

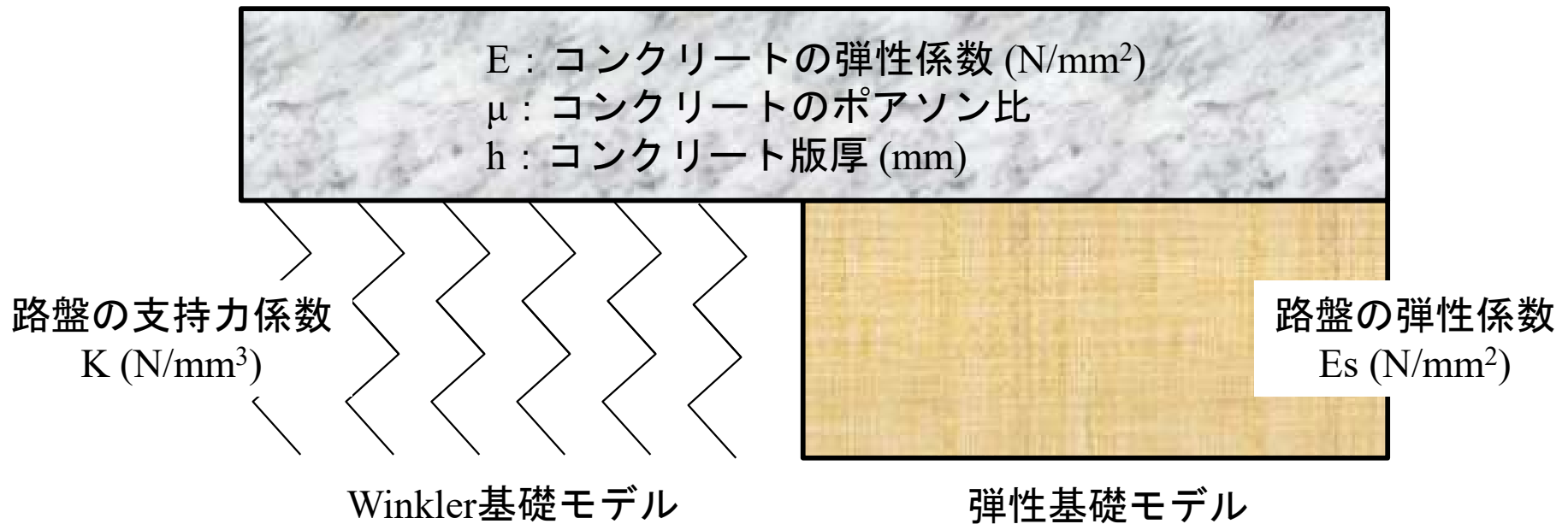
コンクリート舗装の 剛比半径の考察

Consideration on
Radius of Relative Stiffness for Rigid Pavement

国土交通省 国土技術政策総合研究所 空港研究部
坪川 将丈

背景・目的

- Westergaard (1926) が「解析に繰返し出現する項である」として剛比半径 (radius of relative stiffness) を提唱. 剛比半径の具体的な意味は記されていない.
- 多くの文献で「荷重分散の程度を表す指標」と言及されているのみであり, 具体的にどのような意味を有する長さかを解説している文献がほぼ無い.



