



구조검토 보고서

검토대상 : SINGLE BASIC (2020.11.25., Rev.0)

부산대학교 산학협력단

Institute for Research and Industry Cooperation of Pusan National University



This page is intentionally blank



제 출 문

㈜이비엠리더 대표이사 귀하

본 보고서를 '열교차단 파스너 내진성능검증 및 내진설계방안 개발 용역' 중 "SINGLE BASIC 구조검토"에 대한 보고서로 제출합니다.

제출일시 : 2020. 11. 24.

연구책임자 : 부산대학교 건설융합학부 교수 이 상 호





구조검토서

SINGLE BASIC FASTENER

(ANCHOR : $\phi 1/2"$ (12.7mm), BRACKET L-82.5×60×70×5T)

상기 열교차단 파스너는 건축구조기준(시행 2020.05.31.)에 따라 내진성능을 확인하였으므로, 본 보고서에 표시된 구조형식, 사용재료 및 강도, 하중조건 등을 확인하여 도면에 표기하시기 바랍니다.

2020. 11. 24.



건축구조기술사 김 경 민 (인)





1. 검토개요 및 요약

- (1) 제 품 명 : SINGLE BASIC FASTENER
- (2) 제 조 사 : (주)이비엠리더
- (3) 용 도 : 건물외장재 고정용 파스너
- (4) 규 격 : ANCHOR : $\phi 1/2"$ (12.7 mm)
BRACKET : L-82.5×60×70×5T
- (5) 적용기준 : 건축구조기준(시행 2020.05.31.), 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00:2019), 2005 AISC Specification
- (6) 검토방법 : 한계상태설계법
- (7) 검토결론 : 1) 본 검토에서는 지진하중조합에 대해 ANCHOR와 T.B BRACKET이 포함된 프레임용 FASTENER가 셋트 당 받을 수 있는 허용지지력을, 보수적인 조건인 S_D 지반에 발생하는 지진하중에 대하여 가장 불리한 조건인 최상층에 위치한 경우를 검토함; 2) 본 검토에서는 풍하중조합에 대해 프레임용 FASTENER가 셋트 당 받을 수 있는 허용지지력을 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s /-Exposure Category : C / ·Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토함; 3) 본 검토에서는 1mm 이내 허용처짐에 대한 허용중량을 산정하였으며, 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s /-Exposure Category : C / ·Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토함
- (8) 개정사항

| 구분 | 일시 | 개정내용 | 비고 |
|----|------------|------|----|
| 0 | 2020.11.24 | 최초작성 | |

(9) 저작권에 관한 사항

Copyright© Seismic Research and Test Center (SESTEC) of Pusan National University. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electric, mechanical Figure-copying, recording, or otherwise without the written permission of SESTEC.



