状・物性を用いて三次元複合降伏モデル<sup>1)</sup>により岩盤変形試験をシミュレートし、実測値と比較することにより同モデルの適用性を検証した。

#### 2. 解析方法

##### (1) 対象岩盤の概要

今回試験対象とした岩盤は、山口県南東部に分布する領家変成岩のうち縞状片麻岩（珪質）である。本岩は付加体堆積物を原岩とする高温低圧型の変成岩であり、厚さ数mm～数cmの優白質部と厚さ数mmの優黒質部が概ね規則的な縞状構造を呈し、その境界は、片理面となっている。また、岩級区分は、電研式岩盤分類のC<sub>M</sub>級に分類される。

平板載荷試験を行った試掘坑壁およびボーリング孔のBTV（ポアホールテレビ）による割れ目調査により整理した割れ目のシュミットネットを図-1に示す。

これによると、片理面沿い割れ目、南北系高角度割れ目、東西系高角度割れ目の3系統が卓越していることが分かる。このため、これら3系統の割れ目を対象に各割れ目の走向・傾斜および間隔を整理し、解析に反映した。

##### (2) 解析モデルおよび解析手法

本解析で用いる複合降伏モデル（The Multiple Yield Model, MYM）は、有限要素法による等価連続体解析の一種であり、割れ目の強度・変形特性および割れ目間隔、並びに、母岩の強度・変形特性を個別に評価・モデル化できる。

解析モデルは、図-2に示すように岩盤表面に直径60cmの載荷盤を再現し、平板載荷試験による影響範囲を包絡するような6.0m×6.0m×3.0mの岩盤をモデル化した。また、境界条件は側方を鉛直口

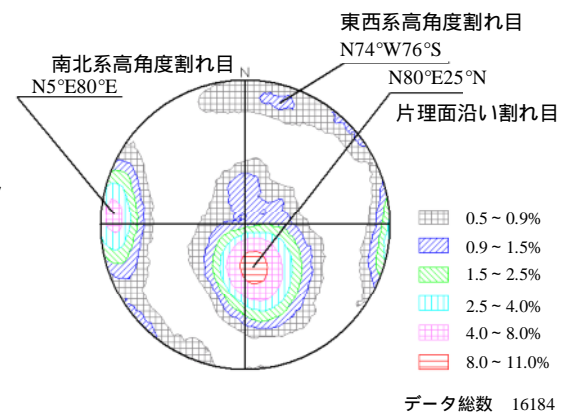


図-1 割れ目のシュミットネット（南半球投影）

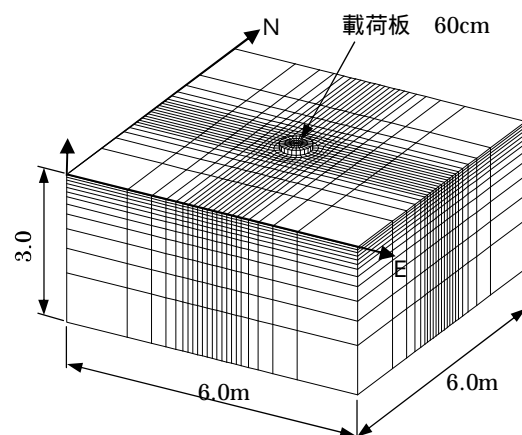


図-2 解析モデル

ーラー，底面を固定とした。

解析は，自重計算により岩盤の初期応力状態を設定した後，試験荷重として上載荷重を3MPaまで0.02MPa刻みで作用させて試験面の鉛直変形量を求めた。

### (3) 解析用岩盤物性値

解析用物性値を表-1に示す。母岩の物性値は50mmのボーリングコアによる一軸圧縮試験から，また割れ目の物性値は90mmのボーリングコアによる割れ目のせん断試験および垂直剛性試験から算出した。

割れ目の物性値は，割れ目のスケールに依存するいわゆる「寸法効果」が顕著である。従って解析用物性値については，上記試験結果にコアの割れ目面積と岩盤の割れ目面積の関係から寸法効果による物性低下を考慮して設定した。

表-1 解析用物性値

載荷板の弾性係数	200GPa	割れ目の初期垂直剛性 $K_{ni}$	0.4GPa/m
載荷板のポアソン比	0.3	割れ目の初期せん断剛性 $K_{si}$	2GPa/m
載荷直径	0.6m	割れ目のせん断強度 $\sigma_j, C$	$31.2^\circ, 0.266\text{MPa}$
上載荷重	3.0MPa	割れ目の最大閉合量 $V_m$	0.7mm
母岩の弾性係数	24.83GPa	割れ目の走向傾斜と間隔 $S$	片理面沿い割れ目：N80°E25°N, 0.19m 南北系高角度割れ目：N74°W76°S, 1.97m 東西系高角度割れ目：N5°E80°E, 0.64m
母岩のポアソン比	0.21	割れ目のせん断剛性の係数	$n_j=1.0, R_f=0.8$
母岩の単位体積重量	26kN/m <sup>3</sup>		

### 3. 解析結果

平板載荷試験における試験面中心を通る断面内(東西方向)の載荷荷重に応じた鉛直変形量分布について，解析結果と試験結果を比較した結果を図-3に示す。

これによれば，解析結果は試験結果の全体的な傾向である，変形量は試験面に近いほど大きい，変形量は載荷応力が大きいほど大きい，等について概ね再現しており，試験面直下の最大変形量についても，解析結果は試験結果と概ね整合している。

以上の結果から，割れ目の特性を反映した複合降伏モデルは，岩盤試験における岩盤変形の全体的な傾向を良く再現しており，実際の岩盤挙動をシミュレート可能であると考えられる。ただし，試験面から離れた箇所での変形再現性に課題があり，今後はこれについてはさらなる検討が必要である。

### 4. まとめ

本研究では，岩盤不連続面の分布と変形特性を考慮できる複合降伏モデルを用いて，割れ目の試験により得られた物性値を基に平板載荷試験の再現解析を行った。その結果，岩盤の割れ目性状を反映した複合降伏モデルは，平板載荷試験における岩盤変形を概ね再現可能であり，地盤の安定性評価に有効な手法であると考えられる。

### 5. 文献

1)岩田 直樹，石川昌義，佐々木 猛，吉中 龍之進：平板載荷試験における岩盤不連続面の3次元分布を考慮した解析的検討，第41回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp. 258-263，2012。

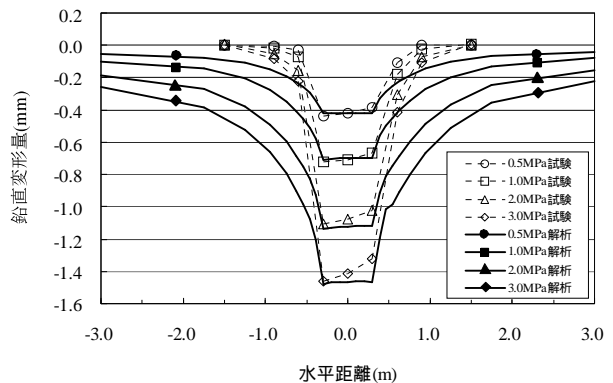


図-3 解析結果と試験結果の比較