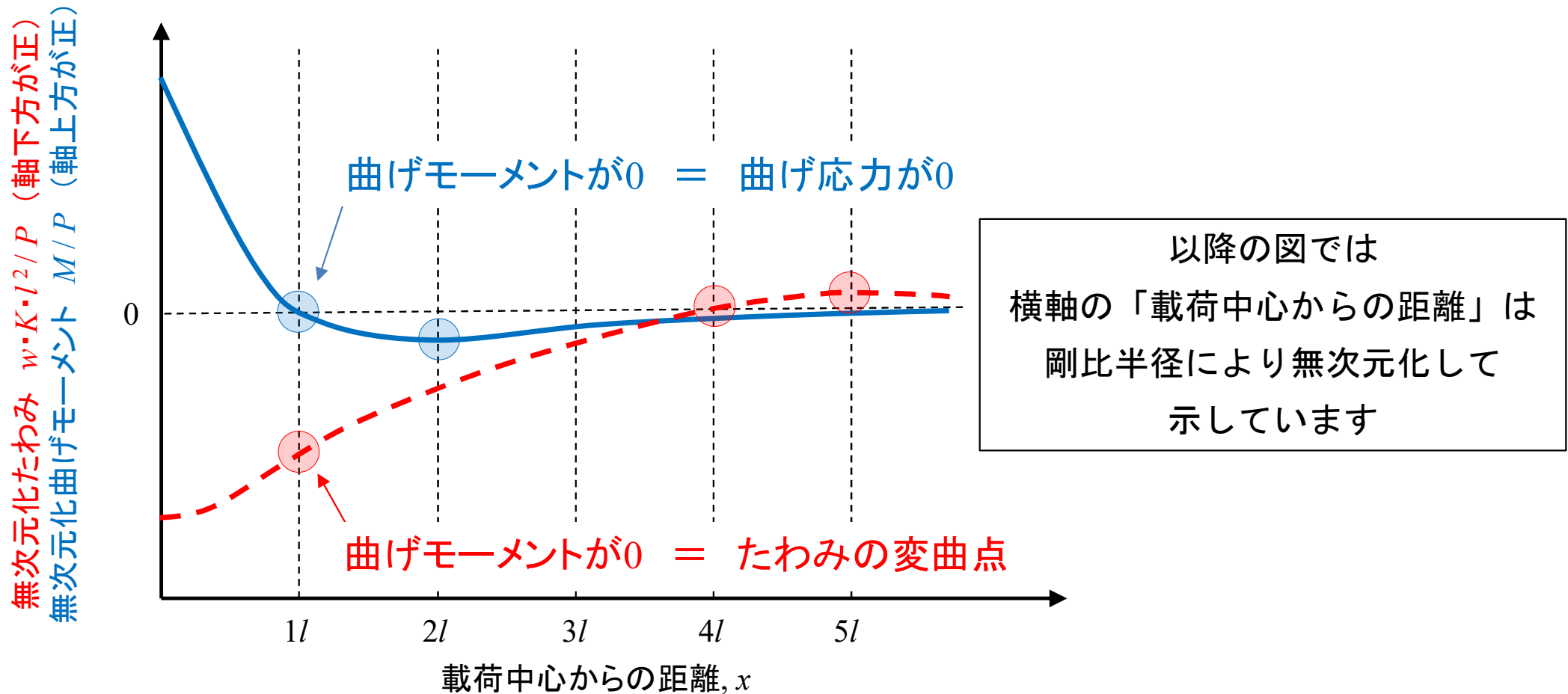
剛比半径

$$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot K}}$$

$$l_s = \sqrt[3]{\frac{E \cdot h^3 \cdot (1 - \mu_s^2)}{6 \cdot E_s \cdot (1 - \mu^2)}}$$

仮説・検証手法

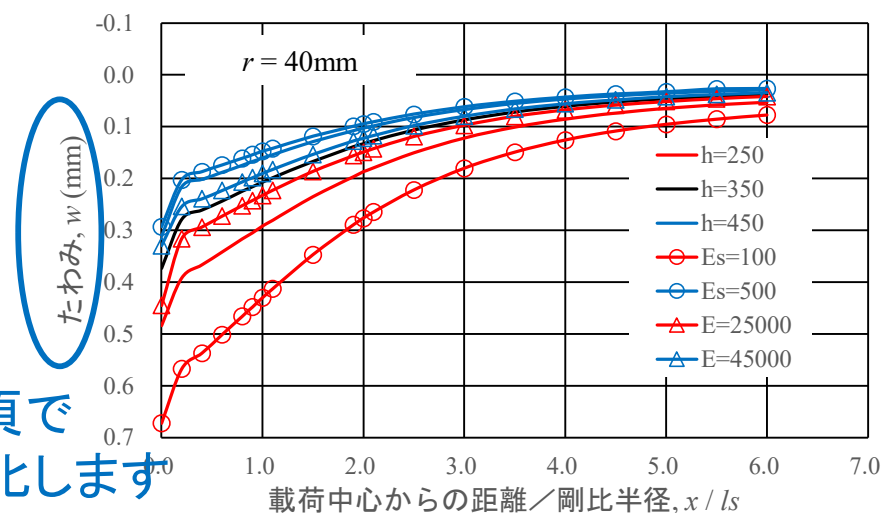
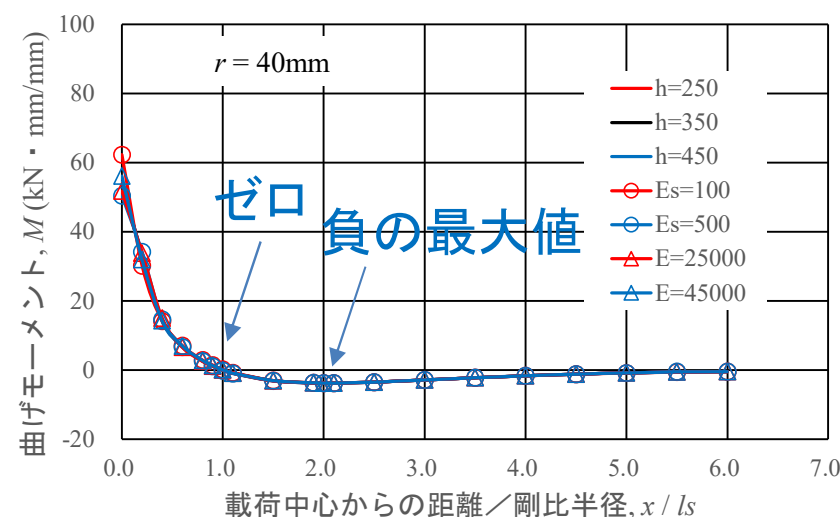
- Westergaard (1926) の原著では、中央部集中載荷の解析結果として以下の図を示していることから、剛比半径とは「載荷中心」から「曲げモーメントが0となる位置＝たわみの変曲点の位置＝曲げ応力が0となる位置」までの距離（仮説）。
- この仮説を検証すべく、多層弾性解析プログラムGAMESを用いた弾性基礎モデル（コンクリート版・路盤の二層モデル）の解析により、剛比半径と各種応答値の関係を考察した。



