除去土壌等の再生利用に対する被ばく線量評価
ーシナリオ・パラメータの選定及び評価結果ー

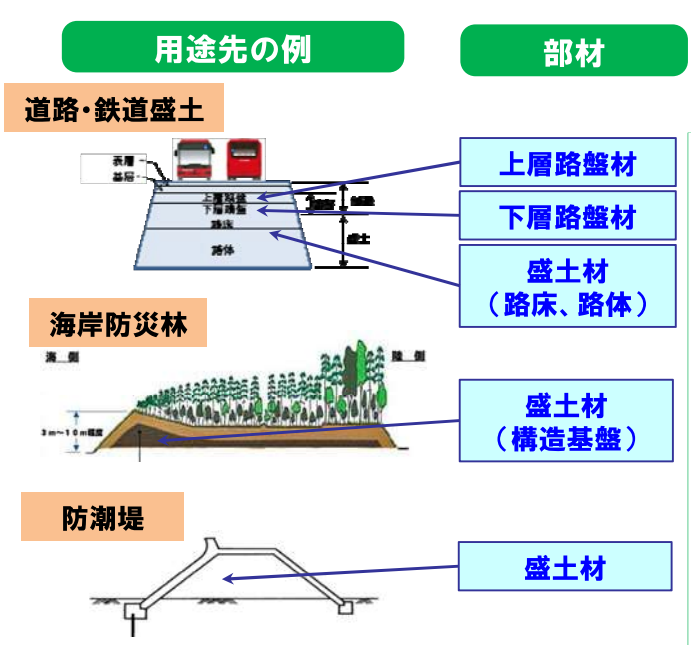
平成28年2月12日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

被ばく線量評価の概要

被ばく線量評価の目的

除去土壌を減容処理した再生資材を土木構造物に利用した場合に対し、施工作業等の作業者と施工時および構造物完成後（供用時）における周辺住民の被ばく線量を評価し、線量規準*との比較から、規準を満たす再生資材中の放射性セシウム（^{134}Cs, ^{137}Cs）の濃度を算出する。



評価の前提条件

- ✓ 再生資材は、無条件に市場に流通させるのではなく、利用先での管理が可能な公共の土木構造物（用途）への限定再利用
- ✓ 全国での利用、すなわち特定の場所での再生利用を想定せず、各用途における典型的な仕様や構造による評価
- ✓ 再生資材が使用される部材ごとに評価
- ✓ 再生資材を用いた施工時から供用時の被ばく線量の他に、地震等の自然災害時、構造物の崩壊による被ばくの影響も評価

(*)放射線影響安全性評価検討 WGにおける線量規準設定の考え方の議論の結果を反映

シナリオ・パラメータの選定について

シナリオ・被ばく経路の選定の考え方

再生資材を取扱う際の作業に関する特別な制限、および供用時の周辺住民の利用制限を設けない条件のもとでシナリオ・被ばく経路を選定

➡ **通常の作業工程や作業時間、通常の構造物の利用の情報に基づいた評価**

施工時

施工時シナリオ

- ✓ 再生資材の**運搬、各種構造物の施工時**における作業者およびその周辺住民の被ばく

通常の作業工程を調査し、再生資材（線源）からの被ばくを受けやすい工程、作業条件を抽出し、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

供用時

供用時シナリオ

- ✓ 供用時の**構造物の利用者、周辺住民**の被ばく
- ✓ 通常の**点検・補修**作業時の被ばく
- ✓ **改修・追加工事**における作業者の被ばく

各用途の点検・補修作業、改修・追加工事の情報に基づく供用時の作業者、ならびに通常の供用時の一般公衆を対象に、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

災害時シナリオ

- ✓ 地震、豪雨等の**自然災害**の発生に伴い**土木構造物が破損**した場合を想定
- ✓ **復旧時**の際の作業者および周辺住民の被ばく

自然災害による破損事例および復旧方法を調べ、要因と破損形態を分析し、線量評価の観点から復旧時の具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

施工時シナリオの被ばく経路（道路盛土の例）

＜選定手順＞

- ✓ 国交省の参考文献*、作業事例から、盛土施工と道路施工の全体作業工程を列挙
- ✓ 作業形態の選定*（重機、人力）
- ✓ 作業時間*、再生資材（線源）との距離、遮蔽の状況等から、より被ばくを受けやすい作業を選定

