【委員会報告】

土木学会規準「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法（案）（JSCE-K 533-2010）」の制定 JSCE STANDARDS “TEST METHOD OF RESISTANCE AGAINST FALLING OF CONCRETE PIECES FOR SURFACE COATING MATERIALS BY MEANS OF PUNCHING LOADING”

コンクリート委員会・規準関連小委員会
Sub-Committee on Test Methods and Specifications for Concrete, JSCE Concrete Committee

1. まえがき

土木学会コンクリート委員会規準関連小委員会補修、注入材等 WG では、コンクリート片のはく落事象の対策として用いられる表面被覆材に要求される性能を照査する方法として、「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法（案）（JSCE-K 533-2010）」を制定した。

コンクリート構造物は、施工時に発生するひび割れやコールドジョイントなどの初期欠陥、地震や衝突等による損傷、中性化、塩害などの劣化機構による劣化に起因して変状が発生し、変状箇所のコンクリート部材の一部が破片としてはく落することがある。コンクリート片のはく落事象に対しては社会的影響が大きく、鉄道・道路交差箇所等でコンクリート片のはく落が発生した場合は、第三者への影響度も高くなる。このため、コンクリート構造物の各管理者は、連続繊維シートを接着剤でコンクリート表面に貼り付け、物理的にコンクリート片が落下しないような対策を採用するケースが多い。この対策に使用される表面被覆材には、従来の性能に加えてコンクリート片を落下させない性能を兼ね備えさせる必要がある。対策の実施が先行している高速道路会社などのはく落対策¹⁾では、表面被覆材のはく落防止性能を押抜き試験と呼ばれる試験方法によって照査している。本委員会ではこれを参考にして、表面被覆材が有するコンクリート片のはく落抵抗性を定量的に評価するための試験方法として、本規準を制定した。

本規準では、鉄筋コンクリート構造物に実施するはく落防止対策を想定している。すなわち、ここでいうコンクリート片のはく落とは、コンクリート中の鋼材が劣化外力を受けて腐食し、鋼材の腐食膨張圧によってコンクリート表面と鋼材のあいだにあるかぶりコンクリートが落下することをいう。よって、本規準では無筋構造物、たとえばトンネル構造物の覆工コンクリート等のはく落は対象としていない。

図-1 供試体標準図

2. 試験方法の概要および解説

(1) 試験室の状態および供試体の作製

規準では、試験室の温度を $23 \pm 2^\circ\text{C}$ としている。しかし、実際の構造物でコンクリート片のはく落が発生する時期は特定することができないため、対象構造物の設置箇所想定される気象条件内において性能を満足することを照査する必要がある。そのため、対策を実施する地域の気象条件の変化範囲を考慮し、試験室の状態を設定する必要がある。規準としては、試験室の状態は標準温度を設定するとどめたが、実際の適用にあたっては、標準温度以外に、考慮すべき温度範囲で性能を満足することを照査する必要がある。

供試体の形状を図-1に示す。コンクリート板には、工場製品で入手が容易な JIS A 5372 附属書 5（2010 年 3 月 20 日の改正で附属書 E となった）に規定する上ぶた式 U 形側溝（ふた）の 1 種呼び名 300（以下、

「U 形ふた」という)を選定した。供試体に強制変位を与える方法としては、あらかじめ U 形ふた裏面の中央部を $\phi 100$ mm の形状でコンクリート用コアカタによりコア抜きを行い、このコア部に変位を与えることとした。ここで、コア抜きを貫通させると、载荷のためのコア部の再設置やはく落防止の施工面を乱す要因となり、試験結果にばらつきが生じる恐れがあることから、コア抜きは貫通とはせず、U 形ふたの厚さに対して 5 mm が残存するような加工とした。また、はく落防止の施工前の養生として、U 形ふたが湿潤状態であることがはく落防止性能を評価するうえで不利になる場合が多いことから、U 形ふたを水浸させることとした。このように加工した U 形ふたに対して、中央部の 400×400 mm の範囲にはく落防止用の表面被覆材を施工し、試験に供することとした。はく落防止用の表面被覆材の施工は U 形ふたを半浸せきさせた状態で行うこととしている。

