

地下水位の上昇・下降による路盤の剛性変化に関する基礎的検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○宮下千花 三原一輝 横澤直人 綾部孝之 間瀬利明

1. はじめに

平成 28 年度に制定された舗装点検要領では、舗装の長寿命化に向けて、路盤以下の層の保護の重要性が挙げられている。また、既往の文献¹⁾では、舗装内部に浸入する水が、主に粒状路盤上端部の湿潤化、脆弱化の原因になっていることを指摘している。筆者らは、実大供試体を用いた実験を通じて、地下水位の上昇・下降が路盤の支持力及び荷重の分散性に与える影響を検討している²⁾。本稿では、地下水位の上昇・下降履歴を与えながら実車両荷重を載荷し、粒状路盤の上端部と下端部の剛性変化の測定を試みた結果を報告する。

2. 実験内容

水位の調整が可能なコンクリートピット内に幅 3.86 m、奥行 4.0 m、高さ 1.8 m の供試体を作製した。供試体の幅方向及び奥行方向の断面図を、計測機器埋設箇所を中心として図-1 に示す。表層及び基層は密粒度アスファルト（最大粒径 13 mm）を各層 5 cm、路盤は粒度調整碎石 M30 を使用し、層厚は 40 cm とした。路床は CBR=1.8 %となっていたが、今回の実験では継続して使用することとした。路盤の構築において、車両の輪荷重が載荷される位置に土圧計とひずみゲージを設置した。土圧計は路盤の上端と下端で鉛直方向の土圧が計測されるように受圧面を上に向けて設置し、4.75 mm 以下の碎石で受圧面を保護した。ひずみゲージは厚さ 2 mm、長さ 140 cm、幅 30 cm の天然ゴム板（硬度 64）の表面に貼り付けて止水処理を施したものであり、路盤の上端から 10 cm 下と下端から 5 cm 上に、不織布と 9.5 mm 以下の碎石で保護しながら埋設した。図-2 に土圧計及びひずみゲージの設置状況を模式図で示す。

表-1 に測定条件を示す。はじめに地下水なしの状態で行い、次いで路盤中間、路盤上面まで地下水位を上昇させて測定を行った。約 8 か月間地下水位を路盤上面のまま維持した後、路盤中間、地下水なしの状態まで順次水位を低下させた。各段階で、FWD 測定²⁾に続いて実車両による荷重（軸重 9 t または 10 t）を載荷した。幅 3.86 m の供試体に左右のタイヤ幅（2 軸後輪、ダブルタイヤの両外側の幅）が約 2.4 m の車両を毎回同じ位置で走行させるために、走行速度は約 2 km/h の低速とした。

キーワード 路盤、地下水位、車両荷重、剛性

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所地質・地盤研究グループ施工技術チーム TEL: 029-879-6759