➡ **施工時シナリオとして、盛土施工：5つ、道路施工：1つの作業工程に対する被ばく経路を選定**

（＊）平成27年度版 公共建設工事標準単価積算基準（国土交通省）及び、平成27年度 参考歩掛り（公共建築工事積算研究会）

施工時シナリオ

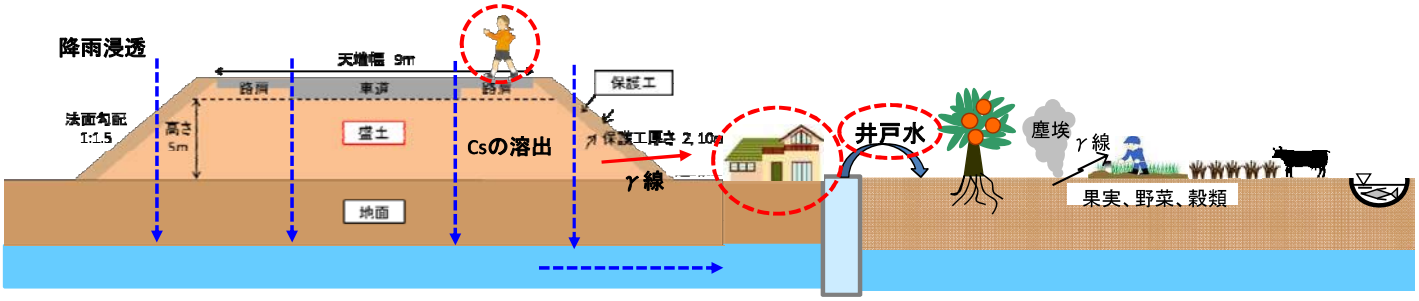
両方の作業形態がある場合、重機による遮蔽がない「人力」を保守的に採用

工程No.	工程段階	作業内容	作業形態	選定根拠
1	盛土施工	建設現場への盛土材運搬	重機	盛土としての再生資材の運搬作業者の外部被ばく経路
2		盛土材積み下ろし	人力	盛土としての再生資材の積み下ろし作業者の外部被ばく経路
3		敷均し・締固め	重機・人力	線源を直接扱う作業者であり、外部、粉塵吸入、直接経口摂取の経路を考える必要あり
4		法面整形	重機・人力	No.4と5はともに法面作業であり、2つの作業時間の明瞭な違いは無いため、被ばく評価の観点から両者を包括した作業「法面整形・保護工の施工」として設定
5		法面保護工の施工	人力	
6	道路施工	道路縁石設置	人力	作業時の被ばく体系がNo.3と同様であるが、作業時間はNo.3より短いため、No.3を代表として選定
7		建設現場への路盤用砕石運搬	重機	線源を直接扱うことも無いため経路として除外
8		路盤用砕石積み下ろし	人力	
9		路盤用砕石敷均し・締固め	重機・人力	線源である盛土に接近した作業であり経路として選定
10		建設現場への路面アスファルト合材運搬	重機	線源を直接扱うことも無いため経路として除外
11		路面アスファルト舗装	重機・人力	路盤材上に非汚染のアスファルト合材を敷設する作業であり、作業進捗に伴い遮蔽される状況となる。No.9がより保守的な経路のため除外
12		路面白線引き	人力	舗装完了後の仕上げ作業であり、作業時間も短いため除外

供用時シナリオの被ばく経路（道路盛土の例）

通常の供用時における一般公衆に対する被ばく経路

- ✓ 道路盛土完成後の周辺居住者と道路利用者（ともに外部被ばく経路）
- ✓ 盛土内の降雨浸透に伴い再生資材から溶出した放射性Csが地下水に流れ込むという仮定で、下流側での井戸水の利用に伴う被ばくを想定（飲料水、農作物、畜産物摂取等）



点検・補修作業、改修・追加工事の作業者に対する被ばく経路

- ✓ 供用時の舗装の修繕作業による被ばく
- ✓ 保護工の定期的な点検・補修作業による被ばく
- ✓ 道路盛土内への上下水道の配管等の敷設については、通常地表以下での敷設であり、盛土強度の低下を引き起こすため、シナリオとして想定されない。

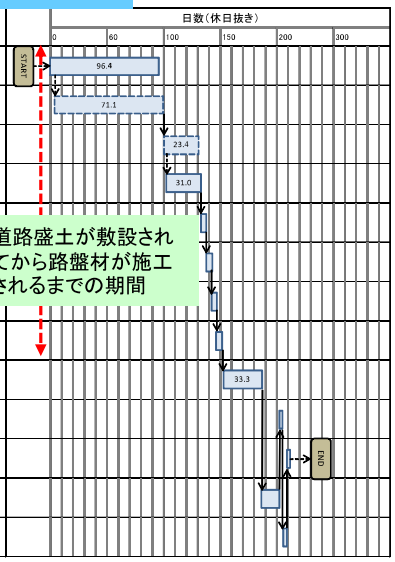
評価パラメータの選定の考え方

- ✓ 対象とする土木構造物は、建設される具体的な場所を特定しないため、典型的な構造体、サイズ、構成材料、密度などの条件を設定する。現実的なパラメータ設定を基本とするが、いくつもバリエーションや不確実性の大きいパラメータは保守的な値を設定する。
- ✓ 外部被ばくの線量換算係数は、直接線が卓越する線源体系では実績のある遮蔽計算コードQAD-CGGP2Rを使用し、さらにスカイシャインによる効果を考慮する必要がある場合は3次元輸送計算コードMCNP5を使用。
- ✓ 施工時の作業者に対し、重機による遮蔽係数、ダスト濃度、呼吸率、ダストの経口摂取率などは、既往のクリアランスレベル評価の設定を踏襲。
- ✓ 施工時シナリオにおける周辺居住者の被ばく時間は、国土交通省土木工事積算基準に基づき、建設体系の主要工種工程表を作成し、一連の作業開始から完了までの時間を設定（右図）。
- ✓ 施工時の作業者の被ばく時間は、ある工程を年間に繰り返し行うことも想定されるため上記の方法ではなく、作業種によらず、1日8時間、250日の労働時間のうち半分を再生資材（線源）を直接扱う作業とした。
- ✓ 井戸水利用の評価に必要な地下水による移行等のパラメータは、既往のクリアランスレベル評価の設定を踏襲

施工時シナリオにおける周辺居住者の被ばく時間の設定

○道路盛土の建設体系に対する主要工種工程表の作成

部位		工種	数量	単位	所要日数/パーティ数
路体・路床	路体	敷き均し	97,500	㎡	96.4/1P 32.1/3P
		締め固め	97,500	㎡	71.1/1P 35.5/2P
	路床	敷き均し	18,000	㎡	23.4/1P
		締め固め	18,000	㎡	31/1P
車道	下層路盤	不陸整正	7,000	㎡	4.4/1P
		敷き均し・締め固め	7,000	㎡	6.3/1P
	上層路盤	不陸整正	7,000	㎡	4.4/1P
		敷き均し・締め固め	7,000	㎡	6.3/1P
	路側工	境界ブロック	2,000	m	33.3/1P
	舗装工	基層	7,000	㎡	3.0/1P
		表層	7,000	㎡	3.0/1P
歩道	路盤	敷き均し・締め固め	4,000	㎡	14.9/1P
	舗装工	基・表層	4,000	㎡	4.3/1P



