

塑性化要因をパラメーターとした石積み壁の変状に関するシミュレーション解析

中央復建コンサルタント株式会社 正会員 ○北原 満
 中央復建コンサルタント株式会社 正会員 室谷 耕輔
 鉄道総合技術研究所 正会員 太田 直之
 鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮

1. はじめに

既存の石積み壁については、壁の下端付近において石が前方にはらみ出すような変状が、確認されている事例がある。変状事例を図-1に示す。変状は、地盤の経年に伴う風化、水圧等の外力の要因により、背面地山に何らかの破壊が生じていると考えられるが、変状要因である外力、地山の状態は、共に不明であるため、筆者らは、実例のはらみ出し変状の変形モードに着目した強制変位を石積み壁に与え、FEM解析を用いて、石積み壁がはらみ出した状態における背面地山の地盤状態の確認を行った。変状事例の変形モードを図-2に示す。解析は、図-3に示す解析モデルを設定し、モルクーロンの破壊基準を用いて、地盤の非線形性を考慮した2次元静的FEMによる弾塑性解析を行った。自重解析をステージ1、ステージ2において、強制変位による解析を実施した結果、背面地山に、崩壊角が小さく(約15°)、広い範囲の塑性域(図-4)が確認され、この塑性化が石積み壁のはらみ出し変状に対して、大きな影響を与える可能性を確認した。本解析では、この塑性化を引き起こす要因についてシミュレーションを行い、石積み壁のはらみ出し変状との関係について確認することを目的とする。

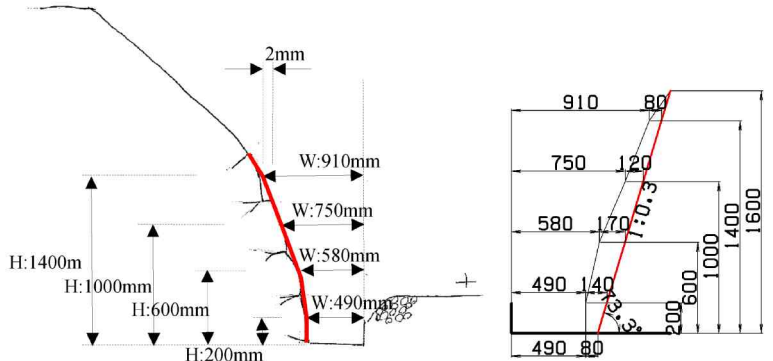


図-1 変状事例

図-2 変状事例の変形モード

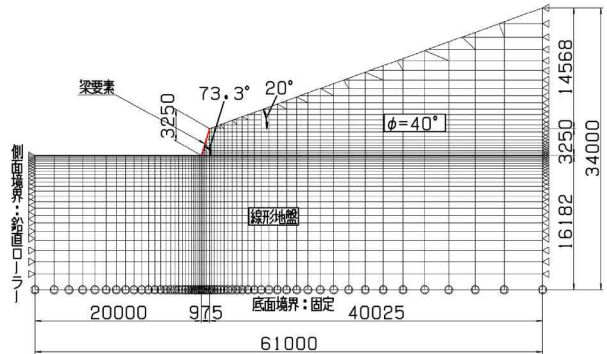


図-3 解析モデル

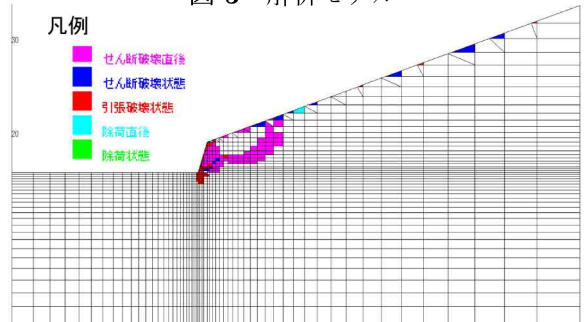


図-4 強制変位による塑性域図

2. パラメーターの設定

シミュレーションにおけるはらみ出し要因のパラメーターとしては、経年による風化を考慮した背面地山の強度低下、石積み背面の水位上昇(水圧の作用)、背面地山に発生するすべり線等が考えられる。本解析では、背面地山の強度低下として内部摩擦角を $\phi = 40^\circ$ から $\phi = 35^\circ$ に低減し、水位上昇による水圧は、石積み壁の高さの1/2程度考慮する。すべり線に関しては、強制変位の解析結果において得られた崩壊角の小さい(約15°)塑性域をすべり線とした。図-5に解析に用いる各パラメーターと検討ケースを示す。

	背面地山物性値	すべり線	水圧
検討ケース	ケース1 $\phi = 40^\circ$	無し	h $b/2h/2$
	ケース2 $\phi = 40^\circ$	すべり線	h $b/2h/2$
	ケース3 $\phi = 35^\circ$	無し	h $b/2h/2$
	ケース4 $\phi = 35^\circ$	すべり線	h $b/2h/2$

図-5 パラメーターと検討ケース

Key Words : 石積み壁, はらみ出し変状, 2次元FEM弾塑性解析, 強制変位解析

連絡先 : 〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-10-13 TEL 03-3511-2006 FAX 03-3511-2036

3. 解析モデル

解析モデルを図-6に示す。解析モデルは、図-3の解析モデルに対し、強制変位解析によって得られた塑性域から約15°のすべり線を仮定した。すべり線の物性値は、解析上 $\phi=0.1^\circ$ とした。解析領域は、境界条件の影響を受けないように、幅を背面地山側に40m、切り取り側に20m、深度を石積み壁高さの5倍程度の約16mに設定した。境界条件は、底面境界を固定、側面境界を鉛直ローラーとした。また、石積み壁は、石同士の結合条件を、ピン結合としてモデル化を行った。