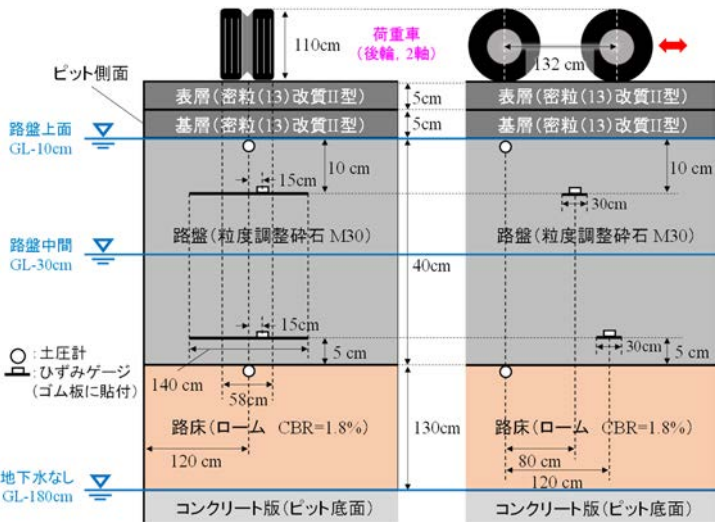


図-1 供試体断面図（左：幅方向、右：奥行方向）

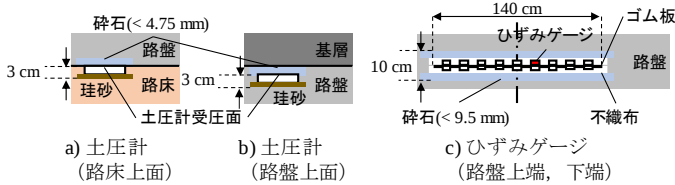


図-2 土圧計及びひずみゲージの設置状況（断面図）

表-1 測定条件

測定 No.	地下水位	測定日	荷重車 9 t 往復数		荷重車 10 t 往復数	
			1回目	2回目	1回目	2回目
1	なし	R4 2/9	-	-	-	-
2	路盤中間	R4 2/25	-	-	-	-
3	路盤上面	R4 3/11	4	-	-	-
4	路盤上面	R4 11/11	-	-	4*	-
5	路盤中間	R4 12/20	4	4	4	4
6	なし	R5 2/9	4	4	4	4

*: 走行方向逆転

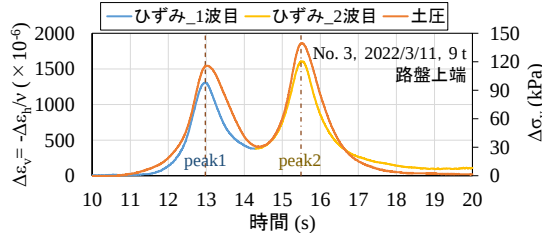


図-3 鉛直土圧増分と鉛直ひずみ増分の時刻歴の例

3. 実験結果

後輪 2 軸が通過したときの路盤上面の鉛直土圧増分 $\Delta\sigma_v$ と路盤上端の鉛直ひずみ増分 $\Delta\varepsilon_v$ の時刻歴の例を図-3 に示す。ここで、鉛直ひずみ増分はひずみゲージの計測値（＝タイヤ直下のゴム板上面の水平ひずみ）をポアソン

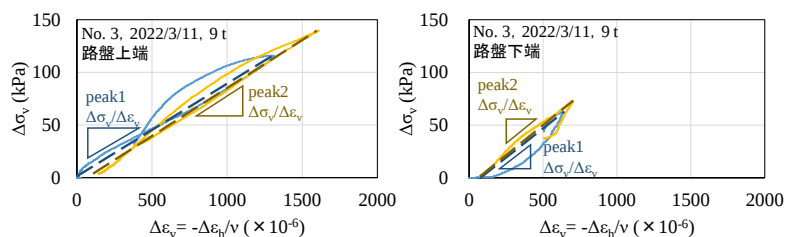


図-4 路盤上端，下端付近の応力ひずみ関係の例

ン比（ゴムの一般値として 0.5 を仮定）で除して換算したものである。また、土圧計とひずみゲージの供試体奥行方向の設置位置が異なるため、土圧がピークを示す 2 つの時刻にひずみのピークがそれぞれ合うように時間を揃えた。鉛直土圧増分が路盤の鉛直全応力増分、ゴム板の鉛直ひずみ増分が路盤の鉛直ひずみ増分に一致すると仮定すれば、鉛直土圧と鉛直ひずみの増分の関係から路盤の剛性を表す指標を求めることができる。図-4 に路盤上端，下端付近の応力ひずみ関係の例をそれぞれ示す。