剛比半径 と たわみ・曲げモーメント

- 剛比半径に影響するコンクリート版の弾性係数・版厚・路盤弾性係数を変化させた。
- Westergaardが示した図と同様に，解析条件によらず，曲げモーメントは載荷中心から $1l_s$ の位置で0， $2l_s$ の位置で負の最大値である。
- 剛比半径とは「載荷中心」から「たわみの変曲点の位置」「曲げ応力が0となる位置」までの距離であると考えられる。

パラメータ		設定値
P	: 載荷重 (B747-400 の輪荷重)	227,500 N
E	: コンクリートの弾性係数	25,000, <u>35,000</u> , 45,000 N/mm ²
h	: コンクリート版厚	250, <u>350</u> , 450 mm
μ	: コンクリートのポアソン比	0.15
E_s	: 路盤の弾性係数	100, <u>300</u> , 500 N/mm ²
h_s	: 路盤厚	無限大
μ_s	: 路盤のポアソン比	0.35
r	: 載荷重の接地半径	<u>40</u> , 200, 500, 1000 mm
l_s	: 弾性基礎モデルの剛比半径	$= \sqrt[3]{\frac{E \cdot h^3 \cdot (1 - \mu_s^2)}{6 \cdot E_s \cdot (1 - \mu^2)}}$
コンクリート版と路盤の層間すべり率		0.99

