大段差におけるジオテキスタイルを用いた道路段差軽減工法
－FEM による解析的検討及び実証試験結果との比較－

前田建設工業㈱　正会員　○坂藤　勇太　正会員　川西　敦士
前田建設工業㈱　非会員　　内田　　尊　非会員　佐々木　悟

１．はじめに

筆者らは，既往の実績として大規模地震が発生した際に生じる大きな道路段差に対し，ジオテキスタイルを用いた道路段差軽減工法（以下，ジオブリッジ工法）を開発してきたが，近年の重要施設に要求される耐震性能を考慮し，適用段差量の拡大に対する工法改善が望まれてきた[1]．本稿では，大段差量となる変形量 60cm においても大型車両の走行性を確保することを目的とし，従来型のジオブリッジ工法に加えて，鉄筋コンクリート版（以下，RC 版）との複合構造である新型ジオブリッジ工法の開発を行い，その効果を確認するため，FEM 非線形解析による変形形状の推定と実物大モデルによる実証試験を行った結果を報告する．

２．実証試験概要

実証試験の概要を**図-1** に，実証試験ケースを**表-1** に示す．耐震性を必要とする洞道を仮設構台に置き換えて各試験ケースの段差量まで 10cm 毎に押し上げ，対象車両にて段差走行試験を実施した．また，補強マットの仕様については，中詰材が C-40（粒調砕石），1 層 30cm の厚さにて実証試験を実施した．

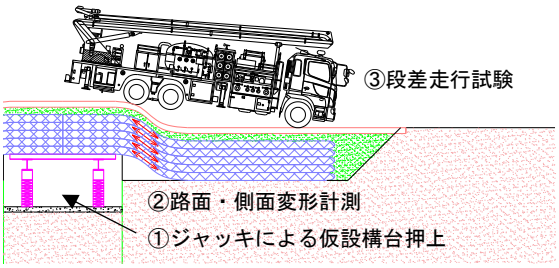
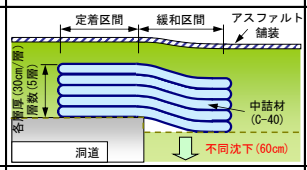
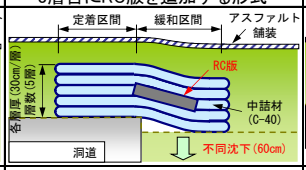
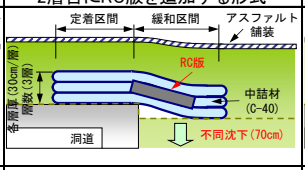
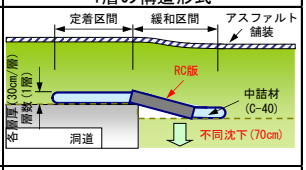


図-1　実証試験概要

表-1　実証試験ケース一覧表

	Case1	Case2	Case3	Case4
構造概要	従来型ジオブリッジ構造（補強マットのみ）	新型ジオブリッジ工法（補強マットとRC版の複合構造）		
内容	補強マットの5層構造形式	補強マットの5層構造形式に3層目にRC版を追加する形式	補強マットの3層構造形式に2層目にRC版を追加する形式	補強マットとRC版の複合式で1層の構造形式
構造形式				
層数	5層	5層（内3層目はRC版を含む）	3層（内2層目はRC版を含む）	1層（RC版を含む）
層厚	150cm	150cm	90cm	30cm
試験時段差量	60cm		70cm	

３．FEM 非線形解析による変形形状の推定と実証試験結果との比較

本解析は，段差発生時に路面勾配が最も大きい Case1（従来型ジオブリッジ工法）にて，補強マットの変形係数を変化させた FEM 解析による変形形状の推定を行った．さらに，この補強マットの変形係数を用いて Case2～Case4 の RC 版との複合構造の FEM 解析を行い，実証試験結果との比較検討を実施した．

(1) Case1：従来型ジオブリッジ工法

本解析では，既往試験結果による道路緩和形状の詳細設計方法[2]を引用し，補強マットの変形係数を非線形特性とした FEM 非線形解析にて，所定の段差量まで徐々に段差量を増加させ，路面変形形状の算定を実施した．解析物性値は，表-2 の通り道路橋示方書や舗装設計施工指針等より設定した．この内，補強マットの変形係数及び非線形特性については，6 ケースの解析を実施し，実証試験結果の変形形状と一致するケースを採用した（**表-3**）．補強マットの非線形特性は，剛性変化点をせん断ひずみ 1.0%として初期変形係数と低減後変形係数を設定した．Case1 における FEM 解析モデル図を**図-2** に示す．

表-2　解析物性値一覧表（Case1）

項目	単位体積重量 γ(kN/m^3)	変形係数 E(kN/m^3)（初期）	ポアソン比 ν(-)	備考
埋戻土（N=10相当）	18.0	70	0.35	※1）
路盤（粒調砕石）・アスファルト	20.0	1,000	0.35	※1）
補強マット（中詰材：粒調砕石）	20.0	表-3参照	0.35	

※1）大変形発生時の剛性低減として，初期変形係数を一般的な変形係数の1%程度とする

キーワード　道路段差抑制対策，ジオテキスタイル
連絡先　　〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2　前田建設工業(株)土木事業本部 TEL03-5276-5166

© Japan Society of Civil Engineers

表-3　解析ケース（Case1）

ケース名	補強マット変形係数	
	（初期）	（低減後）
1-a	1,000	200
1-b	3,000	600
1-c	5,000	1,000
1-d	1,000	80
1-e	3,000	240
1-f	5,000	400

