

断層変位による構造物への影響評価のための実験及び解析（その1 実験編）

(株) 安藤・間 正会員 ○室山 拓生
 (株) 安藤・間 正会員 船津 貴弘
 (一財) エンジニアリング協会 フェロー会員 塩崎 功

1. はじめに

前の地質調査によって活断層の存在が確認された場合、その周辺に重要構造物が建設されることはない。しかし、地震断層の周辺に副次的に発生する副断層の発生位置を、事前に特定することは困難である。したがって、重要構造物の直下において想定していなかった副断層による変位が生じた場合に、構造物にどの程度の影響が生じるかを事前に把握し、必要に応じて対策を検討しておくことはリスク低減の観点から重要である^{1), 2), 3)}。筆者らは、構造物直下の副断層を想定した断層変位による構造物への影響について、模型実験と数値解析から定量的に評価することを目指している。ここでは重力場模型実験について報告する。

2. 模型実験概要

模型の縮尺は、想定する重要構造物の実スケールの1/500とした。模型地盤に副断層を模擬した強制変位を与えて周辺地盤や直上に設置した模擬構造物の挙動を計測した。図-1に実験模型の断面図を、表-1に実験模型に使用した地盤材料の強度特性値を示す。実験では、断層面(弱層)を基盤層内にあらかじめ配置し、電動ジャッキにより一定速度(1cm/s)で強制的に断層変位を発生させた。基盤層・断層(弱層)表層及び構造物の位置の組合せを変えて、表-2に示す全12ケースの実験を行った。

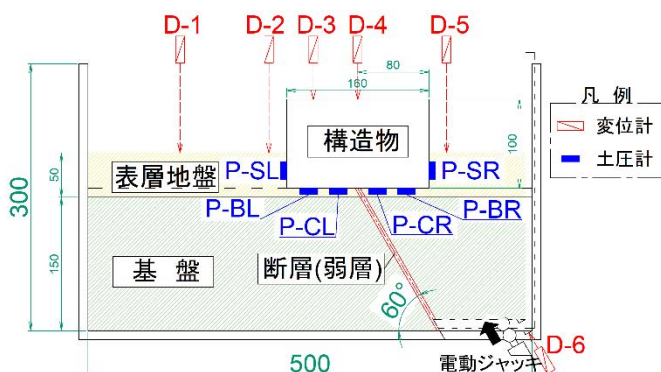


図-1 実験模型概要図

表-1 実験模型に使用した地盤材料の強度・変形特性

材料名称	記号	強度特性				対象箇所
		粘着力 c(kN/m ²)	内部 摩擦角 φ(°)	一軸圧縮 強度 qu(kN/m ²)	変形係数 E ₅₀ (MN/m ²)	
8号珪砂	8K	13.83	30.3			表層
4号珪砂	4K	11.08	37.2			
グリス	Gre	0.37	0.0			断層 (弱層)
珪砂7号	Gy05	2.08	33.8	26.19	2.04	
珪砂7号	Gy10			101.96	41.10	基盤層

表-2 断層模型実験実施ケース一覧表

ケース名	表層	基盤	断層(弱層)	構造物	実験目的
	8号: 自立 (w=30%) 4号: 非自立 (w=0%)	Gy10: 100kN/m ² Gy05: 20kN/m ²	Gy05: 20kN/m ² グリス: 0.5kN/m ²	石膏 (Gy100)	
8K-10-5-0	8号珪砂	Gy10	Gy05	なし	断層変位時の地表面変位 (基本データ)の取得
4K-10-5-0	4号珪砂	Gy10	Gy05	なし	
8K-10-5-C	8号珪砂	Gy10	Gy05	中央	断層変位時に 地盤特性が構造物に与える影響を検討 <検討する「地盤特性」> ・表層の強度・剛性 ・基盤層の強度・剛性 ・断層(弱層)の強度・剛性
8K-10-G-C	8号珪砂	Gy10	グリス	中央	
8K-05-5-C	8号珪砂	Gy05	Gy05	中央	
8K-05-G-C	8号珪砂	Gy05	グリス	中央	
4K-10-5-C	4号珪砂	Gy10	Gy05	中央	
4K-10-G-C	4号珪砂	Gy10	グリス	中央	
4K-05-5-C	4号珪砂	Gy05	Gy05	中央	
4K-05-G-C	4号珪砂	Gy05	グリス	中央	
8K-10-5-R	8号珪砂	Gy10	Gy05	右寄せ	構造物と断層(弱層)の 位置関係による影響検討
8K-10-5-L	8号珪砂	Gy10	Gy05	左寄せ	

キーワード 模型実験, 構造物への影響, 断層変位, 土圧, 地表面変位

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 建設本部 技術研究所 TEL 029-858-8813

3. 模型実験結果

標準ケース（8K-10-G-C）の断層変位発生状況を図-2に示す。このケースでは、あらかじめ弱層として設置した断層面に変位し、最大変位時には構造物を点で支えるような状況となった。図-3、図-4は実験ケース8K-10-G-Cの計測結果である。それぞれ断層変位量と地表面および構造物上面変位量の関係、断層変位量と土圧の関係を整理している。

不動側では変位はほとんどなく、移動側で断層変位に対してリニアに地表面と構造物の上面が変位する傾向が確認できた。これは、他のケースでも同様な傾向を示した。また、構造物に取り付けた土圧計の結果から断層が1~2mm（実変位量換算で50~100cm）変位する間に、底面の断層直近かつ移動側のセンサーで比較的大きな土圧が観測され、側面においても土圧が上昇し、その後側面土圧は低下傾向を示した。

