

1. まえがき

近年、地球環境への関心が高まりをみせており、自然環境との調和やうるおいとゆとりのある生活環境の創造に向けて、様々な試みが行われている。

緑化コンクリートとは、コンクリート上に直接植生が可能なコンクリートであり、コンクリート構造物に緑を取り入れる技術のひとつとして、著者らが開発し¹⁾、研究を進めてきたものである。緑化コンクリートは護岸、都市インフラストラクチャー、親水空間や建築物の内外壁面、外部斜面等、各種コンクリート構造物の表面を緑化することを目的としている。

ここでは、緑化コンクリートの構成、施工方法、及び施工例について紹介する。

2. 緑化コンクリートの概要

2.1 開発のコンセプト

植物が生育するためには、光、水、空気、土壌の4要素が必要である²⁾。植生基盤としてコンクリートを考えた場合、土壌の持つ植生に必要な条件とコンクリートの持つ性質には表1に示すような差異があり、以下の課題がある^{3)、4)}。

- ・コンクリート中の水は高いアルカリ性を示す。
- ・根張り空間や発芽空間がなく、透水性、保水性が低い。
- ・植物に必要な栄養分を含んでいない。

緑化コンクリートの開発コンセプトは、上記の課題を解決してコンクリートに土壌のもつ機能を付与するとともに、コンクリートとして利用する上で必要な力学的性能も兼ね備えることである。

2.2 緑化コンクリートの構成

開発した緑化コンクリートの構成を図1に示す。植生に必要な条件と検討した各構成要素との関係は表2に示す通りである。

緑化コンクリートは、ポーラスコンクリートを骨格として、ポーラスコンクリートの連続した空隙に充填材を注入し、表面に表層基盤を固着した構造である。ポーラスコンクリートは単粒度の粗骨材を少量の高強度・低アルカリのセメントペーストによって固結したもので、所要量の粗骨材とセメントペーストを配合することによって連続した空隙を保持している。また、アルカリ分による植物への影響を低減する目的

表1 コンクリートと土壌との差異

	普通コンクリート	土 壌
空隙量	約4%程度	40~60%
pH	約13	4.5~8.0
有効水分量	1vol%以下	10vol%以上
肥料成分	Ca	Ca, N, P, K
圧縮強度	180kgf/cm ² 以上	—

表2 植生に必要な条件と緑化コンクリートの構成要素

植生に必要な条件	緑化コンクリートの構成				
	ポーラスコンクリート	低アルカリ性セメント	充填材	緩効性肥料	表層基盤
低アルカリ性		◎	○		
保水性	○		◎		△
透水性	◎		○		
根張り空間	◎		○		△
発芽空間	△		○		◎
栄養			△	◎	○
力学的性質	◎	○			

凡例 ◎：強い関係有り ○：関係有り △：やや関係あり

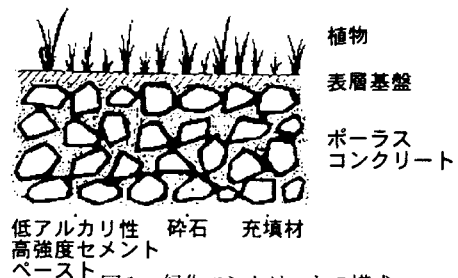


図1 緑化コンクリートの構成

で高炉セメントB或いはC種等を用いている。充填材は植物に水分と栄養分を供給する役割を持っており、弱酸性の有機質保水材であるピートモスの他、緩効性化成肥料等を混合して用いる。表層基盤は種子の発芽空間を形成し、ポーラスコンクリート空隙内の乾燥を防止するとともに、肥料の供給源の1つとしても機能する。

*1：(株) 竹中土木 技術本部 *2：(株) 竹中工務店 技術研究所

2. 3 施工方法

緑化コンクリートの施工フローを図2に示す。施工は場所打ち、二次製品とも可能であり、いずれの場合も図2と同様に行う。充填材はスラリー化して粘性調整剤により粘性を調整し、ポーラスコンクリート表面から連続空隙内に注入する。表層基盤は吹付けにより施工する。種子を用いる場合には表層基盤に種子を混入して吹付けるが、種子を混入せず客土に直接張芝することもできる。なお、植生条件によって灌水が必要場合には灌水装置を取り付ける。