○評価対象の盛土のサイズに応じた作業日数の補正、休日数の追加
➡ **作業開始から完了までの期間を、施工時の周辺居住者の被ばく時間に設定**

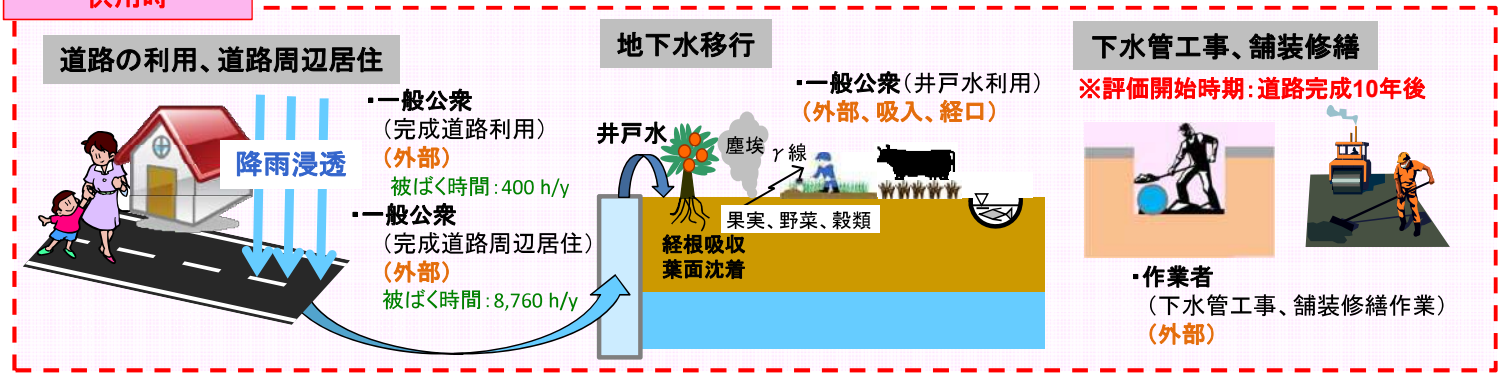
道路路盤材に再生資材を用いた際の被ばく線量評価について

道路路盤材への再生利用評価概要

再生資材を道路の下層路盤材または上層路盤材に再生利用する際に考慮すべき過程、評価の対象となる具体的な行為、対象者、被ばく形態（外部、吸入、経口）を整理し、評価経路を決定した。

施工時

供用時

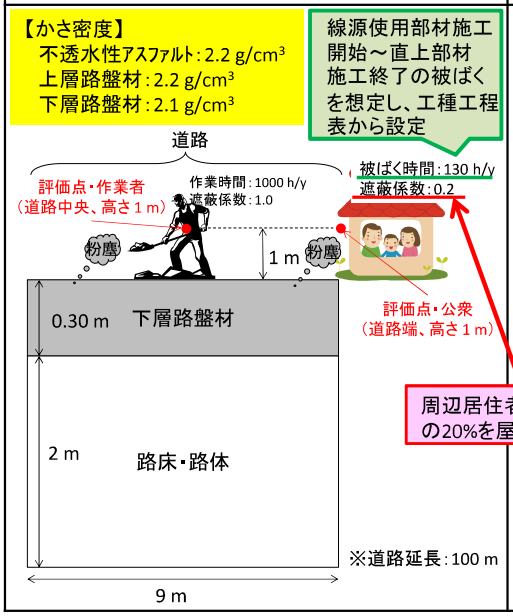


- 評価対象核種：
  Cs-134、Cs-137（存在比 0.209:1）
  （平成28年3月時点）
- 処理に伴う希釈は考慮しない。
- 作業者の被ばく時間は1,000 h/y
- 公衆の被ばく時間は現実的な値を設定
  （図に記載、設定根拠については後述）
- 災害時の評価については、具体的事例が想定されないため、実施しない。
  （地震等によるひび割れの補修は、舗装修繕経路に包含）

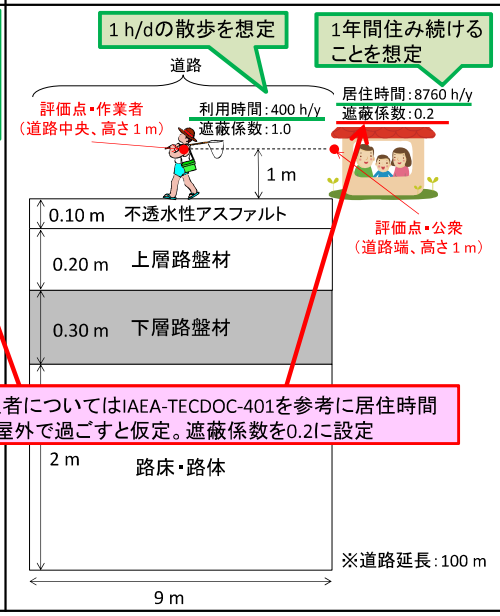
道路路盤材への再生利用評価の条件

再生資材を下層路盤材に使用した場合

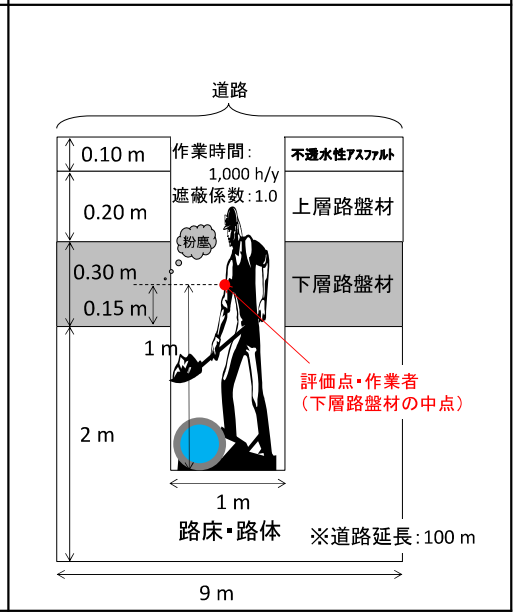
施工時：道路建設
供用時：舗装修繕



供用時：道路利用、周辺居住



供用時：下水管工事



施工時：運搬

- 線源の形状：高さ0.5 m×幅2 m×長さ5 mの直方体、かさ密度2.0g/cm³（レキを想定）
- 周辺居住者の被ばく時間：450 h/y（4500台/月のトラックが走行。その半分が赤信号で停止する1分間に被ばくすることを想定）

	積み下ろし作業者	運搬作業者	周辺居住者子ども
遮蔽係数	0.4	0.9	1.0
線源からの距離	1 m	1 m	3 m

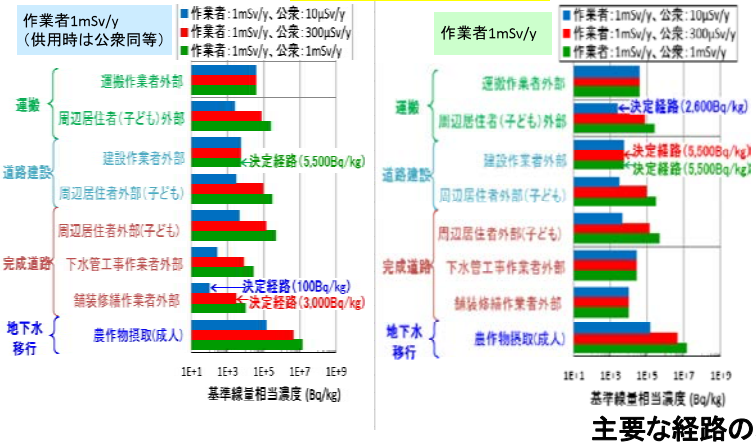
供用時：地下水移行

- 再生資材を使用する部材のみをソースタームとした。（路床、路体等中での移行・収着は無視）
- 道路への浸透水量：0.4 m/y（保守的な設定。不透水性アスファルトの透水係数を1×10^{-7}cm/s、動水勾配を1としたときの浸透水量は0.032m/y）
- 路盤材の空隙率：0.10
- 路盤材の収着分配係数：270 mL/g（IAEA TRS No.364, 土壌、砂）
- 完成道路下流端から井戸までの距離：0 m

