

第16回JICE研究開発助成成果報告会
2016.5.25

復旧期間を考慮した 橋梁と盛土の地震時安全性の 整合化に関する研究

東北大学
大学院工学研究科 土木工学専攻
松崎 裕

研究の背景 ～異種構造物の組み合わせから成る道路～

震災時に道路が果たすべき役割

- 緊急避難路
- 救助活動のための通行路
- 緊急物資の輸送路

緊急輸送路は早期復旧が必要であり、それを具現化するように設計されるべき

道路は、橋梁、盛土、トンネル等の異種構造物の組み合わせから成る線状構造を有しており、異種構造物間で復旧期間が整合するような限界状態に基づいて設計すべき

研究の目的 ～橋梁と盛土の応急復旧期間の整合化～

2004年新潟県中越地震

- 橋梁本体構造は即時に供用できる状態
- 盛土、斜面等が多く被災

橋梁と一般部の盛土で地震時復旧性が不整合であり、道路機能の復旧に長期間を要した。

異種構造物間において、復旧性の違いを考慮した限界状態の設定、材料特性のばらつきの違い等を踏まえて、地震時応急復旧期間の整合化が必要である。

研究の目的①
地震時応急復旧期間の期待値について、橋梁構造において地震時損傷が誘導される部材であるRC橋脚と整合するように、盛土の耐震設計に用いる設計規準式と部分係数の組み合わせを提示する。

研究の目的 ～橋台背面盛土の残留沈下量の抑制～

2011年東北地方太平洋沖地震

コスト縮減の観点から、短い橋長とするために、高盛土にして橋台をできるだけ前面に出した構造

橋台：液状化の影響を受ける場合を除いてレベル2地震動に対する耐震設計はなされていない。

緊急輸送路でありながら、背面盛土が45cm沈下した他、踏掛版も損傷し、道路機能の復旧に長期間を要した。

背面盛土の沈下をできるだけ抑制することを前提とした上で、あくまでも、さらなる補完策として、踏掛版を活用するべき

研究の目的②
橋台の背面盛土の地震時残留沈下量および橋台の地震時挙動に関して、縮小模型を用いた1G場における振動台実験を行い、橋台の背面盛土に必要な締固め度に関する基礎的検討を行う。