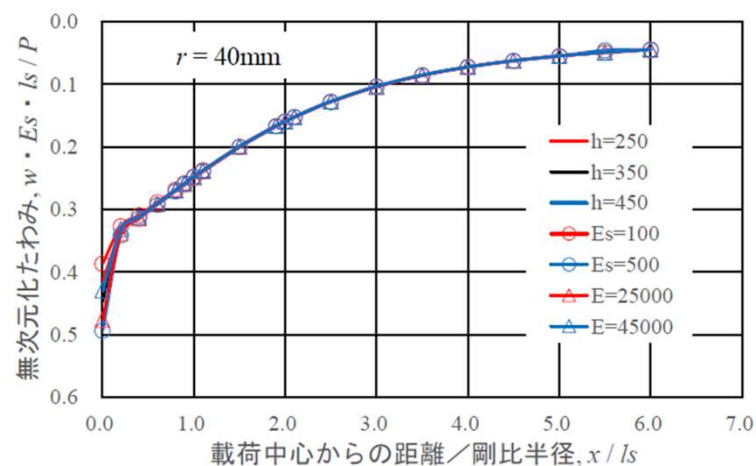


次頁で
無次元化します

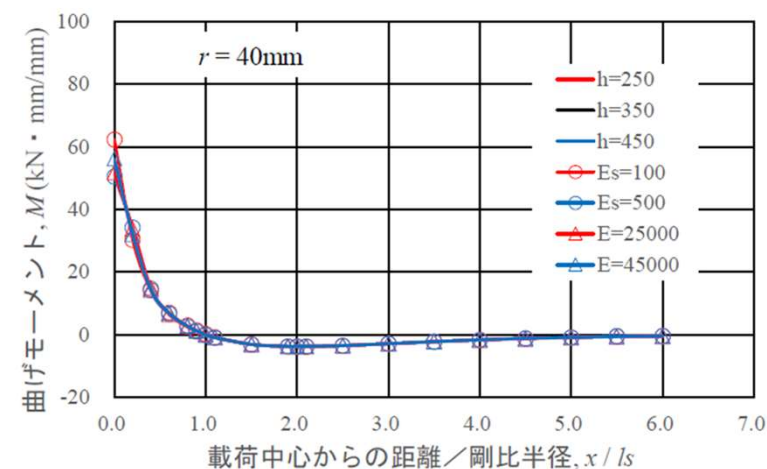
剛比半径 と たわみ・曲げモーメント

- 剛比半径でたわみを無次元化すると，曲げモーメントと同様に分布は一致する。
- ただし，載荷重の接地半径が大きくなると，分布は一致しなくなる。

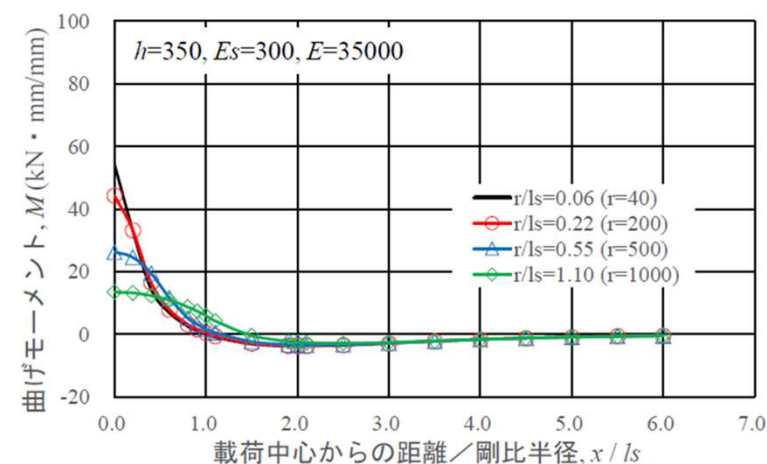
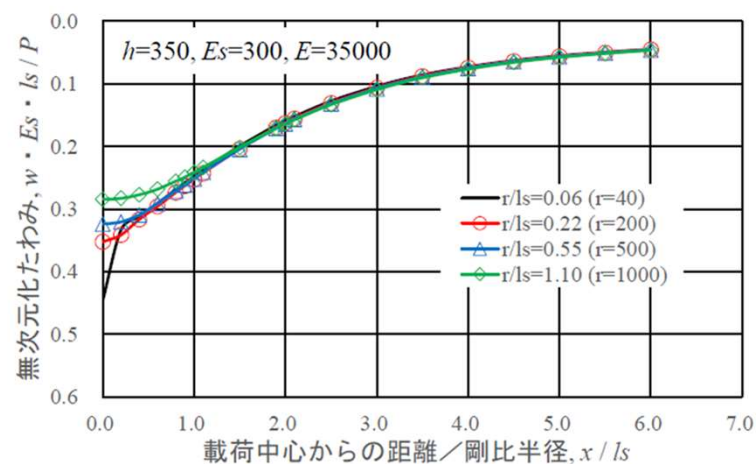
無次元化たわみ