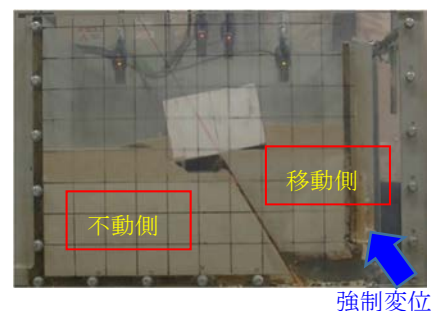


図-2 断層変位発生状況
(8K-10-G-C)

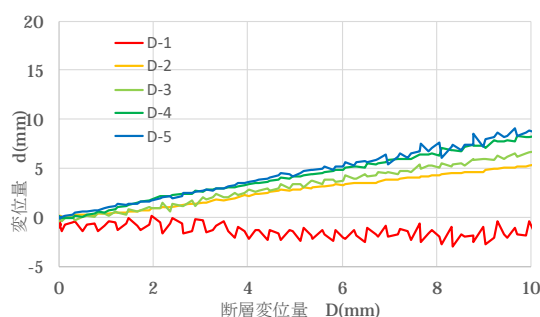


図-3 断層変位と地表面変位量の関係 (8K-10-G-C)

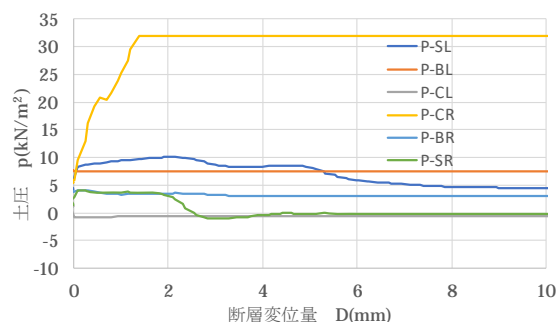


図-4 断層変位と土圧の関係 (8K-10-G-C)

4. 断層変位による構造物への影響

断層変位に伴う地表面変位は、断層から不動側に0~150mmの範囲で変位量が大きくなる傾向が見られた。これは構造物側面の受働崩壊角内の地盤が破壊に伴って大きく変位したことを示しており、変位の影響は表層地盤の地盤特性（受働崩壊角）によって決定されるものと推察される。また、構造物に作用する土圧の上昇は局所的であり、断層直近（移動側）に荷重が集中し、側壁では若干の上昇がみられる程度であった。

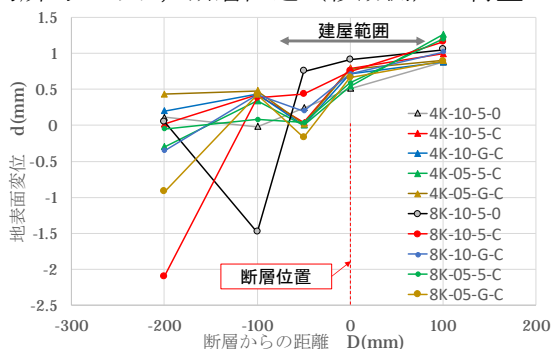


図-5 各ケースにおける地表面変位(断層変位1mm)

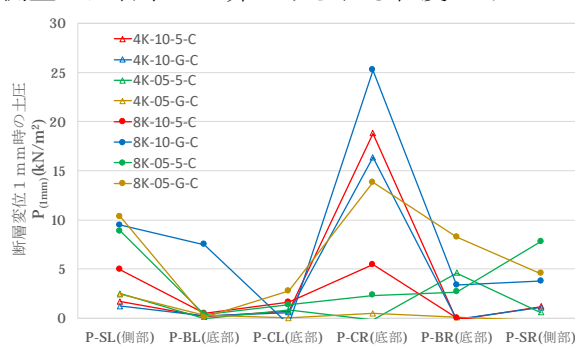


図-6 断層変位1mm時の土圧計測結果

5. まとめ

断層変位を受ける構造物では、底面の一部に局所的な土圧の増加が見られた。模型実験における変位量1mmは、実構造物では50cmの変位量に相当する。この変位が生じた時点の土圧データを、香川（1978）による相似則⁵⁾に基づいて、想定する重要構造物に作用する土圧に換算した。その結果、地盤構成や断層の強度等によらず、断層変位により発生した土圧による荷重の増加量は、底盤コンクリートの設計基準強度や地盤の極限支持力に対して小さな値であることが確認できた。本研究は（一財）エンジニアリング協会「エネルギー関連施設に関する活断層の工学的研究会」の活動の一環で実施したものである。

参考文献：1) 平松ほか：活断層の見方・捉え方，応用地質，第59巻，1号，2018。 2) 塩崎ほか：指針・基準類に見る活断層対策，応用地質，第59巻，第2号，2018。 3) 松浦ほか：活断層の一般的・平均的なイメージ（一般像・平均像）の把握，応用地質，第59巻，第6号，2019。 4) 船津ほか：断層変位による構造物への影響評価のための実験及び解析(その2 解析編)，土木学会全国大会，2021。 5) 香川：土構造物の模型振動実験における相似則，土木学会論文報告集 275，69-77，1978。