

公益信託 N E X C O 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱 U F J 信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：地震後に津波を受ける高速道路盛土の地山補強土工法による補強設計法の確立

研究代表者：九州工業大学大学院 工学研究院 建設社会工学系 准教授 川尻峻三

共同研究者：北見工業大学 工学部 社会環境系 教授 川口貴之

：九州工業大学大学院 工学研究院 建設社会工学系 教授 廣岡明彦

1. はじめに

大規模地震発生時には沿岸部における高速道路が津波に対する一時的な避難場所として指定されている^[1]。しかし、地震動により損傷を受けた高速道路盛土に対して津波が作用した際の盛土法面安定性や越流水による法面および天端の損傷について十分な検討がされていない。このような背景から筆者らは、高速道路模型盛土に対して地震動を与えた後に津波を作用させる実験を行ってきた^[2]。その結果、津波第一波後に発生する越流水が継続して作用した際には、加振履歴を有する場合には天端沈下に伴い越流水深が大きくなり、盛土の侵食速度が速くなることがわかった。すなわち、地震動による天端の沈下量を抑制することが、その後の津波による盛土の損傷を軽減させることが可能になると考えた。そこで本研究では、地震動による盛土天端の沈下対策として地山補強土工に着目し、その効果検証のための模型実験を行った。本文では、補強材模型を打設した縮尺比 1/20 の高速道路模型盛土に対して地震動と津波を与えた際の地山補強土工の補強効果について実験的な検討を行った。本文では、研究成果の一部として地山補強土工の打設範囲、打設本数、支柱板の大きさを変えた実験ケースの結果について述べている。

2. 実験の概要

本研究では、地震動や降雨、津波の複合外力を再現可能な実験装置を用いた^[2]。本研究では、振動台で地震動を与えた後に上流部にある段波装置により碎波段波を再現した波を模型盛土に対して作用させた。図-1 に本実験において地山補強土工を再現した模型盛土の概略図を示す。模型盛土は実物大における暫定 2 車線の高速道路を想定している。これは津

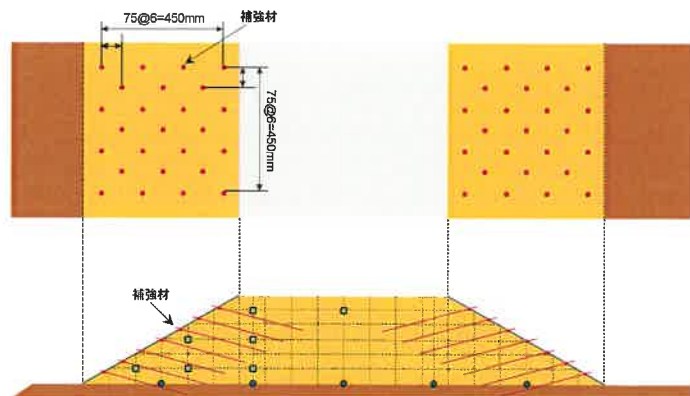


図-1 補強材を再現した模型盛土の概略図

波浸水の可能性がある苫小牧市の道央自動車道と暫定 2 車線の後志自動車道を参考に設定した。模型盛土はまず 50mm の水平な支持地盤を製作し、その上に天端幅 720mm、盛土高 300mm、法面勾配を 1:1.8 となるように製作した。天端にはセメントスプレーを塗布し舗装面の剛性を再現した。補強材模型の寸法および打設位置等については、「地山補強土工法設計・施工マニュアル」を参考に決定した。表-1 に実験ケースのまとめを示す。Case1 は補強材を打設しないケースとし、Case2~Case5 は補強材径 ϕ や本数、打設間隔を変化させて実験を行った。補強材の配置方法として千鳥配置を採用し、Case2, 3 では両法面全面に打設し、Case4, 5 では両法肩付近への部分補強とした。補強材は棒状補強材を想定してアルミ棒で模型を作製した。補強材長は先行研究より得られた結果より、すべり線を跨ぐ長さとして 300mm が妥当であると考えて設定した。表面材としては、補強材の沈下

表-1 実験ケースまとめ

Case	加振波形	補強材本数	補強材径	打設間隔	支圧板
1	Sin波, 5Hz, 20波	0本			
2		50本	6mm	75mm×75mm	20mm×20mm
3		50本	3mm	75mm×75mm	10mm×10mm
4		22本	6mm	75mm×75mm	20mm×20mm
5		28本	3mm	70mm×70mm	10mm×10mm

抑制効果を検証する目的で簡易支圧板を採用しアクリルを用いて再現した。また、補強材と盛土の密着性を高める目的で、補強材表面には2液混合エポキシ樹脂を用いて乾燥した盛土材料を付着させた。