曲げモーメント

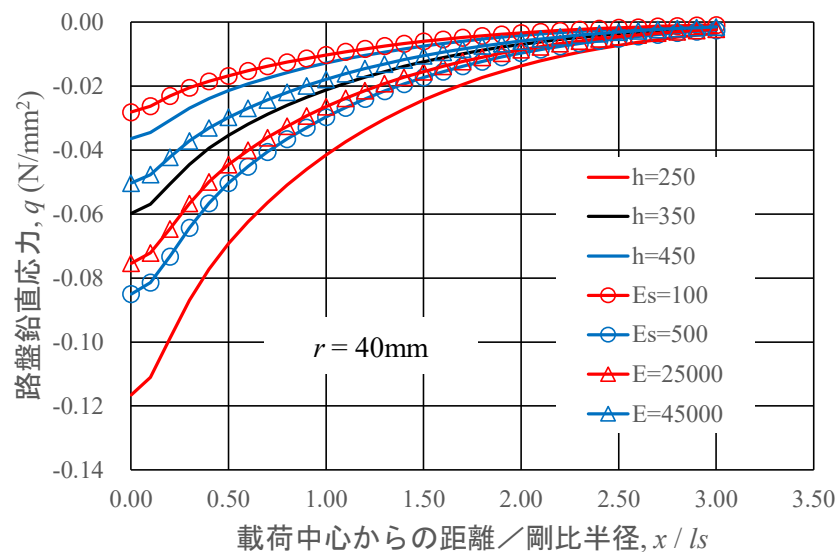
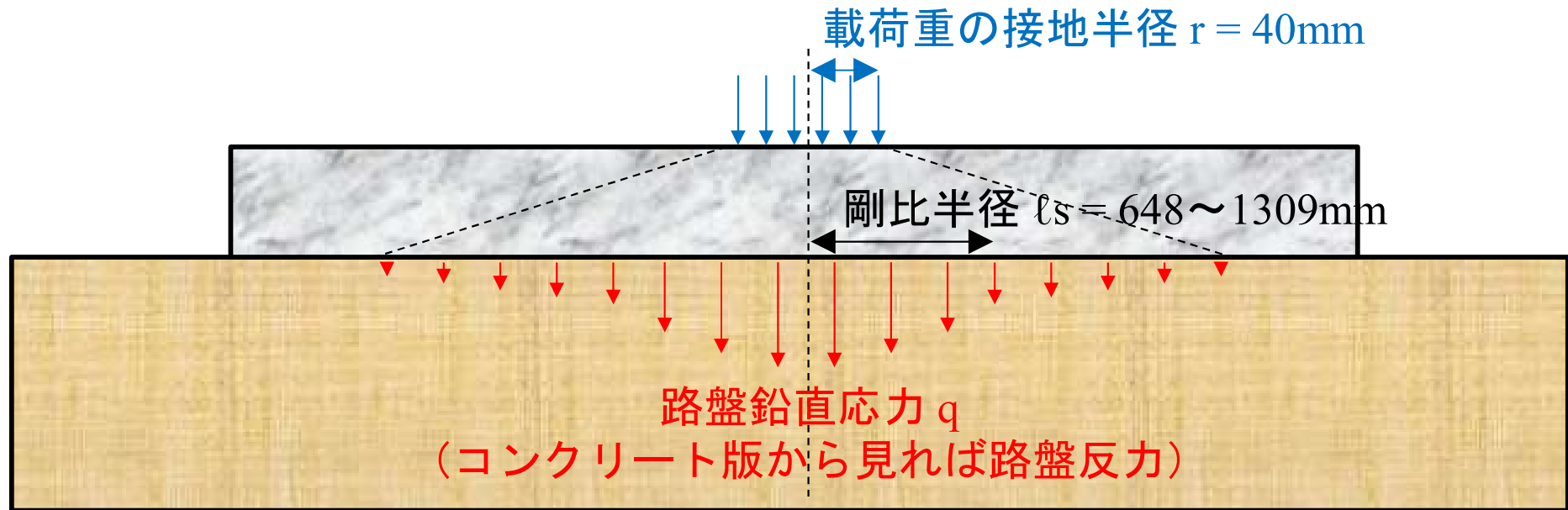


接地半径 r
40～1000mm

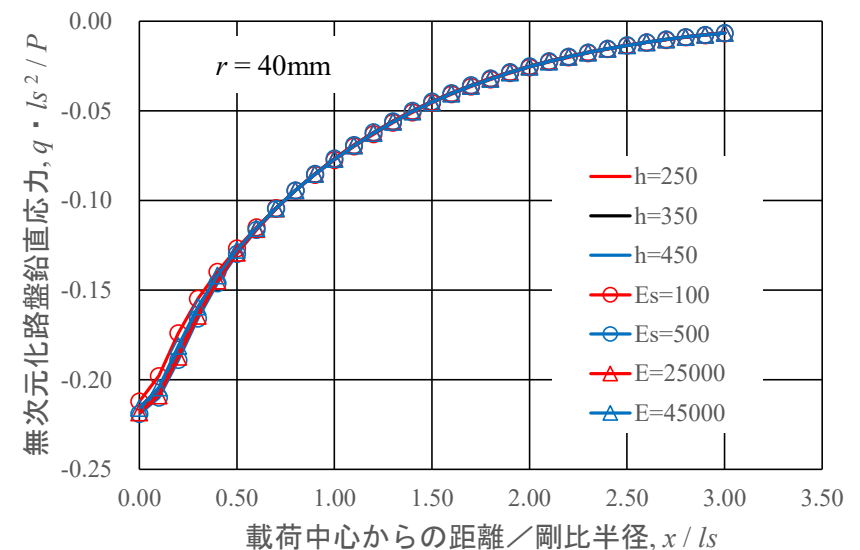
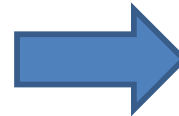