応急復旧期間の期待値について RC橋脚と整合できる レベル2地震動に対する盛土の 設計規準式と部分係数に関する検討

RC橋脚と盛土の耐震設計と応急復旧期間の整合化

部分係数 γ_2 の初期値の仮定

レベル2地震動に対するRC橋脚と盛土の耐震設計

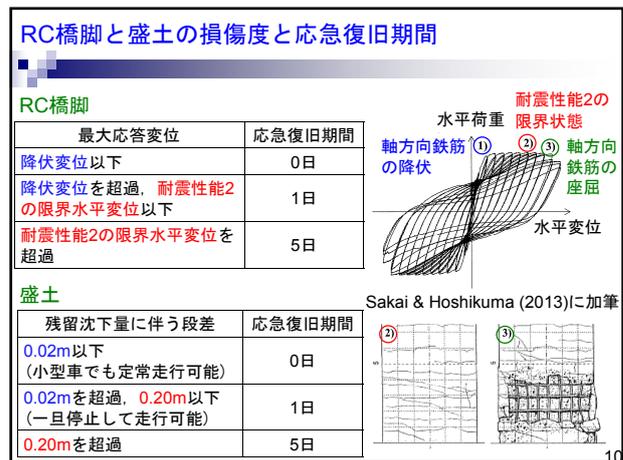
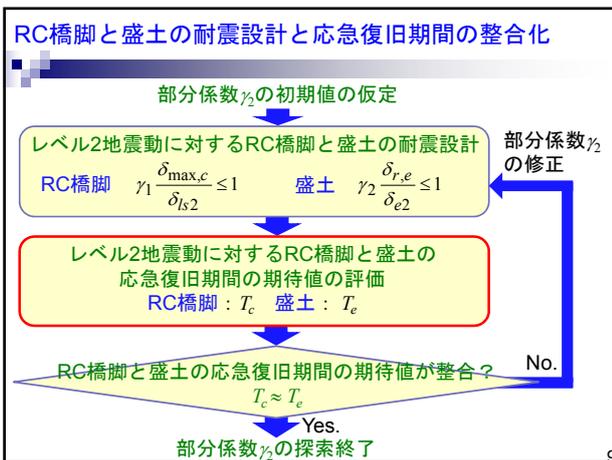
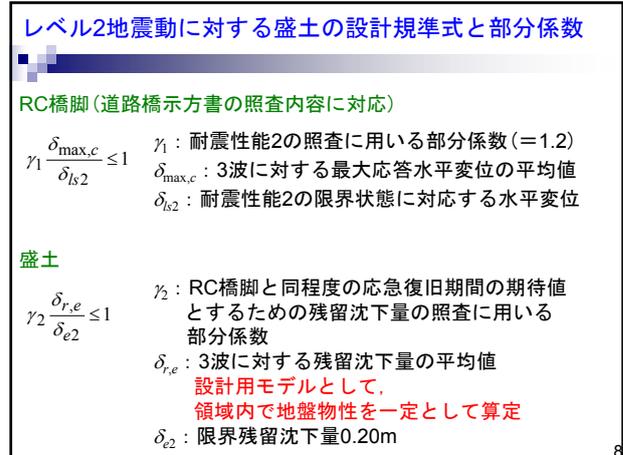
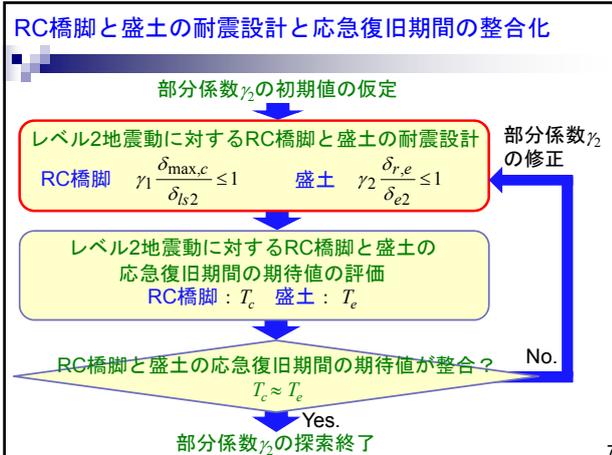
RC橋脚 $\gamma_1 \frac{\delta_{max,c}}{\delta_{ls2}} \leq 1$ 盛土 $\gamma_2 \frac{\delta_{r,e}}{\delta_{e2}} \leq 1$