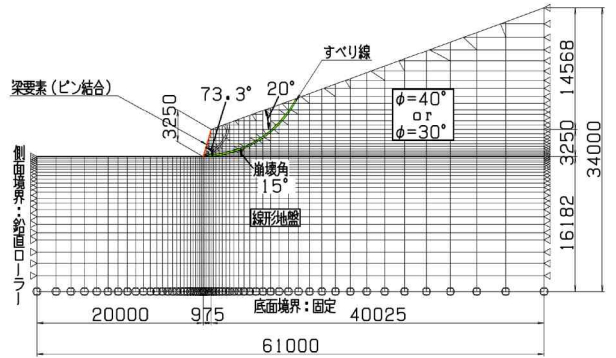


図-6 解析モデル

4. シミュレーション解析結果

各ケースの地盤変形図を図-7～図-10に示す。

①ケース1の結果

水位上昇による水圧を考慮したケース1では、石積み壁が全体的に沈下し、壁下端付近において、壁が局所的にはらみ出す変形を示す結果となった。この変形は、変状事例で確認されている石積み壁下端付近がはらみ出すような変形(図-2)とは、異なる変形モードである。

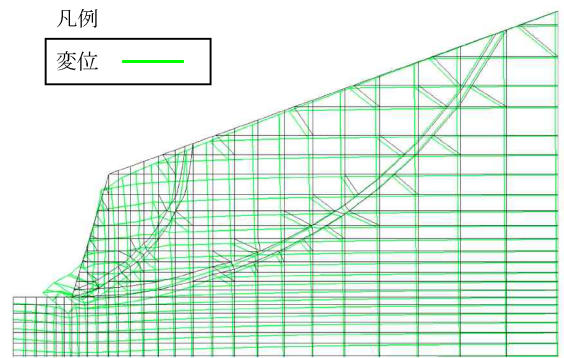


図-7 ケース1変形図

②ケース2の結果

ケース1にすべり線を発生させると、すべり線上の土塊が石積み壁下端に向けて沈下する傾向を示した。壁は、土塊の沈下に伴い全体的に沈下し、はらみ出しの変形は、ほとんど見られない結果となった。

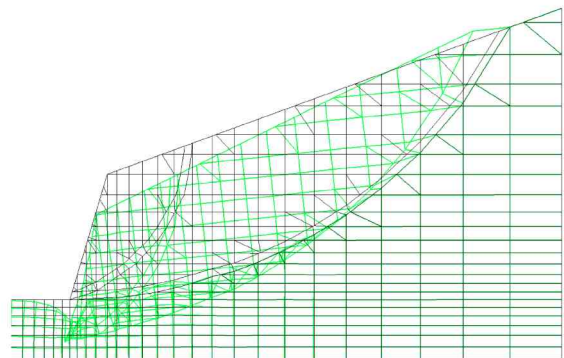


図-8 ケース2変形図

③ケース3の結果

強度低下した背面地山に、水圧を考慮した場合は、地山の強度が小さくなるため、変位量が大きくなるものの、ケース1と同様、壁下端付近が局所的にはらみ出す変形モードを示した。

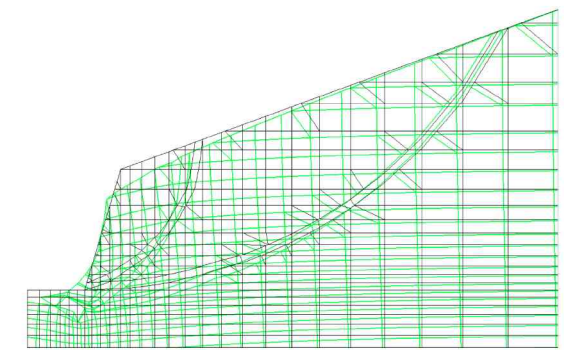


図-9 ケース3変形図

④ケース4の結果

ケース3にすべり線を発生させると、ケース2のような、沈み込むような変形は生じず、壁天端付近から下端付近に向けて、壁がはらみ出すような、変状事例の変形に最も近い変形を示す結果となった。このことから、石積み壁がはらみ出すような変状を生じさせる要因は、地盤の強度低下、水圧、すべり線の発生、これら全ての外力が作用した場合であると考えられる。

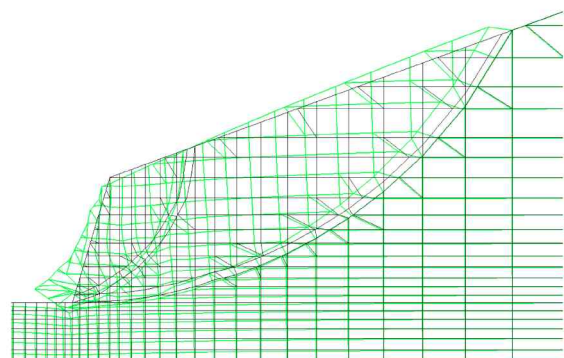


図-10 ケース4変形図

4. まとめ

本解析では、石積み壁の変状要因を確認するために、2次元静的FEM解析を用いて検証を行った。その結果、背面地山の強度低下、水圧、すべり線の発生が、石積み壁のはらみ出し変状に対して、大きな影響を与える可能性が確認された。今後は、はらみ出し変状の要因を用いて、はりバネモデルによるシミュレーションを行い、はりバネモデルを用いた石積み壁の評価手法及び補強対策案について検討していく予定である。