2. 검토조건

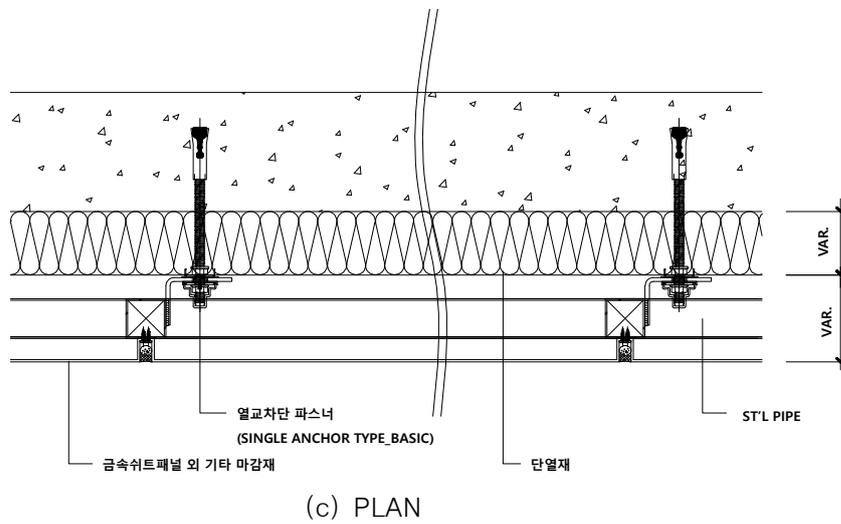
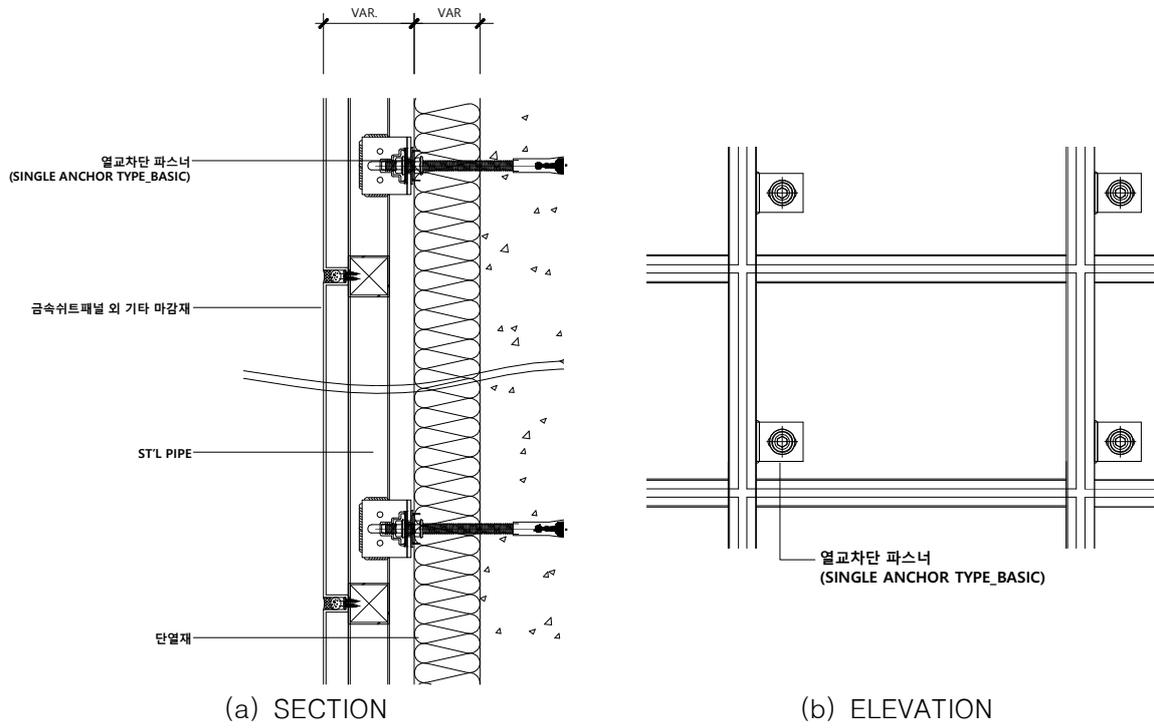
(1) 구성요소 및 구조형상

싱글앵커타입 베이직은 하나의 앵커(ANCHOR)와 T.B 너트, T.B 브라켓(BRACKET), T.B 마감캡으로 구성되며, 금속쉬트패널, 고밀도목재패널 등과 같은 경량의 건축물 외장재를 비롯하여 석재의 경우, 최상부 또는 측면부, 띠장등과 같은 경하중이 작용하는 경우에 사용할 수 있으며, 창호주변, 코너부, 돌출부 등 설치 장소에 구애 없이 시공이 가능하다. ANCHOR와 BRACKET의 결합부위에는 이들의 직접적인 접촉을 차단하기 위한 T.B 링이 설치되며, 단열재를 밀착 고정함과 동시에 단열재에 형성된 앵커 설치공을 기밀하게 하는 T.B 너트가 체결되어 열교를 차단한다. 또한, ANCHOR의 단부에는 합성수지로 제작된 T.B 마감캡을 설치하여 외부 공기가 유입되는 것을 최대한 차단할 수 있을 뿐만 아니라 외부너트를 감싸 누르는 형태로 ANCHOR에 설치됨으로써 더블너트 효과에 의해 시공 후 진동에 의한 너트 풀림방지 효과를 갖는다.