剛比半径 と 路盤反力

- 路盤上面における路盤鉛直応力を P/ℓ_s^2 で無次元化することにより分布が一致することがわかった。

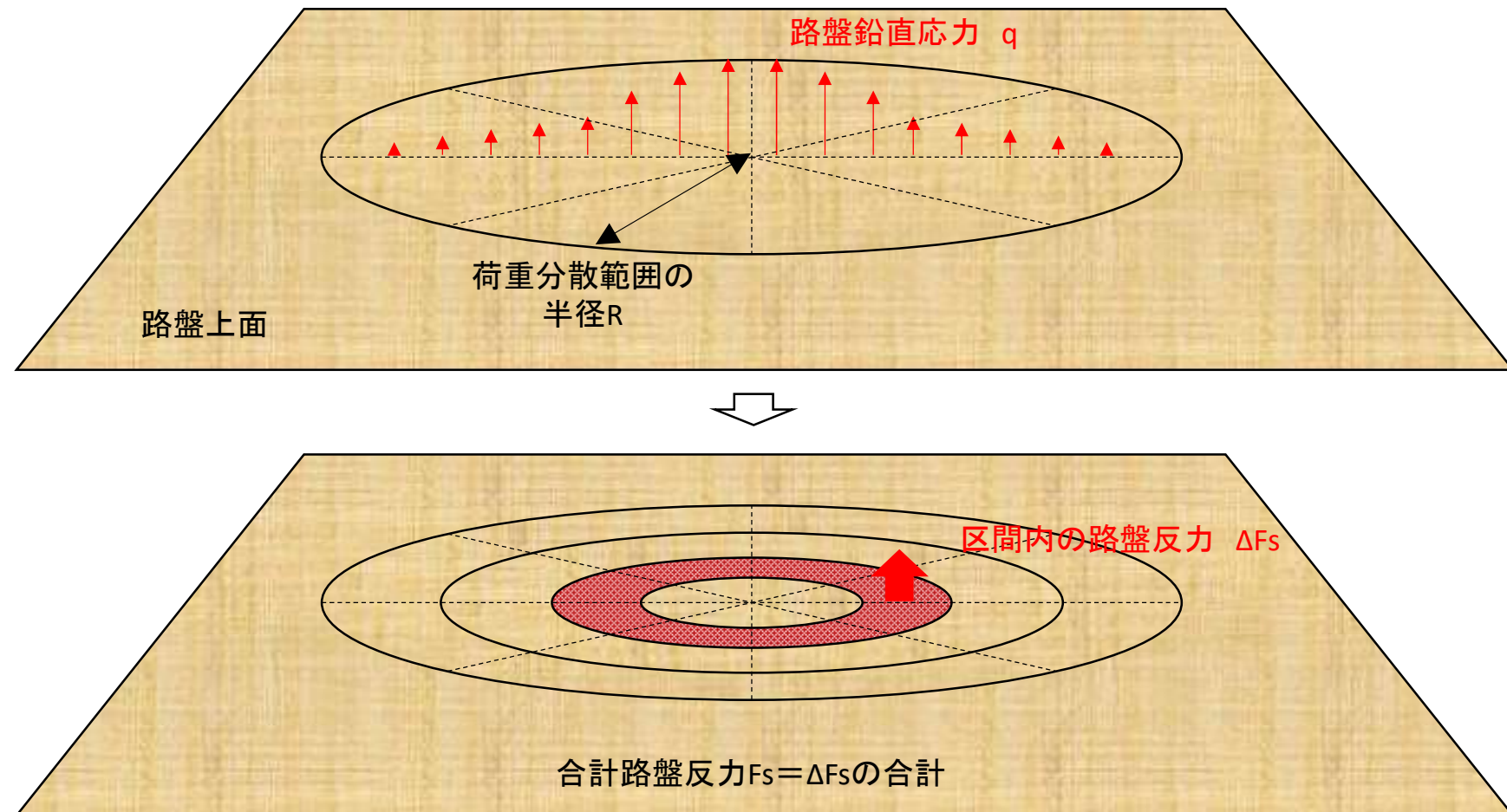


P/ℓ_s^2
で
無次元化



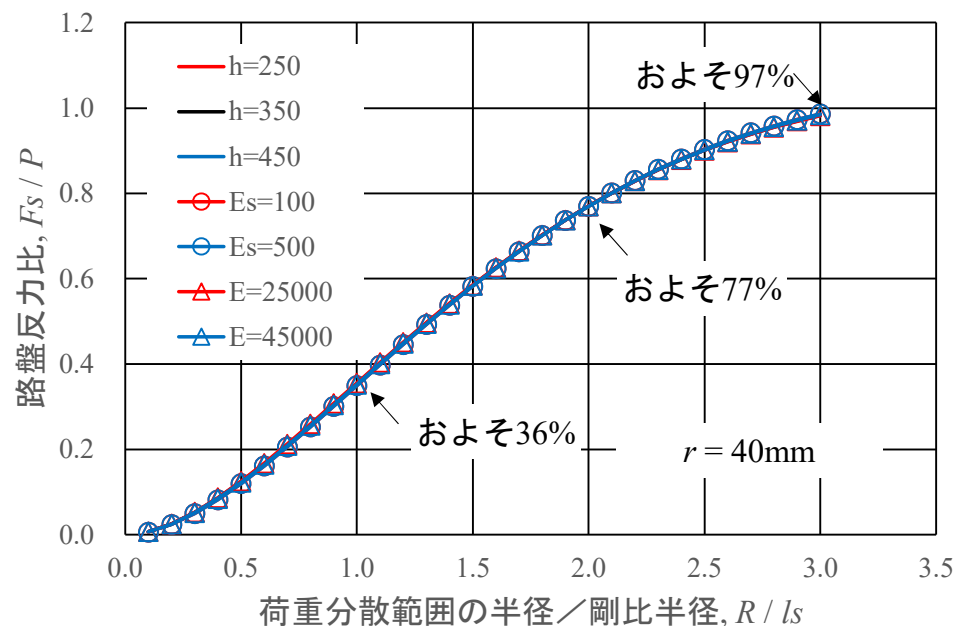
剛比半径 と 路盤反力

- 載荷中心から半径 R の円形範囲を「荷重分散範囲」と定義した.
- 荷重分散範囲の合計路盤反力 F_s を載荷重 P で除した値を「路盤反力比」と定義した.
- 例えば「半径1.0mの路盤反力比が30%」は「載荷中心から半径1.0mの円形範囲内において、コンクリート版が路盤から受ける反力は、載荷重の30%」を示している.

