

盛土の品質管理における衝撃加速度法の適用事例

Embankment with Compaction Control by Impact Acceleration Method

浅田 毅* 雀部 和男*²
溝口 義弘*

要 旨

衝撃加速度法¹⁾では、測定結果が即時的に得られ、施工に直ちにフィードバックできることから、各方面で盛土の施工管理に採用されることが多くなっている。ここでは、築堤工事における高規格堤防盛土、および道路改良工事における路床の品質管理に適用した事例について述べる。

キーワード：衝撃加速度法／盛土／品質管理

1. はじめに

近年、全国各地において気象変動に伴うと見られる異常な降雨等により河川・道路・鉄道の土構造物に甚大な被害が発生し、それらの安全性への要求が高まっている。盛土を施工するに当たり、盛土が十分な強度等を有することは論を待たないが、施工途上において盛土が目標強度以上で締固められているかどうかを確認し、不良箇所があれば、直ちに再転圧等を行うことが重要である。

ここでは、盛土の品質管理法として、容易で精度の高い衝撃加速度法による管理を取り上げ、2つの適用事例について述べる。

2. 衝撃加速度法による品質管理

衝撃加速度法に用いる測定器（以下、キャスポルという）を図-1に示す。加速度計を内蔵した直径5cm、質量4.5kgのランマーを45cmの高さから自由落下することで衝撃加速度の最大値（以下、Ia値という）を即時的に求めることができる。

衝撃加速度法による品質管理では、盛土転圧の終了後、キャスポルによってIa値を測定し、その値があらかじめ室内等で求めた管理値（以下、Ias値という）以上であるかどうかを確認する。管理値以下の箇所は再転圧等を行い、管理値以上の盛土品質を確保する。

3. 築堤工事における事例

築堤工事には、(1)高規格堤防工事、(2)堤防強化腹付け盛土工事、(3)堤防補修工事などがある。ここでは、国土交通省淀川河川事務所管内A地区の高規格堤防工事における盛土の品質管理に衝撃加速度法を適用した結果について述べる。

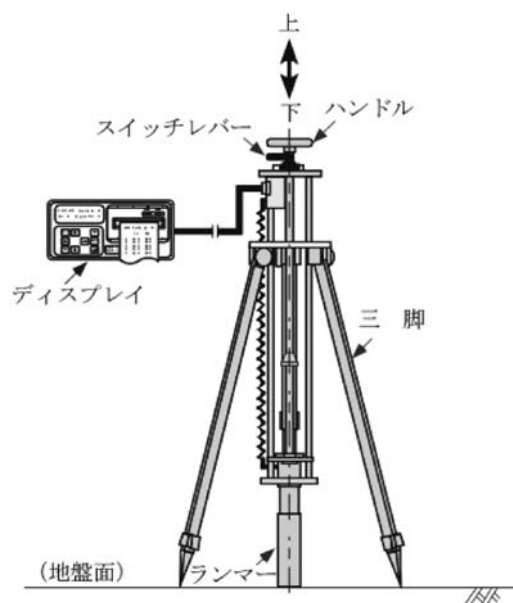


図-1 衝撃加速度測定器（キャスポル）

3.1 盛土材の土質特性

施工に用いた盛土材は、図-2に示すように、淀川河川敷にストックされている盛土材(a)と盛土材(b)を一定の割合で混合し、河川土工マニュアルの適用粒度範囲内の粒度を確保した材料である。表-1に物理試験の結果を示す。土粒子の密度は $2.631(\text{g}/\text{cm}^3)$ で、工学的分類では、細粒分混じり砂質礫(GS-F)に属する。

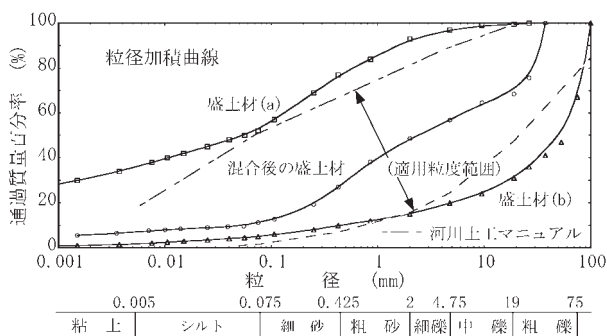
写真-1に、混合プラントの全景を示す。施工にあたっては、2つの材料を投入後、プラントで混合された材料の概略粒度を 100m^3 に1回測定し、粒度が大きく変化しないことを確認した。

