

3. 交通地盤構造物の 性能照査型設計手法の確立に向けた 構造解析手法の整備

調査目的

本調査では交通地盤構造物の性能照査型設計手法の確立という観点から、5カ年（2011～2015年）の日本国内で発表された講演要旨や論文を調査し、解析手法、地盤材料の種類やモデル化手法を対象に研究動向の把握を試みた。

調査対象情報

地盤工学研究発表会要旨集，地盤工学ジャーナル，
土木学会年次学術講演会要旨集，土木学会論文集，
鉄道工学シンポジウム論文集

道路関係と鉄道関係の解析・研究課題の比較

道路
(53編)



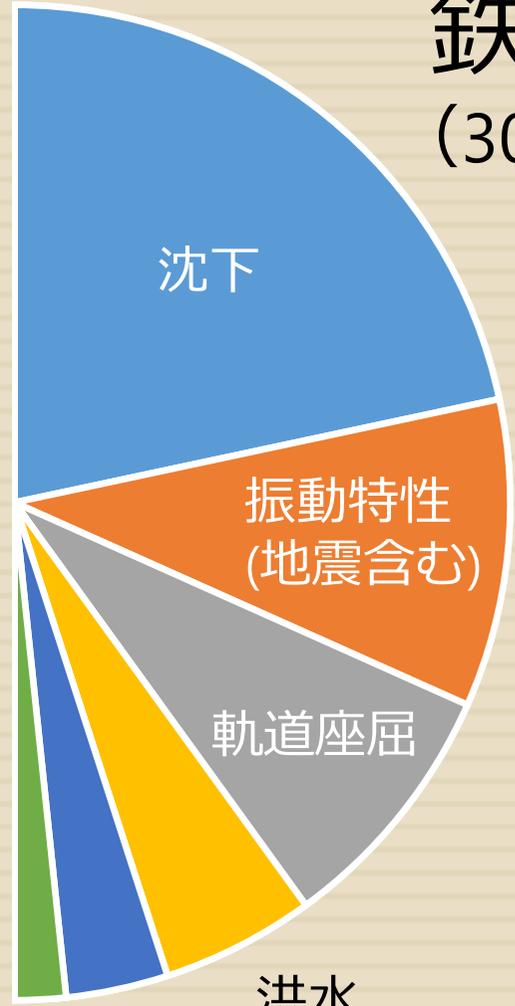
凍結・浸透・
水分状態

振動特性
(地震含む)

その他

路盤改良

鉄道
(30編)