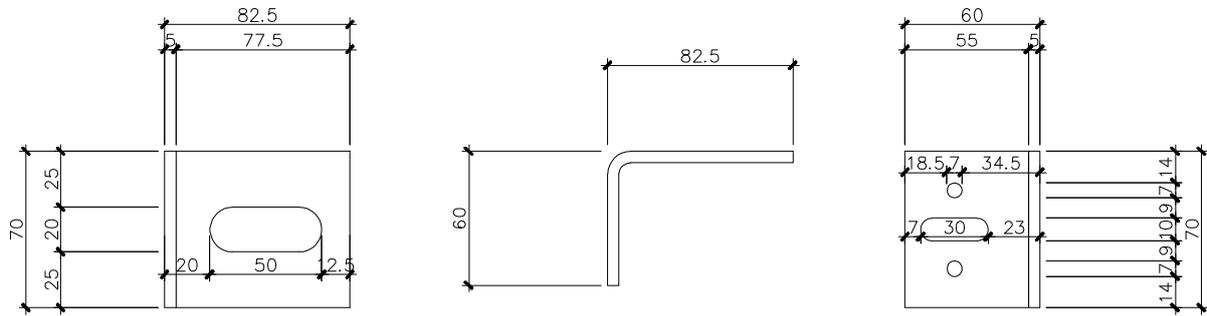
싱글앵커타입 베이직의 전개도는 [그림 1]을 참조한다. 프레임용 FASTENER 설치도와 FASTENER 브라켓 상세도는 [그림 2], [그림 3]를 참조한다.



[그림 1] 싱글앵커타입 베이직 전개도



[그림 2] 프레임용 FASTENER 설치도



[그림 3] FASTENER 브라켓 상세도



(2) 재료속성

- BRACKET : L-82.5×60×70×5T

$$E_{bra} = 205 \text{ [GPa]}, F_y = 170 \text{ [MPa]}, F_u = 270 \text{ [MPa]}$$

- ANCHOR : $\phi 1/2''$ (12.7 mm)

$$E_{anc} = 205 \text{ [GPa]}, F_y = 343 \text{ [MPa]}, F_u = 539 \text{ [MPa]}$$

(3) 구조검토조건

본 검토에서는 고정하중, 지진하중과 풍하중에 대한 검토를 실시하였으며, 이들 하중이 포함된 하중조합 중 불리한 하중조합을 검토조건으로 고려하였다.

- 고정하중: 건축구조기준 (KDS 41 13)

$$\text{중량 } F_D = W_p g \text{ [kN]}$$

여기서

$$g: \text{중력가속도 } 9.806 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$W_p: \text{질량 [t]}$$

- 지진하중: 건축구조기준(KDS 41 13)

1) 수평설계지진력

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{(R_p/I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right) \text{ [kN]}$$

여기서

$$W_p: \text{질량 [t]}$$

$$a_p: \text{비구조요소의 증폭계수 [-]}$$

$$I_p: \text{비구조요소의 중요도계수 [-]}$$

$$R_p: \text{반응수정계수 [-]}$$

$$z: \text{구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이 [m]}$$

$$h: \text{구조물 지붕층의 높이 [m]}$$

S_{DS} : 단주기설계스펙트럼가속도(KDS 41 17 00, 4.2.2)로 다음과 같이 산정함

$$S_{DS} = S \times \frac{2}{3} \times 2.5 \times F_a \text{ [g]}$$

여기서

$$S: \text{유효지반가속도 [g]}$$

$$F_a: \text{단주기지반증폭계수 [-]}$$



단 수평설계지진력은 다음의 값 이하이어야 한다.

$$F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p \text{ [kN]}$$

2) 수직설계지진력

$$F_v = 0.2 S_{DS} W_p$$

3. 구조검토

(1) 설계지진하중 산정

- 고정하중

$$F_D = W_p g \text{ [kN]}$$

- 수평설계지진력

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{(R_p / I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

단 이 값은 $0.3 S_{DS} I_p W_p$ 보다 작아선 안 되고, $1.6 S_{DS} I_p W_p$ 를 초과할 필요는 없다.

- 수직설계지진력

$$F_v = 0.2 S_{DS} W_p \text{ [kN]}$$

(2) 설계풍하중 산정

- 고정하중

$$F_D = W_p g \text{ [kN]}$$

- 풍하중

본 검토에서는 풍하중조합에 대해 FASTENER 개당 받을 수 있는 허용지지력을 산정하였으며, 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s / Exposure Category : C / Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토하였다 ([그림 4] 참조).