レベル2地震動に対するRC橋脚と盛土の
応急復旧期間の期待値の評価
RC橋脚： T_c 盛土： T_e

RC橋脚と盛土の応急復旧期間の期待値が整合？
 $T_c \approx T_e$

Yes. 部分係数 γ_2 の探索終了

No. 部分係数 γ_2 の修正

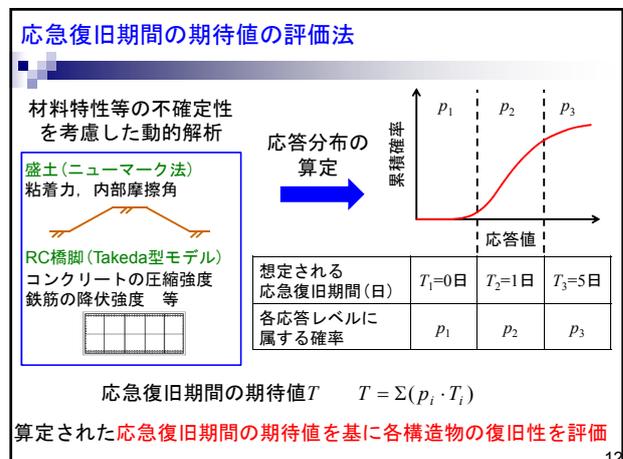


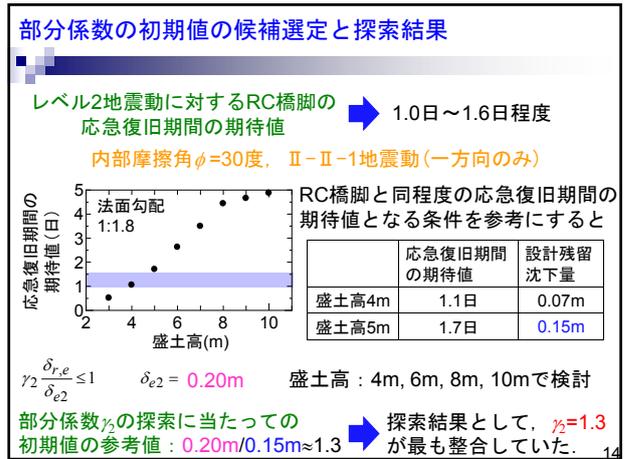
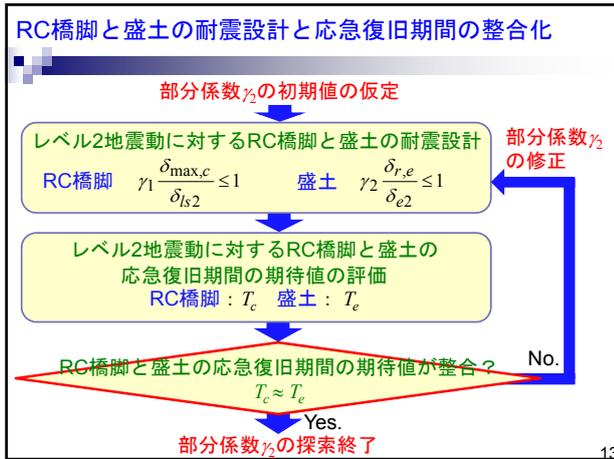
応急復旧期間の評価において考慮する不確定要因

材料特性および変形性能評価式に係る不確定要因について、いずれも正規分布に従う確率変数として考慮した。

	基準値	平均値	変動係数
コンクリートの圧縮強度	23.5N/mm ²	28.2N/mm ²	10%
鉄筋の降伏強度	345N/mm ²	414N/mm ²	7%
鉄筋の弾性係数	2.06 × 10 ⁵ N/mm ²	2.00 × 10 ⁵ N/mm ²	1%
耐震性能2の限界状態に相当する水平変位に乗じる係数	道路橋示方書に基づく算定値	1.060	17.5%
盛土の内部摩擦角	—	—	15%
盛土の粘着力	—	2.0kN/m ²	15%

コンクリートおよび鉄筋の材料特性: 足立・運上(1999)
 RC橋脚の変形性能評価式: 土木研究所(2013)
 盛土の地盤物性: 田中ら(2005)



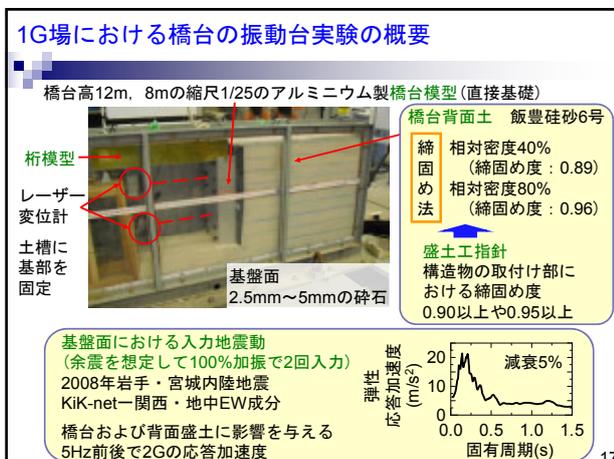
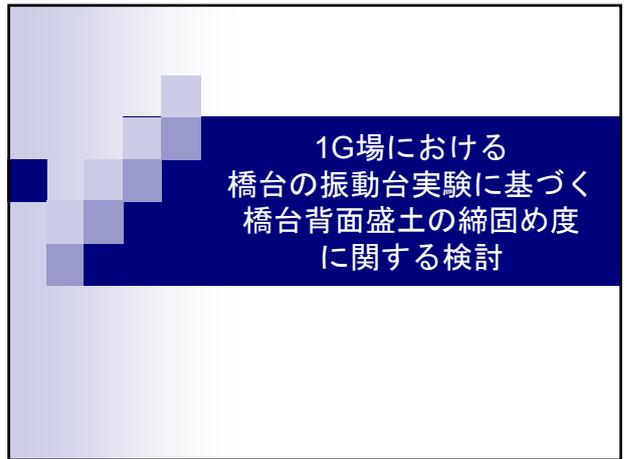