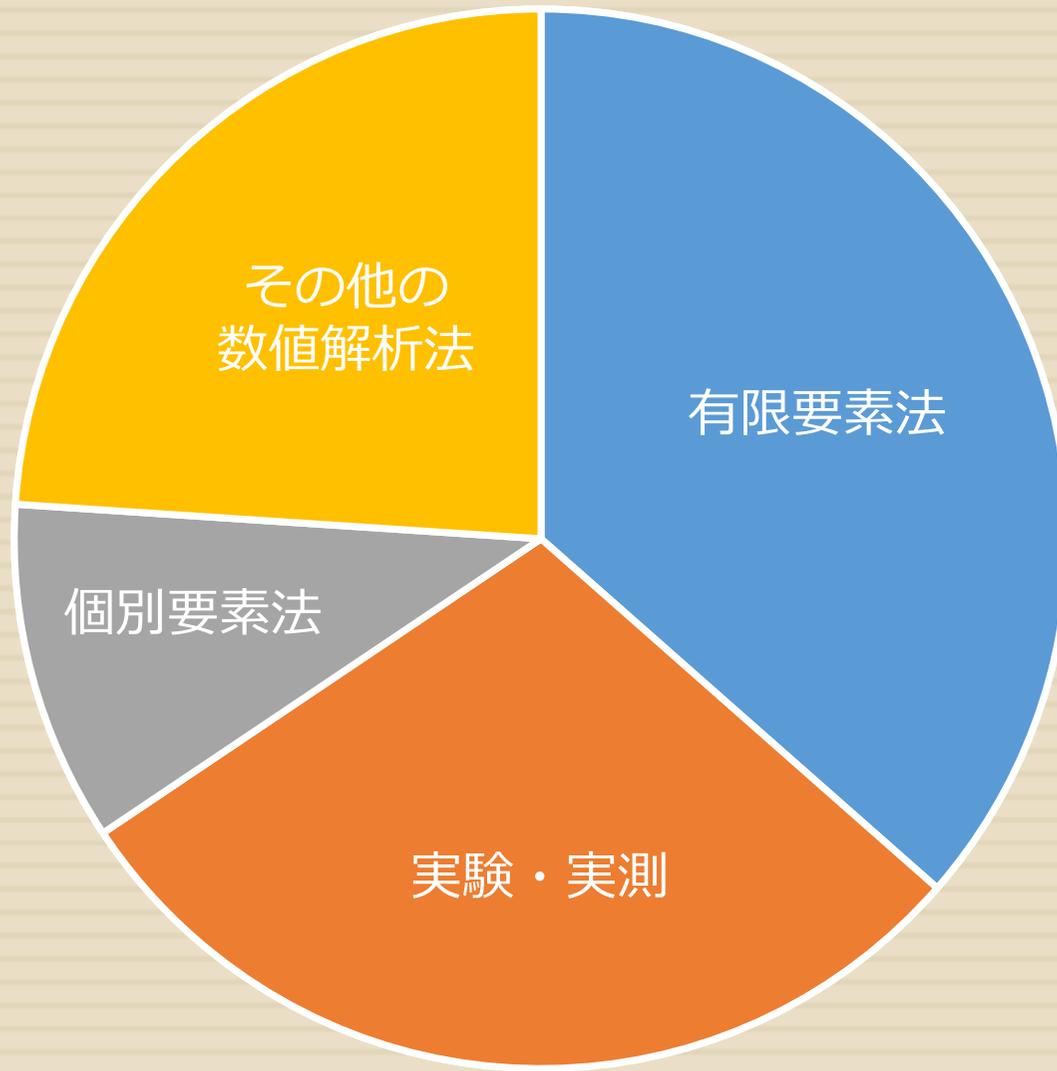
沈下

振動特性
(地震含む)