3. 緑化コンクリートの施工例

緑化コンクリートには、現在までに河川護岸3例、舗装関連2例、法面4例、建築外部空間4例、合計13の施工例がある。

ここでは、生態系への影響や景観に配慮して採用され始めている多自然型河川護岸への適用例を示す。

(1) 信濃川低水護岸

1) 工事概要

本例は、新潟県小千谷市内の信濃川中流部にて94年9～10月に施工したものである。施工部の標準断面を図3に示す。施工面積は644m² (平均法長9.2m、延長70m)である。緑化コンクリートは法覆工として用い、根固めには木工沈床、法留めには巨石を用いた。

緑化コンクリート部には起伏を形成し、より自然な景観となるよう配慮した。また、施工区域には表3に示す因子と水準を、表4に示す組合せに従って16試験区に配分している。1試験区の標準的な大きさは幅約3.3m、法長9.2mとした。

植物は芝試験区、ワイルドフラワー試験区に区分し、芝試験区にはケンタッキー31フェスク、クリーピングレッドフェスク、ヤマハギ、コマツナギ、メドハギ、ホワイテクローバーの種子を、ワイルドフラワー試験区にはオオキンケイギク、シャスターデイジー、カワラナデシコ、桔梗、西洋タンポポ、西洋ミヤコノグサ、ポピー、矢車草、サボナリアの種子をそれぞれ表層基盤材に混合して用いた。

2) 植生調査結果

緑化コンクリート護岸高さは350cmであるが、95年4月には雪解け水により24日間、緑化コン

表3 試験施工の因子と水準

因子	水準
セメント	高炉セメントC種
使用骨材	5号砕石、混合(5号砕石:川砂利=2:1)
ポーラスコンクリートの厚み	30cm、45cm
背面状態	土壌、コンクリート
表層基盤厚み	3cm、6cm
植物の種類	芝、ワイルドフラワー

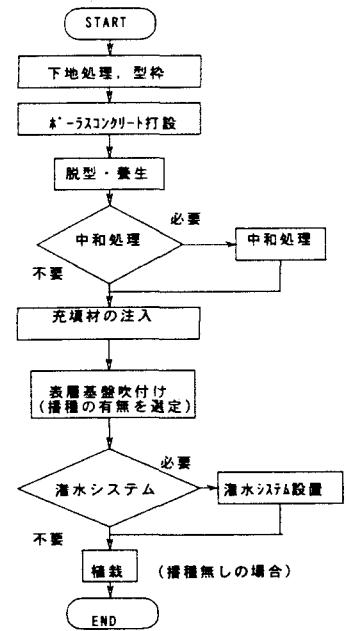


図2 緑化コンクリートの施工フロー

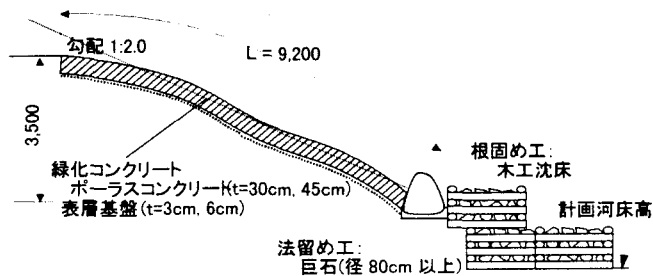


図3 信濃川低水護岸標準断面図

表4 各試験区の因子と水準の組合せ

試験区	使用骨材	ポーラスコンクリート厚み (cm)	背面状態	客土厚 (cm)	播種植物
1	5号砕石	30	土壌	3	ワイルドフラワー
2	5号砕石	30	土壌	3	芝
3	5号砕石	30	土壌	6	ワイルドフラワー
4	5号砕石	30	土壌	6	芝
5	5号砕石	45	土壌	3	ワイルドフラワー
6	5号砕石	45	土壌	3	芝
7	5号砕石	45	土壌	6	ワイルドフラワー
8	5号砕石	45	土壌	6	芝
9	混合	30	土壌	3	ワイルドフラワー
10	混合	30	土壌	3	芝
11	混合	30	土壌	6	ワイルドフラワー
12	混合	30	土壌	6	芝
13	5号砕石	30	コンクリート	3	ワイルドフラワー
14	5号砕石	30	コンクリート	3	芝
15	5号砕石	30	コンクリート	6	ワイルドフラワー
16	5号砕石	30	コンクリート	6	芝