3.2 品質管理方法

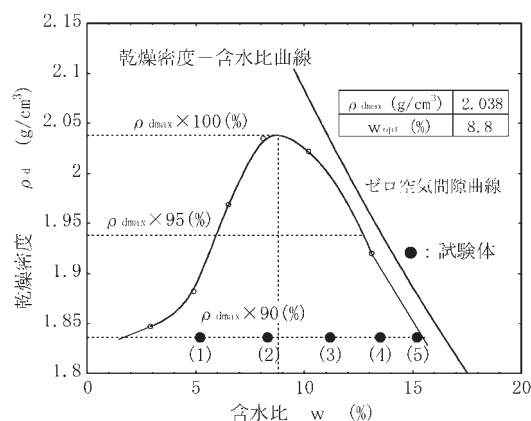
この工事における盛土の品質規定では、盛土の締固め密度が最大乾燥密度 ρ_{dmax} の90(%)に相当する密度以上と

*土木研究グループ *²(株)近畿建設協会 枚方支部

なっている。図－3に、混合土の締固め試験結果を示す。衝撃加速度法による品質管理を行うにあたり、室内において含水比の異なる ρ_{dmax} の90(%)に相当する密度で締固めた試験体(図中、●印で示した箇所)を作製し、衝撃加速度測定試験、およびコーン貫入試験を行った。それら



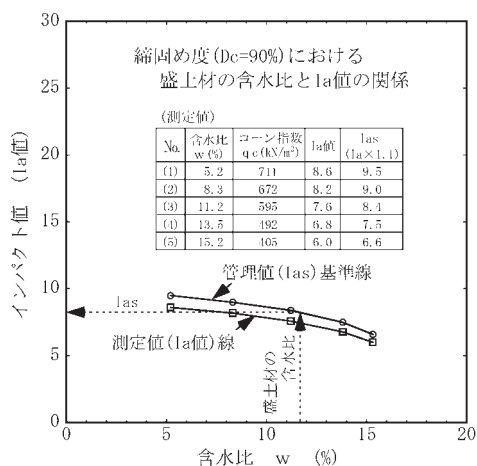
図－2 盛土材の粒度分布



図－3 締固め試験結果

表－1 物理試験結果

工学的分類	土粒子の密度 ρ_s (g/cm³)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)
{GS-F}	2.631	105	0.711	28.6	14.3



図－4 室内試験結果

の試験結果を図－4に示す。図中、管理値(Ias)基準線は測定したIa値に安全率 $f_s=1.1$ をかけて作成したものである。

施工では、混合調整後の盛土材の含水比を電子レンジ法で測定し、その含水比に相当する管理値を図－4から決定し、管理値によって締固め管理を行う。

3.3 品質管理結果

各層において、転圧完了後、RIによる現場密度試験、コーン貫入試験を盛土量500m³当たり1回、衝撃加速度測定試験を50m³に1回行った。

それらの試験結果を表－2に示す。全層で盛土の締固



写真－1 混合プラント全景

表－2 品質管理結果

層目	乾燥密度 ρ_d (g/cm³)	含水比 w (%)	締固め度 D_c (%)	衝撃加速度 I_a	コーン指数 q_c (kN/m²)
1	1.902	11.0	93.3	8.6	720
2	1.884	11.3	92.4	8.8	732
3	1.888	11.7	92.6	9.1	771
4	1.911	11.5	93.8	9.1	780
5	1.896	11.6	93.0	8.4	688
6	1.907	11.9	93.6	8.7	731
7	1.903	12.1	93.4	8.8	734
8	1.892	11.9	92.8	8.7	724
9	1.888	12.2	92.6	8.4	694
10	1.915	12.1	94.0	8.0	644
11	1.907	11.9	93.6	8.2	660
12	1.902	12.0	93.3	8.2	668
13	1.908	12.0	93.6	8.1	653
14	1.903	12.1	93.4	8.1	653
15	1.901	12.3	93.3	8.3	681
16	1.915	12.0	94.0	8.4	691
17	1.906	11.4	93.5	8.5	703
18	1.934	11.1	94.9	8.9	755
19	1.943	10.4	95.3	10.0	888
20	1.953	10.3	95.8	10.5	947
21	1.947	10.8	95.5	10.2	918
22	1.892	12.5	92.8	10.4	935
23	1.935	10.8	94.9	10.2	911
24	1.898	12.1	93.1	10.9	1000
25	1.947	10.5	95.5	10.9	1001
平均	1.911	11.6	93.8	9.1	771

* 1層当たりIaの測定個数90個,他の試験では9個,値は平均

め度は規定の締固め度 $D_c=90(\%)$ 以上の値である。

図-5に、盛土含水比と I_a 値の関係をプロットしたものを示す。全測定値が管理基準線より上部に位置し、含水比ごとに設定した管理値による品質管理が良好に運用されたことを示す。