(2) 試験方法

試験の载荷要領は図-2 のようで、架台に支持された供試体に対して、コア部に強制変位を与える。試験装置に標準的なものではなく、要領例として図示することとし、試験方法に示した事項から逸脱しない範囲で、試験装置は各試験機関において選定してよいこととした。载荷要領はまず、供試体コア部の残存部分を低速度 (1 mm/min) で破壊し、その後約 5 mm/min の载荷速度で表面被覆材に強制変位を与え、荷重と変位を連続的に記録する。その間、10, 20, 30 mm の各変位において载荷を一時中断し、表面被覆材のはく離範囲の計測 (マーキング) を行う。変位が 30 mm までの間において最終的な耐荷力が確認できた場合には、その時点で試験を終了し、さらに耐荷力を有すると判断した場合には、約 50 mm 程度まで载荷を継続することとしている。

(3) 計算

試験で得られた荷重と変位のデータより、荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線を図-3 のように作図する。表面被覆材の性能の評価は、同一構造条件で作製された 3 個の供試体の最大荷重の平均値で評価する。ただし、ここで用いる最大荷重は、変位が 10 mm 以上において測定された最大荷重とした。これは、鋼材の腐食膨張によって生じるコンクリート表面の変位が 10 mm 程度発生しても、はく落しようとするコンクリートを保持できること、および、変位を過度に拘束せず、点検時の変状発見を容易にする性能も具備していることを確認する必要があると判断したためである。

単位: mm

図-2 押抜き試験の载荷要領例

図-3 荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線の作図例

(4) 表面被覆材の性能評価

表面被覆材のはく落防止の性能評価は、本規準で得られる試験値によるが、その水準は各管理者において、コンクリート構造物の特性等を考慮して定める必要がある。性能の水準を定めている例として、高速道路会社の場合、1.5 kN 以上の試験値を要求している²⁾。表面被覆材がコンクリート面に貼り付けられることを考慮して安全率を 3 と考えると、およそ 50 kg の質量のコンクリート片のはく落を防止する性能とみなせる。

参考文献

- 1) 溝江実, 窪田賢司, 久保竜志, 野島昭二: 既設コンクリート構造物におけるコンクリート片のはく落防止対策, コンクリート工学, Vol.39, No.8, pp.5-9, 2001.8
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社: 構造物施工管理要領, 2010.7

コンクリート委員会・規準関連小委員会 補修, 注入材等 WG
濱田秀則(主査), 皆川 浩(幹事), 江口和雄(幹事: 2010.4 まで)
国枝 稔, 小牟禮建一(2011.7 まで), 坂本 淳, 田中秀樹
寺村 悟, 中村雅之, 野島昭二, 野村倫一, 林 大介
平塚慶達, 堀越直樹, 山本貴士

(2011. 8. 12 受付)

コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の 押抜き試験方法（案）（JSCE-K 533-2010）

Test method of resistance against falling of concrete pieces for surface coating materials by means of punching loading

1. 適用範囲 この規準は、鉄筋コンクリート構造物のかぶりコンクリートがコンクリート片としてはく落することを防止する目的で使用する表面被覆材の押抜き試験方法について規定する。押抜き試験は、コンクリート構造物の中の鉄筋が腐食し、その腐食膨張圧によってかぶりコンクリートが押し出されることを再現したものである。これにより、表面被覆材が有するコンクリート片のはく落抵抗性を定量的に評価することが可能となる。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規準に引用されることによって、この規準の規定の一部を構成する。この引用規格は、その最新版を適用する。

JSCE-K 511 表面被覆材の耐候性試験方法（案）

JIS A 5372 プレキャスト鉄筋コンクリート製品

3. 試験の一般条件

3.1 試験室の状態 試験室の温度は、 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ とする⁽¹⁾。