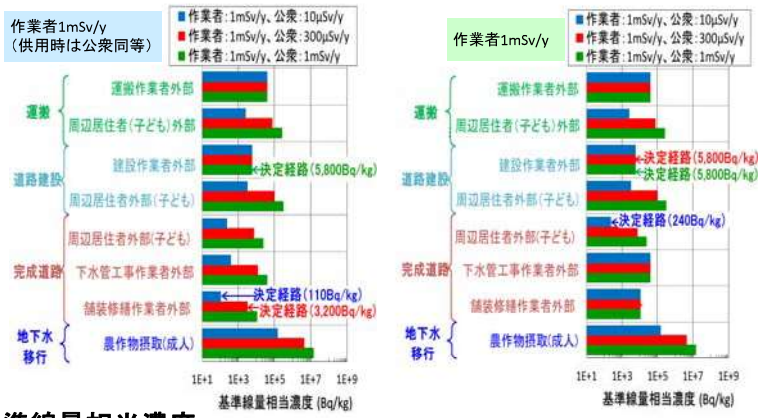
道路路盤材への再生利用評価結果(1/2)

- 作業者の基準線量を施工時は1mSv/y、供用時は公衆と同等とする場合、公衆の基準線量を10μSv/y、300μSv/y、1mSv/yとすると路盤材に使用可能な再生資材の濃度はそれぞれ100Bq/kg、3,000Bq/kg、6,000Bq/kg程度となった。
- 作業者の基準線量を施工時、供用時ともに1mSv/yとする場合はケース1で2,600Bq/kg、ケース2で240Bq/kgが最小の濃度となった。

ケース1
再生資材を下層路盤に使用



ケース2
再生資材を上層路盤に使用



主要な経路の基準線量相当濃度

使用部材	基準線量 作業者	基準線量 公衆	決定経路	基準線量相当濃度 (Bq/kg)
ケース1 下層路盤材	1mSv/y, 供用時は公衆同等	10μSv/y	舗装修繕作業者・外部	100
		300μSv/y	舗装修繕作業者・外部	3,000
		1mSv/y	道路建設作業者・外部	5,500
	1mSv/y	10μSv/y	運搬・周辺居住者子ども・外部	2,600
		300μSv/y	道路建設作業者・外部	5,500
		1mSv/y	道路建設作業者・外部	5,500

使用部材	基準線量 作業者	基準線量 公衆	決定経路	基準線量相当濃度 (Bq/kg)
ケース2 上層路盤材	1mSv/y, 供用時は公衆同等	10μSv/y	舗装修繕作業者・外部	110
		300μSv/y	舗装修繕作業者・外部	3,200
		1mSv/y	道路建設作業者・外部	5,800
	1mSv/y	10μSv/y	完成道路・周辺居住者子ども・外部	240
		300μSv/y	道路建設作業者・外部	5,800
		1mSv/y	道路建設作業者・外部	5,800

参考資料　道路路盤材への再生利用評価結果(2/2)

評価結果（道路建設現場への運搬）

運搬に係る作業者、周辺居住者

No.	経路略称	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g) Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	基準線量相当濃度 (Bq/g) 作業者：1mSv/y 公衆：10μSv/y	作業者：1mSv/y 公衆：300μSv/y	作業者：1mSv/y 公衆：1mSv/y
1	積み下ろし作業者外部	2.2E-02	9.1E-03	1.1E-02	8.9E+01	8.9E+01	8.9E+01
2	積み下ろし作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.7E-05	6.0E+04	6.0E+04	6.0E+04
3	積み下ろし作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	3.7E+03	3.7E+03	3.7E+03
4	運搬作業者外部	4.9E-02	2.0E-02	2.5E-02	3.9E+01	3.9E+01	3.9E+01
5	運搬経路周辺居住者（子ども）外部	7.5E-03	3.2E-03	3.9E-03	2.6E+00	7.7E+01	2.6E+02

評価結果（道路建設）

道路建設作業者、周辺居住者

解析ケース	No.	経路略称	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g) Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	基準線量相当濃度 (Bq/g) 作業者：1mSv/y 公衆：10μSv/y	作業者：1mSv/y 公衆：300μSv/y	作業者：1mSv/y 公衆：1mSv/y
ケース1	6	建設作業者外部	3.5E-01	1.5E-01	1.8E-01	5.5E+00	5.5E+00	5.5E+00
	7	建設作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.7E-05	6.0E+04	6.0E+04	6.0E+04
	8	建設作業者直接経口	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	3.7E+03	3.7E+03	3.7E+03
	9	周辺居住者外部（成人）	4.9E-03	2.1E-03	2.5E-03	3.9E+00	1.2E+02	3.9E+02
	10	周辺居住者吸入（成人）	2.5E-04	2.0E-04	2.1E-04	4.8E+01	1.5E+03	4.8E+03
	11	周辺居住者外部（子ども）	6.3E-03	2.7E-03	3.3E-03	3.0E+00	9.1E+01	3.0E+02
	12	周辺居住者吸入（子ども）	6.2E-05	5.3E-05	5.5E-05	1.8E+02	5.5E+03	1.8E+04
ケース2	6	建設作業者外部	3.3E-01	1.4E-01	1.7E-01	5.8E+00	5.8E+00	5.8E+00
	7	建設作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.7E-05	6.0E+04	6.0E+04	6.0E+04
	8	建設作業者直接経口	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	3.7E+03	3.7E+03	3.7E+03
	9	周辺居住者外部（成人）	4.6E-03	2.0E-03	2.4E-03	4.1E+00	1.2E+02	4.1E+02
	10	周辺居住者吸入（成人）	2.5E-04	2.0E-04	2.1E-04	4.8E+01	1.5E+03	4.8E+03
	11	周辺居住者外部（子ども）	6.0E-03	2.6E-03	3.2E-03	3.2E+00	9.5E+01	3.2E+02
	12	周辺居住者吸入（子ども）	6.2E-05	5.3E-05	5.5E-05	1.8E+02	5.5E+03	1.8E+04