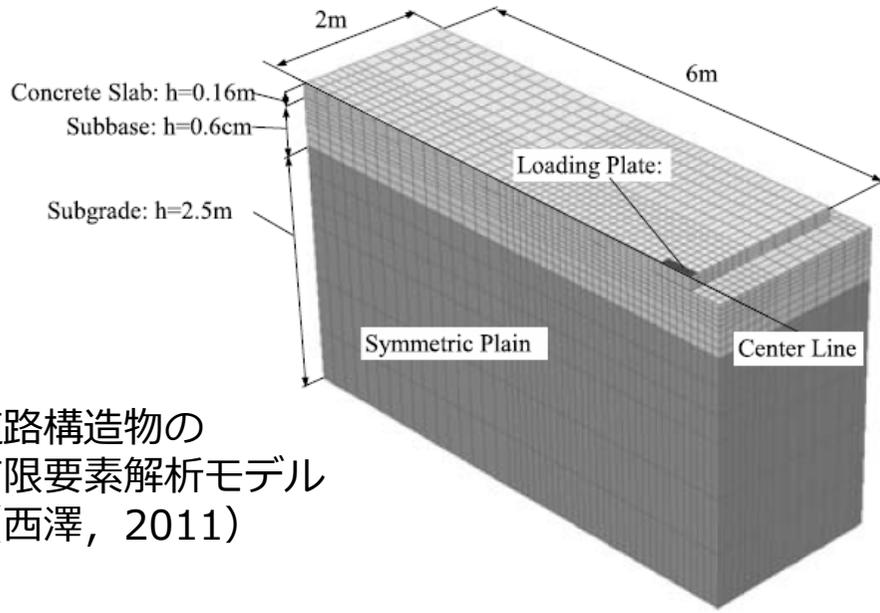
軌道座屈

洪水

交通地盤工学で利用されている解析手法

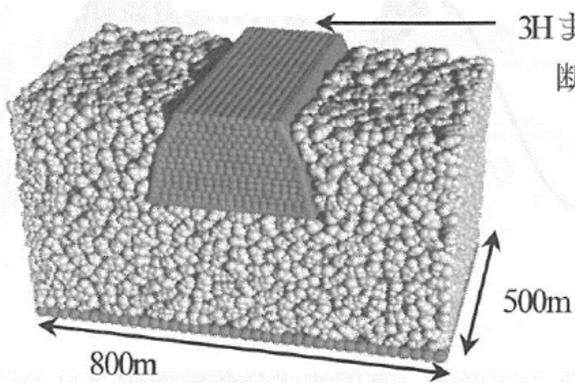


交通地盤工学で利用されている解析手法（つづき）



道路構造物の有限要素解析モデル (西澤, 2011)

図-6 試験コンクリート舗装の3DFEMへのモデル化



鉄道軌道断面の個別要素解析モデルの一例 (河野, 2015)

図-1 離散体バラスト軌道断面モデル

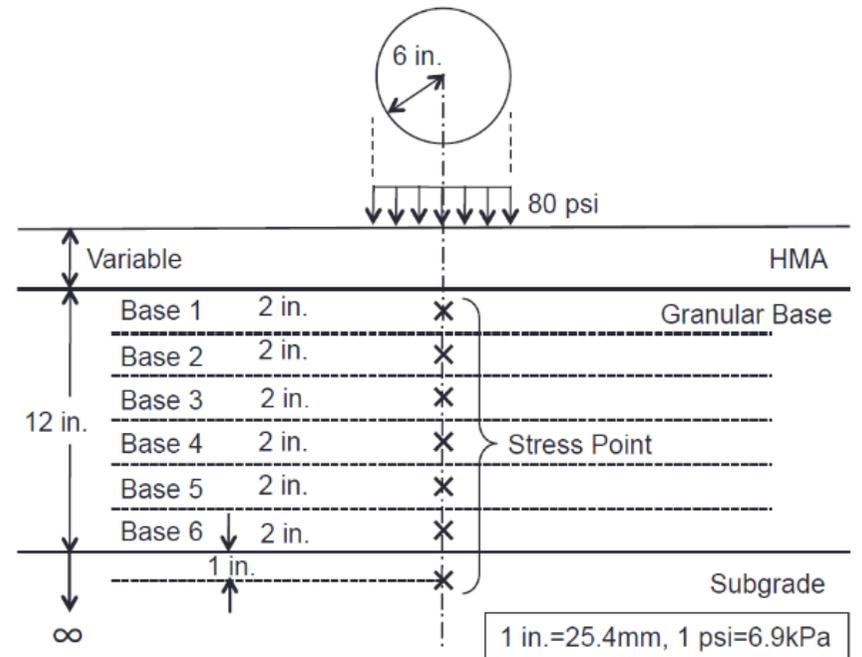


図-2 路盤を複数層に分割する場合の解析事例 (Case 1)
道路構造物の多層弾性モデル化 (竹内他, 2012)

交通地盤工学で利用されている解析手法（まとめ）

- 有限要素解析は最も利用されており，近年，3D解析が増加傾向にある。
- 2番目に利用の多い手法として，現場的見地から実験的手法がある。
沈下挙動および凍結融解といった実現象の発生メカニズムを解明するため，実験や実測結果を援用している場合が多い。
- 個別要素法は，粒状材料の挙動解析に有効であり，鉄道軌道バラストの挙動解析に頻繁に活用されている。最近では球形粒子やその集合体のみならず，多角形ポリゴンによる碎石の表現の高度化も図られている。
- その他の方法としては，Boussinesq弾性解や多層弾性理論を用いた解析手法が用いられている。

解析・研究課題に対する解析手法

道路関係	疲労・繰返し沈下	路盤・路床変形	表層破壊(剥離含む)	凍結・浸透・水分状態	振動特性(地震含む)	その他
実験・実測	8	7	4	5	0	0
有限要素法	5	4	2	3	2	3
個別要素法	0	0	0	0	0	0
その他の数値解析法	2	7	8	4	0	1