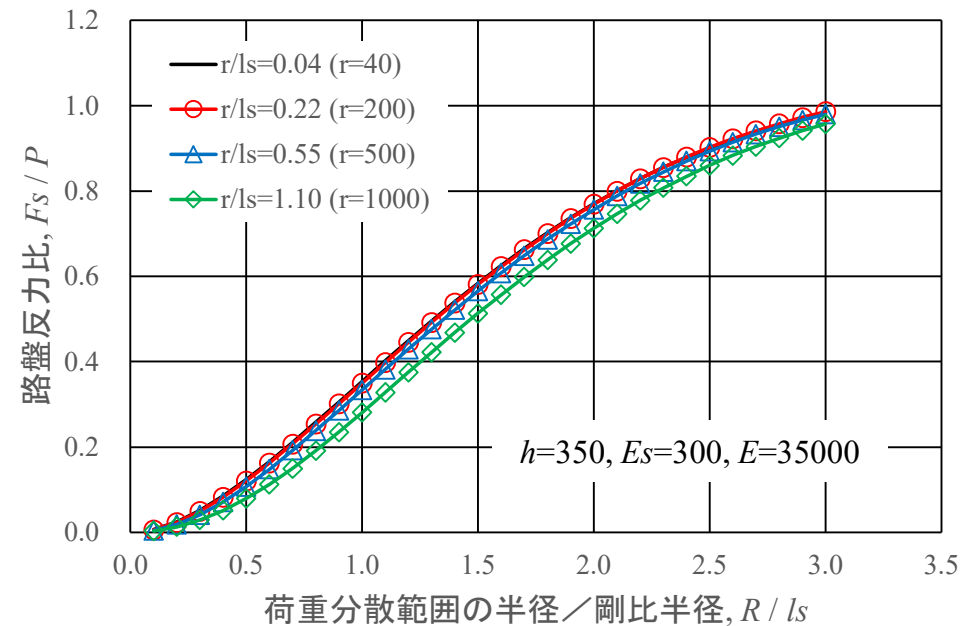


剛比半径 と 路盤反力

- 条件を変化させても，路盤反力比と荷重分散範囲半径の関係は一致した（p.7で無次元化路盤鉛直応力の分布が一致するので、当然と言えば当然）．
 - 0～1 ℓ_s の範囲では，載荷重の 約36% に相当する路盤反力を負担している．
 - 0～2 ℓ_s の範囲では，載荷重の 約77% に相当する路盤反力を負担している．
 - 0～3 ℓ_s の範囲では，載荷重の 約97% に相当する路盤反力を負担している．
- 接地半径が剛比半径に比して大きくなると，路盤反力比はやや低下するが，上記の比率は概ね30, 70, 100%と言える．