ケース1：下層路盤材に再生資材を用いたケース　　ケース2：上層路盤材に再生資材を用いたケース

評価結果（完成道路利用、周辺居住、下水管工事＆舗装修繕作業者）

完成道路利用者、周辺居住者、下水管工事＆舗装修繕作業者

解析ケース	No.	評価時期（道路完成後）	経路略称	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g) Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	基準線量相当濃度 (Bq/g) 公衆：10μSv/y	公衆：300μSv/y	公衆：1mSv/y
ケース1	13	0年	利用者外部(子ども)	2.0E-03	7.7E-04	9.8E-04	1.0E+01	3.1E+02	1.0E+03
	14		周辺居住者外部(子ども)	4.5E-03	1.6E-03	2.1E-03	4.7E+00	1.4E+02	4.7E+02
	15	10年	下水管工事作業者外部	4.7E-03	4.4E-02	3.7E-02	2.7E-01	8.1E+00	2.7E+01
	16		下水管工事作業者吸入	6.8E-07	1.3E-05	1.1E-05	9.5E+02	2.8E+04	9.5E+04
	17		下水管工事作業者直接経口	1.1E-05	2.0E-04	1.7E-04	5.9E+01	1.8E+03	5.9E+03
	18		舗装修繕作業者外部	1.2E-02	1.2E-01	9.9E-02	1.0E-01	3.0E+00	1.0E+01
ケース2	13	0年	利用者外部(子ども)	3.7E-02	1.5E-02	1.9E-02	5.4E-01	1.6E+01	5.4E+01
	14		周辺居住者外部(子ども)	8.1E-02	3.4E-02	4.2E-02	2.4E-01	7.1E+00	2.4E+01
	15	10年	下水管工事作業者外部	3.2E-03	3.0E-02	2.5E-02	4.0E-01	1.2E+01	4.0E+01
	16		下水管工事作業者吸入	6.8E-07	1.3E-05	1.1E-05	9.5E+02	2.8E+04	9.5E+04
	17		下水管工事作業者直接経口	1.1E-05	2.0E-04	1.7E-04	5.9E+01	1.8E+03	5.9E+03
	18		舗装修繕作業者外部	1.1E-02	1.1E-01	9.3E-02	1.1E-01	3.2E+00	1.1E+01

ケース1：下層路盤材に再生資材を用いたケース　　ケース2：上層路盤材に再生資材を用いたケース

評価結果（地下水移行）

地下水移行

解析ケース	No.	経路略称	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g) Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	基準線量相当濃度 (Bq/g) 公衆：10μSv/y	公衆：300μSv/y	公衆：1mSv/y
ケース1	19	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.0E-05	3.3E-05	3.0E+02	9.0E+03	3.0E+04
	20	飲料水摂取(子ども)	5.9E-07	6.0E-06	5.0E-06	2.0E+03	5.9E+04	2.0E+05
	21	地下水利用農耕作業者外部	9.1E-07	3.4E-05	2.9E-05	3.5E+02	1.0E+04	3.5E+04
	22	地下水利用農耕作業者吸入	4.5E-11	3.3E-09	2.7E-09	3.7E+06	1.1E+08	3.7E+08
	23	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	8.3E-05	6.9E-05	1.4E+02	4.3E+03	1.4E+04
	24	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	3.4E-05	2.8E-05	3.5E+02	1.1E+04	3.5E+04
	25	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	8.0E-05	6.7E-05	1.5E+02	4.5E+03	1.5E+04
	26	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	4.2E-05	3.5E-05	2.8E+02	8.5E+03	2.8E+04
	27	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.5E-06	4.7E-06	2.1E+03	6.4E+04	2.1E+05
	28	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	2.8E-06	2.4E-06	4.2E+03	1.3E+05	4.2E+05
	29	養殖淡水産物摂取(成人)	2.4E-06	2.3E-05	1.9E-05	5.2E+02	1.6E+04	5.2E+04
	30	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.7E-07	9.9E-06	8.3E-06	1.2E+03	3.6E+04	1.2E+05
ケース2	19	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	3.9E-05	3.3E-05	3.0E+02	9.1E+03	3.0E+04
	20	飲料水摂取(子ども)	5.9E-07	5.9E-06	5.0E-06	2.0E+03	6.0E+04	2.0E+05
	21	地下水利用農耕作業者外部	9.1E-07	3.4E-05	2.8E-05	3.6E+02	1.1E+04	3.6E+04
	22	地下水利用農耕作業者吸入	4.5E-11	3.2E-09	2.7E-09	3.8E+06	1.1E+08	3.8E+08
	23	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	8.2E-05	6.8E-05	1.5E+02	4.4E+03	1.5E+04
	24	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	3.3E-05	2.8E-05	3.6E+02	1.1E+04	3.6E+04
	25	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	7.8E-05	6.6E-05	1.5E+02	4.6E+03	1.5E+04
	26	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	4.1E-05	3.5E-05	2.9E+02	8.7E+03	2.9E+04
	27	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.4E-06	4.6E-06	2.2E+03	6.5E+04	2.2E+05
	28	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	2.8E-06	2.3E-06	4.3E+03	1.3E+05	4.3E+05
	29	養殖淡水産物摂取(成人)	2.4E-06	2.2E-05	1.9E-05	5.3E+02	1.6E+04	5.3E+04
	30	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.7E-07	9.7E-06	8.2E-06	1.2E+03	3.7E+04	1.2E+05

ケース1：下層路盤材に再生資材を用いたケース　　ケース2：上層路盤材に再生資材を用いたケース

災害時シナリオについて

災害時シナリオの作成方法

災害時シナリオの作成手順（Step1～5）

1. 盛土の変状・崩壊の原因とその具体的な現象の関係性の整理（下表）
2. 1.の情報を基に盛土の破損形態を分類化し、災害後の再生資材（線源）の状態の変化をイメージ化する。
3. 災害時の復旧方法を調査し、復旧時における再生資材の状態の変化についてもイメージ化する。
4. 自然災害による盛土破損事例*等を調査し、要因となった自然災害の規模と破損形態の関係を整理する。
5. 上記を踏まえ、作業者、周辺住民の被ばくに関する災害時シナリオを具体化し、被ばく経路を選定する。