注⁽¹⁾ 使用環境に応じて低温時、または高温時における表面被覆材の性能を確認する場合は別途、地域別の平均気温を考慮して試験室の温度を設定する。

3.2 供試体の状態調整 供試体は、試験前 48 時間以上 3.1 の試験室の状態に置かなければならない。

4. 供試体の作製 供試体は、次に示す要領で作製する。供試体の作製は、温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ の室内で行う。供試体の概略図を図 1 に示す⁽²⁾。供試体の数は 3 個とする。

注⁽²⁾ 施工仕様は、材料の供給者が定める。

a) 供試体用基板には、JIS A 5372 付属書 5 に規定する上ぶた式 U 形側溝（ふた）の 1 種呼び名 300（400×600×60mm）（以下、「U 形ふた」という。）を使用する。

b) U 形ふた中央部を $\phi 100\text{mm}$ の形状でコンクリート用コアドリルによりコア抜きをする。コア抜き方向は裏面（表面被覆材施工面の反対面）より $55\text{mm}\pm 3.0\text{mm}$ の深さで行う。

c) 表面被覆材の施工面は、メーカーが指定する所定の方法で表面処理を行う。

d) U 形ふたを $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ に保たれた水中に 24 時間以上水浸させる。

e) 表面被覆材の施工仕様に基づき表面被覆材を施工する。施工面積は中心部 $400\times 400\text{mm}$ を標準とする。U 形ふたを水中より取出し、図 2 に示すように U 形ふたを 30mm 水浸させた状態で表面の水滴をウェスで除去する。最初の作業は、図 2 の状態を保ったまま水中より取出してから 5 分以内に開始するものとする。

f) 施工は図 2 の状態を保ったまま実施することとし、各塗布工程で必要となる養生も、図 2 の状態で必要な期間、養生を行う。

g) 表面被覆材用の繊維シートやメッシュ連続繊維シートに異方性がある場合や施工上の継手等が必要な場合など、実際の現場で表面被覆材の施工を行うにあたり、構造上の理由で複数の施工条件が考えられる場合には、それぞれの条件に応じて供試体を作製し、試験を行わなければならない。

図 1 供試体標準図

図 2 浸水方法

5. 試験方法 試験方法は、次のとおりとする。供試体の設置概要を図3に示す。

- a) 試験は、同一条件下で作製された供試体3個を1組として実施する。
- b) 供試体をスパン $450\text{mm} \pm 5\text{mm}$ にて支点上にセットする。その際、表面被覆材に支点が接していないことを確認する。
- c) コア中央部に鉛直、均等に荷重がかかるよう球座等をはさんで載荷する。
- d) 載荷はまず $1\text{mm}/\text{min}$ の速度でコア部のコンクリートが破壊するまで載荷する。
- e) その後（目安として、初期ピーク値が確認されたら） $5\text{mm}/\text{min}$ で載荷し、その後に表れる最大荷重を測定する。最大荷重測定後、最大荷重に対して50%程度まで低下したら、載荷を終了する。なお、10, 20, 30mmの各変位において載荷を一時中止し、はく離範囲を供試体にマーキングするとともに、写真記録する。この間において、最終的な耐荷力が確認された場合には、その時点で試験を終了する。変位30mm時点において、さらに耐荷力を有すると判断できる場合には、載荷を継続し、最大50mm程度の変位までの表面被覆材性能を確認する。
- f) 上記d), e)の過程では、荷重および変位を記録する。荷重および変位は所定の精度をもつ荷重計および高感度変位計などを用いることを原則とする。

図3 押抜き試験の荷重要領例

6. 計算 計算は、次のとおり行う。

- 試験で得られた荷重と変位ストロークのデータより、荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線を作図する⁽³⁾。
- 荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線より、変位が 10mm 以上における最大荷重 P_i を求める。
- 試験値は、同一の構造条件で作製された 3 個の平均値 P を、小数点 2 けた目を四捨五入して示す。