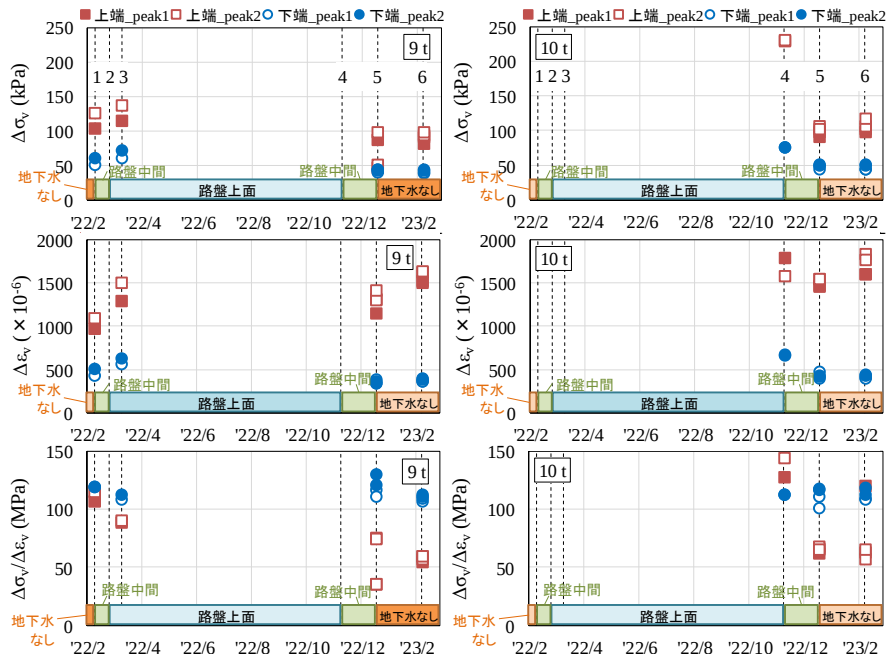


図-5 $\Delta\sigma_v$ 、 $\Delta\varepsilon_v$ 及び $\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ の変化

鉛直全応力増分 $\Delta\sigma_v$ 、鉛直ひずみ増分 $\Delta\varepsilon_v$ 及び路盤の剛性を表す指標

$\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ の変化を図-5 に示す。ここで、No. 4 は車両の走行方向が他の測定と逆であり、特に $\Delta\sigma_v$ の測定値に顕著な影響が表れたため、結果は参考値として扱う。路盤上端では、水位が上昇した No. 3 で $\Delta\varepsilon_v$ が大きくなったため、No. 1 よりも $\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ が小さくなった。No. 5, 6 で地下水位が下降しても $\Delta\varepsilon_v$ は No. 3 と同程度、 $\Delta\sigma_v$ は No. 3 よりも小さかったため、 $\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ は No. 3 から更に低下した。路盤下端では、水位が上昇すると $\Delta\sigma_v$ も $\Delta\varepsilon_v$ も微増、水位が下降すると $\Delta\sigma_v$ も $\Delta\varepsilon_v$ も微減したが、 $\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ は全ての測定で概ね同程度の値となった。

水位はコンクリートピット外周の水槽に与えられ、供試体側面から中心部に向かう横方向の水の浸透が想定されている。しかし、得られた $\Delta\sigma_v/\Delta\varepsilon_v$ の変化を考慮すると、実際の水の浸透は想定とは異なるものであった可能性が示唆される。すなわち、十分に締め固められた路盤は透水性が低いため、横方向の水の浸透による路盤の飽和度の変化は小さく、供試体側面から 120 cm 離れた路盤下端の剛性は変化しなかった。一方、路盤と基層の境界の透水性は路盤の中よりも高いため、水位が路盤上面に設定されると層境界で水が横に回り込み、鉛直方向に路盤に浸透したため、路盤上端の剛性は低下した。ただし、水位の下降によって路盤の支持力は初期状態まで回復するという FWD 測定の結果²⁾も考慮すると、ゴム板が排水を妨げたことにより、No. 5, 6 では路盤上端のひずみ測定位置の $\Delta\varepsilon_v$ を過大評価（剛性を過小評価）した可能性が考えられる。

4. まとめ

地下水位の上昇・下降履歴を与えながら実車両荷重を载荷し、粒状路盤の上端部と下端部の剛性変化の測定を試みた。路盤下端の剛性を表す指標は変化しなかったが、地下水位の上昇によって路盤上端の剛性を表す指標は低下した。ただし、地下水位の下降過程ではひずみ測定の手法が路盤上端の剛性を過小評価した可能性が考えられた。今後は路盤の現場透水試験及び開削による水の浸透状況の調査を行う予定である。

参考文献 1) (株) 高速道路総合技術研究所：長寿命舗装の作り方，2019. 2) 横澤ら：地下水位の上昇・下降が路盤の支持力及び荷重の分散性に与える影響に関する検討，土木学会第 78 回全国大会，投稿中。