4. 道路改良工事における事例

道路改良工事における路床の品質管理に衝撃加速度法を適用した事例を示す。

4.1 盛土材の土質特性

盛土材の物理試験結果を表-3に、その粒度分布を図-6に示す。図-7に締固め試験結果を示す。

盛土材は工学的分類で細粒分混じり砂{SF}に属し、粒度が良く、締固め特性に優れている。

4.2 管理値の決定

本工事では、路床のCBR値が $CBR=8(\%)$ 以上と規定されている。衝撃加速度法による管理を行うに当たり、室内において、事前に管理値(I_{as} 値)を決定する必要がある。

締固め試験結果と自然含水比分布から15種類の密度の異なる試験体を作製し、それらについてCBR試験、衝撃加速度測定試験を行った。表-4に、それらの試験結果を示す。表から、CBR値と I_a 値の関係をプロットしたものを図-8に示す。図中の一回帰式の相関係数は $r=0.98$ であり、両者の間に高い相関関係がある。

管理値(I_{as})の決定では、有意水準 $\alpha=85(\%)$ の関係式(1式)を用いて規定値に相当する I_a 値を求め、安全率 $f_s=1.1$ を乗じて、管理値を $I_{as}=9.4$ とした。

$$CBR = 1.68I_a - 6.36 \quad \cdots (1式)$$

$$I_{as} = f_s \times I_a$$

$$\doteq 9.4$$

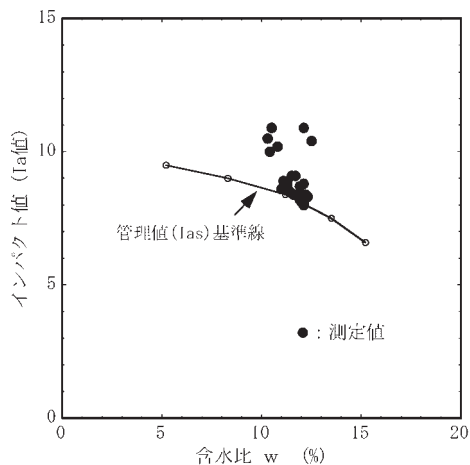


図-5 盛土含水比と I_a 値の関係

ここに、

I_{as} : 管理値, I_a : インパクト値, f_s : 安全率

4.3 品質管理結果

盛土転圧後、現場CBR試験を施工面積 500m^2 当たり1回、キャスポルによる測定を 100m^2 に1回行った。

表-3 物理試験結果

工学的分類	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	液性限界 $w_L(\%)$	塑性限界 $w_p(\%)$
{SF}	2.666	80.8	5.4	N.P.	N.P.

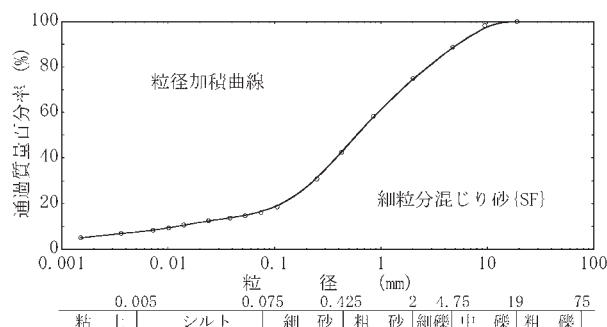


図-6 盛土材の粒度分布

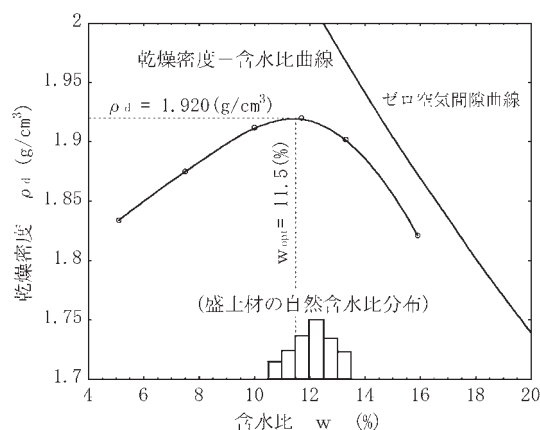


図-7 締固め試験結果

表-4 試験結果 (室内試験)

試験体 No.	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	CBR値 (%)	衝撃加速度 I_a 値
1	1.797	5.7	12.4	9.1
2	1.845	5.6	21.2	14.9
3	1.799	7.7	8.9	7.6
4	1.847	7.9	17.5	13.0
5	1.897	7.8	25.3	18.1
6	1.945	7.7	37.2	24.3
7	1.797	9.7	4.2	4.9
8	1.847	9.8	13.3	10.7
9	1.901	9.7	23.3	15.3
10	1.949	9.6	34.9	20.2
11	1.997	9.7	39.8	24.8
12	1.843	11.5	7.0	7.2
13	1.897	11.7	17.8	11.3
14	1.947	11.7	25.0	15.0
15	1.897	13.8	8.3	7.4