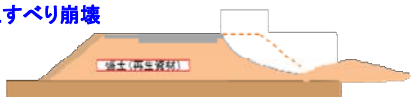
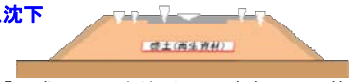
盛土の変状・崩壊の原因と現象の整理（Step1）

盛土の変状・崩壊の原因	盛土の変状・崩壊現象
A 盛土の自重による変状・崩壊	A1: 軟弱層上での円弧すべり・沈下変形 A2: 施工中間隙水圧の上昇による法面のはらみ出し・崩壊 A3: 地すべり地帯での大崩壊 A4: 供用後の時間経過に伴う沈下・変形
B 異常降雨等による変状・崩壊	B1: 雨水の表面侵食によるガリ（掘れ溝）の発生 B2: 雨水の浸透による表層すべり B3: 表面水による洗掘・崩壊 B4: 地盤と盛土との境界面に沿った崩壊 B5: 押さえ擁壁変状に伴う沈下・流出 B6: 土石流による法面崩壊
C 地山からの地下水浸透による変状・崩壊	C1: 間隙水圧作用による崩壊
D 地震による変状・崩壊	D1: 間隙水圧上昇による大規模な流動的崩壊 D2: 不安定な基礎地盤とともに崩壊 D3: 基礎地盤の液状化による崩壊 D4: 表層すべり・腹付盛土の変形 D5: 盛土・基礎地盤のゆすり込み沈下

（*）社団法人日本道路協会、「道路土工　盛土工指針」、平成22年4月、舟橋ら、「高山本線土石流災害の復旧工事概要と発生要因分析」、土木学会、第55回年次学術講演会、平成12年9月

盛土の破損形態の分類化と評価シナリオ

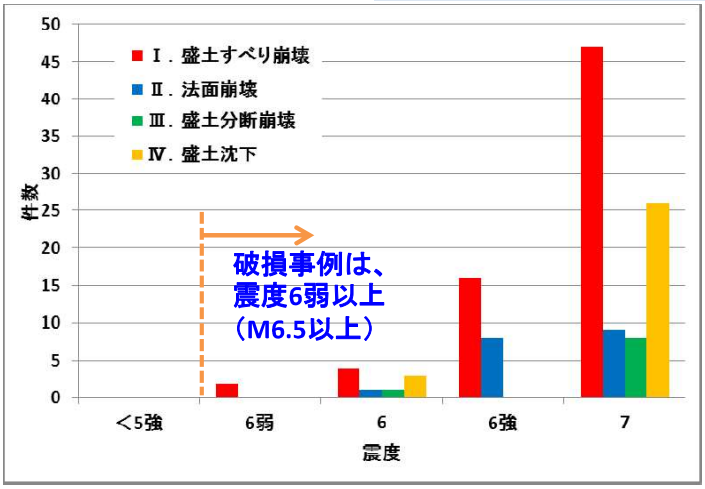
✓ 線量評価の観点から、自然災害による盛土の破損形態を4つに分類

盛土の破損形態、イメージ	盛土の変状・崩壊現象	復旧方法	シナリオ・被ばく経路
Ⅰ 盛土すべり崩壊  ・盛土内部より断面が円弧を描く円弧すべりにより大規模に崩落するケース。 ・再生土の露出面としては「Ⅱ法面崩壊」と同様。Ⅱに比べてより規模が大きく再生土を含む崩壊土が近隣住居付近まで移動し、その線源からの線量寄与も考えられる。	A1: 軟弱層上での円弧すべり・沈下変形 A3: 地すべり地帯での大崩壊 B3: 表面水による洗掘・崩壊 B4: 地盤と盛土との境界面に沿った崩壊 B6: 土石流による法面崩壊 C1: 間隙水圧作用による崩壊 D1: 間隙水圧上昇による大規模な流動的崩壊 D2: 不安定な基礎地盤とともに崩壊	・崩落土を撤去した後、崩落面の地質調査を行う。 ・地質自体に問題が無ければ、再度盛土を成型する。成形の際、土砂を詰めたフレコンバックを積み上げ、支持工を打ち込み固定させる手法が多く用いられる。	収集・保管した崩落土と残存盛土部を線源とし、復旧時の壊面整地作業、盛土敷設、支保工打ち込み等の作業者（外部、粉塵吸入、直接経口摂取）及び周辺住民（外部）の被ばくを評価。
Ⅱ 法面崩壊 ・盛土法面の表層が流出、崩壊するケース。 ・法面覆工材部のみが崩落し、内部の再生土が露出する状態を想定。	B1: 雨水の表面侵食によるガリ（掘れ溝）の発生 B2: 雨水の浸透による表層すべり D4: 表層すべり・腹付盛土の変形	・崩落土を撤去した後、崩落面の地質調査を行う。 ・地質自体に大きな問題が無ければ、崩落防止の為支持工を打ち込む盛土を固定し、再度、法面保護工を行う。	盛土法面の覆土のみが崩落し線源が露出した状態での支持工打ち込み作業及び法面保護工作業における作業者及びその周辺住民の被ばくを評価。
Ⅲ 盛土分断崩壊 ・基礎地盤の液状化等により盛土が沈下をはじめ、その沈下量が大きい場合に盛土の形状が保てず全体的に分断しながら崩壊するケース。 ・天端部は分断により部分的に遮蔽能力が失われているが、法面については崩壊に至らず変位に留まり、遮蔽能力は失われていないものと考えられる。	D3: 基礎地盤の液状化による崩壊	・盛土上部の分断している箇所については天端構造物の撤去後、再度盛土の敷設となる。 ・法面についてはこれ以上の崩壊を防ぐため、支持工打ち込みや法面保護工を行う。	・盛土上部の分断している箇所に対し盛土上部の撤去・整地が行われるため、盛土上部が撤去・整地され、再生土が上面でオープンになっている状態を想定する。この状態での盛土敷設、支保工打ち込み等の作業者及び周辺住民の被ばくを評価。
Ⅳ 盛土沈下  ・上記の「Ⅲ盛土分断崩壊」と原因事象は同じ基礎地盤の液状化等による沈下だが、盛土の崩壊には至らず表層部のひび割れ程度で収まっているケース。遮蔽機能は維持されていると考えられる。	A2: 施工中間隙水圧の上昇による法面のはらみ出し・崩壊 A4: 供用後の時間経過に伴う沈下・変形 B5: 押さえ擁壁変状に伴う沈下・流出 D5: 盛土・基礎地盤のゆすり込み沈下	・盛土上部、舗装路面についてはひび等の損傷があると考えられるので撤去作業を行う。 ・路盤材部を含むその他の箇所はそのまま支持工打ち込み、盛土追加による高さ調整、法面保護工等を行う。	・舗装路面の再舗装作業として考えられるため、再生土の露出は基本的に無く、遮蔽能力も損なわれる状態とはならないとして被ばく評価の対象から除外。