3. 実験結果および考察

図-3 は全ケース各加振ステップ終了時の法肩での変位量の関係を示している。Case2, 4の $\phi = 6\text{mm}$ のケースでは、無対策と比較して約1/2の沈下量に抑制することができている。その一方で、 $\phi = 3\text{mm}$ のCase3では、無対策以上に沈下する結果となった。 ϕ が同じCase5は、法肩付近に重点的に打設したところ、Case1, 3より沈下を抑制できていることが分かる。このことから、法肩付近への補強が重要であると推察される。図-4に 6m/s^2 加振時の10波目のPIV解析結果を示す。図-4a)は、Case1(無対策)の 6m/s^2 加振時のPIV解析結果である。暖色ほど変位が大きく、寒色ほど変位が小さいことを表している。加速度応答が大きくなる法肩付近は暖色になっていることが分かる。また、黒枠で囲んでいる部分はクラックが発生しており、この部分を注目して見ると法尻方向へ変位するベクトルを確認することができた。このことから法肩付近に発生したクラックに伴い大きな土塊が発生し、この土塊の加振による慣性力により法面を法尻方向へ押し出す力が働いていると考えられる。図-4b)のCase2(全面対策、 $\phi = 6\text{mm}$)のPIV解析画像を見ると、法肩付近が寒色のベクトルが多く、変位を抑制できていることが分かる。法肩部では法尻付近のよりも変位量が小さいことから、補強材による効果は法肩付近の方が大きいといえる。このことから本実験条件の範囲では、沈下の要因である法肩付近を効果的に補強することが重要といえる。なお、別途実施した実験では、地震動による変状程度や津波による浸食程度は盛土材料の土質特性によって異なるため、盛土材料に応じた対策工の検討が必要であることを示すことができる^[3]。

図-3は全ケース各加振ステップ終了時の法肩での変位量の関係を示している。Case2, 4の $\phi = 6\text{mm}$ のケースでは、無対策と比較して約1/2の沈下量に抑制することができている。その一方で、 $\phi = 3\text{mm}$ のCase3では、無対策以上に沈下する結果となった。 ϕ が同じCase5は、法肩付近に重点的に打設したところ、Case1, 3より沈下を抑制できていることが分かる。このことから、法肩付近への補強が重要であると推察される。図-4に 6m/s^2 加振時の10波目のPIV解析結果を示す。図-4a)は、Case1(無対策)の 6m/s^2 加振時のPIV解析結果である。暖色ほど変位が大きく、寒色ほど変位が小さいことを表している。加速度応答が大きくなる法肩付近は暖色になっていることが分かる。また、黒枠で囲んでいる部分はクラックが発生しており、この部分を注目して見ると法尻方向へ変位するベクトルを確認することができた。このことから法肩付近に発生したクラックに伴い大きな土塊が発生し、この土塊の加振による慣性力により法面を法尻方向へ押し出す力が働いていると考えられる。図-4b)のCase2(全面対策、 $\phi = 6\text{mm}$)のPIV解析画像を見ると、法肩付近が寒色のベクトルが多く、変位を抑制できていることが分かる。法肩部では法尻付近のよりも変位量が小さいことから、補強材による効果は法肩付近の方が大きいといえる。このことから本実験条件の範囲では、沈下の要因である法肩付近を効果的に補強することが重要といえる。なお、別途実施した実験では、地震動による変状程度や津波による浸食程度は盛土材料の土質特性によって異なるため、盛土材料に応じた対策工の検討が必要であることを示すことができる^[3]。

■ 参考文献

- [1] 阿部ら：地盤工学ジャーナル, Vol7, No.1. pp.117-125, 2012.
- [2] Hayashizaki, S., Kawajiri, S. et al. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, accept.
- [3] 林崎, 川尻ら：第16回日本地震工学シンポジウム論文集, G417-03, 2023.

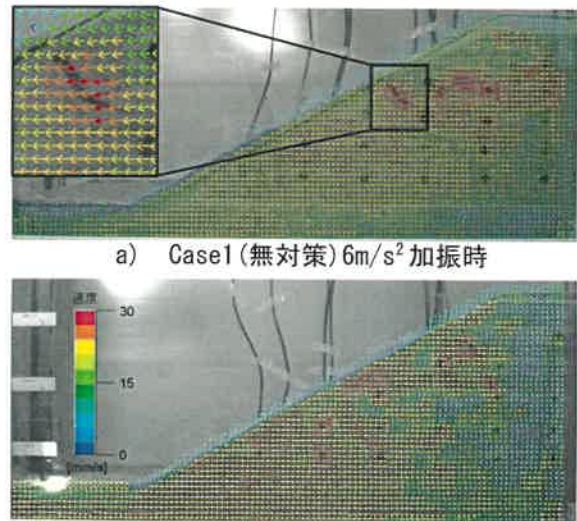
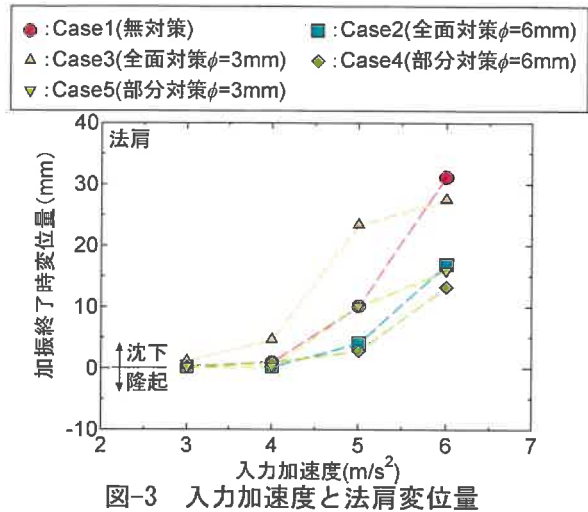


図-4 6m/s^2 加振時10波目のPIV解析結果