注⁽³⁾ 荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線の作図例を図 4 に示す。

図4 荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線の作図例

7. 報告

7.1 必ず報告する事項 必ず報告する事項は、次による。

- 表面被覆材の種類と被覆仕様 (JSCE-K 511 の表 3 による)
- 荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線および試験値の測定結果
- 試験年月日

7.2 必要に応じて報告する事項 必要に応じて報告する事項は、次による。

- 試験機関名
- 供試体の温度

表 1 報告書の例

JSCE-K 533	コンクリート片のはく落防止に適用する 表面被覆材の押抜き試験						
工事名・目的							
施工場所		試験機関名					
表面被覆材の種類と被覆仕様							
試験場所		試験年月日 年 月 日					
試験体用基板	☐ 上ぶた式 U 形側溝 (ふた), 1 種呼び名 300 , ☐ その他						
供試体の作製方法	別添の供試体の作製要領書による						
試験条件 (温度等)	供試体の構造	供試体 番号	コア削 孔深さ (mm)	試験体 温度 (℃)	最大荷重 P_f (kN)	荷重 P_f 時の 変位 (mm)	判定
		平均			P_f		合・否
		平均			P_f		合・否
		平均			P_f		合・否

記事

荷重-変位曲線

コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の

押抜き試験方法（案）－解説（JSCE-K 533-2010）

Test method of resistance against falling of concrete pieces for surface coating materials by means of punching loading

この解説は、本体で規定した事柄，参考に記載した事柄，並びにこれらに関する主なものについて補足的に説明するものであり，規準の一部ではない。

1. 制定の趣旨および経緯

コンクリート片のはく落事象については社会的に影響が大きく，第三者影響度も高いため，各構造物の管理者で対策を実施している。既設構造物に対する対策としては，連続繊維シートを接着剤で貼付け，物理的にコンクリート片が落下しないような工法を採用しているケースが多い。この対策に求める性能としては，従来からある表面被覆材の性能に加えて，コンクリート片を落下させない性能を具備する必要がある。高速道路会社などで実施しているはく落対策では，この性能を押抜き試験により照査している。よって，これを参考にして，表面被覆材がはく落防止性能を有するか判定するための照査方法として，「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法（案）」を土木学会として制定した。

2. 審議中に問題になった事項

2.1 適用範囲について

この規準は，鉄筋コンクリート構造物にはく落防止対策が実施されることを想定している。すなわち，ここでいうコンクリート片のはく落とは，鉄筋コンクリート中の鋼材が劣化外力を受けて腐食し，鋼材の腐食膨張圧によってコンクリート表面と鋼材の間にあるかぶりコンクリートが落下することをいう。よって，無筋構造物，たとえばトンネル構造物の覆工コンクリートのはく落対策は想定していない。

2.2 試験室の状態

コンクリート片のはく落が発生する時期は特定することができないため，想定される気象条件内において性能を満足することを照査する必要がある。そのため，試験室の状態は，対策を実施する地域によってさまざまな設定方法が考えられる。規準としては，試験室の状態は標準温度を設定するにとどめた。よって，実際の適用にあたっては，標準温度以外に，考慮すべき温度範囲で性能を満足することを照査する必要がある。

2.3 試験方法

試験装置に標準的なものではなく，図3に示したように，要領例として図示することとし，試験方法に示した事項から逸脱しない範囲で，試験装置は各試験機関において選定することとした。実際の試験状況の例を写真で解説図1，2に示す。

2.4 計算

最大荷重の評価は変位 10mm 以上で行うこととしている。これは，鋼材の腐食膨張圧によって生じるコンクリート表面の変位が 10mm 程度発生してもはく落しようとするコンクリートを保持できること，および，変位を過度に拘束せず，点検時の変状発見を容易にする性能も具備していることを確認する必要があると判断したためである。

解説図 1 载荷に耐圧試験機を用いた例

解説図 2 载荷にジャッキを用いた例