鉄道関係	沈下	軌道座屈	振動特性(地震含む)	路盤改良	洪水	その他
実験・実測	2	2	1	2	3	0
有限要素法	7	4	4	2	1	1
個別要素法	6	1	3	0	0	0
その他の数値解析法	0	0	1	0	2	0

解析・研究課題に対する解析手法



ここにまとめを記載する。

解析手法に対する解析対象構造物のモデル化 (地盤構造のモデル化)

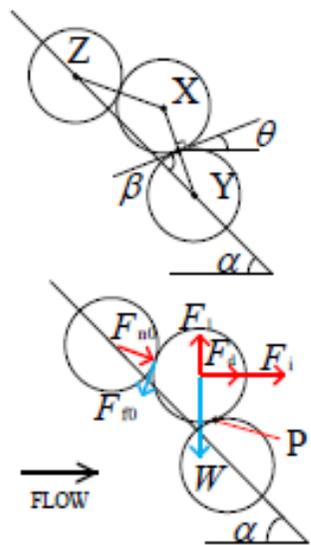
	固体	液体	気体
実験・実測	24	5	0
有限要素法	35	6	1
個別要素法	10	0	0
その他の 数値解析法	18	2	0

固体のみでモデル化する1層系のモデル化が主流である。

水－土連成の2層系のモデル化が行われている。2層系の場合は舗装や路盤・路床の凍結融解作用および洪水を対象とした研究でモデル化されている。

研究事例では、「氾濫流による鉄道バラスト道床の流失機構に関する模型実験と解析的検討」において、多量の降雨によって鉄道バラスト道床が流出する被害を受けており、流失機構に関する模型実験と解析が行われた。その中で、図3-2に示されるように、バラストの抜け出し現象を動水勾配と流速の影響を考慮したミクロ的力学モデルで評価した。地盤構造のより現実的な表現を行うため、固相、液相、気相や環境変化を考慮するための熱や融解水の浸透等の影響を連成させたモデル化も行われている。

解析手法に対する解析対象構造物のモデル化 (地盤構造のモデル化) (つづき)



β, θ : 粒子の噛み合わせに関する変数

~本実験の設定値~

$\alpha = 45^\circ$

$\beta = (\beta_{\max} + \beta_{\min}) / 2 = (90^\circ + 45^\circ) / 2 = 67.5^\circ$