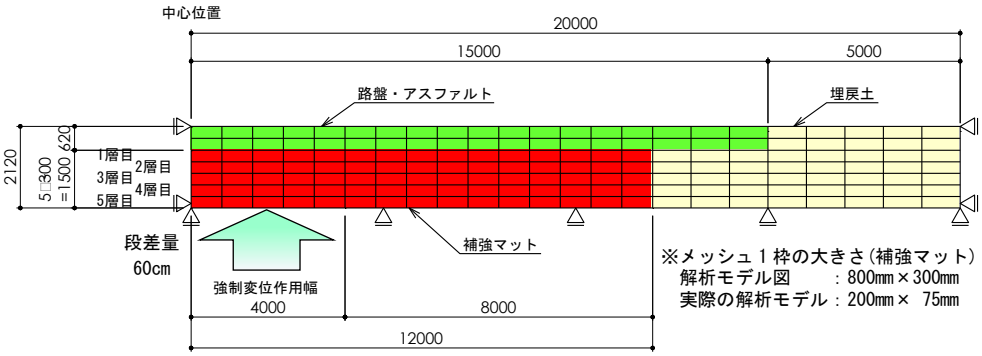


図-2　解析モデル図（Case1）

Case1 の FEM 解析結果と実証試験結果を**図-3** に示す．比較検討は，路面の変形に最も寄与する補強マット 1 層目の側面形状にて比較した．比較の結果，側面形状が最も一致するケースは，「1-e」であった．しかし路面形状の勾配は，実証試験結果の方が FEM 解析結果より大きい結果となった．これは Case1 の従来型ジオブリッジが大段差発生時に路面勾配が大きくなる構造であるため，舗装面が路盤から剥離し，差異が発生したと考えられる．ただし，路面の勾配はほぼ一致しており，変形係数及び非線形特性は適切であると判断した．

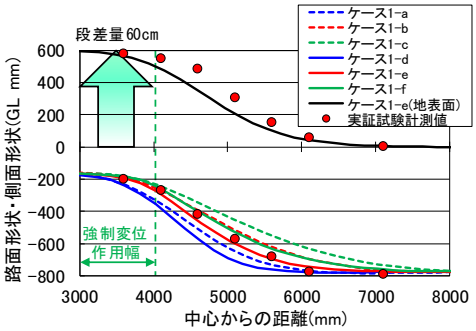


図-3　解析結果の比較（case1 1 層目）

(2) Case2～Case4：新型ジオブリッジ工法（RC 版との複合構造）

Case1 にて設定された変形係数及び非線形特性を基に，補強マット 1 層の一部を RC 版に変更した構造にて FEM 非線形解析を実施した．解析物性値を**表-4** に示す．各ケースにおける補強マットと RC 版の複合構造の解析結果と実証試験結果を比較した結果，路面形状及び側面形状は概ね一致していた（**図-4**）．これらより，補強マットと RC 版の複合構造においても，Case1 にて設定した補強マットの変形係数及び非線形特性の適用性が高いことが確認された．

表-4　解析物性値一覧表（Case2～Case4）

項目	単位体積重量 γ(kN/m^3)	変形係数E(kN/m^3)		ポアソン比 ν(-)	備考
		（初期）	（低減後）		
埋戻土（N=10相当）	18.0	70	－	0.35	※2）
路盤（粒調砕石）・アスファルト	20.0	1,000	－	0.35	※2）
補強マット（中詰材：粒調砕石）	20.0	3,000	240	0.35	※2）
RC版(f'ck=36N/mm^2)	24.5	29,800,000	－	0.20	※3）

※2）大変形発生時の剛性低減として，初期変形係数を一般的な変形係数の1%程度とする
※3）RC版の変形係数は，初期変形係数を低減しないこととする

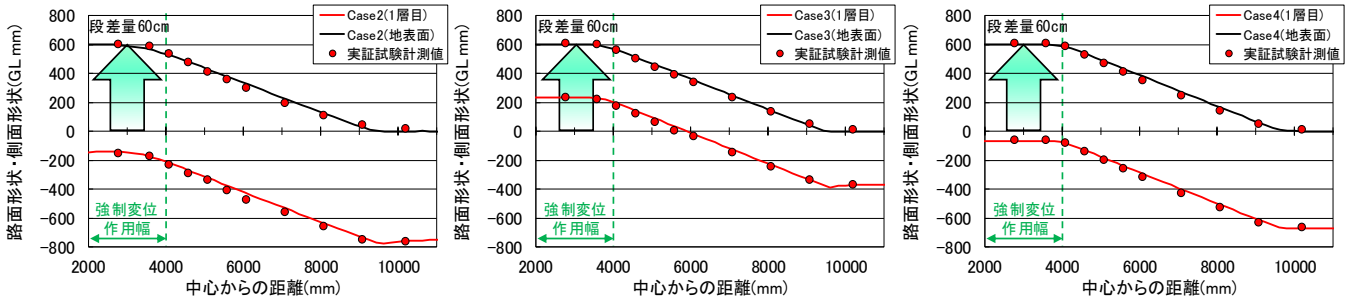


図-4　実証試験結果と FEM 解析結果の比較（Case2～Case4）

4．まとめ

本稿では，FEM 非線形解析にて求めた補強マットの変形係数と非線形特性を用いることで，RC 版の複合構造を含めて変形形状を高い精度で予測することが確認できた．また，実証試験結果より，経済性を考慮した Case3 で 70cm，Case4 で 60cm の段差量で大型車両の走行性を確保することができ，当初の目標とする段差量を十分満足することが確認された．今後は，実施設計への適用性の展開を検討していく所存である．

参考文献

1)大段差におけるジオテキスタイルを用いた道路段差軽減工法の実証的検討，VI-637，2019
2)ジオテキスタイルを用いた震災時の道路段差軽減工法，建設機械施工 Vo.167，2015

© Japan Society of Civil Engineers