BeST.Pro

MEMBER : **wind load**

Project Name :

Designer :

Date : 11/26/2017

Page : 1

Design Conditions

(1). Title & DesignCode

- Title : wind load
- Design Code : KBC2016

(2). Building Shape & Member Data

- Building Type : 일패형 건축물
- Roof Type : 박공지붕
- Roof Slope θ : 0°
- Meam Roof Ht. H : 100.00 m
- Effective Area A_{eff} : 1.00 m²
- Ht. from Ground z : 100.00 m

Calculate Wind Pressure

- Basic Wind Speed V_0 : 45 m/sec
- Ground Exposure Category : C
- Topographic Factor K_{zt} : 1.00
- Importance Factor I_w : 1.00
- Design Portion : ⑤

(1). Velocity Pressure at Height z above Ground

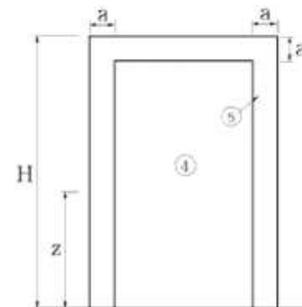
- z = 100.00 m > Z_b = 10.00 m
- $K_{zt} = 0.71 \times z^{0.15} = 1.42$

(2). Velocity Pressure at Mean Roof Height

- H = 100.00 m > Z_b = 10.00 m
- $K_{zt} = 0.71 \times H^{0.15} = 1.42$
- $V_h = V_0 \times K_{zt} \times K_{zt} \times I_w = 63.75$ m/sec
- $q_h = 1/2 \times \rho \times V_h^2 = 2479$ N/m²

(3). Design Wind Pressures

- $GC_{pe,P} = 1.800$ $GC_{pe,N} = -3.600$
- $GC_{pi} = 0.000, -0.520$ $k_z = 0.935$
- $P_{c,P} = k_z q_h (GC_{pe,P} - GC_{pi}) = 5379$ N/m²
- $P_{c,N} = q_h (GC_{pe,N} - GC_{pi}) = -8924$ N/m²



[그림 4] 풍하중 산정



3) 설계조합하중

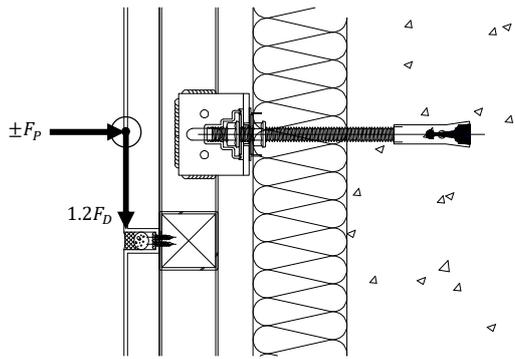
- 하중조합 (KDS 41 10 15, 1.5.2)

(LC 1) $1.4F_D$

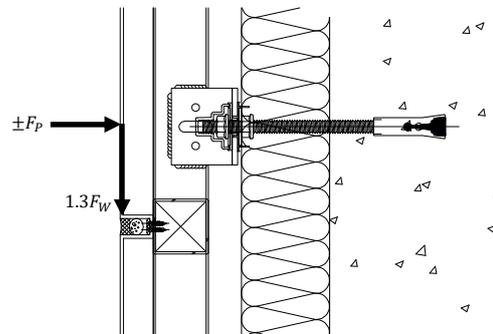
(LC 2) $1.2F_D \pm F_p \pm F_v$

(LC 3) $1.2F_D \pm 1.3F_w$

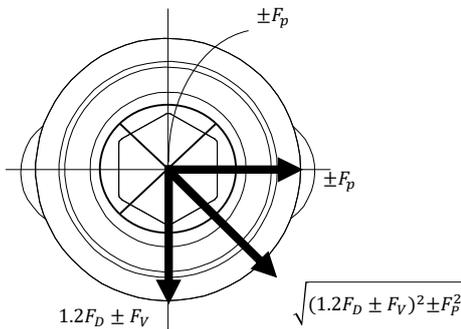
이 중 가장 불리한 조건인 (LC 2)와 (LC 3)을 바탕으로, 각 조합에 대해 FASTENER 당 허용지지력을 산정하고, 이 중 최소치를 최종 허용지지력으로 정하여 이를 테이블로 구성하였다. 프레임용 SINGLE BASIC FASTENER에 적용된 설계조합하중은 [그림 5]에 도시하였다.