クリートの下部から平均で 44cm、最高で 199cm の高さまで水没した。また、同 7 月にも集中豪雨があり、17 日間、平均で 69cm、最高で 348cm の高さまで水没した。このときの緑化コンクリート施工部分における流速は 2.0~2.4m/s であった。写真 1 に集中豪雨後の植生状況を示す。

4 月の増水後の観察結果では、ワイルドフラワー試験区は長期間冠水していた下部付近の一部で表層基盤と植物を流失したが、芝試験区には異常は認められなかった。また、7 月の集中豪雨後も 4 月の観察時と同様、ワイルドフラワー試験区は、下部で表層基盤の一部を流失したが、芝試験区には茎の倒れが認められた程度で表層基盤の流失や崩壊は認められなかった。一方、冠水 3 ヶ月後の 95 年 10 月に行った植生調査では、各試験区の法面の下部を中心に、初期導入植物に替わってオナモミ、アメリカセンダングサ、メヒシバ、オオイヌタデ、カヤツリグサ、エノコログサ、ヨモギ、オヒシバなど、周囲に自生している在来種の植物が侵入してきていることを確認している。

3 年を経過した 97 年 10 月現在も植物の生育は順調である。在来種への遷移も進んでおり、背面からの水分供給の有無にかかわらず植生状況は変わらない。当初の目論見通り自然な景観が形成されつつある。

(2) 国府川高水護岸

1) 工事概要

本例は、鳥取県倉吉市内の国府川にて 97 年 5 ~ 6 月に施工したものである。施工部の断面を図 4 に示す。施工面積は 550m² (法長 5.0m、延長 110m) である。緑化コンクリートは信濃川同様法覆工として用いたが、背面には高水護岸用遮水シートを敷き込んだため、水分は降雨によってのみ供給される。ポーラスコンクリート厚みは 30cm とし、充填材を注入した後、種子を混入していない表層基盤を 2cm 吹き付けた。植物には野芝の改良種であるミヤコヅを張り付けている。

2) 植生調査結果

施工 3 週間後の 6 月末には台風が来襲し、護岸高さの半分まで流水を受けた。写真 2 に冠水後の護岸の植生状況を示す。流速は信濃川の集中豪雨時と同等であった。施工場所は水衝部であり、かつ施工後間もない状況であったにもかかわらず、張り付けた芝の流失はなく植生状況にも全く問題はなかった。

4. あとがき

ここでは、緑化コンクリートの構成と施工例について紹介した。河川護岸への適用例では、緑化コンクリートは冠水と流水に対して抵抗性を有すること、植物の種類ではワイルドフラワーよりも芝の方が冠水と流水に対する抵抗性が強いことを確認できた。他の施工例においても良好な生育を確認しており、緑化コンクリートは、植生機能と力学性能を兼ね備えた材料として、これまでのコンクリートには考えられなかったアプローチを可能にするものと考えている。

各施工例については追跡調査を継続していく予定であり、今後も環境創造に向けて緑化コンクリートの実用化を推進していきたい。

参考文献

- 1) 安藤慎一郎他：緑化コンクリートに関する連続空隙硬化体の研究、土木学会第 48 回年次学術講演会概要集、1993
- 2) 奥水 肇：建築空間の緑化手法、彰国社、1985
- 3) 江川友治監訳：土壌・肥科学の基礎、養賢堂、1992
- 4) 倉田益二郎：緑化工技術、1981
- 5) 中西康博他：緑化コンクリートに用いる連続空隙硬化体の長期強度と pH、土木学会第 50 回年次講演会概要集、1995



写真 1 信濃川冠水後植生状況(95 年 7 月)

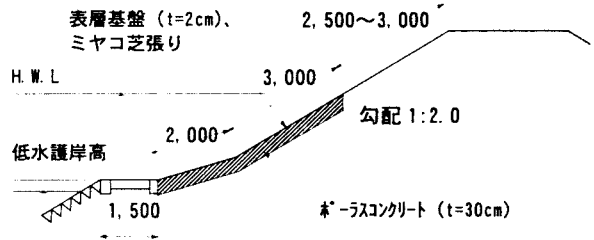


図 4 国府川高水護岸断面図



写真 2 国府川冠水後植生状況(97 年 6 月末)