接地半径 $r=40\text{mm}$ の場合



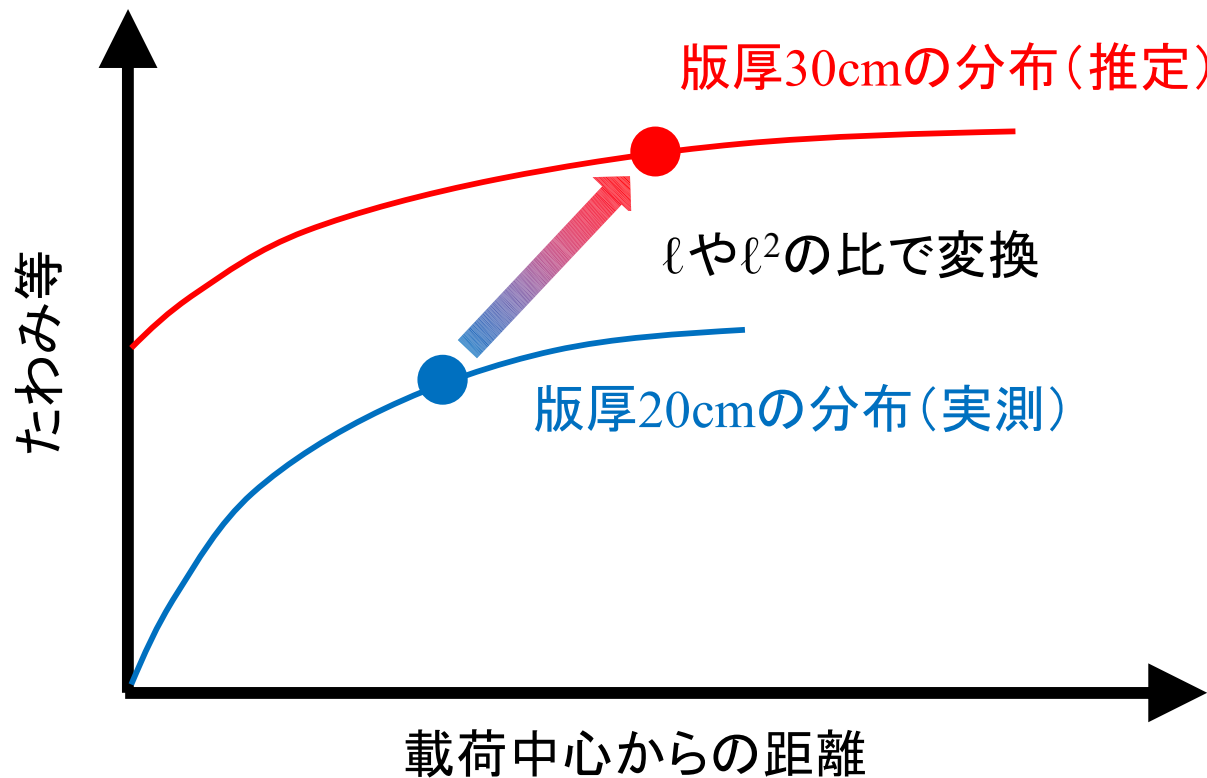
接地半径 $r=40\sim 1000\text{mm}$ の場合

結論

- 剛比半径は「载荷中心」から「曲げ応力0の位置・たわみの変曲点の位置」までの距離.
- 剛比半径を用いることで、荷重分散の程度を定量的に表現することが可能.

活用例

- ある1つの「たわみや応力ー距離」実測データがあれば、剛比半径による簡単な変換により、別条件における「たわみや応力ー距離」が推定可能.
- 「引張曲げ応力は 1ℓ まで」「路盤鉛直応力は 3ℓ まで」のような舗装構造条件に依存しない目安値は、現象を考察する上で参考となりうる.



「剛比半径の考察」
で検索すると
本研究の詳細が
閲覧できます