(a) 지진하중조합에 대한 측면도



(c) 풍하중조합에 대한 측면도



(b) 지진하중조합에 대한 입면도

[그림 5] 프레임용 SINGLE BASIC FASTENER에 적용된 설계조합하중

(4) 저감계수

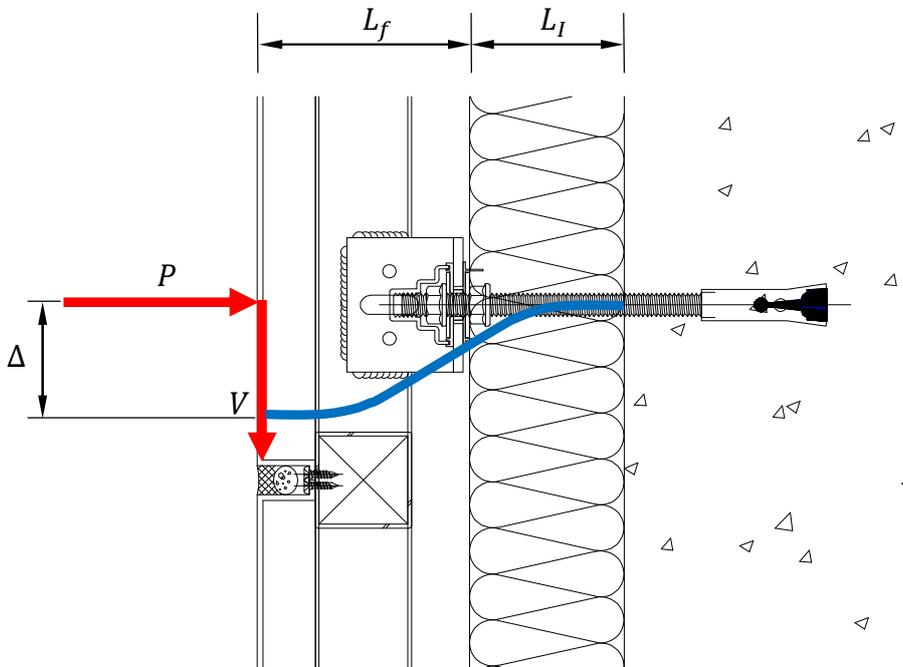
- $\phi = 0.75$ (강도 저감 계수)



본 해석모델에는 다음과 같은 가정이 사용되었다.

- 1) ANCHOR는 인장과 힘에 동시에 저항한다.
- 2) BRACKET은 마감재의 결합으로 인해 마감재 전체가 수직방향으로만 거동한다고 가정한다.
- 3) 바람에 대한 허용지지중량을 산정함에 있어, 풍하중을 받는 면적은 $1m^2$ 로 가정한다.

수직방향하중 V 와 수평방향 축력 P 를 받고 ANCHOR의 처짐을 표현한 싱글앵커타입 베이직의 자유물체도는 [그림 6]에 도시하였다.



[그림 6] 싱글앵커타입 베이직의 허용지지중량 산정을 위한 자유물체도

1) 싱글앵커 설계강도 산정

우선 2축 대칭단면 부재에 있어서 힘과 압축력의 상관관계는 아래 식에 의해 제한된다(건축구조기준, 2016).

$$\frac{P_u}{P_r} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad \text{for } \frac{P_u}{P_r} \geq 0.2 \quad (1)$$

$$\frac{P_u}{2P_r} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad \text{for } \frac{P_u}{P_r} < 0.2 \quad (2)$$



여기서 P_u 는 하중조합으로 구한 소요압축강도, P_r 은 설계압축강도, M_u 는 하중조합으로 구한 소요휨강도, M_r 은 설계휨강도이고 x 는 강축 힘을 나타내는 아래첨자이다.

초등정역학이론에 따르면 중앙부에 집중하중 V 를 받는 길이 L 의 보에 대해 단부의 고정 단모멘트는 FEM 은 $VL/8$ 이므로, 축력이 수직방향하중에 비해 충분히 작다는 가정과 [그림 6] 과 같이 주어진 수직방향하중 V 와 수평방향 축력 P 를 받는 싱글앵커타입 베이직의 자유물체 도로부터 아래의 강도평가식이 얻어진다.

$$\frac{P}{2\phi_c F_{y,anc} A_{anc}} + \frac{VL/8}{\phi_b F_{y,anc} Z_{anc}} \leq 1.0 \quad (3)$$

여기서 ϕ_c 는 압축재에 대한 강도저감계수(=0.75), ϕ_b 는 휨부재에 대한 강도저감계수(=0.90), P 와 V 는 각각 하중조합으로 구한 소요압축력과 소요휨모멘트이고, $F_{y,anc}$, Z_{anc} 와 A_{anc} 는 각각 앵커의 항복강도, 단면계수와 단면적이다.