W : 自重 F_t : 揚力

F_d : 抗力 F_s : 透水力

F_{n0} : 上方粒子による力

F_{n0} : 上方粒子との摩擦力

ミクロ的力学モデルの概要

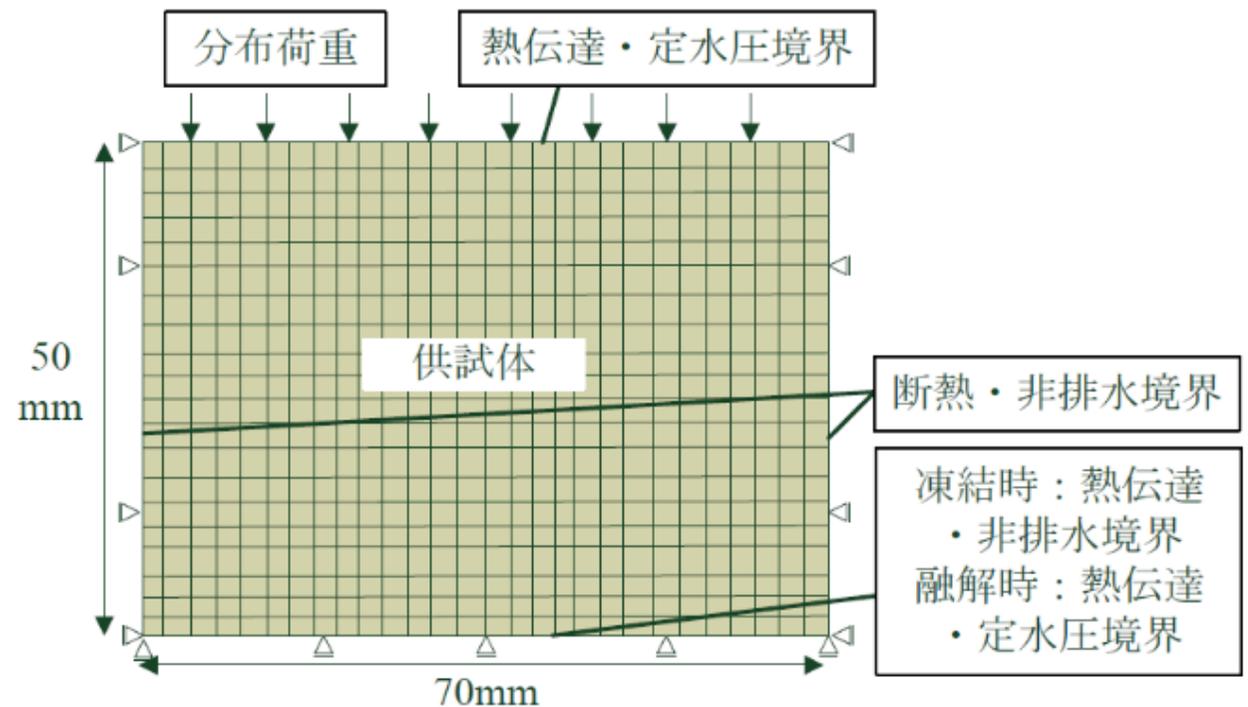


図-3 供試体モデルの概略

応力変形・熱伝導・浸透連成
有限要素解析モデルの概要
(石川他, 2015)

解析手法に対する解析対象構造物のモデル化 (地盤材料の種類)

	粘土	シルト	砂質土	碎石	スラグ	コンクリート	安定処理	アスファルト	その他
実験・実測	3	0	2	14	0	4	3	11	4
有限要素法	2	0	5	21	0	8	4	8	3
個別要素法	0	0	0	10	0	1	0	0	0
その他の 数値解析法	1	0	3	9	0	2	3	12	3

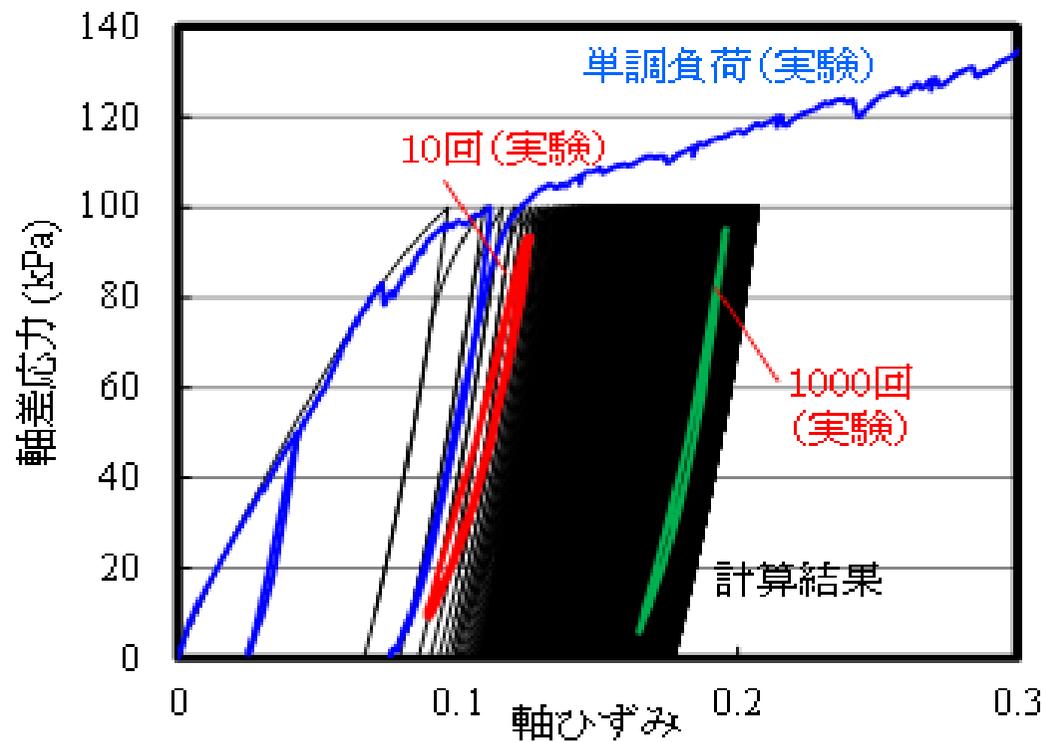
交通地盤工学が対象のため、路床、路盤、表層部を対象に解析が行われており、材料の種類は、アスファルト、コンクリート、碎石（バラスト）等が上位を占めている。

