

氾濫流による鉄道盛土の破壊過程に関する実験的研究

広島大学大学院 学生会員 ○上田康弘
 広島大学大学院 正会員 椿 涼太
 広島大学大学院 フェロー会員 河原能久

1. 背景と目的

近年、集中豪雨などによる水災害が全国各地で発生している。2009年8月8日に発生した台風第9号による豪雨災害において、兵庫県西部に位置する佐用町で洪水氾濫被害が発生した。その洪水氾濫による被害として、佐用町を東西に走るJR西日本・姫新線で河川からの氾濫流によって、鉄道盛土の流出被害があった。Fig.1(a)に示す。これらの盛土流出等の被害によって、姫新線全線再開までに約2ヶ月を要した。Fig.1(b)には復興後の盛土を示す。氾濫流による越流破壊で鉄道盛土がどのように流出したのかという過程は十分明らかになっておらず、被害低減対策が十分に立てられないのが現状である。

そこで本研究では、佐用町での被害実態 Fig.1(a)を参考にし、鉄道盛土上部に設置されたバラスト域の流出過程を実験的に解明することから始め、鉄道盛土全体の流出過程を解明することを目的とする。

2. 実験概要

Fig.3(a)に示す直線開水路に水路を横断する形で模型盛土を設置し、河川からの氾濫流と想定して上流から一定流量を模型に通水するようにした。模型盛土を作製するにあたって、兵庫県佐用町の盛土流出箇所における復興後の鉄道盛土の測量結果と「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」より、この実盛土の縮尺1/40で模型を作製した。具体的に、盛土は上面から下面に向けて、軌道・枕木（木製、水路に固定）、バラスト（1mm~3mmの砂礫）、盛土は発砲スチロールにより作製し、盛土が流出しないケースと0.1mm以下~3mmの砂礫を用いて盛土自体が流失するケースの2通りを比較した。どちらのケースにおいても模型盛土の上流側法面は不透水となるよう前者は発砲スチロール、後者は木の板を設置し、模型盛土天端まで越流させるようにしている。また、模型で用いるバラスト粒径は、実盛土でのバラストと模型で使用するバラスト (Fig.2(b))の無次元掃流力 τ_* と無次元限界掃流力 τ_{*c} の比を等しくすることで縮尺1/40の模型での粒径を算出している。Fig.3(b)に示す模型鉄道盛土に対する越流状況で3ケース流量を変えて実験を行った。越流条件は表1に示す。Case A~Case Cにおいて、模型盛土周辺での水位データの計測と設置したバラストの流出量の計測

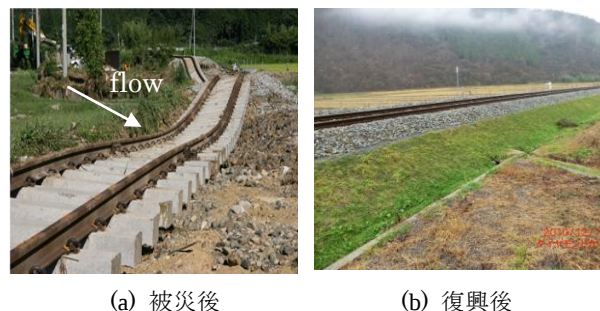


Fig.1 鉄道盛土

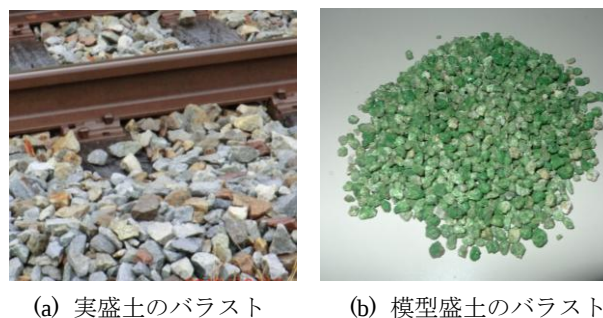


Fig.2 バラスト

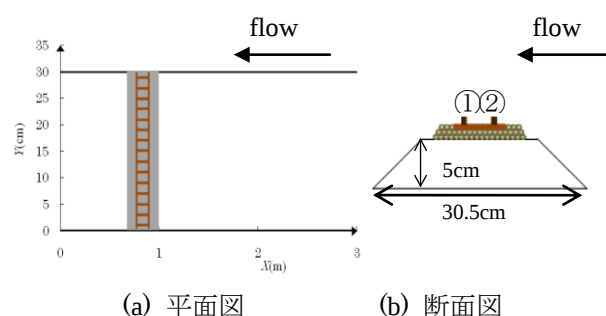


Fig.3 実験水路概要

表1 越流条件

	越流状況
Case A(0.08L/s)	上流側レール②を越流しない
Case B (0.14L/s)	上流側レール②を越流し、 下流側レール①は越流しない
Case C(0.25L/s)	下流側レール①を越流

キーワード 氾濫流, 鉄道盛土, 模型実験, バラスト流出

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 Phone:082-424-7821

を行うとともに、写真やビデオ撮影により流出状況を観察している。

3. 実験結果と考察

3.1. バラスト流出状況と水面形

盛土を発砲スチロールで作製したケースの結果を示す。Fig.4に Case A から Case C における $t=20\text{min}$ 後のバラスト流出状況を示す。