自然災害による盛土破損事例の調査（地震）

- 電子ジャーナル、WEBにおいて、盛土、破損、崩壊、復旧をキーワードに検索を行い、地震および異常降雨（豪雨）の自然災害情報、崩壊に関する情報が得られるものを道路・鉄道を主に収集。
- 既存の盛土の破損は主にレベル2地震動によるものと考えることができ、地震により盛土破損が生じるシナリオは通常起こると想定されない。
- ただし、濃度基準の条件で仮に自然災害による盛土破損が生じた場合の被ばく線量を評価し、災害時における安全性について検討する。

地震の規模と盛土の破損形態との関係



- 文献（H5～H25の21年間）により地震の規模と盛土の破損形態（Ⅰ～Ⅳ）の関係を整理
- 地震による盛土破損の件数は総数125件。
- 125件について、地震の規模（震度）ごとに崩壊形態を集計（左図）
- 破損形態は「Ⅰ.盛土すべり崩壊」が全体の約半数
- 今回調査した文献資料内においては、盛土破損事例となった地震は全て震度6弱以上（M6.5以上）の条件で、震度5強以下での盛土破損事例は確認されなかった。

- マグニチュード6.5は、土木構造物の耐震設計に用いるレベル2地震動（現在から将来にわたって当該地域における最大級の強度を持つ地震動）の下限値に該当*

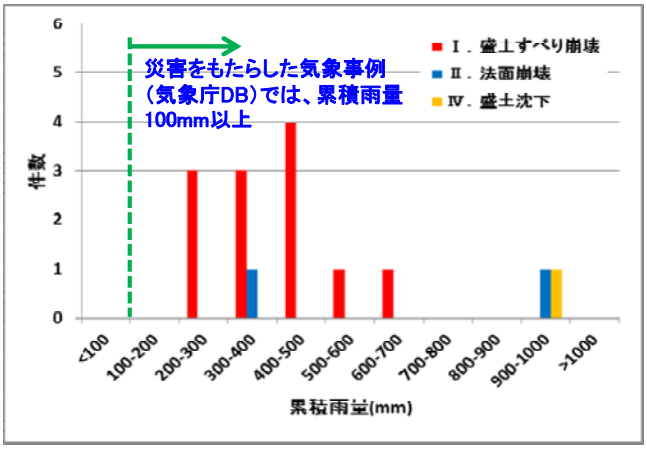
（＊）土木学会「土木構造物の耐震基準等に関する提言（第3次提言）」、平成12年6月

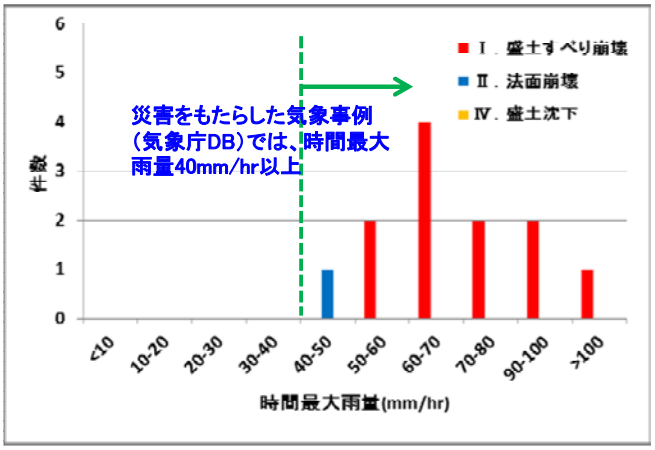
自然災害による盛土破損事例の調査（異常降雨）

- 異常降雨の発生による盛土破損の件数は、過去16年で21件と限定的であり、かつ地震による破損件数125件に比べて十分小さいことから、異常降雨により盛土破損が生じるシナリオは通常起こると想定されない。
- ただし、濃度基準の条件で仮に自然災害による盛土破損が生じた場合の被ばく線量を評価し、災害時における安全性について検討する。

異常降雨の規模と盛土破損の関係

（注）21件の事例に累積雨量、時間最大雨量の情報があるものを集計





- 文献（H11～H26の16年間）により異常降雨の規模（累積雨量、時間最大雨量）と盛土の破損形態（Ⅰ～Ⅳ）の関係を整理
- 過去16年間における異常降雨による盛土破損の件数は総数21件、そのうち17件が「盛土すべり崩壊」である。
- 破損事例は、災害をもたらした気象事例（気象庁DB*、H1～H27、全111件）の降雨規模の下限値（累積雨量100mm、時間最大雨量40mm/h）以上の範囲で発生しており、両者は整合している。

（＊）気象庁、災害をもたらした気象事例（平成元年～27年）,
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html