허용중량을 산정하기 위해 우선 [그림 5]에 따라 각 하중값과 그에 따른 하중조합을 산정한다. 이에 따르면 지진하중에 대한 소요압축력 P 와 소요전단력 V 는 각각 $[(1.2F_D + F_p)^2 + F_v^2]^{1/2}$ 와 F_p 이고 풍하중에 대한 소요압축력 P 와 소요전단력 V 는 각각 $1.3F_w$ 와 $1.2F_D$ 이며, 보의 길이 L 은 가력지점과 단부와의 거리 s 의 두 배로 주어진다. 허용중량 산정 과정은 다음과 같다. 우선 지진하중에 대한 허용중량의 경우, 우선 단위중량인 1kgf의 자중이 유발하는 지진하중을 산정하고 식 (3)의 좌변에 이를 대입하여 계산한다. 이후 식 (3)의 P 와 V 가 모두 중량 $W_p g$ 에 비례함을 활용하여 위에서 계산된 값의 역수를 중량에 취해 한계상태에 다다르기 위한 중량을 계산한다. 풍하중의 경우에도 유사한 과정을 거치되, 하중 P 가 지진하중과는 달리 중량이 아닌 풍압면적에 의존함에 유의하여, 중량에 대해 식 (3)의 등호가 성립하기 위한 중량 P 를 방정식을 풀어 산정하였다.

가) 처짐에 따른 허용지지력 산정

실린더에 가해지는 힘은 마감재의 중량 $V = W_p g$ 로 계산되고, 직경 D 인 원형단면 ANCHOR의 단면2차모멘트는 $I = \pi D^4 / 64$ 된다(윤현도외, 2015). 초등 재료역학 이론에 따르면 단부가 직각을 유지하면서 연직방향으로 변형되는 앵커는 다음의 하중-변위 관계를 따른다.

$$\Delta = W_p g \left[\frac{1}{2ET_b} \left(\frac{L_f}{B} \right)^3 + \frac{8L_f^3}{6E\pi D^4} \right] \quad (4)$$

여기서 Δ 는 허용처짐 이고, L_f 는 단열재 단부에서 마감재까지 거리 이고, L_f 는 단열재의 두께이고([그림 6] 참조), E 는 ANCHOR의 탄성계수이고, T_b 는 브라켓의 높이 이고, B 는 브라켓의 두께 이다. 본 검토에서는 허용처짐 Δ_{allow} 를 1mm로 대입하여 각 마감거리에 따른 허용중량 $W_p g$ 를 표 1에 정리하였다.



표 1 싱글앵커타입 베이직 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량

| 단열재 두께 [mm] | ANCHOR 길이 [mm] | 마감 거리 [mm] | 허용지지중량(W_{pg}) [N] | | | |
|-------------|----------------|------------|------------------------|-------|-----------|--------|
| | | | 지진하중 | 풍하중 | 1 mm 허용처짐 | 최소허용중량 |
| 70 | 150 | 300 | 208.9 | 364.2 | 37286.7 | 208.9 |
| 80 | 160 | 310 | 202.2 | 352.5 | 27504.5 | 202.2 |
| 90 | 170 | 320 | 195.9 | 341.5 | 20755.2 | 195.9 |
| 100 | 180 | 330 | 190.0 | 331.1 | 15987.1 | 190.0 |
| 110 | 190 | 340 | 184.5 | 321.4 | 12542.4 | 184.5 |
| 120 | 200 | 350 | 179.2 | 312.2 | 10002.1 | 179.2 |
| 130 | 210 | 360 | 174.3 | 303.5 | 8093.1 | 174.3 |
| 140 | 220 | 370 | 169.6 | 295.3 | 6693.9 | 169.6 |
| 150 | 230 | 380 | 165.1 | 287.6 | 5501.2 | 165.1 |
| 160 | 240 | 390 | 160.9 | 280.2 | 4609.7 | 160.9 |
| 170 | 250 | 400 | 156.9 | 273.2 | 3899.1 | 156.9 |
| 180 | 260 | 410 | 153.1 | 266.5 | 3326.1 | 153.1 |
| 190 | 270 | 420 | 149.5 | 260.2 | 2859.3 | 149.5 |
| 200 | 280 | 430 | 146.0 | 254.1 | 2475.3 | 146.0 |