提案手法で耐震設計された盛土の応急復旧期間の期待値

$\gamma_2 \frac{\delta_{r,e}}{\delta_{e2}} \leq 1$ $\gamma_2=1.3$ として耐震設計された盛土の応急復旧期間の期待値

地震動	盛土高4m ($\phi=29$ 度)		盛土高6m ($\phi=31$ 度)		盛土高8m ($\phi=32$ 度)		盛土高10m ($\phi=33$ 度)		
	設計残留沈下量(m)	復旧期間の期待値(日)	設計残留沈下量(m)	復旧期間の期待値(日)	設計残留沈下量(m)	復旧期間の期待値(日)	設計残留沈下量(m)	復旧期間の期待値(日)	
レベル2タイプII種地盤	II-II-1	0.13	1.4	0.14	1.4	0.15	1.5	0.11	1.2
		0.18	1.7	0.20	1.8	0.21	1.9	0.16	1.4
II-II-2	0.12	1.2	0.13	1.3	0.14	1.3	0.11	1.1	
	0.11	1.1	0.12	1.1	0.12	1.2	0.10	1.0	
II-II-3	0.16	1.5	0.17	1.6	0.18	1.6	0.16	1.3	
	0.09	1.0	0.10	1.0	0.11	1.1	0.08	0.9	
平均値	0.13	1.3	0.14	1.4	0.15	1.4	0.12	1.1	

提案する設計規準式で設計された盛土は、**盛土高に関わらず、RC橋脚と同程度の応急復旧期間**となるような締固め度へと誘導



橋台背面盛土の残留沈下量と橋台の残留水平変位

橋台背面盛土の残留沈下量

	12m橋台模型		8m橋台模型	
相対密度	40%	80%	40%	80%
加振1回目	10mm	8mm	6mm	6mm
加振2回目	12mm	8mm	9mm	7mm

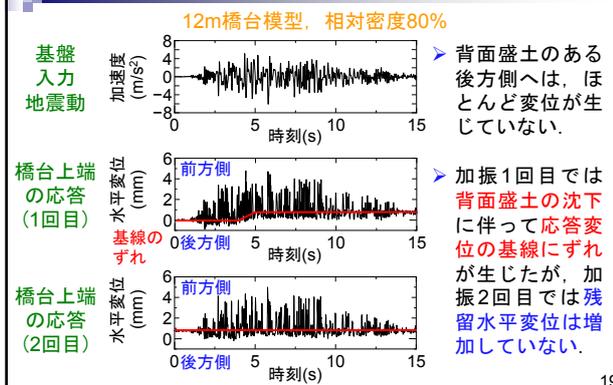
橋台高・背面盛土高が大きい程、締固め度が小さい程、背面盛土の残留沈下量と橋台上端の残留水平変位が大きい。

橋台上端の残留水平変位

	12m橋台模型		8m橋台模型	
相対密度	40%	80%	40%	80%
加振1回目	5mm	1mm	3mm	0mm
加振2回目	7mm	1mm	5mm	0mm

相対密度80% (締固め度0.96) と十分に締固めた場合には加振2回目における残留沈下量や残留水平変位の増加が抑制されている。

十分に背面土が締め固められた橋台の地震時挙動



まとめ

異種構造物間における地震時応急復旧期間の整合化に向けて、レベル2地震動に対する盛土の耐震設計で用いる設計規準式と部分係数の組み合わせ、1G場における振動台実験に基づいて橋台背面盛土の締め固め度とその残留沈下量および橋台の地震時挙動の関係について基礎的検討を行った。

- 盛土の限界残留沈下量を0.20m、部分係数を1.3として、レベル2地震動に対する耐震設計を行うことで、地震時応急復旧期間の期待値は耐震性能2を確保したRC橋脚と同程度となる。
- 締め固め度0.96と橋台背面盛土を十分に締め固めることで、橋台の残留水平変位・橋台背面盛土の残留沈下量について、余震による被害拡大を含めて抑制される。

限られた条件での解析・実験であるため、これらの知見を基礎にして、今後も検討を深めていく必要がある。