自然災害による盛土崩壊事例の調査、整理（情報リスト）（1/2）

No.	資料名	資料発行年月日	資料元
1	東北地方太平洋沖地震における高速道路の被害および復旧状況について	2012年3月16日	地盤工学ジャーナル
2	東北地方太平洋沖地震による被害調査報告：地域別編 宮城県内陸　－仙台市内の造成宅地を中心に－	2012年3月12日	地盤工学ジャーナル
3	東北地方太平洋沖地震被害調査報告－宮城県北部－	2012年2月27日	地盤工学ジャーナル
4	被災調査支援システムの開発と利用	2009年4月23日	地盤工学ジャーナル
5	東北地方太平洋沖地震における鉄道の被災状況およびその復旧について	2012年2月13日	地盤工学ジャーナル
6	能登半島地震による能登有料道路の被災と復旧－盛土の被害と対策工事について－	2009年10月1日	地盤工学ジャーナル
7	東日本大震災における在来線盛土崩壊の復旧工事	平成23年度 平成24年3月3日＊	土木学会、支部論文集
8	道路盛土の崩壊と復旧対策の1例	1975年＊	土木学会、支部論文集
9	ジオテキスタイル補強土擁壁によるJR上越線の新潟中越地震復旧	平成17年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
10	高山本線土石流災害の復旧工事概要と発生要因分析	平成12年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
11	三陸はるか沖地震による鉄道盛土被害と復旧対策	平成7年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
12	新潟・福島豪雨に伴う鉄道構造物の被害と復旧	平成17年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
13	新潟県中越地震に伴う在来線土構造区間の被害と復旧	平成18年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
14	新潟県中越地震に伴う上越線の盛土の被災とRRR工法による復旧	平成18年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
15	盛土崩壊箇所復旧に伴う軌道工事の施工について	平成24年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
16	盛土崩壊発生メカニズムと復旧計画について	平成24年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
17	台風15号による盛土崩壊箇所の復旧工事について	平成24年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
18	台風15号に伴う身延線芝川・稲子間19k付近斜面崩壊箇所の復旧について	平成24年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
19	飯山線足滝・越後田中間盛土崩壊による災害応急復旧	平成19年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
20	補強盛土と人工芝を組み合わせた震災のり面復旧	平成8年9月	土木学会、土木学会委員会論文集
21	2007年能登半島地震による能登有料道路の大規模盛土斜面崩壊原因の分析	2009年6月28日	土木学会、土木学会論文集
22	2011年東北地方太平洋沖地震による館ニュータウン大規模盛土滑動崩落被害の原因分析	2013年2月23日	土木学会、土木学会論文集
23	道路土工における災害復旧の今後の課題	2011年9月9日	土木研究所、つくば中央土木研究所
24	1993.1.15釧路沖地震における道路被害について－一般国道38号白糖町馬主来地区盛土崩壊の復旧対策工－	平成5年度 1994年2月1日＊	土木研究所、寒地土木研究所
25	H18 .10月の低気圧災害における防災体制と応急対策について― 一般国道333号北見市北陽の被災状況と復旧について―	平成18年度＊ 2007年2月21日＊	土木研究所、寒地土木研究所
26	一般国道230号 中山峠災害の最速復旧法－早期開通への険しい道のり－	平成24年度 2013年2月21日＊	土木研究所、寒地土木研究所
27	一般国道276号 道路盛土崩壊の災害復旧対応について－一日も早い復旧を目指して－	平成23年度 2012年2月23日＊	土木研究所、寒地土木研究所
28	道路の盛土法面崩壊に対する検討について	昭和60年度＊ 1986年8月1日＊	土木研究所、寒地土木研究所
29	【緊急報告】東名復旧までの115時間 － NEXCO中日本	2009年8月	NEXCO
30	東名高速道路牧之原地区地震災害の対応について	2009年11月	NEXCO

自然災害による盛土崩壊事例の調査、整理(情報リスト)(2/2)

No.	資料名	資料発行年月日	資料元
31	一般国道 17 号川口町天納(道路崩壊)	平成17年5月*	国土技術政策総合研究所
32	土構造物の被害-長岡技術科学大学	平成18年4月*	長岡技術科学大学
33	土木構造物の被害	2005年8月*	新潟大学
34	平成 25 年 8 月秋田・岩手豪雨・土砂災害緊急調査報告(速報)	2013年9月6日*	東北大学災害科学国際研究所
35	2006年7月山陰道豪雨災害 (調査・仮復旧)	平成23年9月3日*	藤井基礎設計事務所
36	JR 九州豊肥線盛土構造の災害復旧工事の施工管理	2014年度*	西松建設技報
37	一般県道飯岡九十九里自転車道線災害復旧工事	平成25年3月11日*	千葉県海匝土木事務所
38	災害復旧事例集	2011年	(株)ジオシステム
39	山陽自動車道岩国地区災害復旧工事における取り組み	2008年1月	株式会社大林組広島支店岩国土木工事事務所
40	主要地方道における路面決壊の災害復旧と段階施工	平成26年度 平成26年9月18日*	(一社)建設コンサルタンツ協会
41	台風26号に伴う松戸市松戸法崩れについて	平成26年7月*	関東地方整備局 千葉国道事務所 柏維持修繕出張所
42	第5章第4節(県管理道路等の復旧)	2007年3月1日*	新潟県
43	東日本大震災で被災した常磐線水戸・勝田間盛土のり面災害応急工事	2013年	(一社)日本建設業連合会
44	東日本大震災による地上設備の被害と復旧状況について	2011年4月5日	東日本旅客鉄道㈱
45	能登半島地震による道路盛土の被災状況調査と復旧	2008年11月5日*	ジオシンセティックス論文集
46	能登半島地震による能登有料道路の被害と復旧	平成22年5月14日*	国土交通省、北陸地方整備局
47	梅雨前線豪雨による国道8号小矢部市安楽寺地先での法面崩壊について	2014年7月31日*	富山河川国道事務所
48	平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨に伴う JR 飯山線災害応急工事報告	平成23年11月22日*	東日本旅客鉄道㈱
49	平成 26 年の台風 11 号による芦有ドライブウェイの災害通行止めの解除について	平成27年7月3日	芦有ドライブウェイ株式会社
50	法面災害復旧の施工事例	2013年10月30日*	三井住建道路株式会社
51	関越自動車道、国道および地方道の被害について紹介	平成16年12月*	基礎地盤コンサルタンツ(株)
52	上越線 220k900m 付近および 220km500m 付近(天王トンネル北側)	2004年12月24日*	土木学会
53	新潟県中越地震による鉄道盛土の被害とその復旧について	2005年3月	ジオシンセティックス技術情報
54	補強盛土(RRR 工法)によるJR 山口線鉄道盛土の災害復旧工事	2015年度*	西松建設技報
55	第8編 道路施設 - 平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告	平成18年1月*	国土技術政策総合研究所
56	7.1 道路の被害(1993年北海道南西沖地震震害調査報告)	1997年2月*	土木学会
57	地震時の交通機能確保に配慮した道路構造物の技術基準	平成24年3月*	国土技術政策総合研究所
58	地震時の道路盛土の被害予測技術	平成18年10月24日*	独立行政法人土木研究所耐震研究グループ
59	1993年北海道南西沖地震における道路・鉄道・河川堤防の被害	1993年11月	土木研究所