解析手法に対する解析対象構造物のモデル化 (地盤材料の構成モデル)

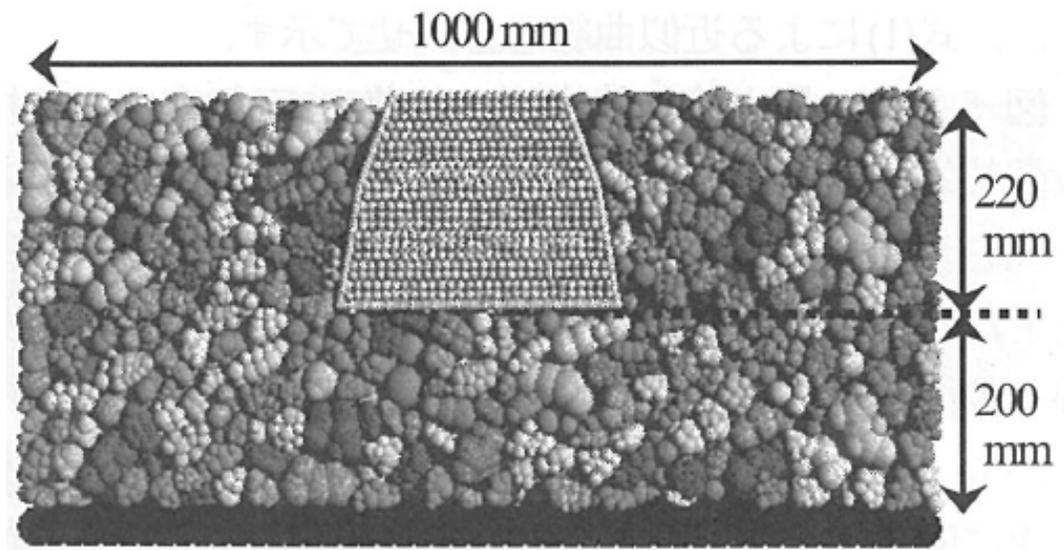
	弾性	粘弾性	剛塑性	弾塑性	実験式等
実験・実測	12	4	0	4	6
有限要素法	15	4	1	16	1
個別要素法	3	2	0	4	0
その他の 数値解析法	11	2	0	2	4

- 地盤材料は概ね弾性あるいは弾塑性構成モデルによりモデル化されている。
- 道路・鉄道盛土の安定性や地盤の支持力に関する解析では、地盤の変形挙動が重要であるため、弾（完全）塑性構成モデルや剛塑性構成モデルが採用される場合が多い。
- 実測結果より実験式を作成し、地盤材料のモデルとして利用している研究も複数見られた。

解析手法に対する解析対象構造物のモデル化 (地盤材料の構成モデル) (つづき)



バラストの繰返し負荷挙動の予測結果
(岡安他, 2014)



離散体バラスト軌道横断面モデル

まとめ

本調査では交通地盤構造物の性能照査型設計手法の確立という観点から最近5カ年の論文等を調査し、解析手法、地盤材料の種類やモデル化手法を対象に研究動向を調べた。

- 解析手法は、道路構造物に関しては有限要素法と多層弾性理論解析、鉄道軌道に関しては個別要素解析と有限要素解析が概ね利用されていた。
- 地盤材料のモデル化は弾性構成モデルおよび弾塑性構成モデルが採用されていた。有限要素法ならびに個別要素法ともに変形挙動の予測精度の向上を目的にモデルの精緻化が研究されている印象を受けた。
- 解析対象の地盤材料に対する構成モデルの選択は任意に行われており、その辺りの整理を行う必要性も感じられた。