(Case A)

Case A では上流側のレールを越流しないため、バラスト流出はバラスト域の浸透による影響のみである。このとき、バラストの流出量はごくわずかであった。

(Case B)

Case B では上流側のレールを越流するような流れが生じている。このレールを越流後にバラスト流出が進み、赤丸で示した箇所の下流側のバラスト流出がレール下まで進行することにより、レール間から下流側レール下を抜ける流れが生じ、バラスト流出が進行する。

(Case C)

下流側のレールを越流することによって、大幅にバラスト流出が進行している。下流側のレールを越流しない Case B と比較することにより、氾濫流が下流側のレールを越流することがバラストの流出に大きく影響していることがわかる。また、Case B で形成し始めたレール下を抜ける流れ(Fig.4 (d))が発達することにより、レール下を抜ける箇所周辺のバラスト流出に影響を与えている。越流し始めでは下流側のレール全域で越流が生じているが、レール下を抜ける流れが形成されることによって、レール下を抜ける箇所周辺で下流側レールを越流しなくなり(Fig.4(d)), バラストの流出状況に影響がある。

Fig.5 に Case C の黒線で記した(c)の断面と(d)の断面における水面形を示す。

3.2 流量とバラスト流出量の関係

Fig.6 に鉄道軌道のある場合とない場合の流出量の比較を示す。鉄道軌道がある場合の方がない場合より流出量が多い。Case A($Q=0.08\text{L/s}$)を境に流量が多くなるにしたがって両者に差が見られる。鉄道軌道がある場合、下流側のレールを越流する際に段落ち部のバラストが大幅に流出することにより、このような結果になったと考えられる。よって、鉄道盛土では鉄道軌道を越流することにより Fig.4(c), (d)のような鉄道盛土特有のバラスト部の流出状況になることがわかる。

4. 考察と今後の課題

本研究では、氾濫流による鉄道盛土の流出特性を明らかにするために、上流から氾濫流を想定し通水実験を行い、天端に設置したレールに対する越流状況を変化させ、バラスト流出に関する実験を行った後、盛土流出に関する実験を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

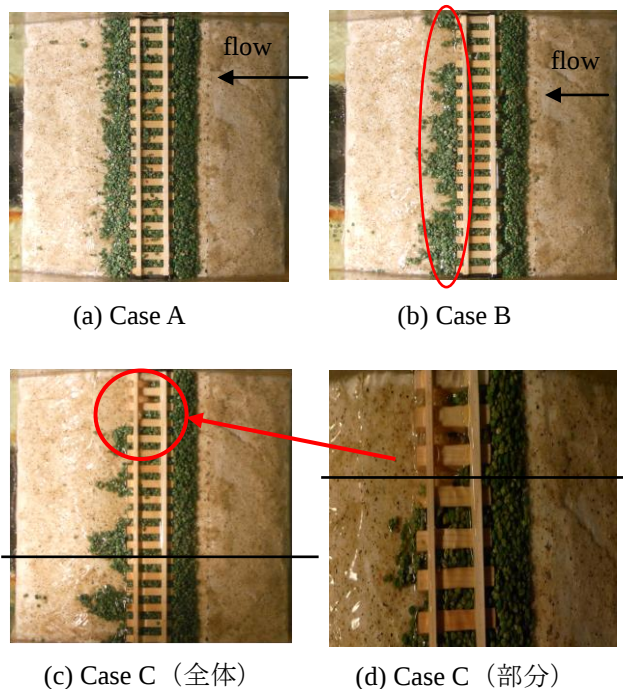


Fig.4 バラスト流出

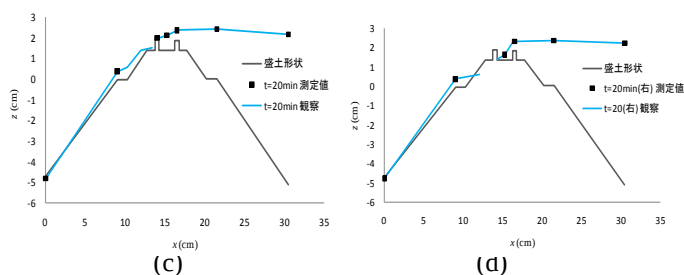


Fig.5 水面形(Case C)

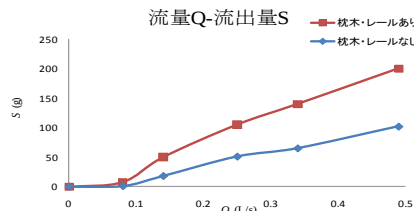


Fig.6 流量-バラスト流出量の関係

- 上流から供給した氾濫流がレールを越え、段落ち流れになることで鉄道盛土上のバラストは大幅な流出が生じる。
- レール間をくぐり抜ける流れが生じることで、局部的に流出は進行していく

今回の実験では、バラスト流出の通水実験が主要となっているが、実際の鉄道盛土流出を解明するためには、盛土流出実験にて、盛土全体の流出特性を把握する必要がある。そのためには、盛土に使用する材料、バラスト・盛土内の透水に関する影響因子を考慮し、定量的な評価が必要であり、多くの課題が残っている。