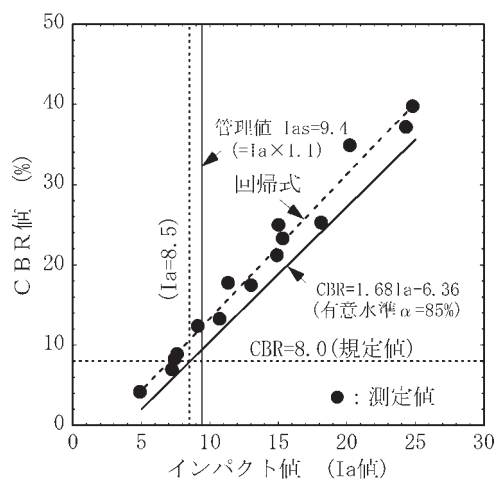
それらの結果を表－5、図－9に示す。

転圧直後では、CBR試験を行った箇所は規定値をクリアしたが、キャスポルで測定した10測点においてIa値が管理値を下回った。

これらの結果から、Ia値が管理値以下の箇所において再転圧等を行い、キャスポルによる測定とNo.7, No.27において現場CBR試験を実施した。全測点において、Ia値が管理値以上の値であり、確認のために行った2地点でのCBR値も既定値以上の値を示した。

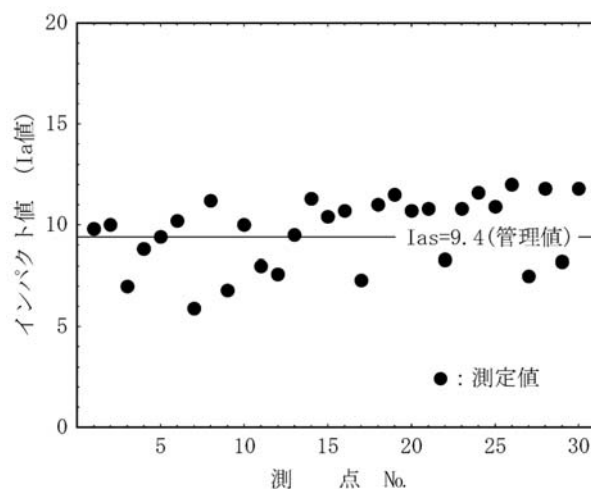
5. まとめ

これらの事例から分かるように、衝撃加速度法による品質管理では、盛土の品質結果が即時的に得られ、その結果を直ちに施工に反映させることができるので、品質の高い盛土を手戻りなく施工することができる。



図－8 CBR値とIa値の関係

今後、衝撃加速度法による管理を様々な工種の工事に適用し、信頼性の高い盛土を施工していきたいと考える。



図－9 試験結果（転圧直後）

〔参考文献〕

- 1) 地盤工学会編：地盤調査の方法と解説,p.553,平成16年
- 2) 近畿地方整備局淀川河川事務所：A工事築堤施工管理報告書,平成17年10月
- 3) ㈱日本材料学会：「万能土質改良機」を用いた物理的混合処理による建設発生土の再利用技術評価証明報告書,平成14年4月
- 4) ㈱日本材料学会：衝撃加速度法による締固め管理技術「マックス」技術評価証明報告書,平成14年2月
- 5) ㈱国土開発技術センター：河川土工マニュアル,平成5年6月
- 6) 雀部,浅田,榎本：衝撃加速度法による盛土の施工管理への適用例,基礎工Vol.34, No.8, ㈱総合土木研究所,平成18年8月

表－5 試験結果

No.	転圧直後		再施工後		No.	転圧直後		再施工後	
	Ia値	CBR(%)	Ia値	CBR(%)		Ia値	CBR(%)	Ia値	CBR(%)
1	9.8	—	9.8	—	16	10.7	—	10.7	—
2	10.0	—	10.0	—	17	7.3	—	9.7	—
3	7.0	—	9.5	—	18	11.0	—	11.0	—
4	8.8	—	9.7	—	19	11.5	—	11.5	—
5	9.4	11.6	9.4	11.6	20	10.7	13.2	10.7	13.2
6	10.2	—	10.2	—	21	10.8	—	10.8	—
7	5.9	—	9.6	13.0	22	8.3	—	12.0	—
8	11.2	—	11.2	—	23	10.8	—	10.8	—
9	6.8	—	10.6	—	24	11.6	—	11.6	—
10	10.0	12.3	10.0	12.3	25	10.9	12.1	10.9	12.1
11	8.0	—	9.8	—	26	12.0	—	12.0	—
12	7.6	—	9.5	—	27	7.5	—	12.9	17.5
13	9.5	—	9.5	—	28	11.8	—	11.8	—
14	11.3	—	11.3	—	29	8.2	—	13.2	—
15	10.4	14.6	10.4	14.6	30	11.8	14.2	11.8	14.2